



# Parcerias Estratégicas

Edição especial

Volume 15 - Número 31 - Dezembro 2010



## **PARTE 2**

### **Desenvolvimento sustentável**

Desenvolvimento sustentável

Amazônia

Biodiversidade

Mudanças climáticas

Pantanal e cerrado

Energias alternativas

Bioenergia

Combustíveis fósseis

Mar e ambientes costeiros

Recursos hídricos e minerais

Novos padrões de agricultura sustentável

Sistemas urbanos e regionais sustentáveis



# Parcerias Estratégicas

Edição especial

---

4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação  
para o desenvolvimento sustentável (CNCTI)

## PARTE 2

### DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

ISSN 1413-9315

Parc. Estrat. | Ed. Esp. | Brasília - DF | v. 15 | n. 31 | Parte 2 | p. 1-396 | jul-dez 2010

## Parcerias Estratégicas - Edição especial CNCTI - v.15 - n.31 - Parte 2 - dezembro 2010

A Revista Parcerias Estratégicas é publicada semestralmente pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e tem por linha editorial divulgar e debater temas nas áreas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Distribuição gratuita. Tiragem: 2.000 exemplares. Disponível eletronicamente em: <http://www.cgee.org.br/parcerias>.

### Editora

Tatiana de Carvalho Pires

### Conselho editorial

Adriano Batista Dias (Fundaj)

Bertha Koiffmann Becker (UFRJ)

Eduardo Baumgratz Viotti (Consultor)

Evando Mirra de Paula e Silva (CGEE)

Gilda Massari (S&G Gestão Tecnológica e Ambiental/RJ)

Lauro Morhy (UnB)

Ricardo Bielschowsky (Cepal)

Ronaldo Mota Sardenberg (Anatel)

### Projeto gráfico

Eduardo Oliveira | Diogo Rodrigues

### Diagramação

Camila Maia

### Revisão

Anna Cristina de Araujo Rodrigues

### Assessoria técnica ao projeto (CNCTI)

Frederico Nogueira | Silvana Dantas

### Capa

Diogo Rodrigues

### Endereço para correspondência

SCN Q. 2, Bloco A, Ed. Corporate Center, sala 1102, CEP 70712-900, Brasília – DF, telefones: (61) 3424.9666, email: [editoria@cgee.org.br](mailto:editoria@cgee.org.br)

**Indexada em:** Latindex; EBSCO publishing; bibliotecas internacionais das instituições: Michigan University, Maryland University; Université du Québec; Swinburne University of Technology; Delaware State University; National Defense University; San Jose State University; University of Wisconsin-Whitewater. Qualificada no Qualis/Capes.

Parcerias Estratégicas / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos • v. 1, n. 1 (maio 1996) • v. 1, n. 5 (set. 1998); n. 6 (mar. 1999) • Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos: Ministério da Ciência e Tecnologia, 1996-1998; 1999-

v. 15 n. 31 (jul-dez 2010)  
Semestral  
ISSN1413-9375

1. Política e governo - Brasil 2. Inovação tecnológica 1. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. n. Ministério da Ciência e Tecnologia.

CDU 323.6(81)(05)

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) é uma associação civil sem fins lucrativos e de interesse público, qualificada como Organização Social pelo executivo brasileiro, sob a supervisão do Ministério da Ciência e Tecnologia. Constitui-se em instituição de referência para o suporte contínuo aos processos de tomada de decisão sobre políticas e programas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). A atuação do Centro está concentrada nas áreas de prospecção, avaliação estratégica, informação e difusão do conhecimento.

### Presidenta

Lucia Carvalho Pinto de Melo

### Diretor executivo

Marcio de Miranda Santos

### Diretores

Antonio Carlos Filgueira Galvao

Fernando Cosme Rizzo Assunção

### Conselho de Administração CGEE

Marco Antônio Raupp (Presidente)

Alysson Paolinelli (CNA)

Carlos A. Aragão de Carvalho Filho (Cnpq)

Carlos Alberto Ribeiro de Xavier (MEC)

Carlos Américo Pacheco (Repres. dos associados)

Clemente Ganz Lúcio (Dieese)

Edson Fermann (Sebrae)

Eduardo Moacyr Krieger (ABC)

Francelino Lamy de Miranda Grando (MDIC)

Guilherme Ary Plonski (Anprotec)

Isa Asséf dos Santos (Abipti)

Jorge Luis Nicolas Audy (Foprop)

Rafael Lucchesi (Cni)

Luis Manuel Rebelo Fernandes (Finep)

Luiz Antonio Rodrigues Elias (MCT)

Maria Angela do Rego Barros (Anpei)

Mario Neto Borges (Confap)

Renê Teixeira Barreira(Consecti)

Esta edição da revista Parcerias Estratégicas corresponde a uma das metas do Contrato de Gestão CGEE/MCT/2010.

Parcerias Estratégicas não se responsabiliza por ideias emitidas em artigos assinados. É permitida a reprodução e armazenamento dos textos desde que citada a fonte.

Impresso em 2010

# 4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação para o desenvolvimento sustentável (CNCTI)

---

## Secretário geral da CNCTI

Luiz Davidovich

## Comissão Organizadora

ABC – Academia Brasileira de Ciências  
ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial  
Abipti – Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica  
Abong – Associação Brasileira de Organizações Não-Governamentais  
Abruem - Associação Brasileira dos Reitores das Universidades Estaduais e Municipais  
Andifes - Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior  
Anpei - Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras  
ANPG – Ass. Nacional dos Pós-Graduandos  
Anprotec - Associação Nacional de Ent. Promotoras de Empreendimentos Inovadores  
BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
Capes - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior  
CCTCI (Câmara dos Deputados) - Comissão de Ciência, Tecnologia, Comunicação e Informática  
CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
CCT/MCT - Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia  
CNI - Confederação Nacional da Indústria  
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
Confap – Conselho Nacional das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa  
Consecti – Conselho Nacional de Secretários para Assuntos de CT&I  
Cruesp – Conselho de Reitores das Universidades Estaduais Paulistas  
Dieese – Departamento Intersindical de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos  
Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Finep - Financiadora de Estudos e Projetos  
Fortec – Fórum Nacional de Gestores de Inovação e Transferência de Tecnologia  
Fórum Nacional de Ciência e Tecnologia  
Fórum Nacional dos Secretários Municipais da Área de CT&I  
Foprop - Fórum de Pró-Reitores de Pesquisa e de Pós-Graduação das IES  
MBC - Movimento Brasil Competitivo  
MC - Ministério das Comunicações  
MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia  
MD - Ministério da Defesa  
MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior  
MDS - Ministério do Desenvolvimento Social e Combate a Fome  
MEC - Ministério da Educação  
MinC - Ministério da Cultura  
MMA - Ministério do Meio Ambiente  
MME - Ministério de Minas e Energia  
MRE - Ministério das Relações Exteriores  
Ministério da Saúde  
Petrobras/Cenpes  
RTS – Rede de Tecnologia Social  
Sebrae – Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequenas Empresas  
Senado Federal  
Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência  
UNE – União Nacional dos Estudantes  
Unesco – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

## **Comissão Executiva**

Alberto Peveratti (CONSECTI)  
Ana Lúcia Gabas (MCT/GABIM)  
Antonio Carlos Pavão (UFPE e ABCMC)  
Augusto Chagas (UNE)  
Carlos Oiti Berbet (MCT/SCUP)  
Edgar Piccino (Casa Brasil)  
Fernando Rizzo (CGEE)  
Glaucius Oliva (CNPq)  
Gustavo Balduino (Andifes)  
Ildeu de Castro Moreira (MCT/SECIS)  
João Fernando Gomes (IPT)  
João Sergio Cordeiro (UFSCar)  
José Reinaldo Silva (USP)  
Léa Contier de Freitas (MCT/SEXEC)  
Luiz Davidovich (UFRJ)  
Marcio Wohlers (IPEA)  
Marcos Formiga (SENAI)  
Maria Aparecida S. Neves (FINEP)  
Mariano Laplane (Unicamp)  
Marilene Corrêa da Silva Freitas (UEA)  
Marylin Nogueira Peixoto (MCT/SEPIN)  
Matheus Saldanha (UFSM)  
Paulo José Peret de Santana (MCT/SEPED)  
Rafael Lucchesi (CNI)  
Reinaldo D. Ferraz de Souza (MCT/SETEC)  
Ricardo Galvão (CBPF)  
Wanderley de Souza (Inmetro)

## **Conselho Consultivo**

Carlos Américo Pacheco (Instituto de Economia da Unicamp)  
Carlos Henrique Brito Cruz (Fapesp)  
Carlos Tadeu Fraga (Petrobras)  
Celso Pinto de Melo (UFPE)  
Glaucio Antônio Truzzi Arbix (USP)  
José Ivonildo do Rêgo (UFRN)  
Jacob Palis Júnior (ABC)  
João Carlos Ferraz (BNDES)  
José Eduardo Cassiolato (Instituto de Economia da UFRJ)  
José Ellis Ripper Filho (Asga)  
Márcio Pochmann (Ipea)  
Marco Antonio Raupp (SBPC)  
Mariano Laplane (Instituto de Economia da Unicamp)  
Pedro Passos (Natura)  
Pedro Wonctschowski (Grupo Ultra)  
Sílvio Romero de Lemos Meira (C.E.S.A.R)  
Tania Bacelar (Ceplan)

## **Equipe Técnica do CGEE**

Fernando Rizzo (Supervisão)  
Frederico Toscano Barreto Nogueira (Coordenação)  
Silvana M. Alves Dantas (Assessora)

# Sumário

---

## PARTE 2

## DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

### Desenvolvimento sustentável

---

15 Ciência, tecnologia e inovação – condição do desenvolvimento sustentável da Amazônia  
| *Bertha Koiffmann Becker* |

---

35 Inovação, desenvolvimento econômico e sustentabilidade: as perspectivas do Brasil  
| *Pedro Luiz Barreiros Passos* |

---

47 Desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro  
| *Aldrin Martin Perez-Marin* | *Pedro Dantas Fernandes* |  
*Albericio Pereira de Andrade* | *Roberto Germano Costa* |  
*Rômulo Simões César Menezes* |

---

61 Relatório do seminário preparatório "Desenvolvimento sustentável: novos padrões de desenvolvimento via inovação"  
| *José Geraldo Eugênio de França* |

---

73 Relatório da sessão "Desenvolvimento sustentável"  
| *Luiz Antonio Barreto de Castro* |

## Amazônia

---

81 Contribuições à política de Estado de CT&I: fundamentos, diretrizes, propostas e compromissos para uma Amazônia sustentável  
| *Marcílio de Freitas* |

---

97 Amazônia: cinco propostas para o próximo decênio  
| *Adalberto Luis Val* |

---

105 Ciência, tecnologia e inovação para a saúde humana na Amazônia  
| *Luiz Hildebrando Pereira da Silva* |

---

113 Pesquisa interdisciplinar no contexto de parcerias internacionais de C&T para o conhecimento dos ecossistemas amazônicos  
| *Peter Mann de Toledo* | *Ima Célia Guimarães Vieira* |

---

133 Relatório da sessão "Amazônia"  
| *Alberto Cardoso Arruda* |

---

## Biodiversidade

---

143 O acesso à biodiversidade antes e depois da Convenção da Diversidade Biológica (CDB)  
| *Luiz Antonio Barreto de Castro* |

---

149 A intrincada relação entre a conservação e a classificação da biodiversidade: um estudo de caso na Amazônia, com a proposta de uma agenda de trabalho para o século XXI  
| *Alexandre Aleixo* |

---

171 A biodiversidade brasileira como fonte de medicamentos inovadores  
| *Manoel Odorico de Moraes Filho* |

---

193 Política de Estado de ciência tecnologia e inovação para o desenvolvimento sustentável - Biodiversidade  
| *Luiz Antonio Barreto de Castro* |

### Mudanças climáticas

---

205 Mudanças climáticas antrópicas e variações climáticas naturais  
| *Alice M. Grimm* |

---

211 O desafio das novas tecnologias de mitigação da mudança do clima no contexto do desenvolvimento sustentável  
| *José Domingos Gonzalez Miguez* | *Adriano Santhiago de Oliveira* | *Thiago de Araujo Mendes* |

---

235 Relatório do seminário preparatório "Mudanças climáticas"  
| *Luiz Pinguelli Rosa* |

## Pantanal e cerrado

---

243 Cerrado: o *trade-off* entre a conservação e o desenvolvimento  
| Giselda Durigan |

---

251 Relatório sessão "Pantanal e cerrado"  
| Divina das Dores de Paula Cardoso |

---

## Energias alternativas

---

259 Produção sustentável em larga escala de etanol de cana-de-açúcar no Brasil  
| Marco Aurélio Pinheiro Lima | Manoel Regis Lima Verde Leal |  
| Luís Augusto Barbosa Cortez |

---

265 Inserção do Brasil nos biocombustíveis aeronáuticos  
| Walter Bartels |

---

273 Relatório da sessão "Energias alternativas e potencial da energia solar fotovoltaica no Brasil"  
| Ricardo Rütther |

---

## Bioenergia

---

289 Bioenergia  
| Luiz Augusto Horta Nogueira |

---

293 Relatório da sessão "Bioenergia"  
| Ricardo de Gusmão Dornelles |

## Combustíveis fósseis

---

**305** Desafios tecnológicos para a indústria do petróleo e gás  
| *Segen Farid Estefen* |

---

**309** Relatório da sessão "Combustíveis fósseis" (petróleo, gás e carvão mineral)  
| *Fernando Luiz Zancan* |

---

## Mar e ambientes costeiros

---

**317** O ambiente marinho: uma visão da marinha – a "Amazônia Azul"  
| *Ilques Barbosa Junior* | *Paulo Renato Pimentel Nogueira* |

---

**325** Subsídios para o estabelecimento de um plano estratégico para o desenvolvimento sustentado dos recursos minerais da Plataforma Continental Jurídica Brasileira e Área Internacional do Atlântico Sul e Equatorial  
| *Kaiser Gonçalves de Souza* |

---

**341** Relatório da sessão "Mar e ambientes costeiros"  
| *Fábio H. Viera Hazin* |

---

## Recursos hídricos e minerais

---

**351** Desafios regionais, territoriais e ambientais  
| *Claudio Scliar* |

## Novos padrões de agricultura sustentável

---

359 Integração lavoura-pecuária e agrossilvopastoril  
| *Alysson Paolinelli* |

---

363 Relatório da sessão "Novos padrões de agricultura sustentável"  
| *José Oswaldo Siqueira* |

---

## Sistemas urbanos e regionais sustentáveis

---

373 Ciência, tecnologia e inovação e a dimensão territorial do desenvolvimento no Brasil  
| *Antonio Carlos F. Galvão* |

---

377 Sistemas urbanos e regionais sustentáveis  
| *Clélio Campolina Diniz* |

---

383 Os desafios das metrópoles à política de ciência, tecnologia e inovação  
| *Luiz Cesar de Queiroz Ribeiro* |

---

389 Relatório da sessão "Sistemas urbanos e regionais sustentáveis"  
| *Celso Santos Carvalho* | *Renata Helena da Silva* |

## PARTE 2

# DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



**PARTE 2**

**DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

**Desenvolvimento sustentável**



# Ciência, tecnologia e inovação – condição do desenvolvimento sustentável da Amazônia

*Bertha Koiffmann Becker<sup>1</sup>*

---

Satélite e computador são os artefatos da revolução científico-tecnológica na microeletrônica e na comunicação que fundamentaram a grande expectativa de um futuro mais igualitário e pacífico para a humanidade a ser alcançado por um desenvolvimento sustentável (DS). Mas como aconteceu ao longo da história humana no planeta, tal expectativa vem sendo apropriada e alterada por interesses econômicos e políticos da própria ação humana.

Quando a tecnologia de satélites permitiu ao homem olhar a Terra a partir do cosmos, em outubro de 1957, tomou-se consciência da unidade do globo como um bem comum cujo uso deve repousar numa responsabilidade comum. Mas percebeu-se, também, que a natureza tornara-se um bem escasso, colocando-se, então, a questão ecológica como duplo desafio, o da sobrevivência humana e o da valorização do capital natural (BECKER, 1997).

Por sua vez, o computador não só promoveu notável difusão desse desafio; engendrou novas tecnologias que permitem a utilização da natureza em patamares mais nobres e que acentuaram a desigual distribuição geográfica dos centros científico-tecnológicos – localizados nos países centrais – e dos estoques de natureza, localizados nos países periféricos e semiperiféricos (BECKER, 1997).

Sob tais revelações, valoriza-se e politiza-se a natureza, e a Amazônia torna-se símbolo desse desafio por dupla razão: a extensa e rica natureza e sua crescente degradação por avanço da fronteira móvel agropecuária. Intensa polêmica mundial sobre o destino da região impõe ao Brasil a responsabilidade de lidar com esse patrimônio natural como uma questão regional, nacional e global. Reconhece-se que a Amazônia oferece a oportunidade impar no mundo de conceber e

---

<sup>1</sup> Pesquisadora da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

implementar um novo padrão de desenvolvimento, sustentável, como uma experiência pioneira e criativa a ser transmitida para outras regiões tropicais úmidas do planeta, resguardadas suas particularidades historicamente construídas (BECKER, 1997).

Esforços em nome do DS, entendido como preservação ambiental, sucederam-se na região desde o final da década de 1980 com forte cooperação internacional, mas não conseguiram mudar a trajetória histórica de uma periferia exportadora de recursos marcada pela fronteira móvel. Hoje, novos projetos, muito diversos, apresentam-se em nome do DS para superar esta trajetória histórica, confirmando que ele não tem uma definição única, mas, sim, abre a possibilidade de múltiplos caminhos. O DS entrou na prática política antes de ter um conceito científico; nasceu como um projeto de preservação ambiental, incorporou gradativamente a questão do desenvolvimento, e tornou-se essencialmente político e institucional. Mas hoje é ainda tratado com foco no meio ambiente, e a massa e a velocidade das informações difundem mais a retórica sobre os fatos do que os fatos em si.

Nesse contexto é que se situa a contribuição crucial da ciência. A par da produção do conhecimento e da inovação, há que reconhecer a complexidade da questão ecológica, discernindo entre a consciência ecológica, a utopia ecológica e a ideologia ecológica que acoberta a geopolítica, de modo a concretizar as possibilidades hoje existentes de implementar um novo modo de produzir baseado no conhecimento, capaz de utilizar o patrimônio natural sem destruí-lo e, inclusive, de alterar as relações sociais e de poder.

Tal discernimento é particularmente importante para a Amazônia. Certamente, há urgência em conter o desflorestamento e, certamente, há diversos caminhos para alcançá-lo. A escolha do caminho é difícil na medida em que intensos conflitos de interesses dificultam a identificação clara dos atuais projetos, identificação essencial para informar a sociedade e os tomadores de decisão.

O objetivo deste texto é, justamente, distinguir dois projetos de DS para a Amazônia para romper com a continuidade do atual projeto que degrada a região e que constituem as seções do trabalho. A primeira seção trata do DS baseado na preservação das florestas com base em financiamentos para evitar o desflorestamento. Na segunda seção, propõe-se um DS baseado na utilização dos recursos naturais sem destruí-los com base na CT&I. Lições da experiência constituem a terceira e última seção.

## 1. Mudança climática e desenvolvimento sustentável

Três momentos podem ser identificados na evolução da noção de DS. O primeiro é o choque de ideias, iniciado na virada dos anos 1960 com a criação do Clube de Roma e das reuniões formais

e informais sob a égide da Unesco, ambas as iniciativas consolidadas em 1972 com o relatório Os Limites do Crescimento e a Conferência de Estocolmo, respectivamente. Caracteriza-se esse momento, que se estende por toda a década, pela tentativa de introduzir a dimensão do desenvolvimento na questão ambiental. Segundo Sachs (2002), nesta década se estabelecem os princípios básicos do DS, concluindo-se que se tratava de conceito multidimensional e que era necessário reformar a economia para alcançá-lo.

Um segundo momento nessa evolução corresponde à consolidação da retórica e início da prática do DS com a criação, pela ONU, da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, em 1983, cujos trabalhos culminam no Relatório Brundtland (RB, 1987), que propõe uma definição do DS<sup>2</sup>. Criado para formular propostas realistas para abordar a questão ambiental e novas formas e cooperação internacional para orientar políticas e ações, o RB cumpre o seu papel. Nada traz de novo no campo conceitual, mas, sim, no campo político: juntando as principais contribuições já efetuadas sob a falsa utopia de “Um Futuro Comum” e da harmonia, sabe vender o DS aos governos, iniciando uma fase de proliferação de ideias, projetos e forte pressão geopolítica dos países centrais sobre os periféricos, em nome da preservação ambiental.

Enquanto se recomenda preservação ambiental mediante contenção demográfica e desenvolvimento endógeno para os países periféricos, nos países centrais avança um DS que, baseado na revolução científico-tecnológica, reside na máxima sinergia e qualidade total dos processos e produtos, e no mínimo desperdício de matéria-prima e de energia, esta última já claramente constituindo um dos grandes problemas a enfrentar para manter o modelo de desenvolvimento vigente.

Tal pressão incide particularmente na Amazônia brasileira, que foi o grande tema subjacente à Segunda Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento – a Rio 92 – onde se assinam as Convenções sobre Diversidade Biológica e Mudança Climática, e a Declaração de Princípios sobre Florestas. Também na Rio 92 é oficialmente criada a Agenda 21, o mais importante instrumento para concretizar a governança global nesse campo, mediante o estabelecimento de um plano de ação rumo ao DS a ser adotado global, nacional e localmente, segundo o conceito do RB.

A falta de suporte político para um DS entendido em sua complexidade multidimensional, a tendência ao aquecimento global e a crise econômica dos últimos dois anos configuram um terceiro momento atual para o DS em que dois cenários emergem. Um deles é o da economia “verde”. A economia “verde” pode ser vista como uma tentativa de responder à crise que afeta os três pilares do DS ao mesmo tempo construindo uma resposta política sobre as formas

---

2 O conceito de DS proposto no RB é o mais difundido, embora não seja claro. Estabelece o DS “como um processo de mudança onde a exploração dos recursos, a orientação dos investimentos, os rumos do desenvolvimento e a mudança institucional se harmonizaram e estão de acordo com as necessidades das gerações atuais e futuras.”

de suas interações. Ela deve recuperar setores econômicos afetados, ajudando-os a mudar trajetórias técnicas, ou favorecer a emergência de novas atividades fundadas no emprego de tecnologias “verdes”. Ela deve também salvar os empregos e manter ou ampliar as ações de proteção social. E traz uma novidade na dimensão política, qual seja a necessidade de uma forte intervenção dos Estados; os compromissos sociais e ambientais a serem elaborados graças aos esforços financeiros dos poderes públicos e aos poderes de regulação de certos Estados conseguiriam desenhar um desenvolvimento de longo prazo no qual os interesses e as ações privadas poderiam se inscrever (AUBERTIN, 2010).

O segundo cenário é o da mudança climática. A grande retórica da mudança climática absorve hoje uma grande parte dos debates relativos ao DS, como se a urgência e os riscos potenciais associados a essa problemática resumissem todas as interrogações sobre o futuro do planeta e das sociedades humanas. Ciência, política, diplomacia, inovação técnica, gestão, mídia, privilegiam a mudança climática, superando fortemente as outras questões do DS. Desde o início dos anos 1970 situadas no coração das dinâmicas de crescimento e de desenvolvimento, as questões energéticas tornam-se hoje a principal componente do DS podendo, mesmo, substituí-lo. O DS se resumiria, assim, a agir essencialmente pelas inovações técnicas que visam “descarbonizar a economia”. Uma economia verde restrita, focalizada em alguns setores econômicos apenas, pois os setores de atividade, em função de seu grau de desmaterialização e de seu lugar na economia de conhecimento, não podem reduzir do mesmo modo seu consumo e sua produção de carbono.

É no contexto do cenário do DS como mudança climática que se situa o projeto de desmatamento evitado por financiamento.

### 1.1. O projeto preservacionista de desenvolvimento sustentável – florestas improdutivas

No extremo oposto do projeto da continuidade em derrubar a floresta e substituí-la por pastagens e lavouras, situam-se propostas globais de pagar para não desflorestar envolvendo a mercantilização do carbono.

A necessária pressa em conter o desflorestamento, não deve impedir uma avaliação cautelosa desse projeto extremamente sedutor pelo financiamento. Concebido há anos, tem tido uma extraordinária difusão e crescente apoio de governadores e parte dos pesquisadores e empresários que pressionam o presidente Lula a seu favor.

Após a Rio 92, dentre as convenções internacionais criadas para tentar conter a degradação do planeta, ressaltou-se a da conservação da biodiversidade. Hoje, a ênfase recai sobre a mudança

climática. Preocupações com o clima e a biodiversidade se integram em torno da preservação das florestas tropicais, e projetos globais com essa finalidade foram elaborados para apresentação na reunião sobre o clima realizada em Copenhagen (2009) no contexto da revisão do Protocolo de Quioto (1997), destacando-se o REDD.

Mas os projetos globais não são uma iniciativa nova e isolada do contexto histórico, como se poderia pensar. Essa iniciativa corresponde à outra face da globalização e dos avanços da ciência, inserindo-se no processo político que tenta organizar uma governança global acentuando a politização da natureza, bem como no processo econômico de busca de nova matriz energética e de mercantilização de novos elementos da natureza. O valor econômico desses elementos é patente no reconhecimento da natureza como capital natural (DALY & FARLEY, 2000). Mas o processo social que gera e viabiliza esse valor é explicado por Polanyi (1944).

Em seu livro *The Great Transformation: The Political and Economic Origins of Our Time* (1944), Karl Polanyi assinalava a comercialização da terra, do trabalho e do dinheiro, inexistente no mercantilismo, como pré-condição da economia de mercado que emergiu no século XIX com a industrialização, subordinando a sociedade, de alguma forma, às suas exigências.

Acontece que trabalho, terra e dinheiro não são mercadorias e objetos produzidos para a venda no mercado. Trabalho é apenas outro nome para a atividade humana que acompanha a própria vida, que não é produzida para a venda e não pode ser armazenada. Terra é apenas outro nome para a natureza, que não é produzida pelo homem. O dinheiro é apenas um símbolo do poder de compra e, como regra não é produzido, mas adquire vida através do mecanismo dos bancos e das financeiras.

Não obstante, foi com a ajuda do que o autor denominou de ficção que se organizaram os mercados reais de trabalho, terra e dinheiro. A ficção de que são produzidos para a venda, tornou-se o princípio organizador da sociedade, alterando sua própria organização; todavia, para impedir que o mecanismo de mercado fosse o único dirigente do destino dos seres humanos e da natureza, criaram-se contramovimentos sociais, assim como medidas e políticas integradas do Estado em poderosas instituições para protegê-los, cerceando o mercado.

Desde o final do século passado dilata-se a esfera da mercadoria e novas mercadorias fictícias vem sendo criadas como é o caso da vida, do ar e da água (BECKER, 2001, 2005 e 2009a). E uma novidade histórica emerge no uso da natureza pelo homem. Há séculos os homens utilizam elementos da estrutura dos ecossistemas – estrutura que é o resultado de interações de elementos bióticos e abióticos – correspondentes às matérias primas; mas, hoje, tenta-se utilizar também as funções dos ecossistemas a que se atribui valor econômico denominadas de serviços ambientais ou ecossistêmicos (BECKER, 2009c).

É nesse contexto que se devem avaliar os projetos globais para as florestas tropicais visando atenuar o aquecimento global. O mais emblemático e difundido é o REDD – redução de emissões por desflorestamento e degradação. Há consenso de que ele deve ser desenvolvido em três fases considerando que a construção de uma metodologia para medir, relatar e verificar sua implementação deve avançar progressivamente. Na primeira fase, que demanda o desenvolvimento de uma estratégia nacional de REDD, o projeto terá contribuições voluntárias imediatamente disponíveis como aquelas administradas pelo *Forest Carbon Partnership Facility* do Banco Mundial, o REDD das Nações Unidas e outros arranjos bilaterais; a fase 2 corresponde à implementação de políticas e medidas propostas nas estratégias nacionais apoiadas por um fundo global baseado num instrumento legal de financiamento com compromisso, como por exemplo leilões de permissões; a fase 3 corresponde ao pagamento por performance medida através de indicadores de redução de emissões ou outros – como diminuição da área desmatada –, quantificados em relação a níveis de referência. Esse pagamento poderia ser financiado em grande escala através da venda de unidades de REDD em mercados oficiais globais ou mecanismos fora do mercado. Deve permitir a geração de créditos de carbono pelos resultados da continuidade de políticas e medidas iniciadas na fase 2 (MOZZER, 2009).

Proposta alternativa, mas sem a mesma difusão é o PINC, do GLOBAL CANOPY PROGRAMME. O PINC se apresenta como um investimento proativo em capital natural. Consiste em um sistema para premiar economicamente extensas áreas de florestas tropicais intactas que atuam como *global utilities*, provendo vários serviços ambientais. Não está, portanto, relacionado à redução de emissões do carbono – ele busca atrair fundos diretamente para as florestas, que absorvem e estocam carbono, criam chuva, moderam condições do tempo e mantém a biodiversidade, benefícios dos quais usufruímos e não pagamos. E já que os serviços ambientais são bens públicos, a comunidade internacional deve pagar<sup>3</sup>.

Mais recentemente o REDD passou a denominar-se REDD+ aliando-se a ações de conservação e manejo florestal.

## 1.2. Questionamentos aos projetos globais

Questionamentos políticos e econômicos devem ser colocados, sobretudo, ao projeto REDD, tal como a seguir apresentados (BECKER, 2009):

---

3 As propostas do PINC afirmam que o REDD apresenta o risco perverso de incentivar países com baixas taxas de desflorestamento a aumentá-las. Prevê também ajuda à construção de capacidades locais e às comunidades, mas acredita que de forma menos onerosa do que o REDD. Os pagamentos podem vir de fontes públicas ou privadas, ou da combinação das duas, direcionados, além das florestas nativas, para áreas protegidas, ecocertificação e seguro para áreas-tampão, como é o caso das margens do canal de Panamá, para conter eventuais invasões marinhas.

1. Interesse nacional ou não, em incluir as florestas em pé nas transações econômicas. Como é do conhecimento de todos, o Brasil vem mantendo posição firme, desde o Protocolo de Quioto (1997), que inaugurou os esforços para regular os problemas do excesso de emissão de CO<sub>2</sub>. Baseado no princípio da responsabilidade comum, mas diferenciada, argumenta o Brasil que os países industrializados têm responsabilidade histórica na poluição da atmosfera (em torno de 71% por ocasião de Quioto) e, portanto, cabe a eles aplicar metas para redução de emissões de carbono, mas não aos países periféricos, cujas emissões são mais recentes e menores. Esses últimos deveriam receber recursos de um fundo global para impedir que passassem a ampliar suas emissões. Foi com esse sentido que o Brasil propôs a criação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Protocolo de Quioto pelo qual os países centrais podem comprar créditos de carbono nos países periféricos que entram em sua contabilidade de emissão. Mas é necessário frisar um segundo ponto importante da posição brasileira: as florestas nativas, em pé, não podem ser incluídas no MDL, mas tão somente ações desflorestamento e de reflorestamento.

REDD, pelo contrário, oferece pagamento para preservação das florestas em pé, nativas. A recusa do Brasil em incluir as florestas nativas explica-se pelo risco de ingerência externa, ou seja, de privatização das decisões sobre o uso de grandes extensões de terra, que corresponderia ao controle do território. Tampouco não há como aceitar que a contenção do desmatamento no país se faça apenas com base em financiamentos externos.

1. Reduzir os serviços ambientais às emissões do carbono é uma valoração extremamente limitada do fantástico potencial de serviços propiciados pela floresta. E manter as florestas improdutivas implica o risco de reproduzir o secular padrão de ocupação da Amazônia baseado na exportação de recursos sem agregação de valor, a baixos preços, que quase nada deixaram na região. Desta feita, é o próprio ar que está em jogo, e novamente a baixos preços nos mercados já existentes de créditos de carbono: o mercado de Quioto, o oficial, porém mais fraco deles, o de Chicago, e o da União Europeia.
2. Outro importante questionamento ao REDD segundo o interesse da Amazônia e do Brasil é quem vai receber e se beneficiar com o pagamento para evitar o desflorestamento – o governo federal, os governos estaduais e os grandes produtores estão cada um deles se considerando os merecedores. Trata-se da floresta como ativo financeiro, gerando grandes lucros para poucos atores. A experiência da Fundação Amazonas Sustentável (estado do Amazonas) mostra que os benefícios vão para o setor financeiro – no caso o Bradesco e a cadeia de hotéis Merriot – um pouco para o governo do estado, enquanto as bolsas oferecidas às populações extrativistas para defender a floresta não passam de R\$ 30,00/ano!

O pagamento para não desflorestar implica manter as florestas sim, mas improdutivas e impedindo a geração de riqueza, emprego e renda, o que mais necessitam as populações extrativistas. A escassez de emprego decente é, aliás, a questão central da humanidade. A projeção do Banco Mundial para a população ativa da Terra em 2050, inclusive subemprego e desemprego, é de que ela passará de 2,9 bilhões para 4 bilhões, dos quais 90% localizados nos países emergentes (BANCO MUNDIAL, 2007).

1. REDD não é mecanismo de solução para o processo de desmatamento, e sim de compensação de emissões para os países centrais que podem tentar reduzir o montante de suas quotas mediante financiamentos de desmatamento evitado. Até a conferência de Bali (2007), o princípio de financiamento do carbono não estava em pauta. A partir daí, a questão da biodiversidade ligou-se à da mudança climática e passou a mobilizar numerosos grupos de pressão já ativos na Convenção sobre Biodiversidade, e a Convenção do Clima torna-se uma tribuna de reivindicações identitárias. O REDD apresenta-se como desenvolvendo uma abordagem política – não somente preocupado com as mudanças climáticas, mas igualmente com a pobreza e a conservação dos serviços ambientais. Consegue, assim, captar novas fontes de financiamento misturando fundos públicos a fundos privados, e apelando para o mercado do carbono e outros. Propõe-se a implantar inventários florestais e reforçar a capacitação local, o que seduz os provedores de fundos.

O REDD não é, contudo, um mecanismo que atue no processo de redução das emissões de carbono, mas, sim, no máximo, de prevenção das emissões mediante a abstenção voluntária de emití-lo. E as políticas de estabilização das emissões não podem ser confundidas com as políticas de atenuação – podem ser consideradas como de compensação ou de sustentação da conservação (AUBERTIN & DAMIAN, 2009).

O problema do desflorestamento da Amazônia só será resolvido com um novo paradigma de desenvolvimento (BECKER, 2004). E o da degradação do planeta somente com um novo regime de acumulação. Em vinte anos de negociações nas convenções sobre o clima e a biodiversidade, passou-se de uma questão do meio ambiente a uma questão de desenvolvimento sustentável, de justiça redistributiva entre Norte e Sul, de construção de um novo regime de crescimento econômico. A mudança de paradigma traduz-se hoje em termos de crescimento verde ou bioeconomia na luta contra a depressão econômica; e das próprias políticas climáticas passa-se à ideia de que um desenvolvimento mais sustentável pode contribuir fortemente para a atenuação da mudança climática (IPCC, 2007:21).

Mas a questão é complexa. O meio ambiente e seus problemas não podem ser tratados como externalidades; o tratamento dos problemas ambientais e da mudança climática deve ter uma

visão mais ampla, para envolver necessariamente as grandes estruturas da economia, bem como a sustentabilidade, a segurança e a prosperidade renovada.

Atribuir um preço ao carbono é necessário, mas não suficiente, da mesma forma que é insuficiente à análise econômica convencional. Requer-se uma economia política avançada. A internalização de uma externalidade negativa leva à modificação de um único preço, mas a luta contra a degradação do ambiente implica mudar os preços relativos do conjunto da economia, modificar as relações industriais e, portanto, as próprias estruturas econômicas. (HEPBURN, STERN, 2008:260 *apud* AUBERTIN, C. e DAMIAN, M. *op. cit.*).

Há, portanto, que atuar no conjunto da economia, o que não é de modo algum trivial. O governo brasileiro, hoje, flexibilizou sua posição sem, contudo, alterar sua essência. Aceita negociar o REDD como um mecanismo auxiliar de financiamento, mas não como um mecanismo compensatório. Ou seja, os países desenvolvidos poderiam financiar projetos de conservação e até obter créditos de carbono, mas não utilizar esses créditos para compensar suas próprias emissões; seria uma saída fácil para cumprirem suas metas sem precisar reduzir substancialmente suas próprias emissões. E no processo de negociação global o Brasil assumiu voluntariamente metas para redução da emissão de gases de efeito estufa entre 36,1 e 38,9% das emissões estimadas para 2020, compromisso que foi, finalmente, consolidado em lei (29/12/09).

Restrições a embarcar no REDD como panacéia para conter o desmatamento e reduzir o aquecimento global não significa, de forma alguma, deixar de lado a contenção não só do desmatamento atual, como futuro.

O que parte da sociedade brasileira vem propondo é um esforço para mudar o padrão de desenvolvimento influenciando nos processos responsáveis pelo desmatamento e não só excluindo as florestas da atividade produtiva.

## 2. O desenvolvimento sustentável com base na CT&I – floresta em pé produtiva

A proposta do REDD é também oposta ao projeto que uma parte dos cientistas brasileiros vem propondo nos últimos cinco anos: enfrentar o grande desafio da Amazônia, concebendo e implementando um novo modelo de desenvolvimento mediante uma verdadeira revolução científico-tecnológica capaz de sustentar produção, sem destruir a natureza, projeto que foi endossado pela Academia Brasileira de Ciências em documento intitulado “Amazônia, Desafio Brasileiro para o Século XXI. Por uma Revolução Científica e Tecnológica (2008)”, explicitado e exemplificado a seguir.

## 2.1. Uma revolução científico-tecnológica para a Amazônia

Trata-se de enfrentar o desafio de influir nos processos que geram o desmatamento e não de manter florestas em pé improdutivas. A condição inicial do projeto é atribuir valor econômico à floresta em pé para que possa competir economicamente com a extração da madeira, a pecuária e a soja (BECKER, 2004). O modelo para defesa da floresta resgata o zoneamento da natureza. Segundo a Embrapa (2008), as florestas ainda cobrem 67% da Amazônia Legal; para o Imazon (2009), são 64%, 14% da cobertura vegetal tendo sido desmatados e 22% correspondendo a formações não florestais. Além disso, há outros modos econômicos de manter a floresta em pé. O que REDD propõe é preservá-la pela intocabilidade; outro modo de mantê-la em pé é abrir novas oportunidades e interações mediante o uso de seu potencial sem destruí-lo, com conhecimento e técnicas adequados encarando-a como fonte de afirmação da vida e distribuindo os lucros para muito mais gente (BECKER, NOBRE & BARTHOLO, 2008).

O que não significa deixar as demais áreas à própria sorte. O mesmo raciocínio é válido para os 60% que ainda persistem do Cerrado. Faz parte do desafio manter a agricultura e recuperar áreas degradadas; há alternativas viáveis mesmo para a pecuária, inclusive com redução das emissões de GEE, se houver vontade política e um novo olhar para a região. É necessária uma revolução científico-tecnológica na Amazônia com foco no desenvolvimento de cadeias produtivas baseadas na biodiversidade – envolvendo as comunidades do âmago da floresta até os centros de pesquisa e as indústrias localizadas nas cidades (BECKER, 2004) –, nos múltiplos serviços ambientais – água, energia renovável, estocagem de carbono entre outros –, e na energia solar, entre outras opções, com foco também na mudança do quadro institucional de modo a garantir inovações.

Essa deve ser a prioridade estratégica das políticas públicas para o desenvolvimento regional e o maior desafio para a comunidade científica dedicada às questões amazônicas.

A partir dessa ideia inicial, apresentam-se dois exemplos de como CT&I pode contribuir para o desenvolvimento da Amazônia. Um deles é um modelo para defesa da floresta mediante seu uso não destrutivo; o outro é uma proposta de macrozoneamento ecológico-econômico para Amazônia Legal.

## 2.2. Defesa do coração florestal

Mapas do IBGE representando a vegetação inicial e em 2006 revelam que a floresta densa ainda está relativamente íntegra (Fig. 1). Desenvolvendo-se do sudoeste do Amazonas ao Amapá e nordeste do Pará (este já muito desflorestado), a floresta ombrófila densa é a borda oriental da Amazônia Sul-Americana e apresenta feições próprias, tais como baixa densidade de povoamento vivendo do extrativismo, circulação fluvial e, até agora, quase nenhuma destruição.





É hora de aproveitar o imenso potencial da floresta densa para produção de fármacos tão essenciais à saúde pública do povo brasileiro. Algumas iniciativas já existem em comunidades cuja produção é comprada por empresas de Manaus que navegam até 700 km pelo rio Amazonas e seus afluentes para utilizá-la na produção de cosméticos, bem revelando o seu valor.

Quanto aos serviços ambientais, há que se utilizarem funções de todos componentes dos ecossistemas e não permanecer atrelado ao mercado global de carbono. As cidades selecionadas como centros industriais do extrativismo industrializado serão sedes de pesquisas também para os múltiplos serviços ambientais.

Nesse contexto, Manaus poderia ser planejada como uma cidade mundial de marca Amazônica com base na prestação de serviços ambientais, inclusive com uma bolsa de valores, graças à sua posição ímpar frente à floresta amazônica sul-americana.

O desafio da regularização fundiária na Amazônia, que começa a ser enfrentado por recente lei, apresenta nuances no coração florestal. Ao que tudo indica, melhor seria manter nessa zona apenas concessões para uso da terra, renováveis em função dos resultados obtidos. E não só para grandes empresas; também para comunidades, com formas inovadoras de gestão que demandam a colaboração da ciência.

Terras indígenas podem, perfeitamente, inserir-se nessa estratégia. Os grupos indígenas necessitam de programas de trabalho capazes de lhes suprir em recursos monetários que satisfaçam seus desejos de consumo, sem destruir sua cultura e seus territórios. Unidades de conservação, por sua vez, podem também organizar uma produção extrativista de ponta. Além dessa, outras possibilidades para os grupos indígenas e populações extrativistas seriam a construção de cadeias produtivas de pesca, de mandioca e a utilização desta na produção de etanol em pequenas usinas, para supri-los de combustível. A mineração pode vir a ser uma atividade geradora de trabalho para os grupos indígenas, após consulta.

O fato de defender o coração florestal mediante produção sustentável e não por exclusão produtiva implica entender que ele interage com as demais regiões. Não se trata de erigir um muro à sua volta. Assim, estratégias devem ser pensadas para as outras áreas amazônicas. A mata aberta, que contorna imediatamente o coração florestal em direção ao sul, é propícia a uma utilização industrial avançada da madeira. É aí que devem se desenvolver cadeias certificadas com base no manejo florestal e em florestas plantadas, e não na mata densa. Denominada pela Embrapa de “margem da floresta”, detém apenas 50% das florestas originais, já destruídas em 50%. Nela se encontra atualmente a fronteira móvel agropecuária que continua derrubando a floresta e daí avança em frentes ativas no coração florestal, sendo urgente a sua contenção.

Dotada de eixos rodoviários e cidades mais bem equipadas do que as do coração florestal, algumas delas sendo capitais estaduais, a área de mata aberta oferece condições para implantar uma indústria madeireira de ponta – incrivelmente inexistente na região até hoje, quando no mundo se obtém etanol de segunda geração a partir da celulose – para atender à própria área e ao coração florestal com habitações e construções necessárias ao equipamento urbano e embarcações para circulação fluvial.

Seria igualmente importante desenvolver uma rede de cidades da madeira situadas na área de floresta aberta, bem como outra rede aproveitando as cidades gêmeas de fronteira para estimular a integração sul-americana que nelas já ocorre espontaneamente.

Mas tais estratégias, para sua execução, necessitam de um novo quadro institucional.

### 2.3. O macrozoneamento ecológico-econômico: princípio do desenvolvimento sustentável e instrumento de mudança institucional?

O zoneamento ecológico-econômico (ZEE) teve ampla difusão como principal instrumento de gestão do território a partir dos anos 1970, graças aos avanços tecnológicos na informação e comunicação adotados no Brasil. Embora no documento metodológico elaborado para sua utilização pelos estados amazônicos (1997) fosse claramente exposto o seu duplo papel, técnico e político – de negociação –, as experiências na Amazônia, com raras exceções, não têm sido efetivamente implementadas como instrumento político-institucional.

A retomada da reflexão sobre o ZEE frente à decisão governamental de efetuar-lo em macroescala indica que ele pode e deve ser bem mais do que um instrumento de gestão: ele expressa um caminho para o DS e deve constituir em si uma mudança institucional (BECKER, 2009c).

Dez estratégias foram elaboradas para a região em conjunto e outras para cada uma das unidades, sem perder a noção do conjunto. Foram elas discutidas com representações do governo e da sociedade civil, submetidas à consulta pública, tendo em mira que a negociação é uma condição *sine qua non* do ZEE, em qualquer escala sendo, finalmente, aprovadas pelo governo em março de 2010. Tais estratégias para tão amplo território podem constituir o fundamento de um caminho para o DS da Amazônia, a ser debatido pela sociedade. Estratégias para as unidades territoriais, por sua vez, ajustadas aos ZEE estaduais e negociadas, podem estabelecer novas regras do jogo, dependendo da vontade política do governo e da sociedade, constituindo o quadro institucional necessário à mudança desejada.

A identificação da diferenciação atual do território da Amazônia Legal teve como critério básico a densidade e os tipos de redes representativos de territorialidades econômicas e sociopolíticas na região, que permitem definir territórios-rede e territórios-zona. Pela primeira vez, introduziram-se num ZEE as redes sociopolíticas e as redes urbanas.

São identificados três grandes tipos de unidades territoriais na Amazônia Legal: a) Territórios-rede no arco do povoamento consolidado; b) Fronteiras agropecuárias, sobretudo na margem da floresta; c) Zona: o coração florestal e Manaus, envolvendo a mata densa e toda a fronteira norte onde se destacam Roraima e o Alto Rio Negro.

O macrozoneamento desvela uma Amazônia, até agora, pouco povoada. Mapa do IBGE baseado no Censo Agropecuário localizando os estabelecimentos existentes revela adensamento demográfico contínuo apenas ao longo de Belém-Brasília e em Rondônia, no mais constituindo manchas de terras incorporadas em meio às florestas, inclusive no Mato Grosso. É, assim, fortemente desproporcional o relativamente pequeno número de estabelecimentos e a grande extensão em que as florestas são derrubadas, e também em que crescem as cidades.

Revela também que, até hoje, a Amazônia só conta com incompletas cadeias produtivas e com redes que atuam no espaço virtual apenas apoiadas em pontos no território articulando-o ao espaço nacional e global onde as decisões são tomadas, não conseguindo conectar-se entre si para formar uma malha integradora da região, e tampouco integrá-la na escala nacional. E, mais importante ainda, cadeias e redes que poucos benefícios trazem para a região.

Tal situação está em grande parte associada à base econômica extrativista com práticas do século XIX que ainda perduram na região, mineral ou madeireira, que não geram benefícios sociais e impactam negativamente a natureza, e mesmo às atividades modernas que não agregam valor à produção, na medida em que é no exterior, na etapa final da cadeia, que se processa a industrialização e os lucros são gerados. E, justamente, um dos maiores, se não o maior, impedimento à inclusão social dos produtores familiares e populações tradicionais é o monopólio de acesso ao mercado.

O desafio estratégico para um desenvolvimento com menor impacto ambiental tem sido até agora enfrentado pela política de áreas protegidas, que tem conseguido cumprir o seu papel nos locais onde implantadas. Mas não conseguem barrar a expansão em áreas não protegidas e não geram emprego e renda, exigindo outras estratégias. Não será o financiamento para não desmatar, mantendo as florestas improdutivas, que proverá o bem-estar mínimo para as populações regionais. Financiamentos para o REDD poderão, no máximo, constituir algum recurso, se forem geridos pela União.

### 3. Lições da experiência

As reflexões críticas sobre consciência, utopia e ideologia ecológicas mostram-se pertinentes. Há uma raiz de utopia legítima no princípio do DS que repousa na capacidade dos homens de superar constrangimentos materiais e na diversidade de escolhas que se lhes oferecem. Nesse sentido, o DS deve ser entendido como princípio organizador de um processo de mudança das lógicas perversas atuais, processo que pode seguir caminhos diversos.

Trata-se de encontrar os limites além dos quais as práticas empregadas são contrárias a qualquer possibilidade de manter o nível de desenvolvimento em curso, e muito menos promover uma mudança em termos de garantir um ambiente viável e de melhorar constantemente as condições de vida da população. E também os limites em que será necessária alguma substituição da cobertura natural por atividades necessárias à vida humana.

A fidelidade aos bons princípios do DS corresponde à posição oposta à adaptação que vem sendo proposta como uma medida de combate ao aquecimento global. Sobretudo quando aparece como substituto aos esforços de redução das emissões de GEE, a adaptação marca uma regressão – ela corresponde à aceitação de certo determinismo “natural”. Em vez de enfrentar e superar os desafios, a humanidade se contenta em gerir forças externas em curto prazo (AUBERTIN, 2010).

Significa que frente à diversidade de escolhas proposta pelo DS e a potencialidade da natureza do Brasil, cabe à sociedade brasileira acarear as proposições globais do DS com suas reais necessidades e possibilidades e, assim, definir o seu próprio DS em termos da forma política que a articulação de problemas e o processo de mudança devem assumir.

Como realizar, na prática, o caminho para o DS da Amazônia? Será necessário criar condições.

De início, identificando os desafios a enfrentar. Considerando que não há mais sistemas fechados no mundo contemporâneo, o grande desafio a enfrentar é utilizar o patrimônio natural e se inserir na competitividade global sem destruir a natureza. A falta de um projeto nacional adequado às condições particulares da região e, em nível regional, a falta de visão estratégica dos produtores e a carência de C/T/I são outros desafios a enfrentar.

Em contrapartida, os principais trunfos da natureza regional já são hoje conhecidos e esse conhecimento vem sendo sistematizado mediante grandes projetos como o LBA, o Geoma e o PPBio. E outros trunfos emergem a serem pesquisados com urgência, como é o caso dos serviços ambientais, da energia solar e do uso dos recursos na nanotecnologia.

O empresariado brasileiro ainda não se deu conta das amplas possibilidades oferecidas pelos negócios sustentáveis, que necessitam ser dinamizados. Relatório sobre ciência e inovação no Brasil é categórico em afirmar que o sistema de inovação do país está e deve ser em grande parte construído sobre seus recursos ativos e ambientes naturais, devendo-se pensar o Brasil como uma “economia do conhecimento da natureza” (BOUND, 2008). Não se trata, portanto, de uma economia verde focalizada nas técnicas. O que se propõe aqui é um novo modo de produzir baseado no conhecimento, capaz de reproduzir ao máximo a sinergia da natureza e não de destruí-la.

O que falta para potencializar esses *findings* e superar as carências apontadas é a força da CT&I. Mas o desafio está menos na quantidade e no volume de recursos aplicados e no número de publicações do que na natureza e na qualidade das atividades de pesquisa e desenvolvimento. É preciso explorar as opções de maior densidade científica e maior risco tecnológico, capazes de propiciar maiores retornos sociais e econômicos, com priorização de alvos determinados e envolvimento direto das empresas em estreita associação com universidades, institutos de pesquisa e demais centros de P&D.

E não se trata somente das ciências exatas. O caminho para o DS, implicando abordar questões nas suas múltiplas dimensões de forma integrada, demanda crescentes relações com as ciências sociais. A questão institucional, considerada por muitos como chave para um novo padrão de desenvolvimento regional, é um exemplo da necessidade de interação das ciências.

Enfim, uma ciência voltada para a sociedade impõe novas funções aos cientistas. Polanyi (1944, op. cit.) nomeou como instituições capazes de enfrentar o domínio das forças de mercado sobre a sociedade na passagem para o capitalismo industrial os movimentos sociais, os sindicatos e as políticas públicas. Hoje, a ciência e a tecnologia com seus porta-vozes constituem uma instituição com papel central no processo de mudança desejado. Uma ciência que não só descubra como utilizar o capital natural adequadamente, mas que se transforme em sabedoria; uma ciência que amplie sua responsabilidade e capacidade de esclarecimento à nação, constituindo-se como instituição capaz de fortalecer a autonomia do Estado em sua negociação com o mercado e com outros Estados.

## Referências

- AUBERTIN, C. et DAMIAN. *De la Protection de l'environnement a un monveau modele de croissance. L'actualité dès conventions sur le changement climatique et la biodiversité Française*. Paris: La Documentation, Française, 2009.
- AUBERTIN, C. et VIVIEN, F. D. *Développement Durable*. Deuxieme Édition. Paris: Documentation Française, 2010, p. 150-153.
- BECKER, B. K. "Novos Rumos da Política Regional: Por um Desenvolvimento Sustentável da Fronteira Amazônica". In: BECKER, B. K. & MIRANDA, M. H. P. (orgs.), *Geografia Política do Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 1997, p. 421-443.
- \_\_\_\_\_. "Amazonian Frontiers at the Beggining of the 21<sup>st</sup> Century". In: HOGAN, D.J. & TOLMASQUIN, M. T. (eds.). *Human Dimensions of Global Environmetal Change*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2001.
- \_\_\_\_\_. Estudo Envolvendo Proposta de Política de C&T para a Amazônia. Brasília: SEPED/MCT, 2004.
- \_\_\_\_\_. *Amazônia – Geopolítica na Virada do Terceiro Milênio*. Rio de Janeiro: Garamond, 2005.
- \_\_\_\_\_. "Problematizando os serviços ambientais para o Desenvolvimento da Amazônia". In: Um projeto para a Amazônia no século XXI: Desafios e contribuições. Brasília: CGEE, 2009a.
- \_\_\_\_\_. "Articulando o Complexo Urbano e o Complexo Verde na Amazônia", In: Um Projeto para a Amazônia no Século XXI: Desafios e Contribuições. Brasília: CGEE, 2009b.
- \_\_\_\_\_. *Macrozoneamento da Amazônia Legal*. 1ª Versão. Brasília: MMA, 2009c.
- BECKER, BERTHA K; NOBRE, C; BARTHOLO, R. Uma via para a Amazônia. Artigo publicado na Folha de São Paulo, 28 de abril de 2008.
- BOUND, K. Brazil – *The Natural Knowledge Economy*. Maddalen House, London: The Atlas of Ideas, 2008.
- DALY, H. E. & FARLEY, J. *Ecological Economics – principals and applications*. Washington: Pan-American, 2000.
- HEPBURN, STERN, 2008: 260 APUD AUBERTIN, C. E DAMIAN, M. op. cit.
- IMAZON. **Folha On Line**. Julho de 2009.
- MOZZER, G. O Diálogo Internacional sobre a Mudança do Clima. Brasília: Embrapa, Texto Institucional, 2009.

- POLANYI, K. *The Great Transformation: The Political and Economic Origins of Our Time*. New York: Rinehart, 1944.
- SACHS, I. "Regards critiques sur l'histoire et la nature de la notion même de développement durable". In: *Science, politiques et contextes géographiques. Enjeux de la soutenabilité*. Paris: Commission Histoire de la pensée Géographique (UGI) et Unesco, 2002.
- WORLD BANK. *Global Economic Prospects 2007: Managing the Next Wave of Globalization*. W. B: Washington D.C., 2007.



# Inovação, desenvolvimento econômico e sustentabilidade: as perspectivas do Brasil

*Pedro Luiz Barreiros Passos<sup>1</sup>*

---

## 1. Introdução

A sustentabilidade é, hoje, um valor determinante de qualquer estratégia de desenvolvimento. Consiste em requisito essencial, tanto em termos globais – pelos riscos à vida no planeta – quanto para qualquer comunidade, por menor que ela seja. Está associada à qualidade de vida e paupará todo o século XXI. Será assim para os indivíduos e também para as empresas.

São muitas as razões para isso, a começar pelo aquecimento global e pela necessidade de buscarmos um novo modelo de desenvolvimento, que seja inclusivo e garanta boas condições de vida para todos, ao mesmo tempo em que traga padrões de consumo consonantes com a preservação do meio ambiente. O custo de não encontrarmos essa solução será muito alto: mesmo com a redução do ritmo de crescimento, a população mundial alcançará entre 8 e 10 bilhões, em 2030; quase a totalidade desse aumento se dará em países de baixa renda, cujas populações aspiram à melhoria de seus padrões de consumo; a elevação estará concentrada em megacidades – as 30 maiores cidades, em 2030, representarão 6% da população mundial; teremos pressões enormes para atender a demanda dessa população por recursos básicos e infraestrutura – estima-se que 1,4 bilhão de pessoas terão restrições ao acesso à água potável, em 2030.

Esse quadro nos impõe a necessidade de pensarmos e atuarmos de forma determinada. Da mesma maneira que os desequilíbrios gerados resultaram da ação antrópica, espera-se uma capacidade de

---

<sup>1</sup> Presidente do Conselho de Administração da Natura.

resposta do conjunto da humanidade. Dificilmente tal resposta virá sem uma mudança radical nos padrões de consumo que desenvolvemos a partir da revolução industrial e que consolidamos, no século XX, no que poderíamos chamar de “modelo americano”. Elevamos brutalmente a produtividade e o consumo material, mas de maneira desequilibrada e insustentável.

O que nos imprime a esperança de encontrar uma solução é a capacidade que temos demonstrado de promover transformações. A ciência e a tecnologia nos proporcionaram saídas para desafios inimagináveis. Nesse campo é que encontraremos as respostas aos problemas que nós mesmos nos colocamos. Inovação e sustentabilidade serão palavras gêmeas no século XXI. Aqui reside uma das grandes oportunidades para o Brasil.

Há uma grande convergência de opiniões de que o Brasil vive um momento extremamente positivo. Retomamos o crescimento econômico, apesar da crise internacional de 2009. Mostramos razoável solidez no terreno macroeconômico, ainda que tenhamos uma agenda de reformas importantes pela frente, que deverão propiciar melhores condições de investimentos. A estabilidade conquistada anos atrás e a manutenção de uma política econômica responsável têm-nos assegurado bases adequadas ao crescimento. Evidentemente, continuamos tendo problemas com juros reais excessivamente elevados, câmbio valorizado e elevada carga tributária. Sabemos que será necessário corrigir isso com sobriedade, sem mágicas e sem atalhos.

Nos anos recentes – e esse deve ser o cenário mais provável para o futuro –, temos crescido com base no mercado interno e na exportação de produtos primários intensivos em recursos naturais. Isso é positivo, mas ainda é apenas parte da solução. A elevação do consumo doméstico é a contrapartida do acesso de milhões de brasileiros a padrões de vida mais elevados, o que gera uma base sólida para o crescimento, menos dependente dos humores da economia internacional. Ser competitivo em *commodities* é excelente. Ainda que muitas de nossas exportações tenham baixo conteúdo tecnológico, o esforço por nós despendido, por exemplo, no desenvolvimento de tecnologias para a agricultura tropical, não se mostra desprezível.

Devemos aproveitar nossas vantagens competitivas para agregar maior valor às exportações e precisamos atentar para a relevância – demonstrada com toda a clareza, nos últimos anos – da manutenção de superávits comerciais e reservas naturais adequadas. Isso será uma tarefa complexa, especialmente para a indústria, mas não há alternativa de desenvolvimento que não passe por mantermos uma sólida e competitiva estrutura industrial, inclusive nas cadeias de maior conteúdo tecnológico. Nelas se encontram os melhores empregos e os melhores salários. Só não podemos nos voltar para dentro, acreditando que basta o dinamismo do mercado interno para construir uma trajetória sustentada de crescimento.

Temos outras vantagens estruturais no horizonte. Uma é o pré-sal, pois, em que pese o enorme esforço a ser feito para edificar uma economia menos intensiva em carbono, a demanda por energia seguirá majoritariamente suprida por combustíveis fósseis, nas próximas décadas. Se soubermos explorá-lo com inteligência e responsabilidade ambiental, de forma que não se transforme num agravante para uma apreciação ainda maior da taxa de câmbio, será um importante componente de nosso crescimento, pelos desafios que pode trazer para a produção industrial e para o desenvolvimento tecnológico do país.

Temos, também, uma enorme janela de oportunidade criada pela transição demográfica. No futuro próximo, teremos menor crescimento populacional, maior inserção feminina na população economicamente ativa (PEA), crescimento na taxa de escolaridade e, sobretudo, menor relação de dependência. A parcela da população adulta crescerá a taxas bem mais elevadas que a população de jovens, crianças e idosos. Se gerarmos empregos formais para esses adultos, poderemos crescer, durante uma ou duas décadas, tendo, temporariamente, menores pressões na frente previdenciária.

Por fim, acredito que a nossa rica sociobiodiversidade, utilizada como plataforma de inovação, poderá trazer importantes diferenciais competitivos para o Brasil, criando novas oportunidades de desenvolvimento.

## 2. O panorama internacional e a sustentabilidade

É possível antecipar algumas tendências. Em primeiro lugar, é evidente que a regulação ambiental será cada vez mais severa, seja nos planos nacionais, seja no plano internacional. Em segundo lugar, assistiremos a um posicionamento crescentemente mais ativo dos consumidores na defesa de iniciativas sustentáveis, o que elevará a pressão sobre as empresas e os governos. Em terceiro lugar, podemos ter certeza de que precisaremos de um grande aumento na eficiência energética e na utilização de energias não fósseis, renováveis, sejam de origem hidrelétrica, eólica ou com base em biocombustíveis.

A consequência desses fatores será uma mudança no padrão de consumo. Teremos de abandonar, ao menos em parte, nossos hábitos atuais. Possivelmente, o veículo individual perderá importância frente ao transporte público coletivo. A própria noção de veículo individual mudará, como já está ocorrendo, em função das centenas de milhões de novos consumidores que se agregam a esse mercado, nos países emergentes. Nossa mobilidade exigirá menor consumo de combustíveis e preços mais baixos, além de novos materiais e processos produtivos que minimizem impactos ambientais e reduzam a emissão de carbono, como carros híbridos, edificações verdes e aviões com materiais mais leves.

Esses avanços só virão com fortes investimentos em inovação. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA), estima-se que será necessário um investimento adicional de 10 trilhões de dólares, até 2030, se quisermos chegar ao que os pesquisadores indicam ser um modelo ideal da economia de baixo carbono.

Grande parte desse esforço se dará nos países já desenvolvidos, mas o papel das chamadas economias emergentes, notadamente da China e da Índia, será cada vez mais importante. Não devemos menosprezar os desafios que se colocam para que sejamos protagonistas desse processo, mas não temos por que não reconhecer que esse panorama nos coloca numa posição vantajosa.

O Brasil tem grandes oportunidades, se souber aproveitar esse cenário, se sonhar alto e se tiver capacidade de construir uma sólida visão de longo prazo. Nesse sentido, podemos citar alguns importantes vetores de crescimento:

- Podemos nos tornar líderes mundiais na produção de bioenergia, na chamada “química verde” – a química dos novos biopolímeros.
- Podemos ser líderes na produção de alimentos sustentáveis, que demonstrem, por meio da rastreabilidade, cuidado ambiental em todas as etapas de sua produção.
- Temos a possibilidade de ser, com base em nossa rica biodiversidade, um dos mais importantes polos de desenvolvimento da biotecnologia mundial.
- Poderemos, no futuro, valorar os nossos serviços ambientais, garantindo que nossa disponibilidade de água potável, de solo agriculturável e de possibilidades de sequestro de carbono seja vista como forma de inclusão social e geração de novas fontes de riqueza para o país.
- Também podemos atrair o investimento internacional para o desenvolvimento de novas tecnologias.

Nesse novo cenário, também precisaremos saber aproveitar da melhor forma as possíveis riquezas do pré-sal e alinhá-las com as preocupações de desenvolvimento sustentável. Isso não se resume às melhores práticas nas atividades de exploração e cuidados ambientais, mas também ao uso dos recursos do pré-sal para alavancar nossas posições em energias renováveis, em processos sustentáveis e mesmo na aplicação do petróleo para além do mero combustível veicular. Nesse sentido, os recursos do pré-sal deverão ser utilizados para criarmos uma poupança para o país, que financie investimentos em educação e na melhoria na qualidade de vida, em geral, de nossa população.

Para o Brasil, o crescimento baseado no desenvolvimento sustentável consiste numa oportunidade para transformar essas vantagens comparativas em vantagens competitivas. O caminho para tanto é investir em conhecimento e inovação.

### 3. Desafios socioambientais como fonte de inovação

É crescente, no meio empresarial, o entendimento da sustentabilidade como valor, apesar de sabermos que há, ainda, uma parcela de empresas que lidam com essas novas exigências com uma visão de *compliance* e mitigação de riscos, enxergando a sustentabilidade como um custo, buscando reduzi-lo e desenvolvendo estratégias para contornar as exigências legais.

Por outro lado, vemos cada vez mais empresas que procuram se posicionar de maneira a aliar sustentabilidade e inovação, criando novos ciclos de crescimento. De forma análoga ao que foi a tecnologia da informação, há, aqui, uma grande mudança de paradigma e um grande ganho de eficiência na economia global – um vetor da criação de novos negócios, de novos empregos e de novas competências.

Um exemplo já clássico desse processo é a GE. A empresa lançou, poucos anos atrás, um programa chamado *Ecomagination*, que, fundamentalmente, busca criar negócios a partir dos desafios socioambientais. Apesar de ser relativamente recente, pois foi criado em 2005, ele abarcava negócios de 14 bilhões de dólares em 2007, com estimativa de alcançar 20 bilhões de dólares em 2009. Trata-se de um exemplo marcante, com foco em inovação, abrangendo investimentos, novos modelos de negócios e criação de competências externas. Como exemplo, vale mencionar o desenvolvimento de uma locomotiva verde capaz de reduzir emissões e economizar combustível. São investimentos relevantes da GE em P&D, que representam para este programa cerca de 1,4 bilhão de dólares.

Essa iniciativa mostra que é possível o setor empresarial se adequar a esses novos desafios. Algumas corporações têm, hoje, condições de posicionar toda a cadeia de fornecedores na mesma direção. Isso consiste numa mudança radical na filosofia da empresa e de seus colaboradores. A GE ficou famosa, assim como seu presidente anterior, Jack Welch, pelo modelo Seis Sigma de gestão de processos e da qualidade, que acabou se difundindo pelo mundo. Mas foi com Jeffrey Immelt, em 2004, que a GE adotou a bandeira da inovação e da sustentabilidade como causa fundamental da empresa. Essa postura é, sem dúvida, um exemplo para o mundo empresarial.

## 4. O panorama brasileiro: o exemplo da natura

Nesse contexto desafiador, vale mencionar o nosso caso, da Natura. Em 1997, a empresa vivia um desafio que consistia em ter acesso a novas tecnologias para melhorar os seus produtos e competir em pé de igualdade com os concorrentes. Os principais *players* eram empresas multinacionais, com uma ampla base de pesquisa científica, proveniente de investimentos nos setores farmacêuticos e de alimentos. A tecnologia de cosméticos derivava, em sua maior parte, dos investimentos nesses segmentos, dezenas de vezes maiores do que a nossa capacidade financeira.

Naquele momento, chegamos a pensar em realizar uma parceria estratégica para ter acesso às tecnologias que considerávamos essenciais para os nossos produtos. Essa não era uma decisão fácil e, entre pesquisas e contatos internacionais, refletimos durante aproximadamente um ano. A partir dessa experiência, decidimos construir nosso próprio caminho, que acredito que talvez tenha sido a maior inovação que fizemos nos últimos tempos.

Tomamos a decisão de fazer do uso sustentável da biodiversidade brasileira a nossa plataforma de inovação e pesquisa. Assim, em 2000, depois de três anos de muito esforço, lançamos a linha EKOS. Foi uma revolução dentro da empresa, pois o pouco conhecimento que existia sobre os ingredientes naturais no Brasil ainda se encontrava dentro da academia, além de ainda não existir uma cadeia de fornecimento estruturada e que pudesse atender à nossa demanda.

A compra de matérias-primas naturais, como, por exemplo, a castanha, o breu branco, o murumuru e a andiroba, trouxe uma nova dinâmica para a empresa. Passamos a acompanhar os ciclos da natureza em conjunto com ciclos do nosso negócio. O relacionamento com as comunidades extrativistas também nos trouxe uma série de novas competências, como conhecimentos em etnobotânica, cuidados com a repartição de benefícios e com o direito de uso de imagens e a estruturação de planos de manejo e planos locais de desenvolvimento, além da construção de uma ampla rede de relacionamento com universidades, governos e ONG.

Ao inaugurar essa plataforma de pesquisa, baseada no uso sustentável da biodiversidade brasileira e na combinação do conhecimento tradicional com a tecnologia, adentramos em um campo em que a disposição para o aprendizado e para o diálogo deve ser permanentemente cultivada. É necessário estar disposto a enfrentar obstáculos e a errar, como já erramos. No entanto, em dez anos, tivemos excelentes resultados e inovamos principalmente na maneira como geramos valor para toda a nossa cadeia de fornecimento.

Parte desse aprendizado veio com a compra de empresa que produzia fitomedicamentos no Rio de Janeiro: o negócio em si não trouxe os resultados esperados, sobretudo por dificuldades

regulatórias; no entanto, tivemos contato com uma fantástica coleção de ativos e de conhecimentos, que contribuiu para o nosso desenvolvimento.

Nessa trajetória, reforçamos a brasilidade da marca Natura e, ao mesmo tempo, criamos um diferencial e uma nova força para a internacionalização da empresa, já que as inovações que levamos a cabo nos permitiram alcançar um patamar internacional de qualidade e, ainda mais importante, evitar um confronto direto com as tecnologias tradicionais dos nossos concorrentes. Como em todo processo de inovação, assumimos um risco. Tínhamos um conjunto de ações que não estava perfeitamente organizado. Não eram produtos de prateleira; ao contrário, exigiam um longo processo de desenvolvimento, com a contribuição de diversos atores.

Hoje lideramos a tecnologia do uso sustentável da biodiversidade no setor de cosméticos, algo que tem sido muito importante para o crescimento da empresa. Além disso, trouxemos resultados significativos para nossa rede de relacionamento. Temos em nosso portfólio 31 insumos diferentes da biodiversidade brasileira, que compramos de 26 comunidades diferentes. A maior parte está no Bioma Amazônico, mas temos insumos com origem no Cerrado e na Mata Atlântica. São ingredientes produzidos por aproximadamente 2 mil famílias, podendo chegar a 5 mil nos próximos anos, com impacto social muito relevante para essas localidades.

Por fim, vale mencionar que, hoje, o uso sustentável da biodiversidade se insere em uma estratégia mais ampla, que internamente chamamos de vegetalização e que busca substituir em nossas fórmulas os ativos de fontes minerais e animais por ingredientes provenientes de fontes renováveis.

## 5. Uma agenda para a política brasileira de apoio à inovação e à sustentabilidade

Não é tarefa simples alinhar o conjunto das medidas de apoio à inovação e de suporte à sustentabilidade. Por serem temas transversais, discutir ou detalhar essas políticas pressupõe abordar um conjunto muito vasto de ações coordenadas. Dessa maneira, sem querer esgotar o assunto, gostaria de demarcar algumas questões que considero críticas e que podem nos impulsionar, de forma estratégica, a uma nova agenda de desenvolvimento.

Temos de retomar o planejamento de longo prazo, uma vez que já superamos a fase em que o curto prazo predominava na agenda brasileira. Assim, estamos em um momento oportuno para fazermos as escolhas estratégicas que valorizem nossas vocações fundamentais.

Nesse sentido, defendo que inovação e sustentabilidade façam parte de todas as políticas públicas. Dessa forma, critérios socioambientais precisam ser utilizados por agências de fomento e na

definição de políticas tributárias, de forma a incentivar a agenda da inovação e da sustentabilidade. Ainda hoje, no Brasil, projetos questionáveis do ponto de vista ambiental têm sido financiados por bancos e agências públicas.

A questão fundamental para o nosso futuro é a educação. Nosso compromisso deve ser de, em 20 anos, estarmos entre os melhores padrões educacionais do mundo. É um plano factível, e a tecnologia nos ajudará a superar algumas barreiras que não poderíamos vencer no passado. Sem essa conquista, fruto do compromisso de toda a sociedade, não atingiremos nenhum objetivo de longo prazo.

Nesse campo, aproveito para chamar atenção para o gargalo em mão de obra especializada que temos no país, em especial com formação para engenharia. Segundo o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), o número de engenheiros formados no Brasil em 2008, em todas as especialidades, é de 30 mil. Os demais países do BRIC formam, por ano, muito mais engenheiros do que nós: a Rússia forma 120 mil, a Índia, 200 mil, e a China, 300 mil. Esses números indicam claramente a nossa defasagem na formação de engenheiros e o gargalo que teremos no futuro próximo.

Outro aspecto que gostaria de salientar é o empreendedorismo. O Estado é importante na busca de uma sociedade mais justa e na eleição de prioridades, mas não pode fazer tudo. A inovação nasce fundamentalmente da energia empreendedora do setor privado. Um ambiente propício para o nascimento de novos negócios, com apoio e financiamento, será o grande responsável pelo movimento de inovação no país.

Enfatizo também a dimensão da infraestrutura de ciência e tecnologia. Os institutos de ciência e tecnologia, que têm o papel de traduzir os conhecimentos acadêmicos em tecnologias para o setor privado, não receberam a atenção necessária nos últimos anos, além de permanecerem, em sua maior parte, concorrendo com a pesquisa acadêmica, em vez de se voltarem para as necessidades das empresas.

Honrosas exceções merecem ser valorizadas. A Embrapa é um grande exemplo. Outro é o Instituto de Pesquisas Tecnológicas, em São Paulo (IPT), que foi uma das bases do desenvolvimento da indústria de São Paulo. Institutos dessa natureza têm condições de realizar investimentos em P&D pré-competitivo que, muitas vezes, a indústria não tem condições de fazer ou só pode fazer de forma consorciada, por meio de algum financiamento estatal, como no caso de plantas pilotos. Alguns desses projetos precisam, pelo risco e pelo fato de servirem a muitos usuários, de um apoio específico do poder público, como ocorre em outros países. Nesse sentido, devemos escolher quais serão os nossos setores estratégicos e focar no fortalecimento de institutos voltados a essa estratégia.

Outra dimensão que considero relevante mencionar é a necessidade de aprimorarmos os instrumentos de apoio à inovação nas empresas. Não tenho dúvida de que tivemos melhorias em termos dos modelos de incentivos fiscais e de subvenções para o setor privado; no entanto, precisamos aumentar e aprimorar os mecanismos de apoio à inovação. O Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI) fez, recentemente, um estudo sobre a inovação no país. Esse estudo mostrou que cerca de dois terços de todo o apoio governamental brasileiro são resultantes da renúncia fiscal da Lei de Informática, que reduz o IPI dos bens de informática para que a produção do restante do país seja compatível com os incentivos concedidos na Zona Franca de Manaus. A Lei de Informática, contudo, mesmo exigindo contrapartida de gasto em P&D pelas empresas, é muito mais uma contingência da existência de um regime tributário específico na Zona Franca de Manaus que uma Lei de incentivo a P&D. Assim, se não considerarmos os incentivos da Lei de Informática, o apoio direto e indireto a P&D, no Brasil, reduz-se a 0,07% do PIB. Um valor baixo para a realidade internacional, comparável apenas ao que é praticado no México (0,05% do PIB) e muito abaixo do existente nos países desenvolvidos: Espanha (0,10% do PIB), Reino Unido (0,14% do PIB), França (0,18% do PIB) e EUA (0,22% do PIB).

É certo que temos um problema que transcende ao regime de incentivos: temos uma cultura no próprio setor privado que, hoje, vê inovação muito mais ligada à melhoria de processos por meio da compra de equipamentos. Habitua-nos a encarar a tecnologia como algo que se compra, o que, com o tempo, acaba diminuindo a importância dada a investimentos em inovação. Isso significa que nosso problema não se resume à falta de incentivos, mas também se deve à cultura vigente em parte do setor empresarial.

Ainda no aspecto do apoio às empresas, em que pese aos progressos que temos tido, como os apoios do BNDES e da Finep, seguimos com a dificuldade de obter financiamento de outras fontes e que sejam de longo prazo, no Brasil. O custo do capital é elevado, frente ao praticado no exterior, e o acesso a ele é difícil, em especial para médias e pequenas empresas.

Nesse sentido, precisamos desenvolver novas fontes de financiamento, que também privilegiem as pequenas e médias empresas, além de construir um sistema de *venture capital* para fortalecer o componente de capital de risco. Em muitos países que têm fortes sistemas de inovação, os modelos de *venture capital*, com participação do governo e do setor privado, trazem grandes contribuições para a agenda nacional de inovação.

Outra dimensão, que usamos de forma marginal, mas que devemos incorporar de maneira mais efetiva à agenda econômica, é o incentivo à produção e ao consumo de bens de menor impacto ambiental, com redução e simplificação de sua carga tributária. No passado, usamos esses diferenciais mais intensamente, quando da introdução do álcool como combustível veicular.

O carro *flex*, os biocombustíveis ou os produtos que incorporam a dimensão da sustentabilidade ao longo de seu ciclo de vida deveriam ter tratamentos diferenciados.

Um importante aspecto – que, na Natura, aprendemos que é decisivo – refere-se à solidez dos marcos regulatórios e ao seu alinhamento aos objetivos de incentivo à inovação e à sustentabilidade. Nós lidamos com assuntos da biodiversidade desde 1998, e, até hoje, o marco legal ainda é frágil e gera insegurança jurídica para as empresas. Isso é um problema grave para um país que quer e tem condições de usar sua megabiodiversidade como vantagem para seu posicionamento estratégico no plano mundial. Temos problemas, também, na eficácia de nosso sistema de proteção à propriedade intelectual. Com todas as melhorias recentes, ele ainda é um sistema lento e, pior, pouco utilizado pelas empresas.

Por fim, nesta breve agenda de política de apoio à sustentabilidade e à inovação, gostaria de chamar atenção para uma questão que, nos debates, fica muitas vezes esquecido. Embora pareça que o Brasil já resolveu todos os seus problemas macroeconômicos e que, agora, precisamos começar a resolver os problemas da microeconomia, acredito que ainda temos fatores macroeconômicos que impedem o nosso progresso e que dificultam a competitividade da iniciativa privada. Apesar da conquista da estabilidade econômica, ainda temos obstáculos como juros altos, câmbio valorizado e carga tributária muito elevada. Além desses fatores, vale mencionar outro pilar que merece muita atenção: a ineficiência do Estado brasileiro.

Temos um Estado grande e reconhecidamente ineficiente. Não podemos esquecer que, hoje, a administração pública consome quase 40% do nosso PIB. É um número muito alto para o tipo de serviço que o setor público presta para o cidadão, em termos de segurança pública, educação, saúde. Além disso, o Estado brasileiro investe muito pouco. Segundo dados do Fundo Monetário Internacional (FMI), nos oito anos analisados (2000-2008), o Brasil ficou muito abaixo da média de investimento público, quando comparado aos países em desenvolvimento. A média cresceu de 6,5% para 7,6% do PIB no período. A taxa brasileira, no melhor ano, 2002, nem chegou a 2% do PIB. A nossa média é de 1,69% do PIB. Só para se ter uma ideia, a taxa chinesa alcança por volta de 20%. Assim, os resultados não condizem com a alta carga de impostos (uma das maiores entre os emergentes) e os elevados gastos públicos.

Gostaria, ainda, de enfatizar a questão da Amazônia. Hoje, tenho a convicção de que podemos promover uma forte inserção competitiva da indústria nacional no terreno da biotecnologia a partir de nossa rica biodiversidade e da Amazônia em especial. Acredito que a Amazônia poderá ser uma grande fonte de inovação e conhecimento para o país e, ao usá-la de maneira sustentável, gerando inclusão social e renda, poderemos criar um novo modelo de desenvolvimento que sirva de exemplo para o mundo. Uma visão de longo prazo da Amazônia

deve ser acompanhada por políticas públicas que viabilizem o aproveitamento econômico dos serviços ambientais – precisamos criar tais mecanismos.

Finalizo compartilhando a seguinte reflexão: o Brasil pode ser uma fonte de inspiração para um mundo que está desequilibrado e em acelerado processo de globalização e universalização. Podemos porque somos um país megadiverso, com muitas riquezas culturais, sociais e ambientais. É importante conseguirmos fazer uma síntese dessas vantagens e tirarmos seus benefícios. E é nesse contexto que vemos a oportunidade para nos tornarmos um país protagonista no desenvolvimento da nova economia do século XXI.



# Desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro

*Aldrin Martin Perez-Marin<sup>1</sup>, Pedro Dantas Fernandes<sup>2</sup>,  
Albercio Pereira de Andrade<sup>3</sup>, Roberto Germano Costa<sup>4</sup> e Rômulo Simões César Menezes<sup>5</sup>*

---

## Resumo

Nos próximos anos, é preciso que se expanda e consolide o atual modelo de desenvolvimento nacional, com inclusão efetiva das regiões mais esquecidas pelas políticas governamentais, como ocorrido no passado. Em relação ao Semiárido, há uma dívida histórica, a requerer políticas de desenvolvimento mais efetivas, aporte de conhecimento e tecnologia para dinamizar e reestruturar a atividade econômica em todos os seus espaços, priorizando, sempre as ações de inclusão social. Por suas características climáticas e fisiográficas, as intervenções na região devem maximizar os benefícios socioeconômicos para a geração presente, preservando a qualidade ambiental e a capacidade de produção para as gerações futuras, assegurando, assim, a manutenção da produtividade biológica – garantias de um desenvolvimento com sustentabilidade. O Semiárido brasileiro é um grande desafio, por sua extensão territorial e grande população, requerendo maior compromisso de governos e da sociedade brasileira. São muitas as potencialidades do sertão: frutos nativos, flores e plantas ornamentais, muitas fragrâncias a

---

1 Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido (INSA/MCT), Av. Floriano Peixoto, 715, 2º andar, Centro, Campina Grande (PB), CEP 58400-165. E-mail: aldrin@insa.gov.br

2 Coordenador de Pesquisa do INSA/MCT, Av. Floriano Peixoto, 715, 2º andar, Centro, Campina Grande (PB), CEP 58400-165. E-mail: pdantas@insa.gov.br, Bolsista do CNPq.

3 Diretor Adjunto do INSA/MCT, Av. Floriano Peixoto, 715, 2º andar, Centro, Campina Grande (PB), CEP 58400-165. E-mail: albercio@uol.com.br, Bolsista do CNPq.

4 Diretor do INSA/MCT, Av. Floriano Peixoto, 715, 2º andar, Centro, Campina Grande (PB), CEP 58400-165. E-mail: betogermano@hotmail.com, Bolsista do CNPq.

5 Professor Adjunto do Departamento de Energia Nuclear (DEN), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. Prof. Luiz Freire, 1000, CEP50740-540, Recife (PE). E-mail: rmenezes@ufpe.br. Bolsista do CNPq.

serem exploradas, minérios, artesanato, gastronomia, e, principalmente, a grande riqueza em princípios fitoterápicos na grande maioria das plantas da região. O Brasil não despertou, ainda, para as riquezas e para o milagre do desabrochar de vida no Semiárido...

**Palavras-chave:** sustentabilidade, Caatinga, potencialidades, paradigmas, riquezas

## *Sustainable development of the brazilian semi-arid*

### **Abstract**

*In the coming years, it is necessary to expand and consolidate the current national development model, with effective inclusion of the regions most forgotten by governmental policies, as occurred in the past. In relation to the Semi-arid, there is a historical debt, requiring more effective development policies, contribution of knowledge and technologies to make more dynamic and restructure the economic activities in all the spaces of the region, always prioritizing actions of social inclusion. Due to its climatic and geographic characteristics, interventions in the region should maximize the socioeconomic benefits for the present generation while preserving the environmental quality and production capacity for future generations, thereby ensuring the maintenance of biological productivity – ensuring a sustainable development. The Brazilian Semi-arid is a great challenge for its territorial extension and large population, requiring greater commitment from Governments and Brazilian society. There are many potentialities in the region: native fruits, flowers and ornamental plants, many fragrances to explore, mineral stones, handicraft, gastronomy, and especially the great wealth in phytotherapeutic principles in the vast majority of the plants of the region. Brazil not awakened yet to the riches and the miracle of life bloom in the Semi-arid ...*

**Keywords:** sustainability, Caatinga, potentialities, paradigms, riches

## **1. Sobre desenvolvimento**

Em 1983 foi criada pela Assembléia Geral da ONU, a 'World Comission on Environment and Development' - WCED, presidida por Gro Harlem Brundtland, à época, a primeira-ministra da Noruega, com a incumbência de reexaminar as questões críticas sobre meio ambiente e desenvolvimento e repensar as propostas de abordagem de uma forma mais realista sobre o tema. Essa Comissão deveria propor novas normas de cooperação internacional que pudessem orientar políticas e ações internacionais de modo a promover as mudanças que se faziam necessárias (WCED, 1987). No relatório, elaborado pela Comissão, apareceu pela primeira vez, de forma clara,

o conceito de “Desenvolvimento Sustentável”, embora ele já estivesse em gestação, com outros nomes, desde a década anterior.

No documento, intitulado “Nosso Futuro Comum”, lançado em 1987 (também conhecido como “Relatório Brundtland”), a Comissão procurou despertar a humanidade para a necessidade de um novo tipo de desenvolvimento, capaz de manter o progresso em toda a terra. No trabalho foi criticado o modelo adotado pelos países desenvolvidos, por ser insustentável e impossível de ser copiado por outras nações, sob pena de se esgotarem, rapidamente, os recursos naturais do planeta. Assim, surgiu o conceito de desenvolvimento sustentável:

“Atendimento das necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades” (WCED, 1987)

Nesse conceito foram embutidos, pelo menos, dois importantes princípios, o de **necessidades** e o da **noção de limitação**. O primeiro trata de equidade (atendimento às necessidades essenciais de todos, inclusive, os pobres) e o outro diz respeito às conseqüências sobre o uso ilimitado e indiscriminado de tecnologia e da organização social sobre o meio ambiente (WCED, 1987). Como as necessidades humanas são determinadas social e culturalmente, padrões de consumo são requeridos dentro dos limites das possibilidades ecológicas, o que só é possível com a conscientização sobre valores ambientais; em síntese, o desenvolvimento sustentável significa compatibilidade do crescimento econômico, com o desenvolvimento humano e a qualidade ambiental. Portanto, o desenvolvimento sustentável preconiza que as sociedades atendam as necessidades humanas em dois sentidos, aumentando o potencial de produção e assegurando às gerações presentes e futuras as mesmas oportunidades.

O desenvolvimento sustentável não é um estado permanente de equilíbrio, mas sim, de mudanças quanto ao acesso aos recursos e quanto à distribuição de custos e benefícios. Em sua essência,

“... é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e às aspirações humanas” (WCED, 1987).

Além de ter aumentado a percepção do mundo em relação aos problemas ambientais, a comissão de Gro Harlem Brundtland não se restringiu, somente, a tais aspectos. No Relatório é enfatizado que o desenvolvimento sustentável deve estar intrinsecamente ligado aos problemas de eliminação da pobreza, da satisfação das necessidades básicas de alimentação, saúde e habitação e, aliado a tudo isto, à alteração da matriz energética, privilegiando fontes renováveis e o processo de inovação tecnológica.

Na “Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento”, mais conhecida por “Rio-92” ou “Eco-92”, buscou-se o consenso internacional para a abordagem do tema. A partir dessa conferência, o conceito de desenvolvimento sustentável ganhou grande popularidade e vem sendo alvo de muitos estudos e tentativas de estabelecimento de políticas de gestão que buscam contemplar os seus princípios centrais.

## 2. Semiárido brasileiro

O Semiárido Brasileiro (SAB), ao longo da história, tem sido tema das mais variadas reflexões e objeto de muitas iniciativas visando ao seu *desenvolvimento*. Apesar disso, a região continua como exemplo de índices de desenvolvimento insatisfatórios e de grande contingente de excluídos (INSA, 2007). Igualmente, o termo *sustentabilidade* tem sido utilizado em vários setores da atividade humana na região, com significados bastante variados. Termos como ‘desenvolvimento sustentado’, ‘sustentabilidade econômica’, ‘sustentabilidade ecológica’, ‘... social’, dentre outros, têm sido freqüentemente utilizados. Tais palavras, na maioria dos casos, não têm sido interpretadas de forma contextualizada à realidade do SAB. Isso é particularmente importante, considerando a definição e aplicação de políticas públicas para a região, pois, dependendo dos atores, sustentabilidade e desenvolvimento podem significar coisas distintas ou ter abrangências mais amplas ou restritas.

### 2.1. Sustentabilidade no semiárido

As definições adotadas são muitas e, em geral, refletem os interesses de seus autores, cada um considerando a sua, como a melhor; por vezes, são divergentes, partindo de perspectivas distintas e escalas diversas de abrangência, no tempo e no espaço (MENEZES & SAMPAIO, 2000). Entre as várias definições de sustentabilidade, ao Semiárido Brasileiro pode ser aplicada aquela de caráter genérico ou holístico, proposta pela WCED (1987), citada anteriormente, ou as específicas, enfocando os fatores de produção, como a adotada por Menezes & Sampaio (2000):

“Desenvolvimento sustentável no SAB significa maximizar os benefícios sócio-econômicos da geração presente, preservando a qualidade ambiental e a capacidade de produção para as gerações futuras, permitindo, desta forma, a manutenção da produtividade biológica”.

Todavia, muitos usam uma definição mais ampla e defendem que o desenvolvimento sustentável do Semiárido Brasileiro deve abranger: 1) Manejo ecologicamente correto dos recursos naturais, isto é, minimizar as perdas de solo, água, nutrientes, biomassa, energia e evitar a poluição; 2) Viabilidade econômica: produzir o suficiente sem degradar, mas que garanta a auto-suficiência

para satisfazer as necessidades; 3) Ações socialmente justas, ou seja, recursos e poder são distribuídos igualmente, de modo a assegurar as necessidades básicas de todos os membros da sociedade e 4) Humanização: respeito a todas as formas de vida e incorporação de valores humanos básicos, tais como, honestidade, auto-respeito, cooperação e compaixão (LEFF, 2000; CARVALHO & EGLER, 2003; FURTADO, 2005; SILVA, 2006).

Em nosso entendimento, o desenvolvimento sustentável do Semiárido Brasileiro deve ir mais além, ser analisado à luz do que preceitua a WCED (1987), como “intrinsecamente ligado aos problemas de eliminação da pobreza, da satisfação das necessidades básicas de alimentação, saúde e habitação e, aliado a tudo isto, à alteração da matriz energética, privilegiando fontes renováveis e o processo de inovação tecnológica”. Portanto, a análise dos conceitos utilizados e aplicados, para o desenvolvimento sustentável da região, deve permitir identificar a preocupação com aspectos econômicos, sociais, ecológicos, políticos e culturais. Do ponto de vista dos recursos, preceitua-se que a sustentabilidade só poderá ser atingida se essas cinco dimensões forem consideradas, em conjunto, e ela será tanto maior quanto mais alinhadas estiverem entre si (SILVA, 2006).

## 2.2. Estereótipos e valorização da realidade

Embora se possa entender a necessidade dessa contemplação conjunta, a história mostra que, por décadas, a sustentabilidade econômica e a social no SAB, têm estado sujeitas a um considerável grau de imprevisibilidade e vulnerabilidades, ditadas por atuações e mudanças de políticas, anseios e conceitos pessoais, o que têm levado à construção e institucionalização de uma imagem de região problemática. Assiste-se, por exemplo, num telejornal, em uma mesma reportagem sobre os efeitos da seca na região, cena de mulheres apanhando água barrenta, em reservatórios, para satisfazer as necessidades da família; no instante seguinte, podem ser apresentadas imagens de modernas e grandes áreas irrigadas (SILVA, 2006). Essas imagens têm levado à conclusão de que a seca é a vilã, o elemento de insustentabilidade e subdesenvolvimento da região; ao mesmo tempo, que a solução definitiva está na modernização econômica, através da agricultura irrigada.

Entretanto, a questão é mais complexa, tanto no que refere aos aspectos bio-geofísicos, quanto à ocupação humana e exploração dos recursos naturais. O Semiárido Brasileiro, com uma população superior a 22 milhões de pessoas, estende-se por uma área superior a 900.000 km<sup>2</sup>, rica em diversidade de situações ecológicas, sociais e culturais. A diversidade pode ser analisada pelo zoneamento agroecológico do Nordeste, realizado por Silva et al. 1993: o Semiárido abrange, pelo menos, boa parte de 17 das 20 unidades de paisagens, em que foi dividido o NE, e 105 das 172 unidades geoambientais identificadas na região.

Toda essa área tem, em comum, a baixa relação entre precipitação e evapotranspiração, o que resulta, em geral, em falta de água para crescimento das plantas, consumo humano e animal. Além disso, a disponibilidade de água, além de condicionada pela chuva, é influenciada pela posição topográfica, pela capacidade de armazenamento de água pelo solo e pela possibilidade de irrigação.

A vegetação típica e predominante é a Caatinga, cuja biodiversidade confere valores biológicos e econômicos significativos para a região e para o País, além de ser um bioma prioritário para a conservação na América Latina. A população do SAB tem alta dependência desse bioma para sua subsistência, o que causa grande vulnerabilidade social e econômica, causando pressão crescente sobre os recursos naturais da região, tornando-a extremamente propícia à desertificação.

Segundo a FAO e o PNUD, a lenha é uma fonte fundamental de energia no Nordeste brasileiro, representando 33% de sua matriz energética, com grande impacto sobre a vegetação nativa, em que a Caatinga é preponderante; é consumida, intensivamente, em importantes ramos industriais, como olarias, cerâmicas, padarias e, também, na grande maioria dos domicílios da zona rural. Além disso, a Caatinga fornece uma série de produtos florestais, não madeireiros, para consumo e comercialização, tais como, produtos medicinais, cascas, fibras, óleos, mel, materiais para artesanato e raízes comestíveis.

Na maior parte da área do SAB, constata-se lentidão de crescimento, falta de infraestrutura básica e permanência de indicadores sociais abaixo das médias nacional e regional. A situação estrutural de pobreza ainda se transforma em calamidade, nos períodos prolongados de seca. A estrutura fundiária é muito concentrada; além dos latifúndios, há um grande número de minifúndios, com cerca de 90% das propriedades possuindo área inferior a 100 ha e detendo apenas 27% da área total dos estabelecimentos agrícolas (SILVA, 2006). Com o lento ritmo de crescimento da economia local e a baixa renda da população, cerca de 46% dos municípios têm sua renda proveniente do governo federal e estadual.

O analfabetismo oscila entre 36 e 48%, aproximadamente 42% dos municípios. Segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano de 2009 (PNUD, 2009), cerca de 75% dos municípios têm baixo IDH. A combinação dos fatores ambientais, sociais, culturais e econômicos cria um mosaico de situações que não são devidamente apreciadas e compreendidas; isso resulta em generalizações muito amplas sobre a região, recomendações muito simplistas quanto às suas potencialidades e avaliações insuficientes das perspectivas de um desenvolvimento sustentável no SAB, de convivência com o ambiente, sua economia local, qualidade de vida, cultura e conquistas de políticas públicas governamentais de forma contextualizada.

### 3. Convivência com as secas

Como consequência dessa visão superficial, ao longo dos anos foram implantadas políticas governamentais para o desenvolvimento do SAB, orientadas, quase que exclusivamente, para (a) **Combater as secas e seus efeitos** e para a (b) **Agricultura irrigada de grandes projetos**. Em relação ao primeiro foco, constata-se, atualmente, ter diminuída a ênfase de “combate à seca e aos seus efeitos”, como orientação das políticas públicas. Tal concepção predominou durante o século XX e entrou em crise, em razão de seus fundamentos negarem os princípios de sustentabilidade.

A crítica formulada na “*indústria da seca*” manifesta um posicionamento ético, denunciando a exploração política da miséria e apropriação privada dos recursos públicos, pelas oligarquias sertanejas, pois tinham interesses explícitos nas políticas de combate à seca, na medida em que dava sustentação ao complexo econômico de pecuária-algodão-subsistência. Em relação à segunda concepção de desenvolvimento do SAB, planejadores, governantes, empresários e estudiosos da região, entusiasmados com os resultados que vêm sendo obtidos em alguns dos modernos pólos agroindustriais (Petrolina-PE, Juazeiro-BA), apostam na continuidade dos investimentos para ampliar o processo de modernização econômica nesses espaços dinâmicos de desenvolvimento.

Essa preocupação é válida no sentido de contemplar o maior potencial agrícola da região, contudo, se restringe a um pequeno percentual do imenso Semiárido (a área irrigável é inferior a 2,5%), à margem de grandes rios, como São Francisco, Açu e Jaguaribe. Tal visão exclui uma multiplicidade de pequenas irrigações, amplamente disseminadas, que aproveitam fontes de água de menor porte e até cursos intermitentes e que merecem atenção. Ambos os tipos de irrigação causam impactos ambientais, significativos, tais como, problemas de salinização e, subsequentemente, degradação das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. A água dos grandes rios, principalmente a do São Francisco, é de boa qualidade e os riscos de salinização são baixos, mas a aplicação é irregular, com tendência a ser excessiva; além disso, a maior parte da área irrigada não tem sistemas de drenagem ou seus drenos não recebem a devida manutenção. O acompanhamento da fertilização é precário, sendo muito provável que haja limitações de nutrientes, em alguns locais, e excesso de aplicação em outros (SAMPAIO & SALCEDO, 1997).

Em comum, as duas propostas foram, historicamente, assumidas pelas políticas governamentais no SAB, combinando as seguintes características (SILVA, 2006): (a) a finalidade da exploração econômica, como elemento definidor da ocupação e uso do espaço que exerce a dominação local; (b) a visão fragmentada e tecnicista da realidade local, das potencialidades, das problemáticas e das alternativas de superação das secas e de suas consequências e, (c) o proveito político dos dois elementos anteriores, em benefício da elite política e econômica que exerce a dominação local.

Uma política visando ao conceito mais amplo de desenvolvimento sustentável, para o Semi-árido, consistente e contextualizada, não foi, ainda, convenientemente definida; nota-se um início de cristalização, pelo envolvimento de novos atores sociais e políticos que entraram em cena, apresentando um discurso renovador e comprovando a possibilidade de um desenvolvimento sustentável, com base na *“Convivência com a Semiaridez”*. As dificuldades residem na abrangência de fatores amplos e complexos, impossível de serem reduzidos apenas à ocorrência de secas; a falta de água não pode ser, também, justificativa, quando o desempenho da região é aquém do desejado.

### 3.1. Quebrando paradigmas

Portanto, em lugar das instituições, das políticas, dos planos e dos programas para o SAB se limitarem a propor “soluções” para seus “problemas”, recomenda-se valorizar as suas potencialidades (INSA, 2007). Nessa nova concepção, o SAB passa a ser concebido como um espaço no qual é possível construir ou resgatar relações de convivência entre os seres humanos e a natureza, com base na sustentabilidade ambiental, combinando a qualidade de vida das famílias com o incentivo às atividades econômicas apropriadas. Trata-se, portanto de uma nova percepção que retira as culpas atribuídas às condições naturais e enxerga o espaço Semiárido com suas potencialidades, características, seus limites e o resgate de um pensamento que foi formulado por Guimarães Duque (DUQUE, 2004), segundo o qual o desenvolvimento sustentável do SAB depende, fundamentalmente, de uma mudança de mentalidade, em relação às suas características ambientais e de mudanças em práticas e uso indiscriminado dos recursos naturais – é o rompimento do paradigma das adversidades e abertura para um novo, o das potencialidades.

Não se tratam, simplesmente, de novas técnicas, atividades, práticas produtivas, de ações socioculturais, etc. A convivência deve ser uma proposta cultural, que vise contextualizar saberes e práticas (tecnológicas, econômicas e políticas), apropriadas à semiaridez, reconhecendo a heterogeneidade de suas manifestações sub-regionais; deve considerar, também, as compreensões imaginárias da população local sobre esse espaço, suas problemáticas e alternativas de solução, que foram sendo construídas e desconstruídas ao longo da história de sua ocupação. Na perspectiva de convivência com a semiaridez, a gestão ambiental assume novos sentidos e significados, ao priorizar a busca de soluções apropriadas às condições locais, para que modifiquem as percepções e o comportamento em relação à natureza.

Considerando os elementos abordados, anteriormente, relativos ao desenvolvimento sustentável do SAB, dentro de uma perspectiva de *“convivência com a semiaridez”*, tem sido elaborada uma série de proposições, produzidas coletivamente em diversos espaços de articulação e debates, sobre experiências alternativas para a região, que devem ser objeto de atenção nas políticas

públicas de desenvolvimento sustentável (SILVA, 2006; MENEZES & SAMPAIO, 2000; SAMPAIO & SALCEDO, 1997; CARVALHO & EGLER, 2003 – dentre outros):

1. Democratização do acesso a terra, por meio da implementação da reforma agrária, com sustentabilidade;
2. Universalização e democratização do acesso à água para abastecimento humano, animal e para produção apropriada;
3. Fortalecimento da agricultura familiar, com bases nos princípios e valores da agroecologia, como eixo central da estratégia de convivência com a semiaridez;
4. Incentivo à educação contextualizada, voltada para a convivência com a semiaridez, nos espaços escolares e nas comunidades, com garantia de universalização do atendimento escolar;
5. Promoção de políticas de segurança alimentar e nutricional;
6. Desenvolvimento de pesquisas e disseminação do conhecimento e de tecnologias apropriadas ao SAB, com articulação entre extensão, pesquisa e desenvolvimento tecnológico, adequados às condições locais;
7. Serviços públicos de qualidade, com priorização de investimentos em infraestrutura social;
8. Preservação e uso sustentável dos recursos naturais, com incentivo à realização de campanhas de educação e mobilização ambiental;
9. Financiamento público do desenvolvimento rural sustentável.

## 4. Recomendações para o desenvolvimento da região

Considerando a complexidade dos mosaicos compondo o Semiárido Brasileiro, relaciona-se, a seguir, uma série de recomendações visando ao seu desenvolvimento, não como receitas a operarem milagres, mas com base na visão de estudiosos e em experiências de pessoas que vivem ou vivenciaram a realidade da região.

#### 4.1. Em relação às áreas irrigadas:

- Delimitar com mais precisão as áreas irrigáveis em outras bacias, além da grande bacia do São Francisco.
- Definir a expansão das áreas irrigadas, uma vez esgotadas as áreas de solos mais favoráveis, para solos com maior facilidade de manejo hídrico e menor risco de salinização, dando menos ênfase à sua fertilidade natural.
- Demandar aos governos estaduais e órgãos com a devida competência, o estabelecimento e reabilitação dos sistemas de drenagem.
- Estabelecer sistemas de monitoramento periódico dos processos de salinização e compactação.
- Difundir técnicas adequadas de manejo agrícola, incluindo práticas simples e eficientes de controle do fornecimento de água e fertilizantes.
- Definir e por em prática modelos de gerenciamento dos recursos hídricos da região.
- Em áreas de vales
- Identificar e mapear, em escala conveniente, as áreas com maior potencial agrícola. Refinar o zoneamento quanto à disponibilidade hídrica, envolvendo a capacidade de armazenamento e abastecimento.
- Incentivar a substituição de culturas tradicionais, por outras menos exigentes em água e mais adaptadas à deficiência hídrica.
- Estudar em nível de propriedade, o conflito entre uso dessas áreas para agricultura ou para suporte da pecuária.
- Estudar os efeitos residuais de adubação química, incluindo sua viabilidade econômica.

#### 4.2. Áreas de encostas úmidas

- Incentivar a fruticultura, com cobertura permanente do solo, e a produção de hortaliças em parcelas de pequenas dimensões e com cuidados intensivos, em substituição aos plantios tradicionais de milho e feijão.
- Estabelecer políticas de incentivo a práticas conservacionistas e campanhas de esclarecimento dos efeitos negativos a médio e longo prazo, com meios de impacto visual, centradas nas áreas de maior risco.
- Estabelecer monitoramento de longa duração da erosão.

### 4.3. Áreas de chapadas

- Refinar a delimitação do potencial agrícola das chapadas altas, em função de sua precipitação e capacidade de retenção de água.
- Determinar o efeito da adubação, incluindo o residual de fósforo.
- Desenvolver tecnologia visando ao cultivo de lavouras xerófilas, com base nas espécies com potencialidades da região.

### 4.4. Áreas gerais sedimentares e do cristalino

- Avaliar o impacto sócio-econômico da suspensão da agricultura itinerante e, com base nos resultados, eliminar incentivos a esta atividade. Estudar a viabilidade de alternativas para a mão-de-obra excedente, a ser liberada com o progressivo abandono dessa atividade.
- Fazer campanhas para suspensão das práticas de fogo, mesmo as de baixa intensidade, em áreas de agricultura e nas áreas cortadas exclusivamente para lenha.
- Limitar a permissão de funcionamento de indústrias usando lenha e carvão, apenas para os casos em que sejam provenientes das áreas de manejo sustentável da Caatinga.
- Otimizar a captação da água de chuva e desenvolvimento e difusão de práticas visando a melhorar a infiltração e a retenção da água no solo.
- Cultivar plantas adaptadas a regimes de deficiência hídrica – alta capacidade de absorção de água, devido a diferenças na estrutura do sistema radicular e/ou pelo aumento da produção de biomassa por unidade de água disponível.
- Ampliar as pesquisas de longa duração sobre os efeitos no solo e vegetação dos sistemas de raleamento, rebaixamento e pastejo leve na vegetação nativa e outros sistemas agrosilvipastoris, verificando a complementaridade no uso de recursos, aprofundando o conhecimento sobre o papel do carbono na conservação da fertilidade do solo.
- Desenvolver tecnologia visando ao cultivo de lavouras xerófilas, com base nas espécies com potencialidades da Caatinga.
- Fortalecer tecnologias Súcias para produção dos recursos hídricos já andamento.

### 4.5. Produção animal

- Testar e difundir estratégias de manejo da vegetação nativa, incluindo sistemas agrofloreais, raleamento e rebaixamento.

- Estudar o efeito desses manejos sobre a gestão e sustentabilidade da fertilidade do solo (ciclagem biogeoquímica de nutrientes, energia e biomassa).
- Reunir, sistematizar, ampliar e difundir o conhecimento sobre palma forrageira.
- Identificar e selecionar forrageiras nativas com potencial, incluindo gramíneas, leguminosas e cactáceas.
- Adotar e difundir tecnologias voltadas para estoque de forragem para uso no período seco.
- Estudar formas de silvopastoralismo verificando a complementaridade no uso de recursos.
- Incentivar a produção de mel.
- Expandir a integração entre avicultura e criação de ruminantes.
- Estudar o zoneamento da produção por áreas de cria, recria e engorda.
- Incentivar práticas de produção, beneficiamento e armazenamento de pastagens nativas.
- Unidades de conservação, reflorestamento e/estudos Caatinga
- Incentivar a criação de mais unidades de conservação no SAB.
- Criar um programa de revegetação com espécies nativas ou vocacionadas.
- Criar um programa de preservação das nascentes e revegetação das matas ciliares, compatibilizando conservação da biodiversidade com atividades econômicas.
- Incentivar linhas de pesquisa em fitossociologia e sucessão ecológica nos ecossistemas de caatinga.

## 5. Considerações complementares

O maior desafio, para o Brasil, está na expansão e consolidação do atual modelo de desenvolvimento nacional, com inclusão mais efetiva das regiões e de suas sociedades marginalizadas. Em relação ao Nordeste, há uma dívida histórica, a requerer maior dinamização das políticas de desenvolvimento; base tecnológica para a dinamização e reestruturação da atividade econômica nos espaços menos desenvolvidos da região; e, o que é mais relevante, fortalecimento da base social local, por intermédio de organizações e políticas sociais e de infraestrutura social.

Para o Brasil, são fundamentais a promoção do desenvolvimento sustentável no SAB e maior compromisso de governos e da sociedade brasileira, com a região e sua população. Vale a pena lembrar: (a) o SAB ocupa grande proporção do território brasileiro, ainda com baixos indicadores de desenvolvimento humano e de crescimento econômico, em relação à média brasileira; (b)

é uma área com ecossistemas especiais, cujos problemas ambientais de solo e do bioma Caatinga vêm se agravando, desde o início do processo de colonização e (c) ainda há muito a aprender com o SAB, sendo imprescindíveis a articulação de esforços e a participação da sociedade na solução de alternativas regionais de desenvolvimento.

Quando se conseguir mobilizar uma parte considerável da infraestrutura e dos muitos talentos já existentes na região, em torno de desafios relevantes para o seu desenvolvimento e no aproveitamento das grandes oportunidades do SAB, estará se iniciando outra página da história, baseada no **paradigma das potencialidades** e, não mais, no “choro das adversidades”. Tal mobilização já está em curso, despertando, nos tempos atuais, o interesse das outras regiões do país pelo Nordeste brasileiro, embora se saiba que grande parte desse olhar tenha foco nas belezas do litoral; no interior, são muitas as áreas a necessitar de estudos e políticas, principalmente, em mapeamento, identificação, caracterização e desenvolvimento de produtos e processos, a partir das espécies nativas, garantindo-se tecnologias e inovação apropriadas ao uso sustentável de tais recursos naturais; nos minerais, em que é rica a região, está um grande futuro, necessitando, também, de processos tecnológicos e inovativos para agregação de valor, requerendo estudos e cuidados para serem minorados os impactos sobre o ambiente; gastronomia, artesanato, em suma, o **saber** e o **fazer** de que é muito rica a cultura popular, em muitas comunidades. Dentre tantas outras potencialidades, finalmente, destaca-se o turismo, mais propriamente, o ecoturismo, com tantos sítios históricos, ecológicos, arqueológicos, religiosos, únicos em todo o país.

Maior impulso ao desenvolvimento dependerá da continuidade e maior abrangência dos esforços e das políticas, hoje direcionadas para a região. Secas passarão a ser um fenômeno natural, pois a economia e o viver não estarão, mais, limitados à quantidade ou distribuição de chuvas. Conviver-se-á com elas, de forma proveitosa; só como exemplo, em casos extremos, de ocorrerem apenas algumas chuvas, seria motivo bastante para atrair a atenção das pessoas de outras regiões, divulgando a mídia (como o faz com a neve no Sul do País) **o milagre da vida no Semiárido...** da cinza das plantas secas e do chão esturricado, rebrota a vida, tudo se torna verde e colorido; as flores e o chão molhado exalam o perfume do sertão.

## Referências

- CARVALHO, J.O & EGLER, C. A. G. Alternativas de desenvolvimento para o nordeste semiárido. Fortaleza: BNB. 2003.
- DUQUE, J. G. Solo e água no polígono das secas. Fortaleza: BNB, 2004.
- FURTADO, C. O nordeste e a construção do Brasil. In: ALENCAR JUNIOR, J. S (Org). Celso Furtado e o desenvolvimento regional. Fortaleza: BNB, 2005. p. 209-236.
- INSA - INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO. Plano Diretor 2008-2011: Planejamento estratégico do INSA. – Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2007. 70p.
- LEFF, E. Ecologia, capital e cultura: racionalidade ambiental, democracia participativa e desenvolvimento sustentável. Blumenau-SC: EDIFURTB, 2000.
- MENEZES R. & SAMPAIO, E.V.S.B. Agricultura sustentável no semi-árido nordestino. In: OLIVEIRA, T.S., ROMERO, R.E., ASSIS Jr, R.N., SILVA, J.R.C.S (eds). Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido. Fortaleza, SBCS, DCS-UFC. 2000 p.20-46.
- PNUD – Atlas de desenvolvimento humano. <http://www.pnud.org.br/atlas/oque/index.php>. 2009
- SACHS, I. Ecodesenvolvimento crescer sem destruir. Terra dos Homens. 1ª ed. São Paulo: Editora Vértice, 1986, 207p.
- SACHS, I. Estratégias de Transição para o Século XXI. São Paulo: Studio Nobel/Fundap, 1993, 230p.
- SAMPAIO, E.V.S.B.& SALCEDO, I. H. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: Região semi-árida. Anais do Simpósio Diretrizes para o Manejo Sustentável dos Solos Brasileiros. XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Rio de Janeiro, 1997. CD-ROM, 1997.
- SILVA A. R.M. Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido: Transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. UNB: 2006. 298p. (Tese de Doutorado).
- SILVEIRA, L; PETERSEN, P; SABOURIN, E. Agricultura familiar e agroecologia no semiárido: avanços a partir do agreste da Paraíba. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2002.
- TURNER, R. Sustainable global futures. Common interest, interdependency, complexity and global possibilities. Futures, v.19, n.5, p.574-582, 1987.
- WCED – Our common future. Oxford, Oxford University Press, 1987. 383p.

# Relatório do seminário preparatório “Desenvolvimento sustentável: novos padrões de desenvolvimento via inovação”

*José Geraldo Eugênio de França<sup>1</sup>*

---

## 1. Introdução

A atividade científica no Brasil tem mostrado sinais de vigor e crescimento significativos nas últimas décadas. A cada dia o país conquista um maior espaço entre os países cientificamente mais dinâmicos, colocando-se como um dos principais produtores mundiais da literatura científica de qualidade. Por outro lado, cabe à comunidade científica, aos formuladores de políticas públicas, aos governos e à iniciativa privada garantir a transformação do conhecimento científico produzido em riqueza, especialmente para aquelas regiões onde o desenvolvimento está umbilicalmente relacionado ao uso sustentado dos recursos naturais, por meio da implementação de uma política de educação forte e diferenciada.

O país demonstrou, nos últimos anos, estar posicionado para um padrão de desenvolvimento acima do que foi observado ao longo de sua história, sendo um dos países que melhor reagiram à crise financeira mundial iniciada em 2008, resultante da falência de grandes conglomerados bancários e empresas nos países desenvolvidos. É bom lembrar que o encurtamento dessa crise se deu, basicamente, pelo fato de haver ocorrido uma reação, aparentemente surpreendente, por parte dos países em desenvolvimento, a exemplo do Brasil, da Índia e da China.

Em termos de vantagem competitiva, vale esclarecer que o país apresenta uma taxa de crescimento demográfico superior a 2%, com uma população significativamente jovem, apresentando

---

<sup>1</sup> Diretor Executivo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

condições de imprimir uma taxa de crescimento anual de sua economia em patamares acima de 5% nas próximas décadas. Apesar desses dados positivos e do sentimento de que a crise econômica mundial encontra-se parcialmente resolvida, vale a pena estar alerta, pois não há segurança total de que seus reflexos não possam perdurar ou gerar novas crises nos anos vindouros.

## 2. A atividade científica e o desenvolvimento sustentável

Em qualquer que seja a atividade científica, tecnologias, produtos e processos devem ser desenvolvidos dentro de uma ótica de sustentabilidade e respeito ao meio ambiente. Os conceitos de sustentabilidade, não recentes, influenciam, cada vez mais, na definição de estratégias e escolha de prioridades no que se refere à atividade científica de um país com as características, dimensões e desafios apresentados pelo Brasil.

Profissões como a engenharia civil, a engenharia de minas, a engenharia de produção, a geologia, as engenharias ambientais, de modo geral, devem ter seus programas de ensino e pesquisa direcionados ao uso sustentável dos recursos, ao conhecimento mais eficiente do ambiente, por meio de zoneamentos e mapeamentos cada dia mais precisos e da locação de obras e iniciativas econômicas que provoquem o menor impacto ambiental possível ao local de instalação e seu entorno, juntamente com os planos de monitoramento e mitigação dos impactos inevitáveis, respeitando-se a legislação em vigor e privilegiando o diálogo e a incorporação de benefícios para as comunidades interessadas.

Em relação às atividades ditas primárias, o impacto da ação científica poderá ser ainda mais marcante. A agricultura brasileira, obrigatoriamente, deverá continuar a se constituir em um exemplo para o mundo, reforçando práticas e iniciativas que a tornaram distinta. Estas práticas incluem plantio direto, rotação de cultivos, integração lavoura-pecuária, uso de microorganismos na fixação biológica de nitrogênio, controle biológico das principais pragas e doenças, desenvolvimento de programas de melhoramento genético e de biotecnologias que levem em conta a qualidade nutricional além das características de produtividade em diferentes ambientes e que permitam ao agricultor conviver com um planeta em constante mudança e transformação. O mesmo deve ser aplicado às ciências da saúde, a começar pela nutrição e pela medicina preventiva. Esforços devem ser dispensados ao uso e aproveitamento eficiente dos alimentos, à recomendação de alimentos saudáveis, à disponibilização e manejo de água de boa qualidade e, como não poderia deixar de ser, ao combate à subnutrição e à obesidade, via programas educativos e de caráter social.

Esta discussão deverá estar assentada em uma premissa inegociável: a elevação do padrão educativo e de formação da população brasileira, em particular as crianças e jovens. Os avanços ob-

tidos na inserção da população infantil na escola é algo relevante. Investir na qualidade do ensino básico e fundamental e na educação científica dos jovens será essencial na formação das futuras gerações de professores e cientistas bem como sobre a percepção de como a sociedade vê a ciência e avalia os avanços obtidos e disponibilizados ao seu dia a dia.

O esforço de multiplicar as escolas técnicas é muito bem-vindo, uma vez que o país necessitará, nas próximas décadas, de um contingente de técnicos, nas mais diversas áreas, com formação adequada para enfrentar os desafios de uma economia em que o conhecimento vem sendo cada vez mais valorizado.

A expansão do sistema universitário público e a consolidação do ensino de pós-graduação no país qualificam o Brasil a atender a maioria das demandas que serão colocadas, à exceção de alguns profissionais para os quais programas específicos devem ser planejados, a exemplo dos profissionais formados pelas engenharias de modo geral. Entretanto, uma melhor conectividade entre o ensino e as atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação deve ser objeto de prioridade das agências de fomento, de forma que a visão empresarial possa ser mais bem introduzida nas escolas e academias e que estas, por sua vez, dialoguem mais intensamente com as entidades científicas e empresas privadas que, em uma leitura apressada, não fazem parte do mundo acadêmico.

O elemento integrador das práticas e ideias apresentadas tem como fundamento a integração das atividades de ensino, pesquisa, extensão e transferência de tecnologia embasada em uma política diferenciada de tecnologia de informação e comunicação, associada a uma ação efetiva de valorização das práticas de empreendedorismo e valorização da aplicação dos resultados dos projetos científicos ao desenvolvimento ambientalmente sustentável do país nas áreas agrícola, industrial e de saúde, entre outras.

### 3. Os Brasis – da Amazônia ao Semiárido

Duas regiões dispõem uma atenção especial quanto ao futuro do país. A vasta e estratégica Amazônia e o Nordeste. A primeira, tendo como questões principais a floresta e sua preservação, as ameaças ao ecossistema e o seu potencial de uso sustentável. Dentre os tópicos apresentados e discutidos, destacam-se o aproveitamento da rede fluvial, o impacto da Amazônia sobre o clima e as mudanças climáticas globais e o bem-estar e desenvolvimento da população da região.

Na palestra intitulada Sustentabilidade e Amazônia, a Doutora Berta Becker deixou claro que vários temas necessitam de discussão para que se decida sobre um futuro para a região a partir de um verdadeiro desenvolvimento sustentável, baseado em três propostas, conforme se segue:

1. Projeto preservacionista – tendo como base o modelo REDD - Redução de Emissões do Desmatamento e Degradação Florestal:
  - Politização (internacional) da natureza, com foco nas florestas tropicais;
  - Florestas tropicais como sorvedoras e emissoras de carbono;
  - Financiamento da redução do desmatamento – paliativo;
  - REDD + (*plus*) – Inserindo outros componentes: matriz energética, mercantilização de novos produtos da natureza;
  - Na transição do mercantilismo para o capitalismo moderno, transformaram em mercadorias a terra, o trabalho e o dinheiro (Polani);
  - No momento, o carbono é a nova mercadoria;
  - O homem tem explorado economicamente os ecossistemas – valoração dos produtos sem, contudo estabelecer padrões de um desenvolvimento sustentável;
  - Pontos polêmicos da proposta: 1) incluir florestas nativas no MDL; 2) valorar somente o carbono – algo por demais reducionista e estreito; 3) beneficiários dos REDD – O governo federal? Os governos estaduais e municipais ou os fazendeiros?
  - O modelo não se mostra como uma solução para o problema do desmatamento;
  - O modelo não aborda diretamente as causas que produzem o desmatamento, apenas em causas que mitigam;
  - Urgência em se conter o desmatamento na Amazônia.
2. Uso da biodiversidade de modo não destrutivo – manter a floresta em pé:
  - Atribuir valor econômico à floresta em pé;
  - Baseada em uma análise científica da natureza.

A palestrante conceitua este modelo como “Defesa do Coração Florestal” – da banda oriental da Amazônia americana, tendo como premissas:

- Possível desenvolvimento não destrutivo;
- Defesa do ambiente e do extrativismo qualificado. Não ao extrativismo pés-no-chão;
- A pesca deve fazer parte deste processo;
- Biomimética – ou a biologia sintética a ser empregada no desenvolvimento, proteção, valoração e inovação das moléculas disponíveis na biodiversidade amazônica;

- Desenvolvimento de uma indústria nacional, verdadeiramente articulada com a floresta – fármacos, cosméticos e outros usos industriais;
  - Aproveitamento da circulação fluvial da Amazônia.
3. Criação de uma blindagem flexível:
- Fortalecer uma rede de cidades como centros de logística, de ciência e de cultura da Amazônia;
  - Os produtos amazônicos têm um valor inestimável. Atualmente, as empresas adquirem óleos naturais de pequenos produtores e extratores localizados em pequenas comunidades distantes a mais de 600 km dos grandes centros industriais;
  - Reconhecer e transformar Manaus como cidade mundial para serviços ambientais avançados para a Amazônia;
  - A mata aberta merece outra estratégia de uso, enfatizando-se atividades agrosilvopastoris e produção de madeira cultivada com espécies nativas e exóticas;
  - Desenvolver uma indústria avançada de madeira às margens da floresta (mata aberta);
  - Completar um macrozoneamento da Amazônia Legal.

No que se refere à região semiárida, o Dr. Alberício Pereira, do INSA, apresentou a conferência intitulada “Sustentabilidade no Uso do Território – O Semiárido Brasileiro”, seguindo a abordagem registrada a seguir.

Na região Nordeste, o Semiárido, com uma área de 969.589 km<sup>2</sup> e 23 milhões de habitantes, destaca-se pela imprevisibilidade dos regimes pluviais, as temperaturas elevadas, as secas recorrentes e uma elevada taxa de pobreza. Nele estão localizados 1.123 municípios, cujas economias, majoritariamente, dependem dos programas sociais e das aposentadorias, à exceção de algumas regiões onde a agricultura irrigada ou polos comerciais e de logística se desenvolveram.

Além de uma economia fortemente influenciada pela pecuária bovina e caprina, prevalece o cultivo de culturas de subsistência, a exemplo do milho, dos feijões e favas e da mandioca. Nos últimos anos, alguns polos de produção apícola vêm sendo desenvolvidos, a exemplo de algumas regiões do semiárido do Piauí e do Ceará, bem como a transformação do leite em queijos e derivados, agregando valor à produção, anteriormente dependente, apenas, da venda do leite *in natura* ou dos programas de promoção do uso do leite pelos governos estaduais e federal.

Em se tratando de comércio e logística, várias cidades localizadas no Agreste, a faixa do Semiárido mais próxima da região úmida ou Zona da Mata, testemunharam um significativo crescimento econômico como polos dinâmicos de comércio e logística, a exemplo das cidades de

Feira de Santana (BA), Arapiraca (AL), Caruaru (PE) e Campina Grande (PB) e seus respectivos entornos. Em uma mudança mais recente, cidades como Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), graças ao crescimento da produção de frutas em áreas irrigadas, passaram a ser referência de desenvolvimento regional. Outras cidades tiveram sua dinâmica de crescimento alterada devido a políticas de atração de investimento direcionadas à indústria de transformação ou ao comércio exterior, tais como Mossoró (RN) e Sobral (CE). Outras, além do comércio, passaram a ser polos regionais de desenvolvimento nos Sertões, a exemplo de Juazeiro do Norte (CE), Crato (CE), Picos (PI) e Bom Jesus (PI). Por outro lado, o que fazer com a vasta área caracterizada como Sertões, de solos rasos, litólicos e vegetação xerófila ainda carece de uma ação mais efetiva e concentrada, muito embora deva-se reconhecer que a expansão das universidades públicas para o interior do Nordeste deverá mudar substancialmente o padrão cultural, científico e de inovação de dezenas de cidades de porte médio que, obrigatoriamente, tornar-se-ão polos dinâmicos de desenvolvimento e crescimento econômico.

Uma vez que a região semiárida não deverá ter como exemplo único a produção da agricultura irrigada, uma vez que apenas 2% de sua área pode contar com o exercício da irrigação, a criação de empregos deverá ocorrer via novos segmentos industriais, tais como a indústria do conhecimento, da computação e das tecnologias de comunicação e informação.

Na expansão universitária do Nordeste e, em particular no Semiárido, ainda há uma visão de uma atividade econômica ultrapassada, uma vez que a maioria dos cursos ainda visa às profissões agrárias, mesmo quando, a partir de todos os indicadores, há uma saturação de profissionais no campo da agronomia, veterinária, zootecnia. Sugere-se que, além das ciências da saúde e das ciências sociais, o forte componente das novas profissões deve se alicerçar nas engenharias, nas ciências da computação e de comunicação, uma vez que a região não conta com recursos naturais ou estrutura fundiária que possa mudar substancialmente sua face, em decorrência da produção agrícola, tal qual ocorreu nas áreas centrais do país.

Em termos científicos, estudos mais detalhados sobre o efeito das mudanças climáticas e do aquecimento global sobre a biologia e o ciclo hidrológico regional são fundamentais, de forma que, preventivamente, medidas de mitigação e desenvolvimento de tecnologias, via biotecnologia, nanotecnologia e genética possam ser aplicadas no desenvolvimento de cultivares, raças de animais e estirpes de micro-organismos capazes de sobreviver e produzir economicamente em uma região que provavelmente será exposta a temperaturas mais altas e a um grau maior de incerteza na ocorrência e distribuição das chuvas.

## 4. Uma política industrial consistente e ambientalmente sã

Do ponto de vista do empresariado brasileiro, algumas premissas estão consolidadas quanto ao desenvolvimento do país nas próximas décadas, a saber: o Brasil será uma potência econômica, podendo ainda, à medida que resolver questões pendentes quanto à adoção de algumas políticas, ser uma potencial socioambiental.

Algumas ameaças se impõem no cenário nacional e mundial, tais como o aquecimento global, o crescimento urbano e o aumento da demanda sobre os recursos naturais em nível mundial, com uma escala de pressão menor, no caso do Brasil, por contar com recursos abundantes e ainda pouco explorados, como a água, a vegetação e as fontes de combustíveis fósseis.

Entre as exigências para um desenvolvimento sustentável, está claro que uma maior regulamentação ambiental, defesa e monitoramento dos indicadores de sustentabilidade e uma atenção especial das empresas para com a responsabilidade social e o bem-estar de seus empregados e clientes serão indispensáveis.

Dentre as iniciativas que deverão ser mais valorizadas pelo segmento empresarial brasileiro neste novo contexto de nação no cenário mundial, algumas questões, do ponto de vista científico, devem ser devidamente valorizadas, a exemplo de: a) eficiência energética; b) uso e valorização das energias não fósseis; c) mudança no padrão de consumo da sociedade brasileira; d) desenvolvimento de novos materiais, processos e produtos; e) desenvolvimento de novos produtos e tecnologias.

Para tanto, espera-se que um acordo entre o governo e a sociedade e, em particular o segmento empresarial, possa ser estabelecido, visando à priorização de políticas que atendam os itens relacionados a seguir:

- Despertar no país uma chama pela inovação, associada à sustentabilidade, valorizando o empreendedorismo;
- Estabelecer e cumprir com planejamento de longo prazo;
- Elevar o grau da educação disponível aos jovens, tornando o país um protagonista, a exemplo do que ocorreu com as novas potências econômicas ou países de tradição em educação de boa qualidade;
- Criar novas políticas e formas de financiamento de programas que valorizem a inovação tecnológica;
- Reformular a política fiscal e marcos regulatórios de forma que as empresas sintam-se atraídas a praticar investimentos em ciência e tecnologia;

- Estabelecer uma política de valoração aos recursos naturais dos biomas brasileiros, tendo como objetivo inserir esta indústria na economia global;
- Definir políticas consistentes de valoração dos serviços ambientais, privilegiando os investidores que exercitarem políticas de sustentabilidade em seus empreendimentos, sejam eles de qualquer ordem ou em qualquer atividade econômica.

## 5. Uma política agropecuária que atenda as demandas econômicas, sociais e ambientais

A evolução da produção de alimentos, biocombustíveis e matérias-primas agrícolas no Brasil nas últimas três décadas é algo relevante. Além do mais, todos os estudos e cenários apontam para as tendências relacionadas abaixo que levam o país a se colocar como uma das principais, senão a principal nação produtora de produtos agrícolas nas próximas décadas:

- Aumento da demanda mundial por alimentos;
- Crescimento da demanda por produtos diferenciados, com maior segurança alimentar, rastreabilidade e certificação;
- Aumento da pressão para produção de alimentos de forma sustentável e com menor agressão ambiental;
- Elevação da conscientização por um mais eficiente gerenciamento dos recursos hídricos;
- Progressivo aumento no uso da biotecnologia, da informática e da nanotecnologia nos sistemas produtivos agrícolas;
- Maior demanda para produção de energia oriunda de fontes renováveis a partir da biomassa.

O país é um dos poucos que conta com área suficiente e conhecimento em agricultura tropical, para empreender um aumento expressivo de produção, baseando-se na elevação da produtividade e em um uso mais eficiente das terras agricultáveis. Vale enfatizar que este aumento de produção dever ser fundamentalmente compatível com o respeito às legislações ambientais do país, tendo como exemplo uma agricultura ambientalmente sustentável, socialmente justa e economicamente viável.

A elevação da produtividade agrícola está fortemente associada ao desenvolvimento e aplicações tecnológicas que permitem os sistemas tornarem-se mais eficientes. No caso do Brasil, além do fortalecimento das instituições de caráter nacional e estadual, sugere-se incentivar as

entidades de ensino, sejam de curso técnico ou universitário, e que o fundamento básico do desenvolvimento e bem-estar da população rural deve estar fundamentado na perspectiva de ganhos econômicos por parte de suas atividades. Portanto, há de se convir que, em qualquer cenário que esteja classificado o imóvel rural, seja por tamanho, por renda ou por qualquer outro critério, será fundamental que estes estabelecimentos venham a se tornar unidades de negócios.

Neste sentido, algumas sugestões são apresentadas para que ilustrem a discussão sobre o que representará o desenvolvimento tecnológico na produção agrícola nas próximas décadas uma vez que:

- O Brasil é um dos poucos países no mundo onde é possível o incremento substancial da produção de alimentos e bioenergia de forma sustentável;
- Os aumentos de produção obtidos pela agricultura brasileira estão relacionados com ganhos tecnológicos, não com a expansão da área cultivada;
- As pressões associadas ao crescimento populacional global e a diminuição da área agricultável *per capita* no planeta colocam o Brasil como a principal potência agrícola provedora de alimentos e bioenergia para o mundo;
- O país deve concentrar esforços e recursos na melhoria da infraestrutura de ensino, pesquisa e inovação, visando elevar seu grau de competitividade no cenário mundial.

## 6. As políticas institucionais e a sustentabilidade

A definição por políticas científicas que adotem o tema sustentabilidade desde sua concepção deve ter como base alguns pilares que deverão reger a discussão sobre o desenvolvimento nacional, a saber:

- Crescimento com desenvolvimento estrutural;
- Igualdade – inserção entre o crescimento, produção e consumo;
- Sustentabilidade – harmonia entre o crescimento econômico e a natureza;
- Conhecimento – valorização e priorização da educação;
- Reconhecimento da ciência, tecnologia e inovação como bases para o aumento da produtividade e da competitividade.

Para que os princípios relacionados anteriormente possam ser executáveis, o modelo de desenvolvimento econômico deve ter como fundamento: a) a continuidade de uma política de estabilidade econômica; b) a consolidação de uma política de distribuição de renda; c) o fortalecimento de uma política de disponibilização do crédito e investimentos em infraestrutura.

Além dos temas considerados como macro, outro exercício deve ser executado pelos governos: a implementação de uma política de sustentabilidade na administração pública, tendo como base parâmetros socioambientais de avaliação e acompanhamento.

Este exercício foi executado quando da Conferência Nacional de Meio Ambiente, que, em associação com as deliberações e recomendações da Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, pode levar a uma nova ótica de aquisições, economia, uso e descarte dos bens e serviços contratados pelas agências governamentais.

## 7. Conclusões e recomendações

- O desenvolvimento nacional deverá ser mantido a partir de princípios que regem a democracia e a capacidade de criar políticas construídas a partir das várias vozes e visões.
- A Amazônia e o Semiárido Brasileiros merecem uma atenção especial quanto à política de desenvolvimento científico e tecnológico a partir de deliberações da IV CNCTI.
- Nos dois casos, há uma necessidade de mudança na abordagem ao desenvolvimento regional, uma vez que até o momento somente o componente da produção primária tem sido destacado.
- As regiões brasileiras merecem estudos específicos de forma que o investimento em ciência e tecnologia possa apoiar as mudanças requeridas pelas populações, em face da disponibilidade de recursos humanos e materiais.
- O empresariado nacional deve contribuir de forma mais efetiva com os investimentos em ciência e tecnologia.
- As políticas de governo visando à inovação tecnológica deverão ser mais facilmente acessíveis por parte dos interessados, em particular às empresas nacionais que valorizam a biodiversidade nacional.
- O Brasil continuará sendo uma forte potência mundial na produção de alimentos, matérias-primas e biocombustíveis, devendo, para tanto, estabelecer metas e políticas que permitam apoiar este crescimento.
- As atividades econômicas, sejam agrícolas, industriais ou de serviços, devem estar rastreadas em políticas de sustentabilidade ambiental, de forma que o país seja o exemplo para o desenvolvimento e o crescimento econômico neste século.

## **Contribuições**

1. Luiz Antonio Elias – MCT
2. Márcio Pochmann – IPEAS
3. Bertha Becker – UFRJ
4. Alberício Pereira – INSA
5. Pedro Luiz Barreto Passos – IEDI e Natura
6. Geraldo Abreu – MMA
7. Ricardo Bielschowsky - Cepal
8. Jose Geraldo Eugênio de – Embrapa



# Relatório da sessão “Desenvolvimento sustentável”

*Luiz Antonio Barreto de Castro<sup>1</sup>*

---

## 1. O contexto

Desenvolvimento sustentável define a intenção da política de estado que se pretende elaborar e que foi objeto desta 4ª CNCTI. Este contexto obriga a reflexões mais amplas sobre sustentabilidade, pois não podemos limitá-la às questões ambientais. Por outro lado, estas reflexões, de certa forma, determinam o papel da inovação à solução de outros fatores que garantam qualidade de vida para a sociedade brasileira.

Isto ficou claro no curto comentário do Coordenador Luiz Gonzaga de Mello Belluzzo, que, na presença limitada que teve na seção plenária, perguntou: Que sociedade queremos para o país no futuro? Segundo especialistas, na próxima década, poderemos ser a quinta economia do planeta. Chegar à quinta economia mundial significa um grande avanço econômico. Entretanto, se persistirem os desequilíbrios sociais em regiões que se estendem por mais de 2/3 do subcontinente, determinando uma das piores distribuições de renda entre todos os países, não teremos muito do que nos orgulhar. Com efeito, o PIB/capita do Brasil está em centésimo primeiro lugar. Estamos, com esforço, chegando a dez mil dólares. A maioria dos países que podem servir de referência para o Brasil tem renda/capita na faixa de trinta a quarenta mil dólares. Não adianta ser a quinta economia do mundo, se a renda/capita não for multiplicada por três. E o pior, a renda/capita das regiões Norte e Nordeste é menos da metade da renda/capita da região Sudeste, que é um quarto da renda/capita da Suíça, a 17ª no mundo. Norte e Nordeste têm renda/capita

---

<sup>1</sup> Secretário de Políticas de Programas de Pesquisa e Desenvolvimento do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).

significativamente mais baixa do que as demais regiões. O maior desafio do país é promover mais equilíbrio no seu desenvolvimento regional, particularmente nestas duas regiões.

## 2. As palestras

O palestrante da Embrapa argumentou com legitimidade em favor da importância do agronegócio, líder mundial em produtividade para um grande número de produtos. Implícita, nesta performance, está a inovação que acompanha a produção agrícola, do que resultou a multiplicação por cinco da safra agrícola nos últimos quarenta anos, em grande parte resultante da presença da Embrapa a partir dos anos 1970. Foi possível este desempenho sem grande avanço da fronteira agrícola, ainda inferior a 50 milhões de hectares. O agronegócio, além disso, garante empregos pelo preço comparativamente mais baixo do que todos os demais setores.

Cabe considerar dois aspectos que constituem os grandes desafios do agronegócio: em primeiro lugar, os impactos ambientais inerentes ao agronegócio. É necessário propor soluções biológicas menos poluentes do que a utilização de soluções químicas, tanto reduzindo o uso de agrotóxicos, como de fertilizantes, em particular nitrogênio, uma dos maiores poluidores dos lençóis freáticos do país. Fixar nitrogênio em gramíneas é o projeto mais importante do agronegócio mundial. O segundo desafio é qualificar o emprego agrícola, aumentando financeiramente o trabalho rural e banindo o subemprego nas áreas rurais. Isto será possível agregando valor à produção do agrícola, em particular da pequena propriedade.

Inerente a este desafio, está uma profunda revisão do processo de reforma agrária, que hoje considera o assentamento como indicador de sucesso. Assentamento é necessário, mas não é suficiente. A extensão rural que poderia garantir assistência técnica ao assentado passa por uma crise que teve origem no governo Collor, que extinguiu a Embrater e ainda não se recuperou. O avanço da fronteira agrícola e a contribuição dos gases de efeito estufa, a meu ver, são problemas menores do que os citados.

A professora Becker, da UFRJ, apresentou seu modelo de desenvolvimento da Amazônia. Ela se baseia na agregação de valor aos produtos da floresta como única forma de manter a floresta em pé. Advoga que este esforço seja feito, particularmente, a oeste do chamado arco do desmatamento, no estado do Amazonas, que tem sua floresta preservada. A professora não acredita que o país possa utilizar recursos externos em contrapartida à redução do desflorestamento, grande desafio da região Amazônica. Nos últimos vinte anos, o desflorestamento roubou da Amazônia uma área equivalente ao território da Alemanha. Por outro lado, o reflorestamento na região destruída pode ser um fator de estímulo a investimentos externos porque o reflorestamento contribui para redução do armazenamento de CO<sub>2</sub>. O desflorestamento, de fato, se concentra no estado do Pará.

A floresta densa do estado do Amazonas permanece fortemente inalterada. Não houve tempo para a professora Becker apresentar qualquer estimativa de custo para a sua proposta.

A Amazônia nunca terá recursos para promover seu desenvolvimento se continuarmos a transferir para esta região, como fazemos, milhões de reais/ano. A ordem de grandeza é de bilhões, como aconteceu com Brasília. O desafio de desenvolver a Amazônia é comparativamente menor do que o que resultou na criação de Brasília. Como exemplo, uma hidroelétrica vai investir 1 bilhão de reais/ano em C&T, durante dez anos, no estado de Rondônia. Muitas outras hidroelétricas, além de mineradoras, existem na região. Se uma engenharia financeira, levando em consideração fortemente investimentos privados, for adotada na região, vamos finalmente tratar a Amazônia com a prioridade devida, o que nunca aconteceu até hoje. Os desafios da Amazônia são da ordem de bilhões.

O exercício de uma política econômica austera, nestes últimos anos, tirou o Brasil de devedor para credor do FMI. Em plena crise, a dedução do IPI revigorou a indústria automotiva, a linha branca e a construção civil que se abateu na economia mundial. Se, com vontade política, o governo reverter parte do imposto que recebe dos estados da Amazônia, estabelecer um fundo administrado pelas FAP e entregar a instituições como Embrapa, INPA, Goeldi, Fiocruz, Ipepatro, Evandro Chagas, entre outras, a tarefa de propor e executar um programa para desenvolver a Amazônia em oito anos, esta iniciativa terá sucesso. Igualmente, o Brasil poderá negociar como, novo credor do FMI um *Endowment Fund* para a Amazônia, para atrair, com liderança, aporte de recursos de outros países. Na hipótese de se tratar de um empréstimo inicial do Brasil de 10 bilhões de dólares, 1% deste capital/ano corresponde a 100 milhões de dólares. Este montante poderia ser acrescido de renúncia fiscal de 1% dos impostos dos estados da Amazônia, que em 2008 foi de 280 milhões de reais. Os projetos para reverter em mudanças de usos da terra, como a substituição em grande escala das florestas por pastagens ou campos agrícolas, para diminuir as taxas de evapotranspiração, a composição e a quantidade de núcleos de condensação de nuvens, com grande potencial de modificação do regime de chuvas, como preconiza a professora Becker, são projetos caros. Por meio de políticas ambientais e ações governamentais, ainda assim, o Brasil depende de consideráveis esforços para a preservação do Bioma Amazônico.

A região passa atualmente por um processo de intenso dinamismo em direção a uma consolidação de fundamental impacto e importância estratégica para seu desenvolvimento e para as matrizes nacionais de produção agrícola e energética. Para promover a conservação do Bioma Amazônico, é imprescindível agregar valor aos produtos da floresta, criar e implementar áreas protegidas, promover o monitoramento da biodiversidade, manter, monitorar e aprimorar ações de conservação, fortalecer cadeias produtivas, promover o empoderamento local, fazer uso do extraordinário potencial dos recursos naturais, com uma oferta de opções de manejo de recursos naturais e de sistemas de produções agropecuárias e florestais sustentáveis. A estratégia do governo tem como meta inicial estabelecer o ordenamento territorial por meio do Zoneamento

Ecológico-Econômico (ZEE), definindo a destinação de uso das áreas, para proteção e conservação da biodiversidade e para o desenvolvimento, segundo critérios de sustentabilidade econômica, social, ecológica e ambiental.

O desenvolvimento sustentável da Amazônia é o maior desafio da história do país. O Ministério da Ciência e Tecnologia enfrentou dificuldades ao longo das últimas duas décadas para atuar de forma coordenada em ciência e tecnologia na Amazônia. Programas importantes como o Trópico Úmido, que ensejou a criação da Corpam por legislação específica, não tiveram sucesso. A inexistência de um programa para tratar deste tema na região estimulou a solicitação de empréstimos e doações internacionais que, lamentavelmente, por seu caráter finito, não resolveram os problemas da Amazônia e impediram a continuidade de ações políticas capazes de abordá-las de maneira adequada. Por esta e por outras razões, a floresta encontra-se em processo acelerado de destruição.

A rede Bionorte promove um novo enfoque. O contexto atual exige um programa capaz de promover a convergência da ciência da região para que ações não se tornem mais redundantes e dispersas. Este novo contexto inclui o estabelecimento de oito institutos nacionais de pesquisa científica, financiados pelo MCT e por FAP da região. Os secretários de C&T de todos os estados da Amazônia estabeleceram, com o aval do ministro Sergio Machado Rezende, a Rede Bionorte.

Os representantes do IPEA e do IEDI discutiram sobre a importância da inovação como fator imprescindível para o desenvolvimento com sustentabilidade. Com efeito, em favor do potencial implícito da inovação para o desenvolvimento, há uma relação aceita por estudiosos de que países que promovem o desenvolvimento da C&T caminham mais rapidamente para uma distribuição justa de renda. Um estudo de avaliação dos fundos setoriais feito pelo IPEA e que está em andamento utiliza esta premissa como base, demonstrando com estatísticas de abrangência global que quanto maior for a relação entre C&T maior o PIB/capita dos países. Há, com efeito, uma relação entre a massa crítica atuante em C&T no Brasil e o PIB/região. Os dados foram coletados da base de dados do CNPq, que relaciona todos os grupos de pesquisa em atividade nos países, em ano recente. Cerca de 57% destes grupos atuavam na região Sudeste. O PIB da região Sudeste era da ordem de 57,8% do PIB Nacional. Para todas as demais regiões, a relação entre a massa crítica de pesquisa, medida pelos grupos de pesquisa em atividade em cada região e o PIB regional, mostra correlação estreita. Assim, por exemplo, se somarmos a massa crítica das regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste, chegaremos a 23% da massa crítica nacional. O PIB das três regiões somadas é da ordem de 24% do PIB Nacional. Assim, não se pode propor inovação como fator de garantia da competitividade para o país sem considerar os outros parâmetros citados. Entretanto, não somente nestas palestras como em outras relacionadas a inovação, ouvimos repetidamente o distanciamento que existe entre o cenário brasileiro e o de países, mesmo aqueles de desenvolvimento como Coreia, Índia e China. Indicadores como os números de patentes/artigos científicos demonstram que o Brasil não consegue transformar a ciência em indústria.

O investimento de risco é extremamente limitado. O setor privado investe 0,4% do PIB em desenvolvimento tecnológico e industrial. O arcabouço legal que pode estimular maior investimento privado é recente. Não temos uma indústria farmacêutica de porte e, além da indústria de petróleo, só o agronegócio tem competitividade internacional.

Não se considera, entretanto, que a universidade brasileira não tem um século e a pós-graduação tem trinta anos. Até a década de 1990, não tínhamos massa crítica, nem infraestrutura em C&T. Não tínhamos um arcabouço legal adequado. Não tivemos investimentos privados durante longo período de inflação que prevaleceu até meados da década de 1990. Na verdade, o Brasil não tinha moeda. O Brasil só tem moeda há quinze anos, depois do Plano Real, e ainda tem um ambiente econômico adverso que apenas dá sinais de mudança nos últimos quinze anos. Ainda tem câmbio, juros e carga tributária adversos, infraestrutura deficitária, baixa qualificação da mão de obra, além de insegurança jurídica e burocracia excessiva. A regulação mais propícia à inovação é recente. Invariavelmente, este foi o discurso dos especialistas do setor de indústria, não só nesta plenária. Fica a pergunta: como o Brasil será a quinta economia do mundo na próxima década?



PARTE 2

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Amazônia



# Contribuições à política de Estado de CT&I: fundamentos, diretrizes, propostas e compromissos para uma Amazônia sustentável

*Marclio de Freitas<sup>1</sup>*

---

**Tese central:** A construção de uma política de Estado de ciência e tecnologia e a incorporação do paradigma da sustentabilidade a este empreendimento reafirmam a necessidade de se privilegiarem cinco grandes eixos: 1) construir novas abordagens e estratégias institucionais que estendam os benefícios da CT&I a todos os setores sociais do Brasil, em especial aos menos favorecidos; 2) instituir mecanismos operacionais que priorizem os programas estruturantes de CT&I que abarquem as complexidades e as diversidades sociais e econômicas nacionais, integrando-os aos processos de desenvolvimento regional sustentado, situado e localizado; 3) implantar estruturas institucionais que garantam mais conectividade e resolutividade dos empreendimentos científicos e tecnológicos com as políticas públicas, em especial com as políticas públicas básicas: educação e formação doutoral, saúde, transporte, indústria, energia, alimentação, habitação, trabalho, relações internacionais, informação, comunicação e cultura; 4) criar e coordenar conexões operacionais indutivas e constitutivas da política de CT&I com empreendimentos estratégicos à incorporação de mais competitividade ao mercado, à integração dos institutos e das instituições acadêmicas com a indústria e o mercado e à ampliação da presença econômica brasileira no cenário mundial; e 5) descentralizar as instituições nacionais de gestão e fomento de CT&I e ampliar suas presenças na política brasileira de relações exteriores. A pretensão de o Brasil se firmar como a principal potência ambiental do século 21 e de a Amazônia se credenciar como o principal centro de desenvolvimento sustentável do planeta põe novos desafios e compromissos institucionais ao poder público com a política nacional de ciência e tecnologia. A inserção do Brasil neste empreendimento só tem expressão e força política a partir da integração regional e nacional da Amazônia, articulada ao seu desenvolvimento socioeconômico solidário e compartilhado.

---

1 Secretário de Ciência e Tecnologia do Estado do Amazonas.

## 1. Qual é o lugar da sustentabilidade no mundo? Qual é o lugar do mundo na sustentabilidade? Quais são suas articulações com as ciências e as tecnologias?

O século 21 apresenta modificações socioeconômicas radicais. Enquanto tendência universal do regime capitalista, diversas contradições se reafirmaram numa configuração estruturante emergente, com um novo fundamento civilizatório: a incorporação da ecologia, enquanto paradigma universal, aos processos políticos, econômicos e científicos mundiais (FREITAS, 2008, 2004).

É neste cenário multidimensional que a ciência e a tecnologia se reafirmam como um dos eixos centrais dos processos civilizatórios, e o Brasil e a Amazônia, em ordem, se põem como a principal potência ambiental e signo ecológico mundial do século 21, fundindo-se, definitivamente, ao futuro e à história da humanidade. Isso numa perspectiva movimentada pelos empreendimentos científicos e tecnológicos alinhados com o paradigma da sustentabilidade enquanto instrumento de combate à desigualdade social e a serviço da preservação ambiental dos lugares e do planeta, por meio da institucionalização das políticas públicas.

A universalização das políticas públicas ainda constitui um sonho distante para ampla parcela da população mundial. Saúde, educação, habitação, alimentação, transporte, saneamento básico e lazer são exigências de cidadania presentes nas preocupações políticas na maioria dos modelos de desenvolvimento dos Estados nacionais, desdobrando-se no processo de construção de empreendimentos sustentáveis.

Neste sentido, a noção de desenvolvimento sustentável tem problemas estruturantes, dentre os quais se destacam seis grandes questões, todas elas relacionadas com a expansão do capitalismo: 1) os mecanismos de operacionalidade dos empreendimentos sustentáveis, em geral, não estabelecem como, onde e quando romper com a forma clássica de desenvolvimento. Corre-se o risco de se construir um empreendimento socioeconômico estruturalmente inconsistente e que contribuirá para a intensificação das desigualdades sociais; 2) existe uma incompatibilidade da noção de sustentabilidade com o conceito de crescimento – não do crescimento financeiro, mas do crescimento do fluxo de massa e energia. Isso resultará no privilégio do mercado de bens com maior durabilidade e uma mudança estrutural na matriz industrial standard; 3) os países centrais estão cada vez mais ricos em detrimento de um crescente processo de pauperização dos países periféricos; do ponto de vista dos países pobres, faz-se necessário incorporar elementos próprios da condição humana à noção de sustentabilidade. Há um problema adicional: a crescente onda de privatização dos meios de produção conspira contra a ideia de gestão, em longo prazo, das riquezas naturais do planeta; 4) a história registra que os discursos dos governos centrais destoam de suas ações práticas. Esses governos não efetivarão nenhuma experiência, nenhum processo ou

modelo de desenvolvimento que ponha em risco o estado de bem-estar de seus eleitores e as estabilidades econômicas e políticas de seus países; 5) os estudos empíricos mostram que a noção de desenvolvimento sustentável só tem vigência histórica em experiências locais, enquanto política planejada de aproveitamento dos recursos de um território, envolvendo configurações sociais, situações políticas e possibilidades de aplicações de tecnologias disponíveis. A universalização dessas experiências locais, com projeções em escala planetária, é regulada por um objetivo comum negociado: a preservação da biodiversidade que, por sua vez, está estreitamente associada à diversidade cultural. A existência de condições objetivas para sua plena realização ainda é objeto de muitas polêmicas. A utilização inadequada da biosfera, a mercantilização exacerbada do meio ambiente e do princípio de clonagem e a crescente intensificação do processo de pauperização dos países periféricos são fatores que conspiram contra uma solução em curto prazo; e, finalmente, 6) existe uma crescente tensão entre a noção de sustentabilidade e o princípio universal de segurança nacional. O grau de fricção entre estes dois empreendimentos históricos dependerá fortemente da evolução dos processos políticos em escala mundial.

Essas seis questões (FREITAS, 2009a, 2009b), que movimentam a noção de sustentabilidade nos processos mundiais, encontram-se presentes nos modelos de desenvolvimento regionais e nacionais com impactos em suas conformações geohistóricas, articulando os seus fundamentos explicativos e operacionais, do local ao mundial. A construção de políticas públicas sustentáveis exige o desenvolvimento de estratégias institucionais que impeçam que os processos econômicos subsumam os processos políticos, incorporando a “condição humana” como o principal pressuposto da sustentabilidade, perspectiva que constitui o principal desafio das políticas de educação, da ciência e da tecnologia no século 21.

O lugar da sustentabilidade no mundo se assenta nas diversas composições de suas formas e conteúdos compromissadas com as perenidades da espécie humana e do planeta, em forma de políticas públicas. Por outro lado, o lugar do mundo na sustentabilidade se prende ao colapso dos modelos de desenvolvimento *standard* que exige as ressignificações dos conceitos de desenvolvimento econômico e de cidadania. Esses 2 lugares encontram-se ancorados em estruturas e empreendimentos móveis e não coincidentes, na maioria das vezes, com forte dependência dos processos políticos, econômicos, científicos e da mídia, em escala mundial.

Esta nova centralidade política – que exige a emergência da sustentabilidade a partir dos empreendimentos localizados e situados, imersos numa nova métrica temporal que articule o tempo breve das necessidades sociais com o tempo longo das gerações e da preservação do planeta – constitui um alicerce importante do processo civilizatório. Põe novos compromissos à educação, à ciência e à tecnologia, à mídia e à comunicação crítica, na organização e no funcionamento do mundo do trabalho e do mercado; reserva também ao Estado nacional e à sociedade organizada um papel chave nesse empreendimento geo-histórico.

O paradigma da sustentabilidade constitui um dos agentes motores desse quadro civilizatório que pressupõe um novo reordenamento político e econômico e que reafirma a importância geopolítica da Amazônia em âmbito nacional e mundial.

## 2. Brasil-Amazônia e sustentabilidade – uma breve apresentação: quem somos nós?

A atual integração econômica mundial – que se assenta num modelo consumista e num acelerado processo de privatização planetária, articulada a uma matriz industrial e tecnológica baseada no uso de combustíveis fósseis – contribuiu para a rápida depreciação ecológica mundial, pondo em risco a perenidade da humanidade, e desencadeando uma sinergia mundial pela preservação dos recursos naturais, incluindo os solos, as águas e a atmosfera terrestre. Contribuiu, também, para a criação de novas matrizes educacionais compromissadas com o futuro da humanidade e com o combate à desigualdade social, gerando impactos estruturantes nas matrizes organizativas do conhecimento organizado.

A importância da Amazônia para o Brasil e para o mundo constitui unanimidade nacional e internacional. Amazônia é a região sul-americana com condições climáticas caracterizadas por altas temperaturas, umidade e precipitação pluviométrica, e que abrange parte do Brasil, Peru, Equador, Bolívia, Colômbia, Venezuela, Suriname, Guiana e Guiana Francesa, totalizando cerca de 6,5 milhões de km<sup>2</sup>, dos quais cerca 3,8-4,2 milhões de km<sup>2</sup> se constituem de florestas primárias.

Nessa região, encontra-se a maior biodiversidade mundial, 1/3 das reservas mundiais de florestas latifoliadas, 1/5 da água doce superficial do planeta, além de constituir entidade física relevante nas estabilidades mecânica, termodinâmica e química dos processos atmosféricos em escala global. A Amazônia brasileira é formada pelos estados do Amazonas, Acre, Pará, Amapá, Roraima, Rondônia, Tocantins, partes dos estados do Maranhão e Mato Grosso, totalizando 4.987.247km<sup>2</sup>, 3/5 do território brasileiro e 2/5 da América do Sul, que corresponde a 1/20 da superfície terrestre e a 1/3 das florestas tropicais mundiais. Nesses nove estados, habitam pouco mais de 23 milhões de pessoas, em torno de 4/1.000 da população mundial, com mais de 60% desses habitantes morando em áreas urbanas; destaque aos 163 povos indígenas que totalizam cerca de 204 mil pessoas, ou 60% da população indígena brasileira. A Amazônia também apresenta uma complexa hidrografia com cerca 75.000 quilômetros de rios navegáveis, 50% do potencial hidrelétrico do Brasil, uma frota de 350 mil barcos de médio e grande portes, 12 milhões de hectares de várzeas, 11.248 km de fronteiras internacionais, mais de 180 milhões de hectares de florestas protegidas em unidades de conservação estaduais e federais (dados de 2009) que desempenham um papel importante nas estabilidades climática e termodinâmica do planeta (FREITAS, 2009b).

O Brasil é o primeiro país mundial em diversidades de plantas, peixes de água doce e mamíferos, o segundo em anfíbios e o terceiro em diversidade de répteis. Aqui se encontram 55 mil espécies vegetais, ou 22% do total conhecido no planeta. E ainda das 524 espécies de mamíferos, 517 de anfíbios, 1.622 de pássaros, 486 de répteis, 3.000 de peixes, 10-15 milhões de insetos, além de milhões de espécies de micro-organismos, a ampla maioria desse patrimônio nacional encontra-se localizada na Amazônia (FREITAS, 2004).

A Amazônia é cortada pelo rio Amazonas, que drena mais de 7 milhões de km<sup>2</sup> de terras e tem uma vazão anual média de aproximadamente 176 milhões de litros d'água por segundo (176.000m<sup>3</sup>/s), o que lhe confere a posição de maior rio em volume de água da Terra, superando o rio Congo na África (o segundo rio em volume de água), em cerca quatro vezes, e o rio Mississippi, em cerca de dez vezes. Na época das águas baixas, o Amazonas conduz para o mar cerca 100 milhões de litros d'água por segundo (100.000m<sup>3</sup>/s); na época das enchentes, mais de 300 milhões de litros por segundo (300.000m<sup>3</sup>/s) (SIOLI, 1991).

A bacia do Amazonas, a bacia do Congo e a área em torno de Borneo, regiões tipicamente tropicais, são extremamente importantes e eficientes na absorção de energia solar e na redistribuição planetária deste calor através da atmosfera (CRUTZEN *et al.*, 1990). Destaque à participação da Amazônia nos processos básicos imprescindíveis à estabilidade química da atmosfera terrestre. Os estudos confirmam sua importância, em nível regional e planetário, nos balanços de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), principal gás estufa, de óxido nítrico (NO) e de dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), principais agentes responsáveis pelo grau de oxidação da atmosfera, e do óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), gás, aproximadamente, 200 vezes mais estufa que o CO<sub>2</sub> (KELLER *et al.*, 1983).

Ênfase à socioeconomia da região, à indústria metalúrgica e mineral no estado do Pará, ao Polo Industrial de Manaus (PIM), ao agrobusiness no estado do Mato Grosso e aos arranjos produtivos vocacionados nos demais estados constituem as principais atividades econômicas em curso na Amazônia brasileira. Este quadro encontra-se em acelerado processo de expansão e consolidação.

O Polo Industrial de Manaus (PIM), com mais de 550 indústrias nacionais e transnacionais e de abrangência em toda Amazônia ocidental, constitui uma matriz científica e tecnológica diversificada e sofisticada. Este polo, de natureza não poluente, gera mais de 500 mil empregos diretos e indiretos (dados de 2010) e encontra-se em pleno processo de expansão física e econômica. Os principais setores econômicos do PIM são as indústrias elétrico-eletrônica, informática, automotora (duas rodas) e biotecnologia (cosméticos, biofármacos e alimentação) com uma pauta de exportação que atinge mais de 50 países.

A Amazônia impõe várias questões ao mundo, com ênfase para: construção de uma nova concepção estética da Amazônia-Mundo; seu desenvolvimento sustentável em condição de maior

biblioteca viva do planeta; sua representação socioeconômica enquanto processos culturais, ecológicos e simbólicos mundiais; sua condição de espaço estratégico para o Brasil e para o mundo; seu papel de fonte de reciclagem e de termostato do planeta; e o seu funcionamento físico como mecanismo de estabilidade climática do planeta.

No período de 2003-2009, o Estado brasileiro, em suas diversas instâncias federativas, já investiu mais de R\$ 4,5 bilhões em CT&I na Amazônia brasileira, modificando radicalmente a sua matriz científica e tecnológica. Destaque para o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), que investiu cerca de R\$ 1,65 bilhão, para o governo do estado do Amazonas, com investimentos de R\$ 1,39 bilhão, para a Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (Sudam) e para o Banco da Amazônia (BASA), com aplicações de R\$ 1 bilhão, para a Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa), com investimentos de R\$ 350 milhões, e para os demais estados da Amazônia brasileira, com ordenamentos financeiros de cerca R\$ 250 milhões, totalizando cerca de R\$ 4,64 bilhões. Mudaram-se as perspectivas econômicas e políticas da região com a reafirmação de sua importância econômica e política para o Brasil e o mundo. Encontra-se em curso um forte processo de nacionalização e institucionalização dos programas de CT&I na região (MCT; SECT/AM, SUDAM/BASA, SUFRAMA; 2010).

O alcance dos problemas que a Amazônia impõe ao Brasil e ao mundo exige a reestruturação e o reposicionamento de sua diplomacia. As vozes, as interlocuções, os processos, os sistemas e as estruturas econômicas das principais nações mundiais em direção à sustentabilidade exigem melhor qualificação e presença da diplomacia brasileira na Amazônia, considerando que esta região encontra-se, definitivamente, fundida ao destino e ao futuro da humanidade. A crescente presença internacional na região reafirma essa nova condição da diplomacia brasileira.

### 3. Amazônia, desenvolvimento sustentável e CT&I com inclusão social – prioridades e compromissos

As avaliações sobre as políticas de CT&I na Amazônia constataam quatro grandes prioridades, a saber:

- Promoção da inovação tecnológica nas empresas e nas cadeias produtivas;
- Pesquisa, inovação e desenvolvimento em áreas estratégicas para o desenvolvimento sustentável;
- Interiorização das estruturas de CT&I, integrada aos modelos regionais de desenvolvimento;
- Expansão, consolidação e novas formas de financiamento dos sistemas estaduais de CT&I.

A incorporação da Amazônia ao projeto nacional, de forma integrada à sua matriz produtiva e à sua complexidade cultural e ecológica, exige empreendimentos inovadores de CT&I, alinhados em projetos, programas e políticas que garantam sua humanização e sua integração regional e nacional, por meio da institucionalização de políticas públicas que possibilitem: inclusão social, geração de renda e empregabilidade, participação e acesso das populações regionais aos benefícios de uso do conhecimento tradicional, do patrimônio genético e dos serviços ambientais, a exploração de suas riquezas em benefício do povo brasileiro e, simultaneamente, sua preservação ambiental.

A construção de uma política de Estado de ciência e tecnologia que também abarque esses pressupostos exige modificações estruturantes nos processos de organização e de gestão da atual política de CT&I, a partir de quatro novos eixos motores: 1) Amazônia enquanto questão nacional; mobilização e consenso político para sua humanização e integração regional e nacional; 2) quem e como financiar o desenvolvimento socioeconômico da Amazônia de forma sustentável e a necessária interiorização dos órgãos de fomento aos programas estruturantes de educação, ciência e tecnologia; 3) política de CT&I, inovadora e empreendedora, integrada às matrizes industriais não poluentes; e 4) política de CT&I consistente, integrada e vocacionada em áreas estratégicas e dirigida à construção de um mercado nacional e internacional sustentável.

Para consolidar as estruturas mecânicas e a base material que serão assentadas nesses quatro eixos, propõe-se (RELATÓRIO DO ENCONTRO REGIONAL DE CT&I DO AMAZONAS, 2010):

- Implantar sistemas de inovação em processos de gestão e produtos dirigidos aos incrementos de competitividade às matrizes produtivas e industriais; descentralizar as agências federais de planejamento e execução de políticas de ciência, tecnologia, educação e de fomento ao desenvolvimento econômico do Brasil, tais como: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Financiadora de Estudos e Pesquisas (Finep), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDS); instalar representações do CNPq, da Capes e do BNDS na região para atender suas demandas e os fomentos de novos programas de PI&D;
- Estruturar plataformas tecnológicas que se desdobrem num mercado de baixo carbono; construir uma política pública dos serviços ambientais; e implantar mecanismos que integrem os centros estaduais de mudanças climáticas com os programas e os bancos de dados centrados no uso e na ocupação do solo com os programas de desenvolvimento limpo e com as redes científicas e tecnológicas;
- Reestruturar os programas nacionais de CT&I, adequando-os à solução dos problemas complexos dos trópicos úmidos, tais como: a) modernizar a engenharia naval e construir

mecanismos de segurança de transporte na região; b) criar institutos de tecnologias para os trópicos úmidos com foco no aproveitamento sustentável das várzeas, engenharia ambiental, arranjos e cadeias produtivas vocacionadas, priorizando: bioindústria, agroecologia, fruticultura, piscicultura, petroquímica, ecoturismo, designer, joias, (...), e novos materiais; c) desenvolver tecnologias sociais que integrem as populações isoladas da Amazônia às redes digitais de comunicação e informação; d) consolidar a bioindústria na região por meio de uma rede de *clusters* biotecnológicos, com diferentes graus de complexidade, dirigidos à implantação de biofábricas; e) desenvolver programas para habitação popular adaptada aos trópicos; f) implantar sistemas de inovação e empreendedorismo por meio de laboratórios consorciados, integrados em áreas estratégicas: nanotecnologia; química fina; biologia molecular; instrumentação científica sensível; energia, linguística e arqueologia; óptica eletrônica; ecofisiologia; doenças tropicais; ecoturismo; e *marketing* e alimentação;

- Criar estruturas científicas e tecnológicas dirigidas ao fortalecimento das políticas públicas e do desenvolvimento econômico dos municípios da Amazônia. Esta ação pode-se concretizar por meio de centros universitários estaduais em polos de desenvolvimento e/ou de centros de vocação tecnológica, de uso coletivo, acessíveis às comunidades, no limite de um por município, contendo espaços para biblioteca, filmoteca, laboratórios de ciência para experimentos didáticos, oficinas vocacionadas, exposições científicas e artísticas, núcleos de inovação tecnológica e espaços para incubagem de pequenas e médias empresas, atividades culturais e ações de inovação e empreendedorismo, articuladas com os setores e arranjos produtivos municipais e regionais. Estes centros funcionarão em redes, integrando e incorporando CT&I às políticas públicas municipais. Priorizar as regiões em fronteiras e criar fundos estaduais e federais com este objetivo;
- Implantar e popularizar o uso das estruturas laboratoriais de ensino de ciências e matemática e criar um programa de difusão científica de forma integrada e com alcance editorial em âmbito regional e mundial. A primeira ação deste tópico pode ser financiada por um fundo nacional específico, podendo ser implantada nos centros de vocação tecnológica, anteriormente propostos;
- Organizar mecanismos institucionais, facilitadores e solidários, ampliando o grau de conectividade e integração entre as instituições científicas e tecnológicas; implantar mais museus de ciências e centros culturais; e uma plataforma de informação e comunicação priorizando a integração de bancos de dados, indicadores técnico-científicos e de metodologias de avaliação de políticas públicas na região;
- Instalar os conselhos estaduais de ciência e tecnologia com mecanismos que possibilitem maior controle social no processo de decisões relativas ao uso da ciência e tecnologia, em particular nos casos em que exista um impacto potencial grande na qualidade de vida das populações amazônicas;

- Desenvolver estruturas que articulem e integrem as instituições científicas, as universidades, os centros e museus de ciência e as escolas num grande esforço nacional pela melhoria da qualidade do ensino (formal e informal) e da educação diferenciada. Estas ações de CT&I podem ser integradas aos processos de educação formal por meio de parcerias com as secretarias de educação municipais e estaduais;
- Institucionalizar programas de pós-graduação estaduais arrojados para acelerar a formação doutoral integrada e estratégica ao desenvolvimento regional e nacional, com colaborações de outras instituições brasileiras e internacionais, com ênfase aos programas tecnológicos. Este empreendimento deve ser uma ação do Estado nacional, consorciada entre o Ministério da Educação e a Capes e os governos estaduais, por meio de seus sistemas de ciência e tecnologia, dos institutos e das universidades sediadas nos estados;
- Associar a ação anterior com a organização de programas específicos para fixar recursos humanos especializados (mestres e doutores) nos municípios interioranos e o desenvolvimento de um plano de modernização científica e tecnológica dos serviços e das estruturas públicas na região;
- Institucionalizar estruturas científicas e tecnológicas nos municípios amazônicos, garantindo o compromisso político local e a ampliação dos orçamentos de CT&I de forma perene;
- Organizar estratégias e processos que estimulem a criação de programas de pós-graduação e o registro dos grupos de pesquisa das instituições privadas no sistema nacional de pesquisa e pós-graduação;
- Implantar mecanismos de CT&I que articulem as demandas das matrizes industriais nacionais, com as bases científicas e tecnológicas regionais, em especial com os polos industriais estaduais da Amazônia. Criar um fundo financeiro para implantar centros de desenvolvimento tecnológico com foco em engenharias de produto e produção na região. Para a produção de medicamentos e vacinas, priorizar a instalação de centros de pesquisa clínica e a criação de centros de produção de substâncias químicas orgânicas. Organizar um fundo nacional para municipalizar a implantação desses centros conforme as vocações e as demandas regionais, em especial as demandas emergentes da área de saúde;
- Priorizar a implantação de empreendimentos biotecnológicos por meio de incentivos específicos. Desonerar os tributos estaduais e federais para toda a cadeia de um produto biotecnológico e implantar linhas de créditos específicos para este setor econômico;
- Organizar plataformas de proteção de conhecimentos, inovações e práticas dos povos indígenas e de outras comunidades locais e mecanismos que garantam a repartição justa e equânime, entre eles, dos benefícios decorrentes do uso dos conhecimentos tradicionais associados à biodiversidade amazônica;

- Criar centros de diagnóstico e controle de desmatamento e uso da terra nos estados Amazônicos e integrá-los à política pública em serviços ambientais da região. Fomentar a criação de redes de inclusão nos municípios, fortalecendo os empreendimentos e as participações comunitárias e associativas;
- Desenvolver programas que fortaleçam o ensino técnico, profissionalizante e universitário, articulando-os e vocacionando-os com empreendimentos dirigidos aos modelos de desenvolvimento econômico amazônicos. Fortalecer e ampliar as escolas técnicas, integrando os cursos técnicos e profissionalizantes às políticas públicas municipais e estaduais da região;
- Implantar programa estruturante que acelere a integração da Amazônia ao sistema nacional de produção, distribuição e uso de eletricidade. Esta proposta também interligará a Amazônia, em especial o estado do Amazonas, ao programa nacional de inclusão digital por meio de fibra óptica;
- Organizar um programa de biocombustível para Amazônia, em diversas escalas de produção, da familiar à escala de mercado; esta ação retirará da escuridão mais de 23 mil comunidades rurais desta região;
- Implantar um programa para desenvolvimento de fontes de energias alternativas centrado no aproveitamento de biomassa, energia solar, energia eólica e na hidrodinâmica para Amazônia, conforme suas potencialidades geográficas e socioeconômicas. Induzir programas tecnológicos para atender estas demandas e articular a sua operacionalização, de forma integrada, com os Ministérios da Ciência e Tecnologia, Minas e Energia e Indústria e Comércio, instituições regionais e secretarias estaduais de CT&I;
- Ampliar a plataforma de inclusão digital a todos os municípios amazônicos, incorporando novos conteúdos e tecnologias de convergência a essas redes eletrônicas. Priorizar os sistemas de bandas largas por meio de consórcios entre o Ministério de Comunicação, os governos estaduais e a iniciativa privada;
- Criar uma plataforma tecnológica para o uso e preservação da água em todos os centros urbanos e rurais da Amazônia; implantar uma plataforma de integração da bacia hídrica amazônica com a pan-amazônica e com a brasileira; e, implantar plataformas para tratamento de resíduos sólidos e para a captação, tratamento e distribuição de água potável em todos os municípios da região;
- Organizar um programa para o aproveitamento socioeconômico das várzeas da Amazônia, em bases comunitárias e em parcerias com os municípios;
- Implantar um programa para revitalizar o sistema aeroportuário amazônico devido à sua importância no processo de integração regional, nacional e internacional da região. Ga-

rantir as condições operacionais para a interligação modal e rodoaeroflúvia da Amazônia com o Brasil e com o Pacífico;

- Implantar uma política de segurança alimentar para a Amazônia, quando possível, integrando a agricultura familiar aos demais programas institucionais; criar mecanismos de acesso sistemático de inovações tecnológicas aos pequenos e médios produtores;
- Implantar um programa de exploração, comercialização das minas e jazidas amazônicas, de forma moderna e sustentável. Priorizar a extensão e regularização da legislação atual à exploração mineral em terras indígenas, conforme a expectativa e o interesse destes povos;
- Criar mecanismos que garantam maior estabilidade institucional e jurídica à Suframa. Agilizar os processos técnicos e administrativos de análise e aprovação dos processos dos produtos básicos demandados dos polos industriais dos estados amazônicos;
- Aperfeiçoar e ampliar o programa aeroespacial para o monitoramento socioambiental da Amazônia, de forma compartilhada com outras regiões e países amazônicos; potencializar a implantação da indústria aeroespacial na região;
- Descentralizar, imediatamente, as representações institucionais do Ministério das Relações Exteriores. A crescente internacionalização dos projetos e programas de CT&I na Amazônia exige maior presença diplomática do Estado nacional na região. Implantar um programa e mecanismos de colaboração internacional com os países que compõem a Amazônia pan-americana, priorizando as ações integradoras de CT&I;
- Ampliar e aperfeiçoar os programas educacionais, garantindo o acesso e a universalização da educação básica na região até 2015, priorizando as plataformas de ensino a distância (mediado);
- Instituir programas educacionais de formação básica e científica para os mais de 150 povos indígenas da Amazônia; implantar a universidade indígena;
- Implantar uma política fundiária na Amazônia que contemple, principalmente, os interesses dos povos nativos, dos pequenos proprietários e dos produtores da região numa perspectiva sustentável. Priorizar os programas de revitalização da memória histórica, de zoneamento socioeconômico e os ordenamentos territoriais, os estudos demográficos, migratórios, etnográficos e etnológicos; e, finalmente,
- Quando pertinente, organizar estruturas institucionais que integrem os projetos e programas de pesquisa, inovação e desenvolvimento às políticas públicas de defesa civil dos estados amazônicos.

A maioria desses empreendimentos pode ser concretizada por meio de parcerias entre os poderes municipais, estaduais e federal e a iniciativa privada. De forma ampla, as características socio-

ecológicas e econômicas da Amazônia exigem programas e soluções científicas e tecnológicas diferenciadas, ainda que vários programas estruturantes apresentados neste documento possam ser utilizados no processo de construção de modelos de desenvolvimento sustentável para todo o Brasil, numa perspectiva situada e localizada.

A sustentabilidade enquanto processo de reafirmação da condição humana pressupõe atributos processuais edificantes da pós-modernidade, tais como: a interculturalidade; a indissociabilidade da cultura com a natureza; o controle social sobre os processos vitais de uso, produção e reprodução da vida; a educação, a ciência, a tecnologia e a inovação como eixo motor dos modelos desenvolvimento social e econômico, assim como as políticas públicas sustentáveis acessíveis a todos.

Sustentabilidade e segurança alimentar; educação; artes; questão de gênero; energias alternativas; habitação; saúde e saneamento; tecnologias sociais; relações internacionais; uso e ocupação do solo; reordenamento socioeconômico rural e urbano; tecnologias de informação e comunicação; bioindústria; tecnologias de ruptura – cibernética, nanotecnologia, fotônica, robótica, aeroespacial; arranjos produtivos e redes e plataformas tecnológicas educacionais e de monitoramento e gestão ambiental; arranjos e tecnologias apropriadas, serviços ambientais; mudanças climáticas; sustentabilidade e cultura são dimensões imprescindíveis para a consolidação das políticas públicas sustentáveis nesta era ecológica, da escala local à mundial, numa perspectiva cidadã e solidária (AKNIN *et al.*, 2002, pp. 53-56; BOURG *et al.*, 200, pp. 244-249).

Esta agenda em CT&I constitui a base de novos programas voltados à construção de um Brasil sustentável.

#### 4. Carta de compromissos prioritários da política de Estado de CT&I por uma Amazônia sustentável

A importância da Amazônia para o Brasil constitui unanimidade nacional. Nessa região, encontra-se uma das maiores biodiversidades mundiais, 1/3 das reservas mundiais de florestas tropicais, 1/5 da água doce superficial do planeta convergindo para o maior e mais volumoso rio do mundo, além de se constituir em entidade física relevante nas estabilidades termodinâmica e climática dos processos atmosféricos em escala planetária. A Amazônia brasileira é formada pelos estados do Amazonas, Acre, Pará, Amapá, Roraima, Rondônia, Tocantins, partes dos estados do Maranhão e Mato Grosso, totalizando 4.987.247km<sup>2</sup>, 3/5 do território brasileiro e 2/5 da América do Sul, que corresponde a 1/20 da superfície terrestre, 1/3 das florestas tropicais mundiais, e 1/5 da biodiversidade em terra sólida do planeta. Nesses nove estados, habitam 24 milhões de pessoas, 4/1.000 da população mundial, com mais de 60% desses habitantes morando em áreas

urbanas, dentre os quais 163 povos indígenas, que totalizam 204 mil pessoas, ou 60% da população indígena brasileira. A Amazônia também apresenta uma complexa hidrografia com mais de 75.000 quilômetros de rios navegáveis, 50% do potencial hidrelétrico do Brasil, 12 milhões de hectares de várzeas, grande potencial madeireiro e fonte de biomassa, 11.280 km de fronteiras internacionais e ricas reservas minerais.

A institucionalização de políticas públicas na Amazônia, em especial de uma política de Estado de ciência, tecnologia e inovação, exige a implantação de modelos de desenvolvimento sustentáveis integrados às suas complexidades culturais, ecológicas e socioeconômicas, e comprometidos com sua integração regional e nacional e com a implantação de estruturas e tecnologias sociais acessíveis a todos, gerando renda, valorização social e cidadania para as suas populações, e preservação ambiental na região.

Por essas razões, reivindicamos os seguintes compromissos federativos e republicanos da política de Estado de CT&I com as políticas públicas da Amazônia:

1. Mobilizar a sociedade brasileira para reafirmar a importância da ciência e tecnologia como processo de humanização e desenvolvimento socioeconômico da Amazônia e do Brasil;
2. Investir R\$ 1 trilhão na política de CT&I direcionada à integração regional e nacional da Amazônia ao projeto nacional, durante 2011-20;
3. Garantir a soberania e institucionalizar a presença do Estado nacional na região, com integração, descentralização e interiorização das agências estaduais e federais de planejamento e execução de políticas públicas e do desenvolvimento socioeconômico da Amazônia e o fortalecimento da cooperação entre o Brasil e os países amazônicos, por meio de empreendimentos de CT&I;
4. Priorizar investimentos em CT&I articulados às políticas públicas de educação, saúde, transporte, abastecimento e segurança alimentar integrada à agricultura familiar, habitação, inclusão digital e aos mecanismos de desenvolvimento limpo na Amazônia;
5. Acelerar o processo de integração dos estados amazônicos ao sistema nacional de produção, distribuição e uso de eletricidade, e ao uso sustentável de fontes alternativas de energia; e criar tecnologias sociais que assegurem o acesso das populações interioranas às redes digitais de comunicação e informação regionais, nacionais e mundiais;
6. Implantar centros de diagnóstico e controle de desmatamento ilegal e uso da terra e uma política pública em serviços ambientais integrada à Amazônia, com a recuperação

de áreas degradadas, conservação da biodiversidade, dos recursos hídricos e a mitigação das mudanças climáticas;

7. Implementar o Zoneamento Ecológico-Econômico e criar mecanismos estruturantes que ampliem e incorporem mais competitividade às matrizes industriais e às matrizes produtivas da região;
8. Assegurar a formação científica e os direitos constitucionais aos povos indígenas e às comunidades tradicionais e promover a equidade social, considerando gênero, geração, raça, classe social e etnia;
9. Implantar plataforma tecnológica para o uso e preservação da água em todos os centros urbanos e rurais da Amazônia, priorizando mecanismos de integração da bacia hídrica pan-amazônica; revitalizar o sistema aeroportuário da Amazônia, priorizando sua integração municipal, regional e nacional e sua interligação modal e rodoaeroflúvia; e
10. Institucionalizar programa nacional de difusão e popularização da CT&I centrado na Amazônia.

Estes pressupostos constituem a base de novos projetos e programas de CT&I para a construção de uma Amazônia sustentável, conforme compreensão do Sistema de Ciência de Tecnologia do Amazonas.

## Referências

- AKNIN, A.; GERONIMI, V.; SCHEMBRI, P.; FROGER, G.; MERAL, P. (2002) Environnement et développement. Quelques réflexions autour du concept de “developpement durable”; In: Developpement durable ? doctrines, pratiques, évaluations, p. 51-71; Coletânea organizada por Jean-Yves Martin, IRD Éditions, Paris.
- BOURG, D. (2002) Les fondements du développement durable: La limite et les fins; In: Les nouveaux utopistes du développement durable, pp. 244-249; Coletânea organizada por Anne-Marie Ducroux; Éditions Autrement-Collection Mutations, France.
- CRUTZEN, P. J. AND, ANDREAE, M. O. (1990) Biomass Burning in the Tropics: Impact on Atmospheric Chemistry and Biogeochemical Cycles. *Science*, 250, 164-172.
- FREITAS, M. (2009a) A new aesthetics concept of the world and Amazonia Region; a “look” towards the future (em processo de publicação).
- FREITAS, M.; SILVA FREITAS, M.; C.; MARMOZ, L. (2009b) The Illusion of Sustainability; Amazonia-man-world. (Editora Valer, Manaus, em processo de publicação).
- FREITAS, M. (2008) The deadlocks of the Western culture and the Amazon region. *Electronic Journal of Sociology*, pp. 1-24.
- FREITAS, M.; CASTRO JÚNIOR, W, E. (2004) Amazônia e desenvolvimento sustentável – um diálogo que todos os brasileiros deveriam conhecer; Editora Vozes, Petrópolis, RJ.
- KELLER, M.; GOREAU, T. J., KAPLAN, W. A.; MCELROY, M. B., 1983. Production of Nitrous Oxide and Consumption of Methane by Forest Soils. *Geophysical Research Letters* vol. 10, n. 12, 1156-1159.
- Relatório do IV Encontro Estadual de CTI do Amazonas (2010) Encontro promovido pela Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Amazonas na Universidade do Estado do Amazonas, Manaus.
- Relatórios Anuais (2003-2009) do(a): Ministério de Ciência e Tecnologia; Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado do Amazonas, Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia, Banco da Amazônia, Superintendência da Zona Franca de Manaus.
- SIOLI, H. (1991) Amazônia: fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais. 3ª Edição. Editora Vozes. Petrópolis, Rio de Janeiro, 72 pp.



# Amazônia: cinco propostas para o próximo decênio

*Adalberto Luis Val<sup>1</sup>*

---

## 1. Um rápido recorte da identidade regional

A Amazônia é, do ponto de vista social e ambiental, um dos maiores desafios do planeta e assim tem sido desde o descobrimento. Conformando a maior extensão de florestas tropicais contínuas, com cerca de sete milhões de Km<sup>2</sup> que se estendem por todos os países do norte da América do Sul, sendo que 60% destes em território brasileiro, a Amazônia é maior que a Europa e abriga cerca de 25 milhões de brasileiros. Esta população de brasileiros é constituída por povos indígenas, por um sem-número de comunidades ribeirinhas, de quilombolas e de migrantes, não só brasileiros de outras regiões, mas nacionais de outros países que se fixaram na Amazônia nos diversos momentos de sua história. Dessa população emerge uma infindável diversidade de matizes culturais. A Amazônia não é, portanto, uma região só de bichos e plantas, de águas de diversas cores, de uma floresta que estoca mais de cem bilhões de toneladas de carbono, um santuário intocável; é também, e principalmente, uma região de homens, mulheres e crianças com as mesmas aspirações daqueles de outras regiões. Este recorte da identidade regional tem sido confundido por décadas com seu imenso patrimônio biológico. É necessário destacar que o brasileiro que vive no interior da Amazônia, longe das cidades, vem contribuindo de forma marcante desde os tempos imemoriais para a conservação regional e acumulando conhecimento (etnoconhecimento) acerca de seus recursos naturais, conhecimento esse que pode ajudar a desenvolver ações sustentáveis num cenário marcado pelas incertezas acerca dos efeitos das mudanças climáticas globais.

---

<sup>1</sup> Coordenador do Laboratório de Ecofisiologia e Evolução Molecular do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

O patrimônio natural amazônico sempre despertou interesse, tendo atraído uma infinidade de expedições científicas desde a vinda da corte portuguesa para o Brasil. A água superficial de rios, lagos, igarapés, paranás, igapós e várzeas, nascendo em pequenos olhos d'água nas cabeceiras, muitas vezes localizados nos países vizinhos, configura uma extensa malha hídrica com águas de diferentes características e cores que vão se juntando e se avolumando de tal forma que, ao atingirem a calha central do Rio Amazonas no seu trecho final, carregam para o Oceano Atlântico cerca de 20% de toda a água doce que entra nos oceanos do mundo todo. A extensa e dinâmica malha hídrica, a floresta com a qual interage e o ambiente aéreo abrigam uma diversidade biológica sem paralelo no planeta. Essa diversidade se apresenta heterogênea ao longo dos diferentes eixos principais da própria Amazônia e guarda intrincadas e delicadas relações com o ambiente. O que está escondido nessa diversidade de plantas, animais e micro-organismos potencializa seus contornos e configura um cenário que se mede por sua própria imensurabilidade. Hoje, aliado ao interesse pelo desconhecido e por aquilo que está escondido no genoma de cada organismo vivo, há um interesse estratégico caracterizado pelo serviço que a floresta presta à humanidade na imobilização de uma imensa quantidade de carbono, na circulação de água, na manutenção da biodiversidade, na oferta de alimento, entre outros. Do ponto de vista regional e nacional, busca-se o desenvolvimento da Amazônia que permita compatibilizar geração de renda e inclusão social com a manutenção da floresta em pé, o que se constitui num desafio de grandes proporções.

## 2. Amazônia: desafios

A inclusão social e a geração de renda, com manutenção da floresta em pé, se constituem no principal desafio amazônico. Isso decorre do fato de que não há modelo a ser utilizado ou adaptado, já que não há país tropical desenvolvido. O tamanho da Amazônia, suas características ambientais, a diversidade biológica e as características culturais das populações da região agigantam esse desafio e impõem a busca de múltiplas soluções. Assim, há uma agenda a ser executada que precisa de informações robustas para intervenções seguras. Nessa agenda, estão incluídas as questões relacionadas à extensa fronteira com os demais países amazônicos, à comunicação, ao transporte, à saúde, à geração e distribuição de energia, à integração regional, à educação, aos sistemas de proteção contra o desmatamento, aos serviços ambientais, à produção de alimento, às incertezas relacionadas às mudanças climáticas, ao uso adequado dos recursos hídricos e minerais, à otimização do uso das áreas degradadas, entre outras. A produção das informações, entretanto, passa, necessariamente, pela existência de pessoal qualificado em todas as áreas do conhecimento. Além da produção da informação, é necessária, também, a existência de pessoal qualificado para apropriar-se das informações e tecnologias geradas. Aqui está o outro imenso desafio da Amazônia na atualidade: pessoal qualificado e fixado nas instituições regionais na dimensão das demandas existentes para que a região possa se desenvolver, observando os mais

altos preceitos éticos para com as gerações futuras. Ainda que represente 60% da extensão territorial do Brasil, abrigue 10% de sua população e contribua com 8% do PIB nacional, há na região pouco mais de quatro mil doutores, boa parte dos quais já não mais envolvida com a pesquisa científica e a capacitação de pessoal em nível de pós-graduação.

Houve avanços significativos na última década no que se refere à expansão da capacidade instalada na região para a produção de informações técnico-científicas, que medida pelo número de programas de pós-graduação revela uma expansão de 150% nos últimos sete anos, ou seja, uma ampliação de 92 para 232 programas instalados nas instituições existentes nos nove estados da Amazônia. Entretanto, essa expansão encobre dois desafios: contemplar a existência de atividades de pesquisa e pós-graduação em todas as 79 áreas de avaliação atualmente elencadas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e consolidar a qualificação dos programas e grupos de pesquisas regionais. Dentre as 23 áreas do conhecimento não contempladas com grupos de pesquisas consolidados a ponto de oferecer programas de pós-graduação estão, entre outras, áreas como a Biofísica, a Bioquímica, a Farmacologia, a Morfologia, a Nutrição, a Arquitetura e Urbanismo, a Ciência da Informação, a Engenharia de Transportes, a Engenharia Naval, a Engenharia Sanitária e a Ciência de Materiais. Ainda, em outras áreas de vital importância para o desenvolvimento sustentável da região há apenas um programa de pós-graduação em nível de doutorado, como é o caso da Botânica. Nesse mesmo diapasão, o outro desafio é consolidar os grupos de pesquisas de tal forma que possam alavancar a melhoria dos conceitos dos programas de capacitação instalados na Amazônia: cerca de 70% dos programas instalados na região têm conceito três e apenas um programa de doutorado tem conceito seis.

Por fim, mas não menos importante, inclusão social e geração de renda numa região como a Amazônia requerem mão dupla no processo de socialização da informação: é necessário levar a informação à sociedade e, simultaneamente, apropriar-se das demandas por novas informações que só a ciência pode produzir de forma segura. Esse processo precisa valer-se de diferentes formas de comunicação já que a extensão territorial e as características culturais impõem novos parâmetros na equação que se constrói a cada dia nessa área.

Enfim, a execução dessa agenda de desafios permitirá a plena soberania do Brasil na região, soberania esta conquistada pelo conhecimento do que há na região, pelo atendimento das necessidades de sua gente e pelo posicionamento nacional hegemônico no que se refere à Amazônia. As recomendações apresentadas a seguir podem abreviar o tempo e contribuir com os processos de desenvolvimento sustentável e, por conseguinte, com a inclusão social e geração de renda na Amazônia.

### 3. Propostas para o próximo decênio

As cinco propostas apresentadas a seguir envolvem um conjunto mais amplo de ações que precisam ser articuladas pelos governos locais e governo federal para que se possam aperfeiçoar seus efeitos.

#### 3.1. Proposta 1

*Criar as condições para um pensar contínuo e consequente sobre a Amazônia ambiental, econômica e social.*

Muitas foram as iniciativas para consolidar um sistema de CT&I forte na Amazônia. Parte dessas iniciativas não teve escala e outras tantas não foram capazes de ter um olhar para o futuro. Definitivamente, a Amazônia requer uma política de CT&I para além do aqui e agora; são necessários projetos nacionais de longo prazo. Além disso, é necessária uma convergência de informações para um *data grid* robusto que permita intervenções seguras e planejamento apropriado e adequado às condições regionais que permita, inclusive, a exploração das interfaces entre áreas do saber para a construção de novas tecnologias. Assim, nesse contexto, esta proposta envolve as seguintes ações:

- a. Garantir a liderança brasileira na Amazônia no que se refere à capacidade de gerenciamento e sincronização das atividades de CT&I;
- b. Criar instrumentos para ampliação de convergências e sinergismos das instituições brasileiras na Amazônia;
- c. Implantar o Centro de Assessoramento Político, Social e Econômico com vistas a ampliar o apoio à construção de políticas científicas regionais, nacionais e internacionais para a conservação e desenvolvimento da Amazônia;
- d. Adotar instrumentos para disseminação e socialização da informação científica sobre Amazônia para o desenvolvimento sustentável da região; e
- e. Garantir estudos acerca dos efeitos dos desafios globais (mudanças climáticas, inflexões econômicas, novas demandas sociais) sobre a região.

### 3.2. Proposta 2

*Compatibilizar marcos regulatórios às realidades da Amazônia para acelerar processos sustentáveis e perenes de geração de renda e inclusão social.*

A dinâmica do fazer científico e a competitividade nacional têm sido prejudicadas por marcos regulatórios ultrapassados. É preciso aperfeiçoar e dar celeridade aos processos de aquisição de material permanente e produtos de consumo para a pesquisa científica. Muitas áreas lidam com objetos de estudo que são perecíveis e, portanto, vulneráveis ao arcabouço burocrático em vigor. Da mesma forma, o acesso à biodiversidade e às unidades de conservação, particularmente no que se refere ao acesso às informações genéticas de plantas e animais não domesticados precisa ser revisada profundamente; retoques na legislação em vigor não têm conseguido resolver os constrangimentos. Também, para a área de ciência e tecnologia é necessário um processo mais efetivo para a adição de quadros competentes para a produção da informação científica necessária ao desenvolvimento sustentável do país, particularmente em regiões vulneráveis como a Amazônia. Dessa forma, ações como as listadas abaixo são importantes.

- a. Rever o arcabouço legal para viabilizar a aquisição de insumos para a pesquisa científica, dotando o procedimento licitatório de regramento específico que garanta celeridade e, portanto, competitividade às atividades de ciência e tecnologia;
- b. Rever o arcabouço legal que normatiza o acesso às unidades de conservação, à biodiversidade e respectivo patrimônio genético, conforme proposições da comunidade científica;
- c. Realizar no curto prazo a Conferência Nacional da Biodiversidade para firmar as bases para a Política Nacional da Biodiversidade; e
- d. Conceber uma política diferenciada para a contratação e fixação de pessoal qualificado para as instituições de pesquisa da Amazônia.

### 3.3. Proposta 3

*Implantar e fomentar prontamente uma revolução científica na Amazônia com vistas à produção hegemônica de informações sobre o bioma para pronta e significativa redução do desmatamento, inclusão social e geração de renda.*

Uma inflexão positiva na produção de informações robustas sobre a Amazônia é de vital importância para o desenvolvimento sustentável da região. É preciso que a própria região estabeleça suas prioridades e alavanque as ações, por meio de um claro e definitivo entendimento das diversidades

amazônicas e a produção de informações para a consolidação de redes produtivas competitivas com as principais *commodities* produzidas em solos amazônicos. Além disso, é necessário dotar a região de condições para a produção hegemônica de informações sobre a região. Assim, é preciso:

- a. Implantar instituições tecnológicas para a área de engenharias, recursos hídricos, minerais e uso da biodiversidade;
- b. Disseminar a cultura da inovação e do empreendedorismo nos cursos de graduação e pós-graduação da Amazônia;
- c. Conceber e fomentar programas nacionais de capacitação de pessoal para a Amazônia envolvendo os bolsistas de produtividade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq);
- d. Desenvolver e implantar unidades demonstrativas no interior da Amazônia, de acordo com as vocações socioeconômicas locais;
- e. Fixar pessoal qualificado em toda a região em quantidade compatível com as demandas para uma revolução científica;
- f. Preparar a região para receber investimentos similares aos que são atualmente feitos nas demais regiões do país;
- g. Desenvolver e fazer uso de tecnologias modernas (biotecnologia e nanotecnologia, por exemplo) para uso da biodiversidade; e
- h. Produzir e disseminar informações que permitam a manutenção da floresta em pé.

### 3.4. Proposta 4

*Proporcionar os meios necessários à ampliação das ações de ciência e tecnologia para a integração e o desenvolvimento da Amazônia.*

Desde o tratado de Madri, a Amazônia não é mais fronteira política; é uma região em si mesma que demanda as mesmas ações em curso nas demais regiões que reúne as principais características para o desenvolvimento sul americano. Entre essas características comuns incluem-se a similaridade da matriz cultural e ambiental e as necessidades nas áreas de transporte, comunicação, saúde, educação e ciência e tecnologia, entre outras. Evidentemente, é preciso reconhecer os desequilíbrios intra-regionais. Portanto, a integração regional é vital e, para isso é necessário tornar possível as ações listadas a seguir.

- a. Fortalecer as instituições de C&T em todos os estados da Amazônia;
- b. Apoiar atividades para vencer etapas para o pronto uso de tecnologias modernas incluindo informação e comunicação;
- c. Adotar mecanismos de cooperação intra-regionais e nacionais;
- d. Ampliar ações multilaterais na área de ciência e tecnologia com países amazônicos;
- e. Desenvolver programas internacionais de capacitação para a Amazônia; e
- f. Manter um programa de financiamento da ciência e tecnologia para a Amazônia, específico e continuado.

### 3.5. Proposta 5

*Direcionar ações na área de C&T para o desenvolvimento social, econômico e ambiental com vistas a consolidar a soberania brasileira na Amazônia.*

Informações científicas robustas têm sido cada vez mais necessárias para diálogos simétricos sobre a realidade amazônica, bem como para a redução da percepção de exclusão social do ser humano que vive no bioma regional. A disseminação de ações de C&T é necessária para a melhoria da qualidade de vida e geração de renda em todas as sociedades, mas vitais para sociedades que interagem com ambientes complexos como a Amazônia. Sem dúvida, são estas ações que garantirão a brasilidade e, portanto, a soberania brasileira na região. Entre essas ações, destacam-se as listadas abaixo.

- a. Instituir e consolidar diálogo com as populações da Amazônia sobre ações de C&T;
- b. Ampliar os programas de capacitação em todos os níveis para uso de informações científicas e tecnológicas;
- c. Produzir as bases científicas e tecnológicas para ações em saúde e educação em toda a Amazônia, com vistas a ampliar a presença do Estado;
- d. Produzir informações científicas e tecnológicas robustas para evitar a vulnerabilidade internacional do Brasil sobre temas amazônicos; e
- e. Fortalecer a cooperação entre os países amazônicos com vistas a subsidiar políticas públicas com base em C&T que ampliem o domínio e a soberania regional.



# Ciência, tecnologia e inovação para a saúde humana na Amazônia

Luiz Hildebrando Pereira da Silva<sup>1</sup>

---

Só uma revolução científico-tecnológica para a Amazônia poderá promover a valorização do patrimônio natural da região em benefício da sociedade regional e nacional, atribuindo valor à floresta de modo a que possa enfrentar a competição da pecuária e da agroindústria de grãos e assim conter o desmatamento.

Bertha Becker (2005)

A evolução da expectativa de vida ao nascer apresentou nas últimas décadas, na quase totalidade dos países do planeta, um aumento médio de 1,5 (WEISS & MCMICHAEL, 2004). O Brasil seguiu o ritmo mundial. Entretanto, enquanto 15 países europeus mais Austrália, Nova Zelândia, Canadá, Macau e Japão registram expectativas superiores a 80 anos e, num segundo grupo, 46 países de diferentes continentes apresentem expectativas entre 75 e 80 anos, o Brasil, num terceiro grupo, reunindo países com valores entre 70 e 75 anos, ocupa a 92ª modesta posição do *rank* mundial, com 72,4 anos, inferior à de vários países da América Latina, inclusive Cuba. (CIA-THE WORLD FACTBOOK, 2008) Em relação à mortalidade infantil (até 1 ano por 1.000 nascidos vivos), o índice brasileiro é maior que 20 por 1.000 e o Brasil ocupa a 106ª posição entre os 195 países assinalados na lista da *World Infant Mortality Rates* 2008. Enquanto isso, índices de um dígito são apresentados por 55 países dos vários continentes, incluindo Chile, Costa Rica e Cuba na América Latina (WIKIPEDIA, 2010).

A mediocridade de ambos os índices resulta da extrema desigualdade regional de situações observadas no Brasil, com maus índices no Nordeste e na Amazônia, que puxam para baixo a

---

<sup>1</sup> Diretor do Instituto de Pesquisa em Patologias Tropicais.

média final. Em relação à expectativa de vida ao nascer, por exemplo, ela é de 75,5 anos no Distrito Federal, 74,9 no Rio Grande do Sul e 67,2 em Alagoas. A mortalidade infantil é de 13,1 no Rio Grande do Sul e 48,2 em Alagoas (IBGE, 2009). A situação dos estados da região amazônica é intermediária, com expectativas de vida entre 72,3 anos (Pará) e 70,3 (Roraima). A mortalidade infantil varia de 23,0 em Rondônia a 29,8 no Acre. Note-se ainda que a mortalidade infantil até 5 anos é elevada em todos os estados da Região Norte, passando, por exemplo, em Rondônia, de 23,0 até um ano a 28,0 até cinco anos (IBGE, 2008).

De um modo geral, verifica-se que a situação de saúde no país apresenta grandes desigualdades regionais com maus índices observados na Amazônia e no Nordeste, em particular nas áreas rurais e nas áreas periféricas das grandes cidades do país. As carências se expressam por: (i) deficiências nas estruturas físicas de atendimento e em recursos para diagnóstico e tratamento; (ii) carências em recursos humanos qualificados, (iii) altas prevalências de patologias infecciosas e parasitárias nas áreas carentes, associadas a problemas de nutrição e deficiências no atendimento à maternidade e à infância.

Diante de tal quadro, pergunta-se o que se pode e se deve esperar de novos conhecimentos científicos e de novas tecnologias na área da saúde para sua melhoria.

Em relação à Amazônia, a nosso ver, antes de analisar progressos úteis na área das ciências médicas e da saúde, deve-se partir da análise da situação socioambiental e socioeconômica da população e dos meios e instrumentos de preservação de bem-estar básico necessário à saúde: educação, oportunidades e condições de trabalho, remuneração, lazer e proteção social. A oferta de tais elementos, que a sociedade deve, em princípio, oferecer aos cidadãos, é muito reduzida na Amazônia em função da estrutura de sistema produtivo responsável pela baixa renda da população, como mostra o quadro comparativo de situações em Rondônia e Santa Catarina. Na Tabela 1, comparam-se os valores agregados em atividades produtivas. Considerando que a população de Santa Catarina é quatro vezes maior que a de Rondônia, vê-se que o valor agregado das atividades produtivas *per capita* em ambos estados é equivalente. Entretanto, a pecuária em Rondônia representa 78% do valor total da produção, enquanto em Santa Catarina ela contribui com apenas 37%. Observa-se ainda que, surpreendentemente, apesar disso, o valor total em recursos agregados pela pecuária catarinense é duas vezes o rondoniense, embora o rebanho bovino de Rondônia (11,5 milhões de cabeças) seja três vezes maior que o de Santa Catarina (3,5 milhões).

**Tabela 1.** Valor agregado em atividades produtivas (Rondônia e Santa Catarina)

Estado	Nº cabeças de gado	Valor agregado por atividade produtiva (em mil reais)					Per capita em reais
		Agricultura	Pecuária	Indústria	Silvicultura	Total	
Santa Catarina	3.460.535	2.236.142	3.989.301	3.297.500	1.099.109	10.622.052	1.735
Rondônia	11.484.163	299.326	2.047.764	146.756	119.124	2.612.970	1.737

Fonte: IBGE (2007)

Vários elementos são responsáveis por tal situação: (i) ausência na pecuária rondoniense da criação de porcos (26 vezes menor que Santa Catarina), galináceos (36 vezes menor) e produção de ovos (34 vezes menor), de mel de abelha (23 vezes menor) e de leite (3 vezes menor); (ii) raridade da prática de rotatividade nas lavouras (2,6 milhões de hectares de lavouras temporárias em Santa Catarina e 240 mil hectares em Rondônia). Esses elementos mostram o baixo nível de tecnologia e do rendimento do sistema produtivo em Rondônia, concentrado na pecuária intensiva de grandes propriedades.

A esses efeitos perversos da pecuária intensiva juntam-se outros: (i) o desflorestamento e os incêndios de floresta, fenômenos associados e principal causa do desflorestamento na Amazônia; (ii) pouco recrutamento de mão de obra e salários baixos dos peões, o que não contribui para a distribuição de renda na região. É um elemento de concentração e mesmo de transferência de renda para fora da Amazônia, pois parte dos grandes proprietários e várias das empresas frigoríficas são extra-amazônicas. Estes elementos explicam os resultados da atividade comercial em Santa Catarina e Rondônia, que diferem profundamente no valor das atividades comerciais (Tabela 2), pois o valor da renda bruta do comércio é 14 vezes maior em Santa Catarina, o número de pessoas empregadas é 17 vezes maior e o valor de salários e remunerações distribuídas é também 17,5 vezes o de Rondônia.

**Tabela 2.** Pesquisa Anual de Comércio PAC 2007 (Santa Catarina e Rondônia)

Estado	Nº de estabelecimentos comerciais	Pessoal ocupado	Gastos em salários e remunerações (mil reais)	Receita bruta de venda (mil reais)
Santa Catarina	83.727	381.431	3.500.252	62.575.653
Rondônia	2.833	22.582	199.394.	4.517.978
Rondônia	2.833	22.582	199.394.	4.517.978

Fonte: IBGE (*Estatísticas de Estados, 2007*)

Essas grandes diferenças se explicam porque a renda gerada nas atividades produtivas da pecuária intensiva é em boa parte exportada por atacado diretamente, sem participação da atividade comercial local. Acumulando inconvenientes do sistema fiscal brasileiro, a pecuária intensiva de Rondônia pouco contribui para a captação de renda municipal e estadual e, portanto, pouco contribui para a melhoria do desenvolvimento e atendimentos do sistema básico de saúde, de responsabilidade municipal.

O conjunto dessas deformações é responsável direta e indiretamente pelos agravos à saúde das populações rurais e suburbanas do estado de Rondônia, como ilustrado na Tabela 3.

**Tabela 3.** Índices sociais comparativos de bem-estar social

Localidade	Crianças entre 0 e 6 anos com renda familiar menor que 1/2 salário mínimo	Pessoas com mais de 60 anos com renda menor que 1/2 salário mínimo	População beneficiando de planos de saúde
Rondônia	51,1%	12,6%	13,3%
Alagoas	72,9 %	26,3%	9,2%
Santa Catarina	28,5%	5,5%	28,5%
São Paulo	24,3%	5,2%	40,3%

Fonte: IBGE, *Estatísticas de Estados 2008*

Acrescente-se que, se o fornecimento de água encanada às residências é bastante generalizado em Rondônia, embora sem segurança quanto à qualidade, o acesso a coleta de lixo é disponível apenas em área urbana, e o serviço de canalização e coleta de esgoto é acessível a apenas 2,8% dos domicílios urbanos (IBGE, 2009). Com tais carências na infraestrutura de higiene domiciliar suburbana e rural, não é de se estranhar a alta prevalência de patologias infectocontagiosas e parasitárias e os altos índices de mortalidade infantil.

Chegamos assim a conclusões que podem parecer paradoxais. As tecnologias a serem desenvolvidas para melhorar a situação de saúde das populações, particularmente em zonas rurais e suburbanas de Rondônia e da Amazônia em geral, são mais as tecnologias visando ao desenvolvimento do sistema produtivo na base da sociedade, pelo aumento de valor agregado que permitam aumentar a renda da população e garantir-lhe acesso aos cuidados gerais de preservação da saúde, como a alimentação, prática de esportes, repouso, lazer e, inclusive, os cuidados médicos que, indiretamente, melhoram com aumento de renda de que estado e municípios se beneficiam com a arrecadação de impostos. Isso permite maiores investimentos diretos em saneamento e na prestação de cuidados de saúde básica à população.

Em relação a investimentos em ciência, tecnologia e inovação, com perspectiva no longo prazo, não há dúvidas de que elas devem ser relacionadas à biodiversidade amazônica, com a perspectiva de isolamento de produtos naturais, principalmente para produção de fármacos e cosméticos. Efetivamente, a pesquisa de fármacos contra doenças infecciosas e parasitárias das regiões tropicais pobres são negligenciadas pelas grandes indústrias farmacêuticas internacionais e representam grandes problemas de saúde na Amazônia: mais de 300 mil casos anuais de malária, leishmaniose tegumentar, com cerca de 50 mil casos anuais; arboviroses diversas, além da dengue (problema nacional), hepatites virais com a hepatite delta, de incidência exclusiva na Amazônia; diarreias infantis de origem viral ou bacteriana, infecções respiratórias agudas responsáveis pelos altos índices de mortalidade infantil.

Na verdade, os maiores problemas de saúde das populações amazônicas são, entretanto, de saúde básica e podem beneficiar-se no curto prazo por medidas de proteção e atendimento com os recursos de medicamentos disponíveis associados a ações de saneamento, prevenção, controle de vetores, vigilância epidemiológica, educação, urbanização adequada, transporte, etc.

A prioridade ao desenvolvimento de pesquisas de fármacos é uma prioridade central de investimentos em ciência e tecnologia na Amazônia, não porque seja essencial para curar doenças negligenciadas, mas com visão no longo prazo e por razões de natureza científica, tecnológica e socioeconômica, de interesse local e nacional: criar uma atividade produtiva industrial de alto valor agregado. Ela é prioritária para a Amazônia quando orientada para a pesquisa de produtos naturais da biodiversidade vegetal e animal, excepcionalmente rica, o que garante

uma perspectiva privilegiada, que não é a mesma para a farmoquímica, que necessita de bases de competência e desenvolvimento técnico-industrial não existente na Amazônia. Essa prioridade foi amplamente discutida em publicações recentes de Basso, Pereira da Silva *et. al.* (2005) e Calderon *et. al.* (2010). Pode e deve igualmente orientar a prioridade para a pesquisa em patologias negligenciadas por ser um setor com menos concorrência internacional, com maior experiência da nossa comunidade científica e mais bem situada para mobilizar recursos pelas finalidades sociais diretas. Mas ela deverá evoluir para modernizar suas metodologias. O Instituto de Pesquisas em Patologias Tropicais de Rondônia (Ipepatro), em Porto Velho, atualmente associado à Fiocruz e em colaboração com a universidade federal local (UNIR), desenvolveu seu laboratório CEBIO que conta com equipamentos de última geração de *high-throughput*, com uso de alvos moleculares definidos, cromatografia bidimensional, espectrômetro de massa, sequenciador de peptídeos, provedor de informática para estudos de dinâmica molecular e *screening virtual* e, principalmente, um BIACORE T100 para captura e isolamento de moléculas em extratos vegetais e preparações de origem animal, fúngica e microbiana, interagindo com proteínas alvos, detectadas pela ressonância plasmônica.

Guardando as devidas proporções, é interessante lembrar a situação da indústria farmacêutica em países como a Suíça: as maiores firmas farmacêuticas, a saber, Hofman La Roche Genetech e Novartis, faturaram 86,6 bilhões de dólares em 2009, ou seja, 22,2% do PIB suíço. As vendas mundiais foram de 66,7 bilhões de dólares (VARGAS *et. al.*, 2009). Considerando-se a taxa média de 8% do PIB aplicado em saúde pelos países europeus, vê-se que os impostos sobre a indústria farmacêutica cobrem facilmente toda a despesa em saúde da Confederação Helvética, com seus 7,7 milhões de cidadãos (cerca de 4 mil dólares *per capita*). O Brasil enfrenta, nesse sentido, uma situação precária, em que as despesas de saúde investidas pelos governos federal, estaduais e municipais se situam em torno de 200 a 250 dólares *per capita* e não atinge os 8% do PIB (o que seria da ordem de 800 dólares). Em termos de medicamentos, o Brasil figura hoje entre os dez maiores mercados em âmbito mundial, com um volume de vendas estimado em cerca de R\$ 28 bilhões. A indústria nacional responde atualmente pela produção de 80% dos medicamentos consumidos no país, porém aproximadamente 82% dos insumos farmoquímicos utilizados na fabricação desses medicamentos são importados (GADELHA *et. al.*, 2007). De acordo com dados elaborados pelo GIS/ENSP-Fiocruz, em 2007, o déficit comercial associado aos diferentes segmentos da indústria farmacêutica atingiu um montante de R\$ 4,5 bilhões de dólares. Deste total, R\$ 1,87 bilhões decoram do déficit com a importação de medicamentos, R\$ 1,47 bilhões da importação de insumos farmoquímicos, R\$ 665 milhões estiveram associados com o déficit na importação de hemoderivados, R\$ 216 milhões com a aquisição de vacinas, R\$ 203 milhões para reagentes diagnósticos e R\$ 60 milhões da importação de toxinas (VARGAS *et. al.*, 2009).

Como a repercussão financeira positiva da indústria farmacêutica na economia global do país só pode se desenvolver no longo prazo, coloca-se a questão de saber que outras atividades

relacionadas a ciência, tecnologia e inovação podem ser introduzidas no curto e médio prazo para melhorar a situação e rentabilizar o sistema produtivo na Amazônia.

Nesse sentido, considero perigoso definir para a Amazônia a mesma orientação de prioridades que vem sendo definida para o Brasil: a produção de alimentos e a de biocombustível. A introdução na Amazônia de uma nova *commodity* em substituição à pecuária intensiva, se for realizada, não poderá deixar de ter os mesmos efeitos: desflorestamento, baixa rentabilidade, favorecimento da exploração de grandes propriedades, concentração de renda, exclusão social. Além disso, a produção de álcool recairia obrigatoriamente nas mãos das grandes empresas e, nesse caso ainda, voltar-se-ia a cair na mesma condição viciosa de direcionamento da renda realizada para fora da Amazônia.

A meu ver, devemos favorecer o desenvolvimento de tecnologias aplicáveis localmente, sobre produtos da biodiversidade local, como a silvicultura renovável (madeiras, castanha-do-pará, borracha), a piscicultura em condições naturais apropriadas e a produção de frutas (não apenas *in natura*, mas com a produção de extratos, geleias, conservas, concentrados, etc.). Sem falar dos destilados alcoólicos. Produção de flores, orquídeas, mel de abelhas, peixes decorativos, palmitos; e, ainda, pássaros decorativos. A Polícia Federal vive prendendo contrabandista de pássaros, serpentes e anuros capturados na floresta. Devia-se evidentemente produzi-los em cativeiro para comercialização, para a pesquisa de toxinas e venenos de anuros e serpentes e para extração e purificação de moléculas de interesse farmacológico.

A propósito de álcool, permito-me lembrar ainda que álcool combustível rende 2 reais o litro, mas a pesquisa de plantas e flores com princípios odoríficos especiais pode-nos levar a um Chanel 5, que é solução alcoólica de odorantes de origem vegetal que vale 500 dólares o decilitro.

Essas atividades não poderão se desenvolver sem um investimento direto e iniciativas do poder público, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), de escolas técnicas e das universidades e institutos de pesquisa que, além de suas atividades acadêmicas e de pesquisa de alta tecnologia, poderão criar centros de formação para guias e instrutores de disciplinas de atividades extrativas e desenvolver estudos e pesquisas de preservação e melhoria genética das variedades de plantas e animais úteis.



# Pesquisa interdisciplinar no contexto de parcerias internacionais de C&T para o conhecimento dos ecossistemas amazônicos

*Peter Mann de Toledo<sup>1</sup>, Ima Célia Guimarães Vieira<sup>2</sup>*

---

**Local:** Academia Brasileira de Ciências (ABC) - Rio de Janeiro

**Data:** 05 de abril de 2010

## **Resumo**

A Amazônia tem sido alvo de grande interesse pela comunidade científica nacional e internacional. O conhecimento produzido desde os primeiros anos do descobrimento das Américas até os tempos atuais têm constituído num volume de dados importantes para acompanhar os processos históricos de transformação e de monitorar sua dinâmica de ocupação do território. Ainda existem grandes lacunas de informação, principalmente no entendimento dos processos de geração e manutenção da rica biodiversidade, assim como o potencial de capital natural que subsidie programas de desenvolvimento regional. Este trabalho apresenta uma contribuição voltada à construção de um programa de censo da biodiversidade como um dos eixos de informação estratégicos para as políticas públicas da Amazônia brasileira em seus distintos ecossistemas e territórios. Os novos esforços voltados à produção de conhecimentos científicos sobre a Amazônia apoiados por programas oficiais devem ter uma preocupação com temas multidisciplinares, especialmente aqueles ligados à solução e produção de cenários sobre a dinâmica de desenvolvimento da região.

---

<sup>1</sup> Pesquisador Titular do Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais - INPE/MCT

<sup>2</sup> Pesquisadora Titular do Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG/MCT

## 1. Introdução

No contexto internacional atual, a Amazônia é considerada estratégica devido a sua influência no clima planetário, seu grande volume hídrico e sua condição de possuir a maior biodiversidade do planeta (Buckeridge, 2008; Fearnside, 2008). No contexto nacional, estes parâmetros naturalmente a transformam na região de maior potencial ainda a ser explorada do país quanto ao capital natural (BNDES, 2010). A Amazônia representa mais de 60% da área brasileira, contém um reservatório aquífero de singularidade planetária, recursos minerais em grande quantidade e uma diversidade étnica e social caracterizada por um intenso dinamismo no processo de ocupação e distribuição territorial. Essas características, isoladamente, já seriam suficientes para colocar a região sob um enfoque diferenciado; unidas, elas transformam o planejamento das estratégias desenvolvimentistas para região num desafio de proporções continentais. Dar consequência responsável à idéia de desenvolvimento sustentado com uma maior preocupação com questões de impactos ambientais irreversíveis na Amazônia é uma tarefa complexa, mas que necessariamente precisa envolver as instituições regionais de C&T e manter um forte intercâmbio com instituições das outras regiões do Brasil e do mundo.

Por outro lado, o desafio de organizar na Amazônia um modelo de desenvolvimento capaz de representar uma alternativa real para as trajetórias hoje disponíveis no capitalismo mundial passa necessariamente por uma contribuição mais efetiva e ousada da Ciência e da Tecnologia. A Amazônia, dados o grau de preservação ambiental, a rica diversidade sociocultural e a necessidade de manejar e usar os recursos naturais disponíveis de forma mais equilibrada e responsável, possui as condições necessárias para construir uma alternativa efetiva, inovadora e viável para o desenvolvimento. Ampliar as discussões e estudos diante do paradigma de Ciência da Sustentabilidade, de cunho eminentemente multi- e interdisciplinar, é uma ação a ser adotada no sistema de C&T no Brasil. A floresta tropical amazônica engloba diversas abordagens da realidade não podendo ser encerrada dentro de um método unidimensional das ciências. Além disso, a busca de novos cenários baseados em campos científicos robustos faz parte de uma ação estratégica de gestão (Joels & Câmara, 2001).

Durante muitos anos a cooperação científica internacional na Amazônia ficou restrita às iniciativas de grupos de pesquisadores isolados e de interesses acadêmicos restritos. Fortalecer a base técnico-científica regional em suas múltiplas dimensões e diferentes formatos de parceria (Silva, 2007), intensificar os fluxos de troca de conhecimentos com outros países e demais regiões brasileiras e aproximar as contribuições da pesquisa aos requerimentos da base produtiva regional, constituem oportunidades de construção de eixos de uma estratégia de desenvolvimento coerente para a Região (CGEE, 2009).

Nesse artigo serão discutidos alguns aspectos de destaque sobre a cooperação científica na Amazônia, ressaltando a importância de alguns projetos de caráter internacional que têm contribuído para o conhecimento da região e de suas transformações ambientais e apresenta-se uma proposta inovadora de um Programa de Levantamento da Biodiversidade por meio de uma ação de expedições científicas, associado a um componente de cooperação internacional.

## 2. Sinopse das tendências de cooperação científica e a agenda ambiental da Amazônia

Nos últimos vinte anos, a contribuição do conhecimento científico para o desenvolvimento regional vem-se tornando um objeto cada vez mais importante do debate sobre as políticas públicas na Amazônia. No entanto, a geração de conhecimentos gerados não apresenta linearidade e muito menos homogeneidade (Weigel, 2001), em particular quando aplicada à descoberta em ambientes de difícil acessibilidade a exemplo da hiléia amazônica. Nota-se claramente que, os problemas relacionados à organização e ao funcionamento de um sistema regional de C&T mobilizam, hoje em dia, interesses e expectativas muito além da esfera acadêmica.

A situação atual contrasta temporalmente com a posição marginal que, até meados dos anos 80, era reservada a C&T na definição dos rumos do desenvolvimento. Essa mudança da forma de perceber o papel da ciência pela sociedade está relacionada com a emergência de um novo modelo de desenvolvimento, o «modelo sócio-ambiental». Reconhecendo o momento da necessidade que a preservação ambiental adquire para o conjunto das sociedades humanas, o «modelo sócio-ambiental» prega o uso racional dos recursos naturais como forma de melhorar a qualidade de vida dos habitantes regionais. Muito embora deva se notar que a diversidade de atores sociais gerou marcados conflitos de interesse no campo, principalmente ligados ao ordenamento territorial, que ainda se mostra um grande desafio para a sociedade (Kohlepp, 2004)

Os avanços no conhecimento científico sobre os sistemas amazônicos, e a consciência de sua importância para os equilíbrios planetários, contribuíram de forma decisiva para contestar as bases do modelo predatório de desenvolvimento da região amazônica. Aqui o PPG7 teve uma importância fundamental como um projeto de conscientização na construção de agendas ambientais para a região. Pode-se sublinhar que, uma das mais fortes agendas ambientais para a Amazônia foi pautada pelo PPG7 (Alves, 2007). A partir dele, os Programas de Pesquisa Dirigida em C&T foram estabelecidos, fomentando as atuais bases da cooperação internacional adotadas pelo CNPq e MCT para a região.

Durante as diferentes fases de interesses científicos sobre a região, as motivações dos ciclos de conhecimento científico na Amazônia foram principalmente relacionadas a:

1. Conhecimento da natureza
2. Dominação do uso da diversidade das espécies
3. Visão do espaço geográfico como fronteira de expansão do território agrícola
4. Conservação da natureza
5. Entendimento dos padrões climáticos regionais e impactos globais da hielia

Tais motivações foram se tornando cumulativas ao longo do tempo, e hoje pode se observar uma tendência de aglutinação dessas temáticas em projetos com foco interdisciplinar e de abrangência territorial específica (em alguns casos, restritas apenas a determinados inter-flúvios, ou métodos de trajetórias rurais). Da mesma forma, observa-se uma maior integração interinstitucional. O arcabouço multidisciplinar, voltado a um enfoque trans-disciplinar é um ponto digno de nota como uma atividade cada vez mais crescente nos projetos de pesquisa científica em desenvolvimento na região.

A Bacia Amazônica, ao longo da história ocidental, sempre se mostrou como um espaço geográfico de interesse científico internacional. Dentre as principais incursões internacionais na região destacam-se:

1. Expedições científicas na Amazônia Brasileira: de Pinzón (1500) a Bates (1848)

O ambiente natural da floresta tropical na América do Sul foi um ponto especial de interesse de naturalistas que buscavam, junto com expedições de reconhecimento territorial, conhecer a grande diversidade biológica em associação com as populações locais. Registros dessas incursões foram extensamente documentados e serviram como base de estabelecimento dos primeiros documentos sobre o conhecimento natural da região, servindo ainda hoje como ponto de referência da análise da transformação da paisagem através dos últimos quatrocentos anos.

2. Da Sociedade Philomática do Museu Paraense (1866) às origens do Museu Goeldi

O Museu Paraense de História Natural e Etnografia teve origem a partir da fundação da Sociedade Filomática, criada em 6 de outubro de 1866, que tinha entre seus objetivos a criação de um museu e de uma biblioteca. O idealizador do Museu Paraense, e quem desenvolveu todos os esforços para que a instituição se concretizasse, foi Domingos Soares Ferreira Penna, naturalista que

defendia a idéia de que o estabelecimento deveria ser criado com o apoio da iniciativa privada e sem apoio governamental. Todavia, o governo acabou por financiar o Museu (FIOCRUZ, 2009).

Em 25 de março de 1871, o Museu Paraense foi instalado oficialmente pelo Governo do Estado, sendo Domingos Soares Ferreira Penna designado seu primeiro diretor. A produção científica nesse período se resumiu a praticamente aos próprios trabalhos de Ferreira Penna, sobre geografia, arqueologia entre outros assuntos correlatos. Com a morte do eminente naturalista, nos primeiros dias de 1889, o Museu foi fechado. Apesar do esforço do Governo do Estado, o Museu não conseguia se desenvolver devido, principalmente, à falta de pessoal habilitado e de uma direção científica. Em 1893, o governador Lauro Sodré mandou vir do Rio de Janeiro o naturalista suíço, Emílio Goeldi, demitido do Museu Nacional por questões políticas, após a Proclamação da República. O zoólogo assumiu a direção do Museu com irrestrito apoio do governo, com a missão de transformá-lo num grande centro de pesquisa sobre a região amazônica. Sua estrutura foi modificada para enquadrá-lo nas estruturas tradicionais de museus de história natural, e foi contratada uma produtiva equipe de cientistas e técnicos (Crispino et. al, 2005)

### 3. O Instituto Internacional da Hiléia e o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA

Na década de 1940, a cogitação de se implantar um Centro de pesquisa na Amazônia de caráter Global, era um ponto a ser alcançado pela Unesco. Esse centro de Pesquisa englobaria seus países fronteiriços, além da Inglaterra e França, devido às suas possessões coloniais, junto com EUA e Itália que *a priori* participaria com a ajuda financeira e tecnológica. Foi fundado assim, o Instituto Internacional da Hiléia Amazônica - o IIHA. Devido à manifestação contrária brasileira, por estar a Amazônia em 80% em território nacional, o projeto não teve consecução.

O amplo debate em torno da criação do Instituto da Hiléia colocou o tema da Amazônia em destaque. Com a criação do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), em 1951, veio a proposta de criação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), que teria por "finalidade o estudo da geologia, da flora, da fauna, da antropologia e dos demais recursos naturais e das condições de vida da região amazônica, tendo em vista o bem-estar humano e os reclamos da cultura, da economia e da segurança nacional". Embora tivesse preocupação com a soberania nacional, o INPA, criado em 1952, se espelhou, em grande parte, na proposta do IIHA e contou em sua gestão com a participação de diversos personagens envolvidos no projeto anterior (Maio, 2005).

Assim, pode-se dizer que os projetos do IIHA e do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) guardam semelhanças quanto às respectivas agendas de pesquisa e o interesse global sobre a região amazônica passou para o controle político do Estado brasileiro e pelos anseios da comunidade científica local (Maio, 2005).

#### 4. Projeto Flora Amazônica

O Projeto Flora Amazônica foi responsável pela maior contribuição ao conhecimento da Flora Amazônica até hoje. Foram mais de 35 expedições botânicas realizadas entre os anos de 1977 a 1987 na totalidade da parte brasileira da Bacia Amazônica, que envolveu mais que 70 botânicos brasileiros e estrangeiros. Foram coletadas quase 50.000 amostras de plantas, hoje depositadas nos acervos do INPA e Museu Goeldi, além de outros herbários no Brasil e no exterior. Os responsáveis pelo projeto, pelo lado brasileiro foram o INPA e o Museu Goeldi, com financiamento do CNPq, e no exterior pelo Jardim Botânico de Nova Iorque, financiado pelo National Science Foundation – NSF. Este projeto serviu para aumentar consideravelmente as coleções de plantas superiores e foi responsável pela criação e fortalecimento de novos acervos de plantas inferiores e fungos dos herbários regionais, enriquecendo-lhe qualitativamente e quantitativamente essas coleções.

#### 5. Projetos temáticos de viés ambiental e social

Nas últimas décadas vem crescendo o interesse em conhecer os processos ecológicos por intermédio da comunidade científica internacional, em especial pela pressão exercida pelo desmatamento e perda de paisagens naturais na Amazônia. O interesse internacional em conhecer a biodiversidade fez com que órgãos de fomento no exterior aplicassem recursos para pesquisa científica via acordos bilaterais com o Brasil, ou unilaterais. O padrão observado é de formação de redes de instituições onde resultados são divulgados via banco de dados e com foco em revistas científicas de alto impacto. Este padrão pode ser observado no recente estudo apresentado por Nunes et al (2008).

Muito embora grandes avanços tenham sido observados nas diversas formas de parcerias internacionais estabelecidas na região, alguns pontos frágeis ainda estão presentes. No intuito de elencar os problemas que têm permeado os projetos de cooperação internacional que utilizam a Amazônia brasileira como laboratórios naturais estratégicos, principalmente aqueles que afetam as instituições de pesquisas regionais, observam-se:

1. Relações assimétricas na definição de agenda, com disparidade de investimento de recursos e conflitos de coordenação;
2. Ações de regulamentação MCT-CNPq que precisam ser mais focadas nas avaliações de Programas, que ainda carecem de sistematização e acompanhamento para servir como balizador de novas ações de C&T na região;

3. Desigualdade na formação de recursos humanos nos temas de interesse das instituições brasileiras que necessita ser mais bem elaborada e ser definida como pré-requisito de investimentos dos projetos;
4. Desequilíbrio na produção científica entre as partes cooperantes mostra uma tendência em pró das instituições estrangeiras, assim como publicações em veículos com maior índice de impacto.
5. Padrões de descontinuidade que se constituem como pontos importantes na consolidação de grupos emergentes em instituições que ainda passam por um processo de sedimentação quanto à atuação acadêmica.

### 3. As amazônias

Segundo Bertha Becker (2001 e 2004), a política preservacionista então estabelecida em contraposição ao desenvolvimento a qualquer custo, concretamente, resultou em três grandes, inovações: a) formação de extensas reservas de capital natural através da ampliação das Áreas Protegidas; b) a presença de um novo ator na região, a cooperação internacional, envolvendo ajuda financeira e técnica através de múltiplos atores – organizações não governamentais (ONGs), bancos, agências de desenvolvimento, organizações religiosas; c) atenção especial de grupos sociais excluídos, através da implantação de novos modelos de uso do território, como as Reservas Extrativistas (Resex) e os Projetos Demonstrativos para produção agrosilvicultural.

A eminente pesquisadora tem estudado e proposto uma caracterização da regionalização da Amazônia. Segundo ela, pode-se identificar pelo menos três amazônias distintas. A primeira é a Região de povoamento consolidado formada por grandes extensões de Cerrado do Mato Grosso, Tocantins e Maranhão e as áreas desmatadas do Sudeste do Pará, que por ter sido a grande expansão da fronteira agropecuária, passou recentemente a ser denominada de Arco do Fogo ou do Desmatamento, ou ainda das terras degradadas. A segunda Região é a da Amazônia Central, cortada pelas novas estradas oficialmente previstas nos planos plurianuais do Governo Federal, os PPA e “espontâneas”, estendendo-se do centro do Pará ao extremo Norte de Mato-Grosso à estrada Porto Velho-Manaus. Nesta região há grande proporção de áreas florestais, terras indígenas e virgens, extrativismo e produção agrícola familiar, o que a torna extremamente vulnerável à implantação dessas estradas e aos conflitos agrários, necessitando de ações políticas e conservacionistas urgentes geradoras de expansão ordenada.

A área mais preservada é a terceira, a Amazônia Ocidental, que corresponde basicamente aos Estados do Amazonas, do Acre e parte de Roraima. Este território agrupa vastas extensões de

florestas, recursos minerais e expressivas várzeas formadas pelo Rio Solimões e seus afluentes que, permanecendo à margem das grandes rodovias implantadas no passado, ainda são comandados pelo ritmo da natureza. Uma grande riqueza é a diversidade social. Há forte presença de população indígena e cabocla. As forças armadas constituem um contingente expressivo na região também marcada pela vulnerabilidade das fronteiras políticas com a Colômbia, Peru e Bolívia, em função do narcotráfico e da lavagem de dinheiro. A fronteira com a Venezuela em Roraima, pelo contrário, se configura como uma possibilidade de integração continental marcada pela rodovia e pelo fornecimento da hidrelétrica de Guri.

Esta situação na região sugere que o desenho da política de cooperação interinstitucional na Amazônia deve ser hoje em dia definida como prioritária, ligando as diferentes agendas ambientais com forte viés de desenvolvimento regional. Nesse sentido, aponta-se que a floresta tropical deve ser estudada por diversas abordagens da realidade, desde os seus constituintes biológicos, passando pelos serviços ambientais, relacionando-os com os diferentes processos de uso e ocupação da floresta. Desta maneira, percebe-se que é fundamental entender o complexo ambiental para que se possa efetivamente planejar, com a menor margem de erros, as intervenções na natureza amazônica. Exemplos recentes sobre a falta de conhecimento científico adequado sobre a região são cada vez mais frequentes como, por exemplo, a instalação de hidroelétricas e a definição de programas de energia de biomassa, que ocupam a pauta atual de discussões na sociedade, e mostra as contradições entre as agendas de desenvolvimento e ambiental. Além disso, outros pontos de conflito de interesses e tensões como o zoneamento de atividades agro-pastoris e recursos minerais com a busca de preservação de paisagens são considerados também de elevada importância para a reflexão de impactos e cenários futuros de sustentabilidade social e degradação ambiental.

O enfoque de ações públicas no território é uma estratégia essencialmente integradora de espaços, atores sociais, agentes, mercados e políticas públicas de intervenção. Especialmente em se tratando da Amazônia, faz-se necessário trabalhar a equidade, num entendimento da diversidade e na valorização da cultura local e na inclusão social. Conforme apontado por Alves (2007) é importante reconhecer as duas posições antagônicas entre o desenvolvimento e conservação na Amazônia, ambos com setores influentes com bases estabelecidas dentro e fora da região. As ações pró-conservação geralmente contam com suporte externo e as tensões desenvolvimentistas refletem visões tanto exógena como endógena.

Verifica-se, atualmente, o domínio de instrumentos para mapear o potencial de degradação do espaço, mas não se tem instrumentos para mapear a biodiversidade e assim construir argumentos para valorizar a floresta em pé. Hoje em dia, a velocidade de uma moto-serra é maior do que o tempo necessário para se descrever uma espécie nova para a Ciência. Observamos exemplos de devastação florestal conflitantes com uma racionalidade ambiental, dentre eles

cita-se a região dos castanhais no sudoeste paraense, onde, no período de 1984 a 1997, foram destruídos 70% da vegetação original. Tal situação não pode ser mais aceita sem uma análise e planejamento de uso do território e do potencial econômico natural a ser provido pela natureza a ser interferida.

Neste contexto, é prudente apontar que estudos das paisagens devem ser incorporados nas várias etapas de coleta de informações em campo, principalmente naqueles projetos interdisciplinares, pois a visão de transformação histórica de conversão, assim como análises de tolerância e resiliência a mudanças ambientais, tanto em escalas regional como global, fornecerão um corpo de informação voltado à interação entre o uso e a conservação dos espaços rurais.

#### 4. Exemplos de cooperação internacional e seus impactos no avanço científico da Amazônia na área de ecossistemas.

Há muitos exemplos de cooperação internacional na região amazônica. Para efeito de avaliar os impactos das cooperações estabelecidas na região, citam-se apenas alguns projetos de cooperação, que tem a ver com o conhecimento físico e biológico da floresta.

A necessidade de desenvolver estudos científicos para o entendimento do funcionamento regional e global da Amazônia motivou a criação do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA). O LBA é considerado como um dos maiores e mais arrojados projetos internacionais e colaborativos do planeta. O LBA é um esforço de pesquisa internacional multidisciplinar para estudar e obter uma melhor compreensão de funcionamento do sistema amazônico como um todo. Uma série de experimentos de campo em hidrometeorologia, química atmosférica, ciclos biogeoquímicos e ecologia criou uma ambiente favorável para a formação de um grupo de pesquisadores brasileiros com conhecimento dos problemas científicos da Amazônia e, sobretudo, demonstrou a importância que recursos humanos qualificados tiveram no desenvolvimento dessas pesquisas.

Atualmente, três focos de pesquisa aglutinam as principais questões a serem abordadas na segunda fase do LBA: o ambiente amazônico em mudança (processos), a sustentabilidade dos serviços ambientais e os sistemas de produção terrestres e aquáticos (conseqüências) e a variabilidade climática e hidrológica e sua dinâmica: retro-alimentação, mitigação e adaptação (respostas). Esse projeto têm tido um efeito muito positivo para a região, a despeito de uma série de problemas na fase inicial de implementar as atividades. Hoje, a rede de pesquisa está bem consolidada e atua de forma integrada com as instituições regionais, nacionais e estrangeiras.

Outro projeto de destaque de grande porte é o 'Projeto Dinâmica Biológica de Fragmentos Florestais' – PDBFF - uma parceria bilateral entre o Instituto de Pesquisas na Amazônia e o Smithsonian Institution. Na década de 70 um importante debate científico sobre a aplicabilidade da teoria da biogeografia de ilhas para o planejamento de unidades de conservação procurava avaliar a importância da manutenção de uma reserva florestal grande ou de várias pequenas de igual tamanho. Neste contexto, surgiu o projeto por iniciativa de pesquisadores estrangeiros, que tem o objetivo de determinar as conseqüências ecológicas do desmatamento e da fragmentação florestas sobre a fauna e flora na Amazônia e transferir a informação gerada a diferentes setores da sociedade para favorecer a conservação e o uso racional dos recursos florestais. Desta forma, um grande número de pesquisas vem sendo desenvolvidas desde então, voltados para inventariar e monitorar a biodiversidade e suas respostas aos impactos provocados pela fragmentação. Passado um tempo de ajuste para solucionar e acomodar problemas de gestão e acompanhamento, o projeto foi totalmente integrado na agenda do INPA e hoje serve como referência para várias Unidades de Conservação do Brasil.

Com a crescente necessidade de se desenvolver projetos com característica de entender os processos ecológicos de longa duração na Amazônia, levou ao estabelecimento de inúmeras redes de pesquisa na região. A comunidade científica se organizou numa tendência crescente de forte componente de cooperação internacional. Merecem destaque nesta análise três grandes redes de pesquisa que atuam na região – os projetos TEAM (Tropical Ecology, Assessment and Monitoring Initiative), RAINFOR (The Amazon Forest Inventory Network) e ATDN (Amazonian Tree Diversity Network). Tais projetos têm por objetivo realizar o monitoramento das florestas amazônicas e avaliar as transformações dos ecossistemas.

O Programa de Ecologia, Avaliação e Monitoramento de Florestas Tropicais (TEAM) foi criado pelo Centro para Ciência de Biodiversidade Aplicada (CABS) da Conservação Internacional (CI), com apoio da Fundação Gordon & Betty Moore, para suprir a necessidade de informações atuais e abrangentes sobre o estado da biodiversidade em ecossistemas de floresta tropical. A idéia original é a de que nos próximos dez anos, o TEAM estabeleça e coordene uma rede de 50 estações de campo em florestas tropicais. Com a criação de uma metodologia de pesquisa padronizada para monitorar a biodiversidade, o TEAM é capaz de estabelecer pesquisas de longo prazo em diversas localidades em áreas impactadas e não-impactadas, gerando dados relevantes em muitas áreas de pesquisa, tanto básica quanto aplicada. Cientistas, estudantes de pós-graduação, organismos governamentais e membros da comunidade se beneficiam das atividades de capacitação que as estações de campo promovem. As estações científicas de campo do TEAM estabelecidas na Amazônia brasileira situam-se na porção Oriental em Caxiuanã, PA, em parceria com o Museu Goeldi, e outra na região Central na Reserva Duke, em parceria com o INPA.

O RAINFOR é uma rede de inventários construída para estudar a biomassa e entender a dinâmica das florestas amazônicas. Esta rede internacional de cientistas, estabelecida em 2000, conta com mais de 100 'plots' espalhados na bacia amazônica com um arcabouço metodológico de monitorar ambientes num longo prazo para entender o papel do ciclo de carbono e suas relações com clima e processos de manutenção da biodiversidade.

A ATDN é também uma rede virtual de pesquisadores em ecologia e sistemática vegetal que compartilham informações acerca diversidade de espécies de plantas arbóreas na 'Pan-Amazônia'. O objetivo é o de entender os padrões de diversidade *Alpha* e *Beta* na região esperando que as informações sejam úteis para políticas de conservação. Eles trabalham com 'plots' de 1 hectare e hoje a rede contem mais de 750 áreas em diferentes parte da bacia amazônica. O objetivo é que a busca de relações entre clima e diversidade biológica tenham função preditiva.

A Amazônia brasileira tornou-se nos últimos 20 anos um laboratório onde foi testada grande parte das concepções propostas mundialmente para promover a sustentabilidade. As dinâmicas das experiências 'sustentáveis' são complexas e os impactos locais são enormes. Para abordá-las foram estabelecidos estudos multidisciplinares capazes de identificar os fatores chaves que explicam o sucesso ou fracasso dos projetos. Um projeto nessa linha que merece destaque na cooperação franco-brasileira é o DURAMAZ, que visa analisar os determinantes geográficos, demográficos e sócio-econômicos de várias experiências de desenvolvimento voltado à sustentabilidade na Amazônia brasileira, com a finalidade de elaborar uma síntese sobre atividades de produção no contexto da floresta tropical.

Outros grandes projetos de cooperação internacional estão sendo desenvolvidos na região mais recentemente e têm sido fundamental para o avanço do conhecimento que estuda diferentes processos e escalas de uso da terra em diferentes porções da bacia amazônica. O INPE, ao entender o papel estratégico do monitoramento das florestas tropicais no mundo, criou recentemente um Centro Regional localizado na Amazônia, especificamente para treinar e capacitar outros países no domínio de tecnologias de sensoriamento remoto para acompanhar o processo de conversão de florestas.

Os maiores desafios para o estudo de novas espécies e padrões de distribuição geográfica encontram-se relacionadas às regiões que contém porções preservadas de floresta tropical úmida. Na Amazônia este tipo de ambiente é predominantemente de feição geomorfológica diversificada e geograficamente extensa, com áreas ainda de difícil acesso e complexas em termos de infra-estrutura para pesquisas em campo. Um dos pontos mais característicos observados na cooperação científica é a construção de parcerias com organizações locais que auxiliam a minimizar tais problemas. Entretanto, o papel fundamental destas organizações regionais não se reflete numa ação de equidade enquanto protagonistas de liderança acadêmica acerca do novo

conhecimento gerado. Poucas são aquelas instituições que ocupam posições de liderança acadêmica e que conseguem construir parcerias profícuas para a consolidação e manutenção de programas de pesquisa prioritários.

Como pano de fundo, as instituições brasileiras estão cada vez mais se engajando em programas de cooperação científica com outros países para estudar a Amazônia nos diversos campos da Ciência. Diante desse quadro, cabe organizar um banco de informações para que se possa retirar parte desse volume de conhecimento em prol de diagnósticos que subsidiem programas de desenvolvimento na região.

## 5. Ciência internacional no campo da biodiversidade

Um dos principais problemas da Amazônia é que ela está vulnerável às mudanças dos processos de transformação territorial por diferentes tipos de usos da terra e pelas ameaças por mudanças climáticas. Os impactos desta dinâmica de conversão florestal ainda não podem ser calculados com maior grau de precisão pela comunidade científica. O padrão de desflorestamento nas áreas não reservadas para conservação ou uso sustentável e a influência dos padrões climáticos na intensidade das estações de seca ainda precisam ser mais precisamente compreendidas. Todos estes pontos têm importante ligação com a ecologia e processos evolutivos atuantes no bioma amazônico.

O que se pode observar é a falta um grande projeto estratégico e estruturante na área de biodiversidade com liderança e iniciativa brasileira. Essa situação está em contraste com a capacidade da comunidade científica em produzir Ciência de reconhecido mérito internacional. Parte significativa da descoberta de novas espécies oriundas da região tropical conta com a participação de pesquisadores brasileiros ou utilizam coleções sob responsabilidade de instituições nacionais. Os atuais projetos de estudos da biodiversidade têm sido fomentados por órgãos oficiais, assim como os setores oficiais da política de biodiversidade tem se respaldado fortemente na comunidade científica para a realização de estudos prospectivos, diagnósticos e cenários da perda de biodiversidade com a gradual perda de habitats.

Cabe ressaltar que a dificuldade existente quanto à coleta de material para pesquisa científica sobre os elementos da biodiversidade tem afastado muitos colaboradores de fora do país. Mesmo diante do estabelecimento de diálogo e maior engajamento por parte de instituições científicas nas questões legais e de normatização, os maiores empecilhos ainda residem na definição dos papéis dos diferentes organismos de governo, cujos limites de atuação e sobreposição de responsabilidades ainda não foram totalmente esclarecidos. Diante desse quadro, as atividades de

campo e inventário se tornam fragilizadas perante as diferentes interpretações sobre as normas de acesso, colaboração institucional e guarda de material biológico.

Outro aspecto que deve ser ressaltado é a importância em se manter elementos da biodiversidade brasileira preservados em museus que acompanhem a dinâmica de conversão de paisagens naturais, ou até mesmo florestas secundárias, em territórios produtivos rurais e urbanos. Muitas dessas espécies representadas por exemplares conservados em coleções biológicas de instituições centenárias não podem mais ser capturadas, justamente pelo processo de extinção local e restrição de distribuição geográfica pelas quais foram impostas.

Conforme Rosado et al (2006) para aumentar o conhecimento sobre biodiversidade torna-se necessário incrementar significativamente o esforço de inventários taxonômicos com a consequente descoberta e descrição de espécies novas. O que se observa, no entanto, é uma carência de profissionais qualificados nos estudos da biodiversidade no país. Da mesma forma a infraestrutura dedicada à taxonomia precisa ser ampliada significativamente, utilizando inclusive, a informática e a tecnologia de comunicações, de maneira a facilitar o trabalho científico e a disseminar os produtos taxonômicos a todos os usuários, inclusive ao público em geral.

Um dos pontos enfatizados pelos autores é que a 'ciência da biodiversidade que seja mais preditiva e integradora. Para os fornecedores de bens e serviços ecológicos são necessários mecanismos contratuais fundamentados em desempenho e organizados em escala regional. É altamente desejável a incorporação de instrumentos econômicos para a conservação da biodiversidade em políticas públicas ambientais'. Neste contexto, a Amazônia desempenha um papel estratégico, uma vez que abriga grande parte das espécies ainda a serem descritas pela Ciência.

Adicionalmente alguns pontos colocados por Rosado et al (2006) merecem destaque como: 'A descrição e análise da biodiversidade brasileira requerem uma abordagem internacional, o que implica a colaboração, cooperação em todos os níveis e ampla comunicação entre os atores, incluindo realizadores de políticas públicas, instituições, cientistas e comunidades locais. Somente assim uma 'megaciência' da biodiversidade poderá adquirir caráter preditivo e integrador.

A formulação de diretrizes de ações integradas deve necessariamente levar em consideração um conjunto de iniciativas que inclua:

1. Capacitação de recursos humanos em todos os níveis (apoio técnico, iniciação científica, pós-graduação, pós-doutorado) em número suficiente para enfrentar o desafio e garantia de recursos para o aproveitamento em caráter permanente dos profissionais formados aos quadros institucionais.

2. Alocação de recursos suficientes para execução de inventários segundo identificação prévia de áreas, regiões e grupos taxonômicos carentes de informação, respondendo a questões científicas identificadas pelos grupos de pesquisa e seguindo protocolos metodológicos adequados a cada situação;
3. Provisão de condições adequadas e permanentes de estruturas físicas e equipamentos necessários para garantir o acondicionamento e preservação permanente das amostras biológicas existentes, bem como as provenientes de novos trabalhos de campo;
4. Criação das normas legais quanto à propriedade intelectual de informações geradas por projetos em execução, tanto no que tange ao pesquisador quanto à instituição;
5. Geração de conhecimentos de forma autônoma e independente, respeitando a capacitação e especialização dos pesquisadores e das Instituições executoras.
6. Gestão autônoma do acervo físico e da informação científica agregada aos espécimes, bem como da sua transformação em bancos de dados necessários ao gerenciamento curatorial e da política institucional de disponibilização para intercâmbio.

Com a finalidade de executar essas ações em âmbito nacional será necessário envolver as instituições que detêm acervos sócio-ambientais em um contexto de autonomia e cooperação, baseado em padrões científicos, técnicos, éticos e legais, comprometidos com a melhoria significativa do conhecimento sobre a biodiversidade, a execução de condições adequadas de infra-estrutura, a possibilidade de leitura desses acervos na resposta às demandas derivadas da preservação dos ambientes naturais e a ampla disseminação da informação cientificamente qualificada.

## 6. Proposta de um Censo da Biodiversidade Amazônica

Recentemente pesquisadores dos EUA propuseram um projeto global de estudo da biodiversidade chamado de 'Barometer of life' (Stuart et. al. 2010), em adição a projetos complementares como o 'Tree of Life', o 'The Encyclopedia of Life', Lista Vermelha de Espécies em Extinção, que são iniciativas construídas para documentar e relacionar todas as espécies conhecidas (1,9 milhões). O programa proposto visa monitorar 160 mil espécies previamente definidas como frágeis em termos de potencial de extinção e traçar um programa de manutenção dos ecossistemas associados, entendendo-se que ações integradas possam também melhorar os serviços ambientais oferecidos pelos ecossistemas, os quais são essenciais para garantir a produtividade global, tanto de amenização do clima como de sistemas agrícolas. O custo para executar este projeto seria a de US\$ 60 milhões.

A proposta que estabelecemos aqui é um movimento em torno de um programa de levantamento da biodiversidade chamado de Censo da Biodiversidade Amazônica, acoplado a um sistema integrado de expedições científicas. Para fazer face diante do desafio premente de incrementar o conhecimento da biodiversidade, há a necessidade de cooperação nacional e internacional, equilibrada e coesa. Pode-se observar que grande parte dos inventários biológicos está historicamente concentrada no Sudeste e Sul do Brasil. Na Amazônia, o mais rico e diverso complexo de ecossistemas, não é onde se concentra o maior volume de esforço amostral. Segundo especialistas brasileiros, a maior parte do que temos hoje sobre perda de biodiversidade é “chute”. Faz-se necessário substituir o grau de incerteza por ciência. O conhecimento atual é base fundamental para priorizar e balizar os processos de ocupação e conversão das paisagens naturais e alteradas. Conhecimento da biodiversidade acompanha par a passo os programas de desenvolvimento regional. Aumentar informações sobre processos ecológicos, atrelados a fatores como o clima e taxas de alteração de ambientes naturais é uma estratégia fundamental para elaborar cenários de produção agrícola acoplados às mudanças globais, favorecendo também o planejamento de territórios sustentáveis (Vieira et. al., 2005). Não se pode esperar que exista uma correlação linear entre a perda de biodiversidade e fragilidade nos sistemas bióticos.

Diante do quadro espacial das unidades de conservação na Amazônia e a falta de programas de levantamento e monitoramento do conteúdo das espécies biológicas existentes nessas respectivas áreas, um ponto importante de análise seria criar interesses e oportunidades para que instituições de todo o país se responsabilizassem pela geração de conhecimentos de uma determinada região. Exemplos como a estações científicas gerenciadas pelo Museu Goeldi, Instituto Mamirauá e INPA mostram a importância e a vantagem em produzir informação e gerar conhecimento que possam ser úteis para planos de manejo de áreas naturais. Se as grandes universidades brasileiras com agendas de pesquisa nacional, como a UFRJ, USP e UnB se mobilizassem junto a órgãos oficiais federais e estaduais na Amazônia, poderiam ser organizados programas de estudos da biodiversidade de longo prazo, que juntos com INCTs em andamento, programas do MCT para a Amazônia e agendas das instituições regionais poderia ser um importante recurso de gerenciamento e planejamento regional. Estes dados poderiam ser agregados em iniciativas de gestão do conhecimento público produzido, a exemplo do que ocorre no BCDAM, no IBGE, na CPRM, na Embrapa, no INPE, nas agências reguladoras e projetos especiais.

O país tem experiência de sucesso em organizar programas nacionais de vulto para o conhecimento regional. O RADAM e o Censo Demográfico do IBGE são ícones deste esforço. Custos operacionais geralmente causam retração por parte de gestores num primeiro momento. Entretanto, exemplos apontados acima demonstram que a construção de redes institucionais com apoio de sistemas de informação e infra-estrutura adequados em termos de recursos computacionais é possível estruturar um programa estratégico com custos operacionais condizentes com o esforço e volume de informação a ser adquirido.

O planejamento e implantação de políticas públicas para a conservação e uso sustentável da diversidade biológica na região amazônica sofrem de uma série de entraves, sendo um dos principais deles a baixa qualidade das bases de dados sobre a riqueza biológica do bioma Amazônia. Isso se deve principalmente ao desconhecimento sobre a real riqueza de espécies e suas respectivas distribuições geográficas na região, decorrentes de um número ainda insuficiente de estudos frente à grande e complexa biodiversidade Amazônica.

Assim, um programa de expedições biológicas torna-se fundamental para realizar o Censo da biodiversidade regional. Tal programa seria estabelecido em 3 componentes principais:

**Componente 1.** Inventários biológicos

**Componente 2.** Incremento e modernização das coleções biológicas

**Componente 3.** Revisões taxonômicas de grupos biológicos diversos com base no material coletado

Este projeto tem sua inserção na proposta de pesquisa sobre Territórios Sustentáveis apresentada por Vieira et. al. (2005). Conforme esses autores, o conceito básico é o de que se possa planejar o espaço através de 'mosaico de usos de terra complementares gerenciados de forma integrada que permita manter tanto a dinâmica dos processos ecológicos como a dinâmica sócio-econômica de um determinado território'. Outro aspecto relevante é compreender as tendências atuais de formas de uso dos recursos naturais, identificando o papel das redes sociais, trajetórias produtivas, com uma análise das técnicas potenciais de produção. As atividades produtivas deveriam estar em consonância com alternativas inovadoras providas principalmente pela academia, voltadas a reduzir impactos. Diante deste contexto, é necessário entender que as paisagens amazônicas podem ser classificadas segundo seu uso e destinação. Onde existem florestas e paisagens naturais a ação primordial é a conservação e preservação; outra grande porção da região já alterada que seria destinada à reconversão nas áreas desmatadas e outra porção necessitaria principalmente de atividades de manejo e uso racional do espaço produtivo. É interessante frisar que mais de 70 milhões de hectares já são áreas alteradas.

Conforme Gama & Velho (2005) relatam que o desafio é urgente 'porque se sabe que o estudo da biodiversidade amazônica não é possível sem a cooperação internacional. A exigência em termos de recursos financeiros, humanos e materiais para esta tarefa é de tal dimensão, que é impossível, além de indesejável, que o Brasil possa realizá-la isoladamente'.

Diante da situação em que a sociedade brasileira discute a importância e necessidade em se retomar os programas de desenvolvimento regional, incluindo uma nova análise da configuração de territórios e regiões para melhor administrar os recursos públicos, a informação sobre os

componentes da biodiversidade diante das várias pressões nos ecossistemas e paisagens naturais na Amazônia torna-se estratégica e prioritária. Argumentos apresentados pelos vários campos das Ciências Naturais e das Humanas mostram que dominar as informações sobre o meio ambiente é fundamental para melhor trabalho de gestão e políticas públicas sobre o uso do território, nas várias escalas de análise. Políticas de conservação biológica atreladas às atividades de produção rural coerentes com usos racionais de recursos devem ser embasadas em uma ciência robusta e confiável. A situação atual mostra que a comunidade científica brasileira consegue se organizar e estruturar através de um programa nacional e abrangente que pode se tornar referência mundial na gestão de ecossistemas tropicais, um dos mais ricos e diversos do planeta. O desafio que a Amazônia apresenta à comunidade científica nacional e internacional continua tão desafiador quanto nos tempos das primeiras expedições dos naturalistas.

## Referências

- Alves, D. S. 2007. Science and technology and sustainable development in Brazilian Amazon. In: The stability of tropical rainforest margins, linking ecological and social constraints of land use and conservation. Tschardtke T.; C. Leuschner; M. Zeller; E. Guhardja; and E. Birdin (eds). Springer Verlag: 493-512.
- Becker, B. 2001. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários? *Revista Parcerias Estratégicas*. 12:135-159.
- \_\_\_\_\_. 2004. *Amazônia. Geopolítica na virada do III milênio*. Garamond Universitária Ed. Rio de Janeiro. 168 p.
- BNDES. 2010. *Amazônia em Debate: oportunidades, desafios e soluções*. Rio de Janeiro, 207p.
- Buckeridge, M.S. 2008. *Biologia e Mudanças Climáticas no Brasil*. (Organizador). Editora RIMA, São Carlos, Brasil. 295 p.
- CGEE. 2009. *Um projeto para a Amazônia no século 21: desafios e contribuições*. Brasília. 425 p.
- Crispino, L. B.; V. Bastos; P.M. Toledo. 2006. *As origens do Museu Paraense Emílio Goeldi – Aspectos históricos e Iconográficos*. Belém : Paka-Tatu, 412 p.
- Fearnside, P. 2008. As mudanças climáticas globais e a floresta amazônica. (In): *Biologia e Mudanças Climáticas no Brasil* (M.S. Buckeridge, Org). Editora RIMA, São Carlos, Brasil: 131-150
- Larsen, M. & C. A. Nobre. 2007. Challenges of connecting international science and local level sustainability efforts: the case of the Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia. *Environmental Science & Policy*. 10: 62-74
- Joels, L. C. e G. Câmara. 2001. Modelos e cenários para a Amazônia: o papel da ciência. *Parcerias Estratégicas*, 12:129-134.
- Koehlepp, G. 2002. Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira. *Estudos Avançados* 16 (45): 36-61
- Maior, M.C. 2005. A UNESCO e o projeto de criação de um laboratório científico internacional na Amazônia. *Estudos Avançados*, 19 (53): 115-130.
- FIOCRUZ. 2009. *Museu Paraense de História Natural e Etnografia. Dicionário Histórico-Biográfico das Ciências da Saúde no Brasil (1832-1930) Casa de Oswaldo Cruz / Fiocruz* – (<http://www.dichistoriasaude.coc.fiocruz.br>)
- Nunes, I.H.O.; M.A.Silveira; A. L. Val. 2008. O Conhecimento na Amazônia: Análise sobre a socialização da Ciência, Tecnologia e Inovação. IV Encontro Nacional da ANPPAS. 20p
- Rosado, A., C. R. Brandão; E. Candotti; I.C.G. Vieira; L. O. Salles; M. Tavares; P. Windisch; P. M. Toledo and; S. A. K. Azevedo. 2006. Guiding principles for the drafting of a policy for collections management,

- research, and dissemination of Brazilian biodiversity information In: Biodiversity - The Megascience in Focus.1 ed. Rio de Janeiro : Museu Nacional: 41-44.
- Silva, D. H. 2007. Cooperação internacional em Ciência e Tecnologia: oportunidades e riscos. *Rev. Bras. Pol. Int.* 50(1): 5-28.
- Stuart, N.S.; E.O. Wilson; J.A.McNelly; R.A. Mittermeier; and J.P. Rodriguez. 2010. The barometer of life. *Science* 328:177.
- Vieira, I. C. G; J. M. Silva; P.M. Toledo. 2005. Estratégias para evitar a perda de Biodiversidade na Amazônia. *Estudos Avançados*, v. 19(54):153-164.
- Weigel, P. 2001. O papel da ciência no futuro da Amazônia: uma questão de estratégia. *Parcerias Estratégicas*, 12:62-83.



# Relatório da sessão “Amazônia”

*Alberto Cardoso Arruda<sup>1</sup>*

---

A abertura da sessão foi realizada pelo professor Márcilio de Freitas, presidente da sessão, com a apresentação de cada um dos palestrantes. Em seguida, o professor Hildebrando foi convidado para apresentar sua palestra: Ciência e Tecnologia para a Saúde – A Problemática Amazônica (vista de Rondônia).

O professor Hildebrando iniciou, comentando o modelo atual de desenvolvimento da Amazônia. Levantou a questão da saúde no Brasil e na Amazônia. Comparou a expectativa de vida em diversos países, mostrando que o Brasil encontra-se em 92º lugar e que ocupa o grupo 3, composto por 54 países com expectativa de vida entre 70 e 75 anos. Quando comparou os dados no Brasil, mostrou que os estados do Norte e Nordeste ocupam as piores colocações e que, entre os amazônicos, Roraima ocupa o último lugar. Quando se referiu à mortalidade infantil, mostrou dados que apontam a África como um continente crítico e destacou que, na América do Sul, a situação mais grave encontra-se na Bolívia. Com relação ao Brasil, os estados do Nordeste apresentam situação mais desfavorável e Rondônia encontra-se na 13ª posição. Em seguida, comparou os índices de São Paulo (expectativa de vida de 80 anos e índice de mortalidade infantil 10/1.000 nascidos vivos) com os de Rondônia (expectativa de vida de +/- 60 anos e índice de mortalidade infantil 40/1.000 nascidos vivos). Citou que as desigualdades que se expressam nas condições de saúde afetam essencialmente regiões do Semiárido Nordestino e a Amazônia e que estas desigualdades são acentuadas em áreas rurais e nas periferias das grandes cidades. As carências se traduzem por deficiências nas estruturas físicas de atendimento, em recursos

---

<sup>1</sup> Professor da Universidade Federal do Pará (UFPA).

humanos qualificados, dominância de patologias infecciosas e parasitárias e ainda devido a problemas de assistência à maternidade e a infância, ou seja, saúde básica.

Classificou as desigualdades em níveis, considerando o 1º nível de elementos responsáveis como atividades e intervenções em saúde no Brasil são predatórias de recursos públicos (importamos medicamentos, equipamentos, sistemas), ao contrário do que se observa nos países desenvolvidos. Ilustrou a afirmativa, mostrando o valor anual em dólares da produção introduzido ao PIB em países industrializados pela indústria farmacêutica e comparou diversos valores. Em conclusão, destacou que saúde na Suíça dá lucro para o país; no Brasil, custa caro. Apresentou como solução para ultrapassar o primeiro nível de dificuldades desenvolver a pesquisa científica e tecnológica em produtos naturais como fármacos e cosméticos. Melhorar a instrumentação de análises clínicas, biológicas e químicas, produtos biológicos e imunobiológicos e produtos químicos.

Citou outra ação objetiva, o Minicolóquio sobre Produtos Naturais da Biodiversidade Ativos Contra Agentes de Doenças Negligenciadas e Identificação de Alvos Moleculares, realizado em Porto Velho pelo Instituto de Pesquisa em Patologias Tropicais (Ipepatro-Fiocruz Noroeste), passando a citar plantas da Mata Atlântica e da Amazônia com atividades biológicas comprovadas. Comentou sobre a atividade de diversos compostos químicos contra tuberculose e sobre o banco de venenos e secreções oriundas de animais e seu imenso valor comercial. Comparou com valores destes insumos em *sites* de empresas no exterior.

Passou a tratar do 2º nível de problemas a resolver: as desigualdades regionais e sociais. Levantou a questão: Para eliminar desigualdades regionais e sociais e investir em biotecnologia, inovação e produtividade, só com alta tecnologia? Ou com equipamentos sofisticados e caros? Como resposta, disse que não. Afirmou que é necessário igualmente elevar o nível técnico das atividades agrícolas, pecuárias, extrativas e artesanais da população rural e das periferias urbanas, inovando igualmente e introduzindo novas tecnologias. Em seguida, mostrou em mapas em que áreas se concentram as doenças negligenciadas, destacando no Brasil os estados de Rondônia e Mato Grosso, comparando estas áreas como o *farwest* amazônico. Comparou ainda dados econômicos entre estados brasileiros, especialmente entre Rondônia e São Paulo, destacando as desigualdades. Apresentou inúmeros exemplos da biodiversidade amazônica, destacando frutos, peixes e insetos. Citou como exemplo de sucesso a produção industrial de camisinhas com borracha colhida por seringueiros no Acre – antes da montagem de fábrica, o seringueiro vendia borracha por 80 centavos quilo; hoje, após a fábrica, vende por 4,2 reais o quilo (5 vezes mais). Destacou os valores dos produtos da floresta, comparando o valor do álcool combustível para carros, R\$ 1,8 o litro, enquanto uma solução alcoólica de essência vegetal odorante vale R\$ 500 o decilitro.

Destacou o 3º nível como o mais importante: dificuldades para eliminar as desigualdades.

Para fixação de mão de obra especializada, cientistas e técnicos competentes, bem como para o desenvolvimento de sistemas de complementação de salários, é necessário um esforço cívico de solidariedade republicana e federativa? Destacou como conclusão que, como o assunto não é problema exclusivo da saúde, deveríamos deixar isso para outras sessões.

O professor Adalberto iniciou a segunda palestra, destacando a necessidade de manter a floresta de pé, citando a questão das fronteiras e dos direitos. Apresentou uma série de dados numéricos sobre a região, destacou o fator humano e como o ecossistema amazônico é extremamente complexo e delicado. Afirmou ainda que o modelo econômico regional está baseado no extrativismo predatório, não sustentável e que tende a se exaurir.

Afirmou que temos que pensar a Amazônia com uma nova política de C & T. Que há necessidade de novos marcos regulatórios, novos processos de fixação de recursos humanos na Amazônia, fugindo do modelo atual baseado em bolsas de estudo que em nada contribui. Disse que é necessária uma revolução científica para a Amazônia que promova a integração regional e que é imprescindível repensar um grande projeto para a Amazônia.

Citou todos os fatores que levam ao grande desafio estrutural para a região, entre eles, comunicação, infovias, distribuição de energia, malha viária, saúde, ciência e tecnologia, sistema de proteção contra o desmatamento.

Destacou a identidade regional, citando a grande importância do conhecimento adquirido pelos amazônidas que residem longe dos maiores centros. Chamou atenção para o PIB gerado pela região (8%) e o que retorna como investimentos (3%).

Passou a dar destaque para o “pensar a Amazônia”, apresentando a seguinte proposta: criar as condições para um pensar contínuo e consequente sobre a Amazônia ambiental, econômica e social.

As motivações para tal envolvem:

- A Amazônia requer uma política de CT&I para além do aqui e agora;
- Convergência de informações para um *data grid* da Amazônia;
- Projetos nacionais de longo prazo para a Amazônia;
- Interface entre as áreas do saber para novas tecnologias.

Em seguida, falou sobre os marcos regulatórios, propondo as seguintes ações:

- Rever o arcabouço legal para viabilizar a aquisição de insumos para a pesquisa científica, dotando o procedimento licitatório de regramento específico que garanta celeridade e, portanto, competitividade às atividades de ciência e tecnologia.
- Rever o arcabouço legal que normatiza o acesso às unidades de conservação, à biodiversidade e respectivo patrimônio genético, conforme proposições da comunidade científica.
- Realizar no curto prazo a conferência nacional da biodiversidade para firmar as bases para uma política nacional da biodiversidade.
- Conceber uma política diferenciada para a contratação e fixação de pessoal qualificado para as instituições de pesquisa da Amazônia.
- Na sequência, propôs uma revolução científica para a Amazônia: implantar e fomentar prontamente uma revolução científica na Amazônia com vistas à produção hegemônica de informações sobre o bioma para pronta e significativa redução do desmatamento, inclusão social e geração de renda. O professor sugeriu inúmeras ações que viabilizam a proposta.

O tema seguinte foi integração: proporcionar os meios necessários à ampliação das ações de ciência e tecnologia para a integração e desenvolvimento da Amazônia.

Como ações de soberania, propôs direcionar ações na área de C&T para o desenvolvimento social, econômico e ambiental com vistas a consolidar a soberania brasileira na Amazônia.

O professor Adalberto encerrou, reafirmando a necessidade de mudar radicalmente a forma como a Amazônia é tratada pelo governo e suas instituições.

O professor Alberto iniciou a terceira palestra, destacando o grau de conhecimento que a Amazônia detém sobre si mesma bem como o que o Brasil conhece sobre a região, mostrando a necessidade de ampliar radicalmente o investimento em CT&I na região. Destacou que conhecer a região e suas potencialidades é uma questão de soberania nacional.

Em seguida apresentou o estado da arte da região, mostrando que o modelo socioeconômico implantado até o presente vem causando grandes danos à região, sem acrescentar nada ao habitante da região. Da mesma forma que os palestrantes que o antecederam, apresentou dados sobre a grandeza da região, citando exemplos de cadeias e/ou produtos que se destacam como de grande valor econômico, citando o curare, o jaborandi, a copaíba, a andiroba, o açai, o cubiu, o camu-camu e o camapu.

Na sequência, mostrou que a biodiversidade, quando levada a sério e bem trabalhada, gera frutos de grande valor econômico, dando como exemplo o primeiro medicamento gerado a partir de uma planta erva baleeira que serve de base para o medicamento conhecido como Acheflan®.

Dando continuidade, citou dois estudos por ele realizados sob encomenda do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), os quais confirmaram as principais vocações da região: cosméticos e fitoterápicos. Apresentou uma série de dados, mostrando a viabilidade destas cadeias na região e, para finalizar, mostrou as ações já implementadas que vêm incentivando pesquisas nos temas. Por fim, destacou que, quando há vontade política, é possível a implementação de ações que promovam o desenvolvimento regional.

O professor Marclio iniciou a quarta apresentação, destacando a questão da assimetria, citando que C&T tem que ser um direito de todos os brasileiros e para isso é necessário mudanças nas academias. Também teceu críticas ao modelo do desenvolvimento sustentável atual.

O palestrante destacou a importância da Amazônia para o Brasil, o que constitui unanimidade nacional. Nessa região encontra-se uma das maiores biodiversidades mundiais, 1/3 das reservas mundiais de florestas tropicais, 1/5 da água doce superficial do planeta, convergindo para o maior e mais volumoso rio do mundo, além de se constituir entidade física relevante nas estabilidades termodinâmica e climática dos processos atmosféricos em escala global. A Amazônia brasileira é formada pelos estados do Amazonas, Acre, Pará, Amapá, Roraima, Rondônia, Tocantins, partes dos estados do Maranhão e Mato Grosso, totalizando 4.987.247km<sup>2</sup>, 3/5 do território brasileiro e 2/5 da América do Sul, que corresponde a 1/20 da superfície terrestre, 1/3 das florestas tropicais mundiais e 1/5 da biodiversidade em terra sólida do planeta. Nesses nove estados, habitam 24 milhões de pessoas, 4/1.000 da população mundial com mais de 60% desses habitantes morando em áreas urbanas, dentre os quais 163 povos indígenas, que totalizam 204 mil pessoas, ou 60% da população indígena brasileira. A Amazônia também apresenta complexa hidrografia com mais de 50.000 quilômetros de rios navegáveis, 50% do potencial hidrelétrico do Brasil, 12 milhões de hectares de várzeas, grande potencial madeireiro e fonte de biomassa, 11.280 km de fronteiras internacionais e ricas reservas minerais.

A institucionalização de políticas públicas na Amazônia, em especial de uma política de Estado de ciência, tecnologia e inovação, exige a implantação de modelos de desenvolvimento sustentáveis integrados às suas complexidades culturais, ecológicas e socioeconômicas e comprometidos com sua integração regional e nacional e com a implantação de estruturas e tecnologias sociais acessíveis a todos, gerando renda, valorização social e cidadania para as suas populações, e preservação ambiental na região.

Por essas razões, reivindicamos os seguintes compromissos federativos e republicanos da política de Estado de CT&I com as políticas públicas da Amazônia:

1. Mobilizar a sociedade brasileira para reafirmar a importância da ciência e tecnologia como processo de humanização e desenvolvimento socioeconômico da Amazônia e do Brasil;
2. Investir R\$ 1 trilhão na política de CT&I direcionada à integração regional e nacional da Amazônia ao projeto nacional, durante 2011-20;
3. Garantir a soberania e institucionalizar a presença do Estado nacional na região, com integração, descentralização e interiorização das agências estaduais e federais de planejamento e execução de políticas públicas e do desenvolvimento socioeconômico da Amazônia e o fortalecimento da cooperação entre o Brasil e os países amazônicos por meio de empreendimentos de CT&I;
4. Priorizar investimentos em CT&I articulados às políticas públicas de educação, saúde, transporte, abastecimento e segurança alimentar integrada à agricultura familiar, habitação, inclusão digital e aos mecanismos de desenvolvimento limpo na Amazônia;
5. Acelerar o processo de integração dos estados amazônicos ao sistema nacional de produção, distribuição e uso de eletricidade, e ao uso sustentável de fontes alternativas de energia; e criar tecnologias sociais que assegurem o acesso das populações interioranas às redes digitais de comunicação e informação regionais, nacionais e mundiais;
6. Implantar centros de diagnóstico e controle de desmatamento ilegal e uso da terra e uma política pública em serviços ambientais integrada à Amazônia, com a recuperação de áreas degradadas, conservação da biodiversidade, dos recursos hídricos e a mitigação das mudanças climáticas;
7. Implementar o Zoneamento Ecológico-Econômico e criar mecanismos estruturantes que ampliem e incorporem mais competitividade às matrizes industriais e às matrizes produtivas da região;
8. Assegurar a formação científica e os direitos constitucionais aos povos indígenas e às comunidades tradicionais e promover a equidade social, considerando gênero, geração, raça, classe social e etnia;
9. Implantar plataforma tecnológica para o uso e preservação da água em todos os centros urbanos e rurais da Amazônia, priorizando mecanismos de integração da bacia hídrica

pan-amazônica; revitalizar o sistema aeroportuário da Amazônia, priorizando sua integração municipal, regional e nacional, e sua interligação modal e rodoaerofluvial;

10. Institucionalizar programa nacional de difusão e popularização da CT&I centrado na Amazônia.

Estes pressupostos constituem a base de novos projetos e programas de CT&I para a construção de uma Amazônia sustentável, conforme compreensão do Sistema de Ciência de Tecnologia do Estado do Amazonas.

Encerradas as apresentações, foram iniciados os debates, tendo sido formuladas inúmeras perguntas a todos os palestrantes, que, dentro do tempo restante, esclareceram as dúvidas da assembleia.



PARTE 2

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

## Biodiversidade



# O acesso à biodiversidade antes e depois da Convenção da Diversidade Biológica (CDB)

*Luiz Antonio Barreto de Castro<sup>1</sup>*

---

Na década de 1980, o acesso à biodiversidade brasileira era coordenado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e as instituições que desejavam coletar amostras tinham uma rotina relativamente simples, mas responsável. No Centro Nacional de Recursos Genéticos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Cenargen/Embrapa), que me acolheu como pesquisador para construir a engenharia genética de plantas, em 1981, havia um grande mapa do Brasil todo espetado com alfinetes que assinalavam as expedições de coleta de plantas que foram feitas pelos botânicos do centro a todos os ecossistemas brasileiros, desde 1974, quando o Cenargen foi fundado. Foram literalmente centenas de expedições de coletas. Em 1990, no governo Sarney, foi promulgado o Decreto nº 98.830, que estabelecia regras para expedições em que participassem estrangeiros. Um plano de trabalho era apresentado ao CNPq para aprovação. Do material coletado (para fins científicos), uma duplicata deveria ser deixada no Brasil sob a responsabilidade do órgão parceiro da instituição estrangeira. Sem esta parceria, uma instituição estrangeira não podia coletar livremente.

A Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) é um dos principais resultados da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio 92), realizada no Rio de Janeiro, em junho de 1992. A CDB criou um novo conceito em seu artigo 1º. O conceito de repartição de benefícios. Diz o artigo 1º da CDB que trata dos objetivos da convenção:

Os objetivos desta convenção, a serem cumpridos de acordo com as disposições pertinentes, são a conservação da diversidade biológica, a utilização sustentável de seus componentes e

---

<sup>1</sup> Secretário de Políticas de Programas de Pesquisa e Desenvolvimento do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).

a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização dos recursos genéticos, mediante, inclusive, o acesso adequado aos recursos genéticos e a transferência adequada de tecnologias pertinentes, levando em conta todos os direitos sobre tais recursos e tecnologias, e mediante financiamento adequado.

No preâmbulo, a CDB estabelece que as partes contratantes da convenção são os países, reafirmando que os Estados/países têm direitos soberanos sobre os seus próprios recursos biológicos. A princípio, a CDB foi entendida por todos como um instrumento que garantia aos Estados (partes) soberania sobre seus recursos genéticos, o que foi muito positivo para países megadiversos como o Brasil, que se apressou a assiná-la em primeiro lugar. Significava dizer que ninguém poderia fazer uso de recursos genéticos do Brasil sem repartir benefícios com o Brasil, onde estes recursos genéticos teriam sido obtidos. Entretanto, na esfera do Executivo, começou a prosperar um esforço de utilizar o princípio da repartição de benefícios para que este princípio fosse incorporado a uma legislação nacional. Um anteprojeto para garantir a repartição de benefícios para detentores de conhecimentos tradicionais foi elaborado pela então senadora Marina Silva, com a intenção de assegurar às comunidades tradicionais estes direitos que assim teriam acesso a benefícios derivados da utilização de recursos genéticos. A Casa Civil, à época, havia instituído um grupo de trabalho (GT) para elaborar uma legislação nacional que não contrariasse a CDB. Participei das discussões. Não havia discordância entre os integrantes do GT sobre os princípios da CDB, inclusive o de repartição de benefícios, mas uma lei nacional estabelece regras para serem seguidas entre pessoas físicas e jurídicas. A CDB estabelece regras para serem seguidas entre as partes = países. As discussões no GT seguiam com lentidão até que uma medida provisória (MP) foi aprovada sob a liderança do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) à época, para contornar ação de uma organização social (OS) denominada Bioamazônia, que celebrou com a Novartis um acordo de prospecção de produtos de interesse industrial, a partir de micro-organismos na Amazônia. Esta, aprovada no governo passado e reeditada muitas vezes, transferiu para o Ministério do Meio Ambiente (MMA) o controle do acesso à biodiversidade, mesmo para atividades científicas. Seu exercício, na última década, praticamente teve o efeito de proibir o acesso à biodiversidade para a identificação de substâncias bioativas de interesse farmacológico. A MP é operada por um comitê gestor (CGEN), sediado no Ministério da Meio Ambiente. Para coletar amostras da biodiversidade, é preciso licença do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), mas, para identificar moléculas em material coletado, vivo ou morto, é preciso licença do Instituto Chico Mendes, criado pela ministra Marina Silva, quando no exercício do MMA. A regra promove o absurdo de exigir que o Instituto Butantã peça licença ao Instituto Chico Mendes para identificar componentes moleculares importantes para a indústria farmacêutica, a partir de venenos de cobras, que integram a coleção do Butantã. Todos os setores do Executivo entendem que é necessária uma nova lei. Entretanto, nunca conseguimos promulgar, via Congresso, uma Lei neste sentido. Ela esbarra, principalmente, no desentendimento entre o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e o Ministério do

Meio Ambiente que, infelizmente, querem fazer leis separadas. Na verdade, estas pastas são as que têm menos a dizer sobre o assunto, que diz respeito, mais de perto, ao Ministério da Ciência e Tecnologia e ao Ministério da Saúde. Dois fatos podem reverter este processo. O primeiro é que os ministros da Ciência e Tecnologia, Sergio Machado Rezende, e Carlos Minc, do Meio Ambiente, acordaram em delegar competência ao CNPq para autorizar pesquisas científicas para acesso à biodiversidade brasileira. O segundo é que os mesmos ministros enviaram à Casa Civil uma nova versão de projeto de lei para regular o acesso à biodiversidade brasileira, garantindo que o controle do desenvolvimento científico e tecnológico relacionado e resultante do acesso à biodiversidade, ficará sob o controle do Ministério da Ciência e Tecnologia. Para operacionalizar a primeira medida, o CNPq construiu um sistema informatizado para permitir que os cientistas possam acessar a biodiversidade. Esbarrou na posição do CGEN que diz que acessar pode, mas coletar não. O ministro Sergio Rezende esclareceu para o Ministério do Meio Ambiente que a própria legislação em vigor relaciona o acesso à coleta. Há quinze anos vivemos este imbróglgio que nos exclui de um mercado extremamente importante de derivados da biodiversidade. Este novo setor é chamado por muitos de Bioeconomia. O Brasil, com a maior diversidade do planeta, não encontra caminhos para se livrar das armadilhas jurídicas operadas pelo MMA, que nos exclui da Bioeconomia.

Otto Gotlieb, cientista brasileiro de origem tcheca, indicado para o Prêmio Nobel de Química em 1999, pelos estudos sobre a estrutura química das plantas, um dos pais da fitoquímica brasileira, estimulava o exercício da sistemática molecular como forma de encontrar moléculas de mesma função em espécies filogeneticamente próximas. Hoje, com os avanços da biologia molecular, vias metabólicas comuns podem eventualmente ser encontradas em espécies filogeneticamente distantes. Desde 1995, advogo que agregar valor a produtos da biodiversidade é a forma mais eficaz de reverter o processo de desflorestamento da Amazônia, que já destruiu na região uma área do tamanho da Alemanha.

Como o acesso à biodiversidade, nos últimos dez anos, está cada vez mais difícil, o Brasil só tem um produto farmacêutico derivado da biodiversidade brasileira, que é o Acheflan, um anti-inflamatório. Enquanto isso, uma história extraordinária de sucesso resulta do uso terapêutico da artemisina, extraída de uma Asteraceae para o controle da malária. Em um congresso internacional na Dinamarca, fiz a proposta de estabelecer uma forma de direito aos que conservam a biodiversidade. Era um direito não exclusivo, denominado *Biokeepers Right*. Possibilidades efetivas para que o Brasil possa estabelecer uma plataforma efetiva para sua indústria farmacêutica existem e são apresentadas no diagrama a seguir:

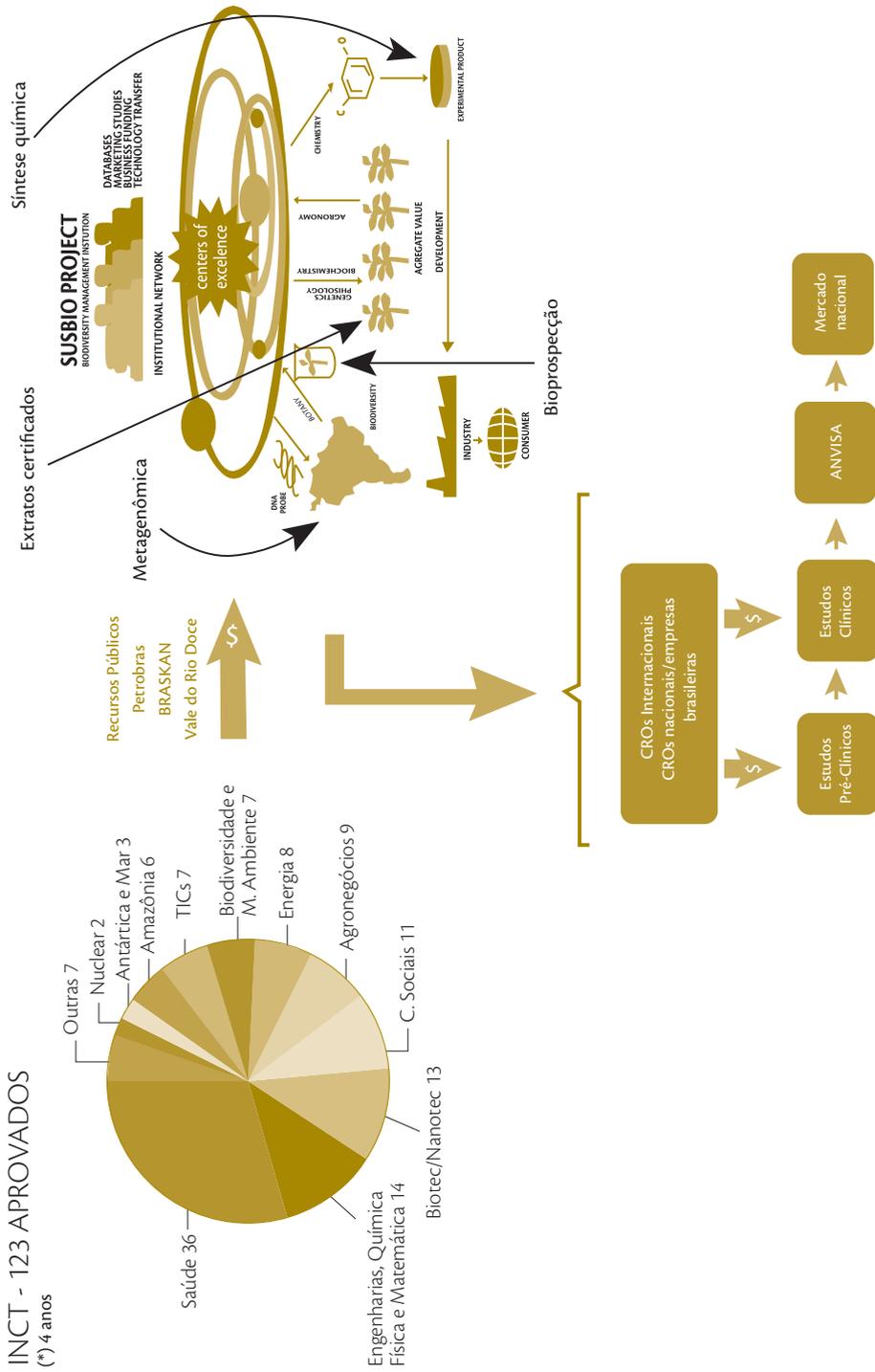


Figura 1. Uma plataforma para viabilizar a indústria farmacêutica no Brasil

A fase dois, que não incluí, tem objetivos mais ambiciosos de registro de produtos no *Food and Drugs Administration* (FDA) e no *European Medicines Agency* (EMA).

Devo admitir que a CDB não trouxe nenhum benefício aos países que a ratificaram e, o pior, o Protocolo de Cartagena, derivado da Convenção de Diversidade Biológica, é um dos maiores entraves ao desenvolvimento brasileiro. Aprovado em um final de semana, por meio de um acordo de líderes, passou a constituir política pública. Afirmo que o protocolo foi pensado como uma estratégia para minar a Lei de Biossegurança de fora para dentro, em um de seus momentos de vulnerabilidade, quando o embaixador Sardemberg era ministro, com instrumentos denominados *legally binding*. Com base neste protocolo, o Brasil poderá ter um dia que rotular seus navios quando exportarmos soja para a União Europeia (EU), sob o pretexto de informar a sociedade europeia. Isto foi proposto com base no Protocolo de Cartagena pela ministra Marina Silva, durante a COP da CDB, realizada em Curitiba. Por estas razões, quando o Fórum de Competitividade de Biotecnologia no Brasil produziu uma Política para Competitividade da Biotecnologia Brasileira, as questões relativas aos marcos legais adequados surgem como maior obstáculo ao exercício desta política.



# A intrincada relação entre a conservação e a classificação da biodiversidade: um estudo de caso na Amazônia, com a proposta de uma agenda de trabalho para o século XXI

Alexandre Aleixo<sup>1</sup>

A bacia amazônica contém a maior extensão de florestas tropicais do planeta, com mais de 6,8 milhões Km<sup>2</sup>, abrigando a maior diversidade de plantas superiores (40.000 espécies), mamíferos (425 espécies), aves (1.300 espécies), répteis (371 espécies), anfíbios (427 espécies) e peixes de água doce (cerca de 3.500 espécies) do planeta (MITTERMEIER *et al.*, 2003, HUBERT & RENNO, 2006).

Historicamente, as taxas de desmatamento em toda a Amazônia permaneceram relativamente baixas até a década de 1970, quando o governo brasileiro começou a executar o mais audacioso programa de colonização da região (FEARNSIDE, 2005). Desde então, taxas de desmatamento na Amazônia brasileira começaram lentamente a crescer até aos atuais índices alarmantes. Durante o decorrer das décadas, o desempenho econômico geral do Brasil tornou-se altamente correlacionado às taxas de desmatamento anuais medidas na Amazônia, com anos de aumento no produto interno bruto (PIB) estritamente ligados a altas taxas de desmatamento (FEARNSIDE, 2005). Portanto, dada a atual solidez macroeconômica do Brasil e ao elevado número de projetos de desenvolvimento planejados para a Amazônia (ALLEGRETTI, 2006; SMERALDI, 2006), o futuro de uma das biotas mais ricas em espécies do mundo nunca foi tão incerto.

Esta situação é seriamente agravada pelo fato de que a Amazônia, do ponto de vista das espécies que a habitam, não é um bioma homogêneo, mas sim um “arquipélago” com pelo menos oito grandes áreas de endemismo caracterizadas por um conjunto único de organismos endêmicos, incluindo muitas espécies e subespécies de animais e plantas (Figura 1; SILVA *et al.*, 2005). Nada menos que seis dessas oito áreas de endemismo na Amazônia estão localizadas totalmente (Tajós, Xingu e Belém), quase inteiramente (Rondônia) ou em sua maioria (Inambari e Guiana) em

<sup>1</sup> Pesquisador do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG).

território brasileiro (Figura 1; SILVA *et al.*, 2005); tragicamente, o desmatamento foi mais severo exatamente nas áreas de endemismo situadas quase ou inteiramente no Brasil, onde a expansão da agricultura avança sem precedentes devido a uma rede de estradas pavimentadas e não pavimentadas, que conectam essas áreas com a região sul do país, cada vez mais sequiosa de recursos (FEARNSIDE, 2006).

A atual crise da biodiversidade na Amazônia, especialmente na Amazônia brasileira, criou a necessidade urgente de um conhecimento exato sobre os padrões de riqueza e distribuição dos grupos biológicos da região (VALE *et al.*, 2008). No entanto, infelizmente, os vazios de conhecimento nesta área são ainda muito grandes. Há tanto problemas ligados a uma amostragem ainda bastante incompleta para a maior parte dos grupos biológicos (ver CAPOBIANCO *et al.*, 2001), como também falhas conceituais na interpretação da real diversidade de grupos como, por exemplo, aves e mamíferos, que impedem que embasem de forma mais acurada políticas conservacionistas de resultados efetivos. Neste artigo, me concentro na avaliação crítica de critérios alternativos para o reconhecimento de espécies e de como eles vêm sendo interpretados de forma equivocada pela maior parte das análises conservacionistas feitas para a Amazônia e outras partes do mundo. Finalmente, uma agenda de trabalho geral que integra taxonomia e biologia da conservação é proposta, com o objetivo de preencher tanto lacunas básicas sobre o conhecimento de todos os grupos biológicos dos biomas brasileiros, como também permitir que essa nova base de conhecimento sirva de subsídio para políticas conservacionistas que atinjam resultados efetivos na preservação da sua biodiversidade.

## 1. Incertezas na delimitação de espécies e suas implicações para a conservação da biodiversidade amazônica

Apesar do papel central que espécies desempenham dentro da biologia, incluindo a biologia da conservação, a definição técnica em torno deste termo é paradoxalmente ainda controversa entre os biólogos (SITES & MARSHALL, 2004; HEY *et al.*, 2003). Contribui bastante para isso a natureza temporal contínua do processo de formação de espécies (denominado de especiação), que em muitas circunstâncias dificulta ou mesmo impede a delimitação de unidades totalmente discretas a serem rotuladas como espécies, independentemente do critério adotado (DE QUEIROZ, 2005).

Atualmente, o debate em torno de critérios alternativos para o reconhecimento de espécies coloca em lados opostos o conceito biológico de espécie (daqui em diante abreviado CBE) e o conceito filogenético de espécie (CFE), ainda que uma alternativa de unificá-los num único conceito – o conceito filético geral de espécie – tenha sido proposta mais recentemente (DE QUEIROZ,

1998, 2005; SITES & MARSHALL, 2004; para uma revisão sobre o assunto em português, veja ALEIXO, 2007). A diferença principal entre o CBE e o CFE diz respeito ao tratamento de grupos de organismos diferenciados (populações) com um histórico de evolução independente, mas ainda proximamente relacionados, que no CFE são sempre considerados espécies, ao passo que no CBE isso só acontece se elas ainda se inter cruzam e produzem descendentes férteis (ALEIXO, 2007). Tipicamente, populações diferenciadas e com um histórico de evolução independente (ainda que recente) de outras populações proximamente relacionadas são automaticamente consideradas espécies distintas pelo CFE, enquanto o CBE as trata apenas como subespécies integrantes de uma única espécie politípica, ou seja, uma espécie que congrega várias populações diferenciadas uma das outras em maior ou menor grau, mas entre as quais existe fluxo gênico efetivo ou potencial (ALEIXO, 2007).

Tanto o CBE quanto o CFE já foram defendidos como representando as melhores alternativas de conceito de espécie na biologia da conservação (COLLAR, 1997; PETERSON & NAVARRO-SINGÜENZA, 1999; MEIJAARD & NIJMAN, 2003; ZINK, 1997, 2004; MACE, 2004). Paralelamente a esse debate, foi desenvolvido o conceito de unidades evolutivas significativas (UES), que representam espécies, subespécies ou variedades cuja preservação maximiza o potencial de sucesso evolutivo futuro destas unidades taxonômicas (HEY *et al.*, 2003). Ao contrário da discussão acadêmica em torno de conceitos alternativos de espécie, que ainda hoje se encontra bastante polarizada em algumas disciplinas da zoologia (ALEIXO, 2007), um consenso em torno da utilidade das UES em biologia da conservação parece estar emergindo, onde elas são interpretadas como os verdadeiros alvos de ações conservacionistas que coincidem ou não com limites entre espécies reconhecidos pela taxonomia (CRANDALL *et al.*, 2000; HEY *et al.*, 2003; MACE, 2004).

Ainda assim, o debate acadêmico em torno de conceitos alternativos de espécie continua a ter uma grande importância na biologia da conservação, particularmente na fase de diagnose de espécies que correm risco de extinção, que é sempre feita de modo comparativo dentro de um mesmo grupo de organismos, necessitando de listas de espécies para contextos geográficos diversos, desde o nível local até o global (MACE, 2004). Essa etapa do ciclo de atividades da biologia da conservação, que precede àquela das ações propriamente ditas, depende completamente do trabalho de taxonomistas que são os responsáveis por definirem limites interespecíficos e produzirem listas de espécies e, em última análise, utilizarem conceitos alternativos de espécie com o CBE e o CFE (HEY *et al.*, 2003; MACE, 2004). Uma revisão com base em 89 estudos taxonômicos e evolutivos relativamente recentes (1990-2002) indicou que, quando um mesmo conjunto de organismos é delimitado em nível específico alternativamente pelo CBE ou CFE, este último conceito reconhece em média 48,7% mais espécies que o primeiro, consequentemente, ocasionando um aumento também do número de espécies consideradas ameaçadas de extinção em função de distribuições geográficas e tamanhos populacionais mais reduzidos (AGAPOW *et al.*, 2004). Outros estudos mostraram que a alocação de áreas prioritárias para a

preservação de espécies vulneráveis a extinção também pode sofrer alterações bastante significativas em função do conceito de espécie adotado (PETERSON & NAVARRO-SINGÜENZA, 1999; BATES & DEMOS, 2001; MEIJAARD & NIJMAN, 2003). No México, o CBE reconhece 101 espécies de aves endêmicas, concentradas nas regiões montanhosas do sul e oeste do país, enquanto o CFE reconhece mais que o dobro de espécies nesta mesma categoria (249), por sua vez distribuídas principalmente nas porções oeste; essa discrepância leva a soluções em grande parte conflitantes para a maximização da conservação de espécies de aves endêmicas mexicanas, dependendo do conceito de espécie adotado (PETERSON & NAVARRO-SINGÜENZA, 1999; NAVARRO-SINGÜENZA & PETERSON, 2004).

A marcada tendência ao reconhecimento de um número maior de espécies pelo CFE em relação ao CBE foi batizada com o termo “inflação taxonômica” (ALROY, 2003; ISAAC *et al.*, 2004), tendo como seus supostos efeitos deletérios, além do aumento do número de espécies consideradas vulneráveis e ameaçadas, já discutido anteriormente, as seguintes consequências (AGAPOW *et al.*, 2004):

1. Necessidade de aumento significativo do montante dos recursos necessários para a preservação do número adicional de espécies vulneráveis reconhecido pelo CFE, com um consequente ônus político associado;
2. A inviabilidade de se comparar listas de espécies ameaçadas entre períodos distintos, pois em vez de refletirem tendências de aumento ou diminuição de vulnerabilidade, refletirão apenas um acúmulo progressivo de espécies em função de revisões taxonômicas recentes;
3. Um aumento exacerbado do número de espécies ameaçadas de extinção pode ocasionar uma banalização do termo “espécie ameaçada” e uma consequente apatia por parte da opinião pública diante deste importante conceito;
4. Uma perda geral da credibilidade na metodologia e estratégias utilizadas na biologia conservação, com um consequente aprofundamento do questionamento sobre a eficiência da disciplina em atingir os objetivos a que se propõe.

Por outro lado, o uso prolongado do CBE na biologia, que somente agora começa a ser desafiado de modo mais intenso, também pode levar a conclusões equivocadas e com graves consequências do ponto de vista da conservação. Talvez o principal problema do CBE neste aspecto é que ele admite a existência de espécies bastante inclusivas em termos evolutivos, cujas populações podem ser tão distintas em relação a caracteres comportamentais, ecológicos, morfológicos e genéticos que podem apresentar níveis bastante distintos de vulnerabilidade, causados por fatores igualmente distintos, que podem não ser diagnosticados quando elas são tratadas como

componentes de uma única espécie (ZINK, 1997, 2004; ZINK *et al.*, 2000). Posto de outra maneira: uma mesma espécie biológica pode ter uma ou mais UES que não são diagnosticadas quando a unidade de análise é a espécie politípica ou, ainda, todas são consideradas uma entidade uniforme em bancos de dados com informações biológicas utilizados amplamente na definição de políticas de conservação em vários níveis geopolíticos (e.g., CAPOBIANCO *et al.*, 2001).

Um contraponto frequentemente levantado em relação aos problemas do CBE mencionados acima é que o uso da categoria subespécie por este conceito corrige em grande parte essas deficiências, pois subespécies automaticamente chamam a atenção para soluções de conservação específicas para populações diferenciadas (e reconhecida como subespécie) de uma determinada espécie politípica (MACE, 2004; HAIG *et al.*, 2006). Mace (2004) foi ainda mais longe ao argumentar que, no momento da diagnose comparativa de espécies vulneráveis, é indiferente para uma população diferenciada de gorila, por exemplo, aparecer numa lista de táxons ameaçados como espécie filogenética ou subespécie biológica; segundo Mace (2004), a alternativa de listá-la como espécie à parte (neste caso seguindo o CFE) é redundante em relação a listar toda a espécie biológica gorila, aí incluindo automaticamente todas as suas subespécies. Segundo ela e, como argumentado acima, existem vários inconvenientes em se “inflacionar” listas de espécies ameaçadas simplesmente elevando-se ao nível de espécie táxons de animais carismáticos antes considerados subespécies sob a argumentação de que isso será benéfico para sua conservação (MACE, 2004). Independentemente de entrar no mérito dos supostos inconvenientes levantados por ela e Agapow *et al.* (2004) com relação à “inflação taxonômica” de listas de espécies ameaçadas, é indiscutível que o problema da conservação de populações diferenciadas (ou UES) depende em última análise do reconhecimento destas como entidades taxonômicas discretas, sejam elas denominadas de espécies ou subespécies. No entanto, se já existe considerável controvérsia em relação ao uso do termo espécie, e listagens que apenas incluem essa categoria já são de compilação dispendiosa em vários aspectos e circunstâncias, o problema é muito maior quando a categoria subespécie é considerada, especialmente naqueles grupos onde o CBE teve historicamente uma maior influência como a ornitologia e mastozoologia (BARROWCLOUGH & FLESNESS, 1996; GROVES, 2001; ZINK, 2004; ALEIXO, 2007). Neste sentido, já existe uma proposta para a compilação de listas de subespécies válidas nos diversos grupos biológicos para que a diagnose de UES vulneráveis se torne um processo mais direto e menos dependente do debate em torno de conceitos de espécie (HAIG *et al.*, 2006). No entanto, é possível prever que esta proposta certamente encontrará os mais diversos entraves para sua implantação por um motivo principal bastante simples: ela simplesmente transfere para uma categoria taxonômica imediatamente inferior à de espécie a necessidade de revisão ampla da validade dos táxons descritos até hoje, o que constitui de todo modo um processo bastante lento em razão principalmente da carência de pessoal qualificado e recursos financeiros (MACE, 2004; REMSEN, 2005).

Desse modo, se as unidades de trabalho da biologia da conservação são as UES, então, tanto espécies filogenéticas quanto subespécies válidas servem como entidades taxonômicas úteis nos contextos de diagnose de espécies vulneráveis e planejamento quanto de ação na biologia da conservação. Os argumentos levantados por Mace (2004) e Isaac *et al.* (2004) sobre a maior adequação do CBE com relação às atividades de planejamento na biologia da conservação (devido a sua suposta maior estabilidade) e de subespécies ou do CFE nas atividades de ação/planos de manejo, estão em forte contradição com o consenso emergente na disciplina sobre a utilização das UES como unidades de análise (CRANDALL *et al.*, 2000; HEY *et al.*, 2003). O maior problema com o raciocínio destes autores é fazer o elo entre as UES e taxonomia apenas durante as ações diretas da conservação, mas não durante a fase de planejamento e diagnose de vulnerabilidade. Ainda que estes sejam momentos bastante distintos no ciclo de atividades da biologia da conservação, a separação entre eles pode levar, por exemplo, a não diagnose de UES ameaçadas dentro de espécies politípicas de ampla distribuição, que no momento do planejamento necessariamente são tratadas como uma única entidade e têm seus efetivos populacionais e áreas de distribuição calculados em conjunto. Seguindo a lógica defendida por estes autores, essas UES apenas seriam consideradas na etapa de planejamento e diagnose de vulnerabilidade se os seus parâmetros populacionais e áreas de distribuição somados (correspondentes ao de toda a espécie biológica) fossem reduzidos o suficiente para se encaixarem nos critérios de ameaça rotineiramente utilizados em compilações de listas de espécies ameaçadas (e.g., IUCN, 2007). Portanto, se o grau de vulnerabilidade de UES não é avaliado logo na etapa de planejamento da conservação, é possível que, quando uma determinada espécie biológica venha a ser listada como ameaçada, o estado de conservação de pelo menos algumas de suas UES já esteja irreversivelmente comprometido, o que não aconteceria caso fossem monitoradas separadamente antes de qualquer ação conservacionista. Consequentemente, o poder de detecção de UES vulneráveis por parte do CBE é bem inferior àquele do CFE, ou, para dissociar esta conclusão do debate em torno de conceitos de espécie, daquele em que subespécies funcionais (equivalente a espécies filogenéticas) são consideradas desde o início na etapa de planejamento em biologia da conservação.

Um exemplo prático pode ser dado com relação à lista mais recente de espécies ameaçadas do Brasil; nela, ainda no momento do planejamento e diagnose de táxons ameaçados, foram avaliadas subespécies consideradas significativamente diferenciadas, particularmente naqueles grupos em que são mais numerosas, como em lepidópteros, aves e mamíferos (IBAMA, 2003). Um dos resultados mais importantes foi a constatação de que no setor mais devastado da Amazônia brasileira (o denominado Centro de Endemismo Belém, Fig. 1), nove subespécies de aves correspondem a UES, correndo um sério risco de extinção (IBAMA, 2003), o que não teria sido revelado caso a unidade de análise tivesse sido a espécie biológica como um todo incluindo estes táxons, uma vez que em todos os casos elas são amplamente distribuídas e com grandes efetivos populacionais em toda a Amazônia. A concentração de tantos táxons (correspondentes a UES) endêmicos nesta região da Amazônia chamou a atenção para o fato de que ela é uma das menos

protegidas por unidades de conservação em todo o bioma, tornando-a automaticamente um alvo prioritário para a implantação de novas unidades (SILVA *et al.*, 2005).

Conceitualmente, ao se focar em UES em biologia da conservação, é inevitável a necessidade de se lidar com “inflação taxonômica”, seja na “roupagem” de espécies ou subespécies. Consequentemente, a maior inconsistência no raciocínio de Isaac *et al.* (2004) e Mace (2004) é, ao mesmo tempo, combater a “inflação taxonômica”, mas defender o uso de populações/subespécies/espécies filogenéticas como norteadores de ações e manejo em biologia da conservação.

Portanto, a base do problema da incerteza taxonômica na Amazônia reside na demanda urgente por parte da biologia da conservação de UES definidas consistentemente por uma taxonomia que reflita a história evolutiva dos diferentes grupos biológicos, independentemente da hierarquia. Um exemplo concreto deste problema é dado a seguir.

## 2. Problemas associados à incerteza taxonômica na amazônia: o exemplo do grupo mais bem estudado na região

Embora o grupo taxonômico aves seja considerado o mais bem estudado da Amazônia (OREN, 2001), diversas novas espécies de aves vêm sendo descobertas na região nos últimos anos, revelando um conhecimento ainda incompleto sobre a real diversidade da mais rica avifauna do planeta. Embora muitas dessas novas espécies representem descobertas de táxons anteriormente não nomeados (FITZPATRICK & WILLARD, 1990; LANYON *et al.*, 1990; SILVA *et al.*, 1995, 2002; BIERREGAARD *et al.*, 1997; GABAN-LIMA *et al.*, 2002; SILVEIRA *et al.*, 2005; WHITNEY *et al.*, 2004; WHITTAKER, 2002), outras representam validações de táxons que eram considerados até então como subespécies (PIERPONT & FITZPATRICK, 1983; ISLER *et al.*, 1997, 1999, 2002, 2007a, 2007b; ZIMMER, 1997, 2002; ZIMMER & WHITTAKER, 2000). Portanto, uma parte significativa das novas espécies de aves reconhecidas recentemente para a Amazônia reflete importantes mudanças de cultura taxonômica, em vez de verdadeiras “descobertas”; na verdade, mudanças na prática taxonômica estão também por trás da descrição de alguns dos novos táxons como espécies em vez de subespécies (por exemplo, SILVA *et al.*, 1995, 2002; SILVEIRA *et al.*, 2005). A elevação de subespécies a espécies plenas, que segue a recente tendência de substituir o tradicional CBE pelo CFE, é também observada em outros grupos de organismos “carismáticos”, tais como primatas (GROVES, 2001), e tal fato tem sido chamado “inflação taxonômica” (ver acima). Portanto, é muito importante compreender em detalhes as implicações para a conservação dos aspectos conceituais e empíricos relacionados às recentes mudanças na prática taxonômica envolvidas no estabelecimento de limites interespecíficos em aves amazônicas.

A principal mudança recente na prática taxonômica observada na ornitologia amazônica é empírica ao invés de conceitual e, portanto, independente de alterações nos conceitos de espécies adotados. Na verdade, essa mudança se insere no âmbito da utilização de novos caracteres, como vocalizações e sequências de DNA, em estudos taxonômicos, seguindo a disponibilidade de amostras vocais e de tecidos no contexto de uma melhor amostragem de localidades amazônicas obtidas por metodologias modernas de pesquisas ornitológicas principalmente após os anos 1990. Por exemplo, o contínuo uso do CBE no contexto de revisões taxonômicas que combinam caracteres morfológicos tradicionais com análises vocais levou à divisão de diversas espécies biológicas entre duas e seis “novas” espécies biológicas (PIERPONT & FITZPATRICK, 1983; ALONSO & WHITNEY, 2001; BIERREGAARD *et al.*, 1997; ISLER *et al.*, 1997, 1999, 2002, 2007a, 2007b; WHITNEY & ALONSO, 1998; WHITTAKER, 2002; ZIMMER, 1997, 2002; ZIMMER & WHITTAKER, 2000; ZIMMER *et al.*, 2001). De fato, uma estimativa baseada apenas nos estudos supracitados indica que, em média, para cada espécie biológica amazônica estudada com uma combinação de caracteres morfológicos e vocais, quase três “novas” espécies biológicas são reconhecidas. A inclusão de dados genéticos em avaliações taxonômicas das aves amazônicas ainda não é tão generalizada como a utilização de dados vocais, mas um número cada vez maior de estudos modernos aponta para o mesmo padrão, ou seja, “antigas” espécies biológicas politípicas tendem a ser divididas em duas ou mais “novas” espécies biológicas principalmente porque não existem evidências de fluxo gênico entre suas supostas subespécies ou porque espécies politípicas “tradicionais” tornam-se parafléticas ou até mesmo polifléticas em relação a outras espécies biológicas aceitas (ALEIXO, 2002, 2004; ARMENTA *et al.*, 2005; NYIÁRI, 2007; DACOSTA & CLICKA, 2008; MILLER *et al.*, 2008, RHEINDT *et al.*, 2008; TOBIAS *et al.*, 2008). No entanto, um número comparativamente menor de novas espécies de aves amazônicas parece sim refletir mudanças conceituais relacionadas ao uso do CFE em substituição ao CBE quando se descrevem novos táxons e se revisam limites interespecíficos (ALVARENGA *et al.*, 2002; LOVETTE, 2004; RIBAS *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 1995, 2002; SILVEIRA *et al.*, 2005) e, portanto, se encaixa na clássica definição de “inflação taxonômica”. No entanto, “incerteza taxonômica”, em vez de “inflação taxonômica”, pode definir melhor a maioria dos casos acima mencionados, em que mudanças empíricas e não conceituais na prática taxonômica foram responsáveis por um aumento do número de espécies de aves reconhecidas na Amazônia.

Para melhor compreender o problema da incerteza taxonômica, é importante lembrar que os limites atuais de espécies biológicas de aves amazônicas e neotropicais como um todo foram estabelecidos principalmente por revisões durante a primeira metade do século XX, entre 50-70 anos atrás. Primeiro, o ornitólogo C. E. Hellmayr desempenhou um papel chave na ligação entre museus norte-americanos e europeus, “limpando” uma parte significativa da taxonomia de aves amazônicas e neotropicais em geral, além de estabelecer, pela primeira vez, limites de espécies baseados no CBE para muitos grupos de aves amazônicas (HELLMAYR *et al.*, 1918-1949); posteriormente, já com a taxonomia relativamente bem resolvida, revisões de limites interespecíficos

foram realizadas principalmente por ornitólogos norte-americanos, como J. T. Zimmer (1931-1953), que também seguiu a lógica do CBE. A chamada *Peters check-list* (PETERS, 1934-1986), uma extraordinária e ainda única compilação de todos os táxons de aves considerados válidos em todo o mundo, consolidou os limites interespecíficos para espécies de aves amazônicas estabelecidos por aqueles autores principais e atualmente representa o principal diretório aceito de espécies biológicas não só para a Amazônia, mas para todo o mundo (ALEIXO, 2007). O principal problema com esta abordagem não tem relação com a utilização do CBE em si, mas sim com a qualidade científica dessas delimitações já antigas de espécies biológicas, geralmente baseadas em análises excessivamente simplistas e superficiais de, frequentemente, séries muito pequenas de espécimes ao longo de uma extensa área geográfica. Na maioria dos casos, o isolamento reprodutivo ou sua ausência, que desempenha um papel chave na delimitação de espécies biológicas, foi inferido sobre uma base puramente subjetiva e, mais tarde, se revelou errôneo por estudos baseados em uma abordagem considerando vários caracteres (veja exemplos acima). Portanto, o diretório de espécies biológicas consolidadas na *Peters check-list* está tornando-se obsoleto muito rapidamente por estudos taxonômicos modernos e essas mudanças estão ocorrendo em um ritmo tão acelerado que é impossível prever quantas “novas” espécies biológicas serão reconhecidas daqui a 30 anos, quando os limites interespecíficos de muitas das espécies biológicas da Amazônia vão completar um século de existência. Assim, o conhecimento taxonômico preciso é o único instrumento confiável para evitar avaliações errôneas em biologia da conservação influenciadas pela incerteza taxonômica entre as aves amazônicas.

### 3. A unificação entre conceitos de espécie e sua relação com unidades evolutivas significativas (UES)

Uma proposta recente de integração entre o CBE, CFE e outros conceitos de espécie propostos na biologia (DE QUEIROZ, 1998, 2005) incorpora de modo bastante consistente o espectro de definições já propostas para UES, consideradas tão importantes em biologia da conservação (CRANDALL *et al.*, 2000; PEARMAN, 2001; HEY *et al.*, 2003). Uma distinção terminológica importante introduzida por de Queiroz (1998) é aquela entre “conceito” e “critério” de espécie. Segundo de Queiroz (1998), todos os “conceitos” de espécie propostos até então são variações de um único conceito de espécie, uma vez que todos eles explícita ou implicitamente consideram espécies segmentos de linhagens evolutivas de nível populacional (não no sentido de uma comunidade reprodutiva como entende o CBE, mas apenas no sentido de um nível de organização evolutiva imediatamente acima do indivíduo). As diferenças conceituais que marcaram as distinções entre “conceitos” de espécie, como o CBE e CFE, dizem respeito apenas à ênfase que cada um deles coloca em diferentes fenômenos que acompanham o processo de cladogênese, não consistindo, contudo, num conflito com relação ao tipo de entidade ao qual eles se referem

como “espécie”. Portanto, em vez de “conceitos” de espécie, de Queiroz (1998) advoga que o CBE e o CFE, por exemplo, constituem unicamente critérios distintos e alternativos para a definição de espécie dentro de um mesmo conceito unificado de espécie, batizado por ele de Conceito Filético Geral de Espécie (tradução livre de *General Lineage Species Concept*), abreviado daqui em diante CFGE. A chave para entender a nova terminologia proposta por de Queiroz (1998) é considerar o extenso componente temporal do processo de cladogênese, que no nível microevolutivo se inicia com a diferenciação (num primeiro momento ainda incipiente) entre duas populações irmãs, culminando com a produção de espécies cujos genomas não mais apresentam a capacidade de se misturar, passando por pelo menos quatro estágios principais (ALEIXO, 2007). Portanto, critérios de espécies como o CBE e CFE simplesmente procuram domesticar o processo de cladogênese, compartimentalizando-o com a finalidade operacional de definir limites entre linhagens de acordo com uma determinada interpretação de limites interespecíficos. Assim, em função da natureza temporal contínua do processo de cladogênese, a definição de limites interespecíficos será sempre arbitrária, independentemente do critério adotado.

Ao admitir explicitamente a arbitrariedade no processo de delimitação de espécies, o CFGE as compartimentaliza dentro do processo maior de cladogênese como metapopulações (populações diferenciadas) de organismos com uma trajetória evolutiva independente de outras metapopulações (DE QUEIROZ, 1998, 2005), em clara concordância com o cerne do conceito de UES (MORITZ, 1994; CRANDALL *et al.*, 2000; PEARMAN, 2001; HEY *et al.*, 2003). Assim, o CFGE tem essencialmente dois critérios claros e objetivos para considerar uma determinada população como espécie independente (DE QUEIROZ, 1998): diagnose em relação a outras populações (preenchendo a condição de metapopulação) e monofilia em relação a outras populações (preenchendo o critério de evolução independente). Indiscutivelmente, o CFGE pode ser considerado uma visão filogenética de espécie (ver ISAAC *et al.*, 2004), se diferindo, no entanto, das definições mais utilizadas do CFE pelo fato de empregar na sua delimitação de espécie apenas aqueles caracteres que fazem a diagnose ao nível metapopulacional, ou seja, num nível logo acima do indivíduo, conferindo um rigor conceitual ao CFGE num ponto onde existe grande ambiguidade no CFE (JOHNSON *et al.*, 1999; ALEIXO, 2007).

O entendimento por parte de biólogos evolucionistas e conservacionistas de que a diversidade filética (metapopulacional) é a célula de preservação mais básica em biologia da conservação implica que os conceitos de espécie mais úteis nesta disciplina serão justamente aqueles que resgatam mais prontamente a equivalência entre UES e “espécies”, como o CFE ou a “segunda geração” de conceitos filogenéticos como o CFGE. É verdade que o CBE também pode acomodar a perspectiva metapopulacional de conservação por meio da categoria taxonômica subespécie, mas é preciso destacar três motivos principais pelos quais a adoção do CBE e suas subespécies não convém no contexto da biologia da conservação:

1. O tratamento de metapopulações em trajetórias evolutivas independentes (que constituem automaticamente UES) como subespécies, confunde ou mesmo minimiza perante a opinião pública sua importância como alvos para a conservação, o que não aconteceria caso fossem tratadas explicitamente como espécies distintas (ZINK, 2004). Indiscutivelmente, o apelo heurístico da palavra espécie é bem maior para a esmagadora maioria da população humana (e em especial os tomadores de decisão) do que subespécie, uma unidade taxonômica até agora considerada de baixa prioridade para a inclusão em bancos de dados utilizados no planejamento da conservação (HAIG *et al.*, 2006), em grande parte também devido à imprecisão quanto à sua definição (ALEIXO, 2007).
2. Como já demonstrado acima e ao contrário do que já foi proposto explicitamente (ISAAC *et al.*, 2004; MACE, 2004), espécies biológicas politípicas (geralmente bastante inclusivas evolutivamente) não constituem a melhor unidade de análise na etapa do planejamento da conservação se, na fase imediatamente seguinte, se pretende focar as ações no nível metapopulacional (em UES). O grande risco neste caso é não detectar metapopulações ameaçadas de espécies politípicas de ampla distribuição e grandes efetivos populacionais, que têm seu estado de ameaça mascarado pelo conjunto de metapopulações (ou subespécies) que integram a espécie biológica como um todo. Uma vez não identificadas na etapa de planejamento, estas metapopulações (ou UES) não serão obviamente alvos de ações conservacionistas em tempo hábil, num claro prejuízo para a reversão do seu estado de ameaça. Uma alternativa seria considerar subespécies separadas em vez de espécies politípicas como as unidades de análise (ver HAIG *et al.*, 2006), mas como já mencionado acima, essa proposta é de difícil implantação e depende de amplas revisões taxonômicas equivalentes em escopo àquelas necessárias para se diagnosticar espécies filogenéticas dentro de espécies politípicas.
3. O CBE (com suas espécies politípicas) é na verdade um conceito utilizado sistematicamente apenas para uma minoria dos grupos taxonômicos, notadamente aves e mamíferos (HERSHKOVITZ, 1977; WATSON, 2005; ALEIXO, 2007). Em outros grupos de vertebrados como anfíbios, peixes e répteis, o conceito de subespécie é utilizado de forma bastante esporádica, o mesmo acontecendo com invertebrados (exceto borboletas) e plantas (ZINK, 1997; BARROWCLOUGH & FLESNESS, 1996; WATSON, 2005; HAIG *et al.*, 2006). Portanto, num contexto de revisão taxonômica ampla com vistas a diagnosticar espécies ou subespécies válidas a serem consideradas como UES, é muito mais lógico a não utilização do CBE e de espécies politípicas, sendo mais justificável a adoção dos conceitos filogenéticos (*sensu* ISAAC *et al.*, 2004) que são, ao mesmo tempo, consistentes com a definição de espécies na maior parte dos grupos biológicos e com o conceito de UES (ZINK, 1997; HEY *et al.*, 2003; WATSON, 2005; ALEIXO, 2007).

Um dos principais avanços do CFGE foi explicitamente admitir e propalar o caráter subjetivo da atribuição de limites específicos inerente ao processo de revisão taxonômica. Neste sentido, espécies passaram a não ter uma definição absoluta, podendo ser delimitadas de modo alternativo ao longo do processo de cladogênese, dependendo da pergunta ou enfoque científico de interesse (DE QUEIROZ, 2005). Assim, o foco da biologia da conservação em UES demanda uma definição prática de espécies com o objetivo de maximizar o reconhecimento e legitimidade taxonômica destes alvos, o que é plenamente consistente com a definição arbitrária de espécies fornecida pelo CFGE: metapopulações diferenciadas em trajetórias evolutivas distintas (DE QUEIROZ, 2005; ALEIXO, 2007). Neste sentido, levando em consideração os avanços conceituais introduzidos pelo CFGE, uma agenda de trabalho comum entre taxonomistas e conservacionistas é proposta abaixo, com foco não apenas na Amazônia, mas em todos os biomas brasileiros.

#### 4. Reconhecendo a importância da taxonomia para a biologia da conservação: proposta de uma agenda de trabalho para o século XXI

O entendimento que um diagnóstico acurado das prioridades de conservação para os biomas brasileiros depende da taxonomia para uma definição ao mesmo tempo objetiva, pragmática e cientificamente correta de UES, abre um grande campo de interação entre a biologia da conservação e a taxonomia. A nova perspectiva de integração de diferentes conceitos de espécie oferecida pelo CFGE abre uma possibilidade de solução para o até então intenso e controverso debate sobre conceitos de espécie (SITES & MARSHALL, 2004; DE QUEIROZ, 2005); ao mesmo tempo, biólogos conservacionistas chegam a um consenso sobre a utilidade de UES e como elas devem ser definidas em termos evolutivos (HEY *et al.*, 2003). Uma grande oportunidade de integração entre taxonomia e biologia da conservação surge da necessidade de revisão ampla da validade de uma grande quantidade de táxons descritos até hoje, algo que deve ser alcançado para o reconhecimento efetivo de UES reais, evitando-se a possibilidade de que elas representem puros artefatos taxonômicos. Neste sentido, como já argumentado anteriormente, pouco importa se UES sejam equivalentes a subespécies válidas ou espécies filogenéticas; o fato é que o foco essencial deve ser na validade taxonômica de entidades correspondentes a UES.

Biólogos conservacionistas e agências governamentais de proteção ambiental necessitam de listas consensuais de táxons válidos compiladas por especialistas (seja na denominação de espécies ou subespécies, ambas equivalentes a UES) para o planejamento e execução de políticas de conservação (HAIG *et al.*, 2006), o que valoriza sobremaneira o papel do taxonomista nestas atividades. Por outro lado, essa demanda exige dos taxonomistas uma profunda reflexão sobre a

natureza inerentemente arbitrária do processo de delimitação de espécies e, portanto, também sobre a necessidade de se adotar critérios explícitos para este fim consistentes com o enfoque conservacionista de espécie. Neste sentido, a demanda conservacionista pode ser um estímulo sem precedentes para a concretização da hercúlea tarefa de revisar amplamente a validade de diversos táxons nos diferentes grupos biológicos a partir de critérios explícitos e divulgação destes resultados num formato padronizado.

No curto prazo, uma iniciativa extremamente importante é a consolidação de listas taxonômicas consensuais para os diferentes grupos biológicos que ocorrem nos biomas brasileiros. Estas listas, além de consistirem num grande avanço por sintetizarem a informação sobre a diversidade conhecida de um determinado grupo de organismos na região, oferecem um ponto de partida para a diagnose de problemas taxonômicos ainda não abordados, permitindo inclusive traçar uma estratégia e o desenvolvimento de metas para o preenchimento destas lacunas. As instituições científicas brasileiras com um corpo de especialistas em taxonomia de grupos zoológicos, botânicos e microbiológicos, têm um papel fundamental nesta iniciativa, pois elas congregam uma massa crítica para a discussão destes consensos taxonômicos.

Assim, uma agenda de trabalho poderia ser iniciada com a consolidação de listas de táxons válidos por taxonomistas especialistas para seus respectivos grupos biológicos de interesse. O conceito de espécie utilizado em cada grupo biológico pode variar, embora se sugira a utilização do CFGE em razão das suas várias vantagens já discutidas ao longo deste artigo. No entanto, o essencial é que, caso se opte alternativamente pela adoção do CBE, também sejam compiladas listas consensuais de subespécies válidas ou funcionais (*sensu* BARROWCLOUGH, 1982), ou seja, cuja validade taxonômica possa ser comprovada ou, no mínimo, razoavelmente assegurada pela comunidade de especialistas (HAIG *et al.*, 2006). O foco do trabalho será listar entidades taxonômicas válidas que possam ser imediatamente interpretadas como UES e, portanto, utilizadas prontamente nas etapas de planejamento e ações em prol da conservação da biodiversidade por parte da sociedade civil organizada e entidades governamentais (HEY *et al.*, 2003).

Num segundo momento, a agenda teria que ser ampliada para o refinamento contínuo das listas produzidas por meio da incorporação periódica dos resultados de revisões taxonômicas e também da geração de demandas por estudos taxonômicos considerados prioritários, ou seja, focados naqueles casos mais controversos ou mal resolvidos. Neste momento, a participação de taxonomistas especialistas também será essencial. Devem-se estimular revisões taxonômicas com caracteres de diferentes origens, como por exemplo, aquelas que integrem caracteres morfológicos a caracteres moleculares.

Para a concretização destas metas bastante ambiciosas, é necessário antes de tudo que tanto organizações não governamentais (ONG) conservacionistas quanto agências governamentais de

proteção ambiental e fomento científico efetivamente compreendam a importância chave desempenhada pela taxonomia na conservação dos biomas brasileiros e estejam dispostas e investir recursos (cobrando resultados práticos) em revisões taxonômicas e na formação e ampliação do quadro de taxonomistas atuando na região. Várias estratégias neste sentido, particularmente no que concerne à esfera governamental ambiental e científica, já foram amplamente discutidas e propostas com o intuito de criar um forte programa nacional de pesquisa em taxonomia (MARINONI *et al.*, 2006, ver também o Programa de Pesquisa em Biodiversidade no site <http://ppbio.inpa.gov.br>). No entanto, estas devem ser ainda mais abrangentes, dada a urgência em se resolver o problema da incerteza taxonômica que permeia o conhecimento sobre os organismos dos biomas brasileiros.

Para tanto, é essencial ao estabelecimento de um programa nacional permanente de taxonomia e coleções, que tenha como objetivos principais:

1. A ampliação e o detalhamento de inventários biológicos nos biomas brasileiros;
2. A revisão taxonômica geral, mas com o objetivo central de identificar novas espécies por meio de uma abordagem multidisciplinar baseada em diferentes tipos de caracteres, como por exemplo vocais, morfológicos e moleculares;
3. O fortalecimento do papel central dos museus de história natural como locais que abrigam recursos para trabalhos taxonômicos: registros de ocorrência, tecidos e vocalizações referenciados através de espécimes testemunho.

ONGs conservacionistas poderiam contribuir por meio de fundos específicos que apoiassem financeiramente estudos taxonômicos e a formação de taxonomistas nos moldes do programa Beca, coordenado pelo Instituto Internacional de Educação do Brasil (IEB) (<http://www.iieb.org.br>) e apoiado por várias fundações.

Paralelamente, um inédito programa nacional específico direcionado à caracterização molecular da biodiversidade brasileira seria de vital importância para atender às seguintes finalidades:

1. Diagnose científica e reconhecimento de espécies morfológicamente similares (“crípticas”), mas genética e evolutivamente distintas, ainda não consideradas na seleção de áreas prioritárias para a conservação dos biomas brasileiros;
2. Desenvolvimento de uma “biblioteca” de “códigos de barra da vida” de organismos brasileiros em articulação com o programa internacional CBoL (*Consortium for the Bar-code of Life*), que seria a base para um sistema de inovação na identificação de organismos e

produtos biológicos derivados para órgãos de proteção ambiental e fiscalização sanitária, com diversas aplicações comerciais, forenses e criminalísticas.

O produto destes dois programas nacionais permanentes em ciência, tecnologia e inovação, aliado à parceria com o setor privado, permitirá a consolidação de listas completas de táxons válidos para todos os biomas brasileiros e que poderão ser interpretados alternativamente como espécies biológicas, espécies filogenéticas, subespécies ou UES, dependendo do contexto enfocado. Se isso estiver disponível para os vários grupos biológicos, finalmente será possível remover o efeito da incerteza taxonômica que tanto aflige o conhecimento sobre a biodiversidade brasileira.

### **Agradecimentos**

As ideias aqui contidas e discutidas resultaram de um longo período de interação e debate com vários colegas no Brasil e nos EUA, durante o qual fui bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – auxílios n.º 200099/97-3 e 35.0415/2004-8). Minha pesquisa na Amazônia durante os últimos anos tem sido apoiada pelas seguintes instituições e organizações: Ministério da Ciência e Tecnologia (CNPq – auxílios n.º 310593/2009-3, 574008/2008-0, 490387/2007-1 e 476212/2007-3; FINEP; PPBio), Ministério do Meio Ambiente (MMA/PROBIO), Conservação Internacional (CI-Brasil), *National Science Foundation* (auxílios n.º DEB-0515672 e DEB 0543562) e *World Wildlife Fund* (WWF-Brasil).

## Referências

- AGAPOW, P.-M., O. R. P. Bininda-Emonds, K. Crandall, J. L. Gittleman, G. M. Mace, J. C. Marshall & A. Purvis. 2004. The impact of species concept on biodiversity studies. *The Quarterly Review of Biology* 79: 161-179.
- ALEIXO, A. 2002. Molecular systematics and the role of the "várzea"- "terra-firme" ecotone in the diversification of *Xiphorhynchus* woodcreepers (Aves: Dendrocolaptidae). *The Auk* 119: 621-640.
- \_\_\_ 2004. Historical diversification of a "terra-firme" forest bird superspecies: a phylogeographic perspective on the role of different hypotheses of Amazonian diversification. *Evolution* 58: 1303-1317.
- \_\_\_ 2007. Conceitos de espécie e o eterno conflito entre continuidade e operacionalidade: uma proposta de normatização de critérios para o reconhecimento de espécies pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. *Revista Brasileira de Ornitologia* 15: 229-242.
- ALLEGRETTI, M. 2006. Do Avanço Brasil ao PPA de Lula: o que mudou do ponto de vista ambiental na agenda do desenvolvimento da Amazônia. *Ciência & Ambiente* 32: 15-34.
- ALROY, J. 2003. Taxonomic inflation and body mass distributions in North American fossil mammals. *Journal of Mammalogy* 84: 431-443.
- ALONSO, J. A. & B. M. WHITNEY. 2001. A new *Zimmerius* Tyrannulet (Aves: Tyrannidae) from white sand forests of northern Amazonian Peru. *Wilson Bull.* 113: 1-9.
- ALVARENGA, H. M. F., E. Höffling & L. F. Silveira. 2002. *Notharchus swainsoni* (Gray, 1846) (Bucconidae) é uma espécie válida. *Ararajuba* 10: 73-77.
- ARMENTA J. K., J. D. WECKSTEIN & D. F. LANE. 2005. Geographic variation in mitochondrial DNA sequences of an Amazonian nonpasserine: the Black-spotted Barbet complex. *Condor* 107: 527-536.
- BARROWCLOUGH, G. F. 1982. Geographic variation, predictiveness, and subspecies. *The Auk* 99: 601-603.
- BARROWCLOUGH, G. F. & FLESNESS. 1996. Species, subspecies, and races: the problem of units of management in conservation. In: D. G. Kleiman, M. Allen, K. Thompson & S. Lumpkin (eds). *Wild animals in captivity: principles and techniques*. pp 247-254. Chicago University Press, Chicago, EUA.
- BATES, J. M. & T. C. Demos. 2001. Do we need to devalue Amazonia and other large tropical forests? *Diversity and Distributions* 7: 249-255.
- BIERREGAARD, R. O., M. COHN-HAFT & D. F. STOTZ (1997) Cryptic biodiversity: an overlooked species and new subspecies of antbird (Formicariidae) with a revision of *Cercomacra tyrannina* in north-eastern South America. *Ornithol. Monogr.* 48: 111-128.

- CAPOBIANCO, J. P. R., A. VERÍSSIMO, A. MOREIRA, D. SAWYER, I. SANTOS & L. P. PINTO. 2001. Biodiversidade na Amazônia brasileira: avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios. Estação Liberdade e Instituto Socioambiental, São Paulo, Brasil.
- COLLAR, N. J. 1997. Taxonomy and conservation: chicken and egg. *Bulletin of the British Ornithological Club* 117: 122-136.
- CRANDALL, K. A., O. R. P. BININDA-EMONDS, G. M. & R. K. WAYNE. 2000. Considering evolutionary processes in conservation biology. *Trends in Ecology and Evolution* 15: 290-295.
- DACOSTA, J. M. & J. CLICKA. 2008. The great american interchange in birds: a phylogenetic perspective with the genus *Trogon*. *Mol. Ecol.* 17: 1328-1343.
- FEARNSIDE, P. M. 2005. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates, and consequences. *Conservation Biology* 19: 680-688.
- FEARNSIDE, P. M. 2006. Containing destruction from Brazil's Amazon highways: now is the time to give weight to the environment in decision-making. *Environmental Conservation* 33: 181-183.
- FITZPATRICK, J. W. & D. E. WILLARD. 1990. *Cercomacra manu*, a new species of antbird from southwestern Amazonia. *The Auk* 107:239-245.
- GABAN-LIMA, R., M. A. RAPOSO & E. HÖFLING. 2002. Description of a new species of *Pionopsitta* (Aves: Psittacidae) endemic to Brazil. *The Auk* 119: 815-819.
- GROVES, C. P. 2001. Primate taxonomy. *Smithsonian Series in Comparative Evolutionary Biology*. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., EUA.
- HAIG, S. M., E. A. BEEVER, S. M. CHAMBERS, H. M. DRAHEIM, B. D. DUGGER, S. DUNHAM, E. ELLIOTT-SMITH, J. B. FONTAINE, D. C. KESLER, B. J. KNAUS, I. F. LOPES, P. LOSCHL, T. D. MULLINS & L. M. SHEFFIELD. 2006. Taxonomic considerations in listing subspecies under the U.S. Endangered Species Act. *Conservation Biology* 20: 1584-1594.
- HELLMAYR, C. E., C. B. CORY & B. CONOVER, B. 1918-1949. Catalogue of birds of the Americas and the adjacent islands in Field Museum of Natural History: including all species and subspecies known to occur in North America, Mexico, Central America, South America, the West Indies, and islands of the Caribbean Sea, the Galapagos Archipelago, and other islands which may properly be included on account of their faunal affinities. *Field Museum Zoological Series*. Chicago: Field Museum of Natural History.
- HERSHKOVITZ, P. 1977. Living new world monkeys (Platyrrhini), with an introduction to primates. Chicago University Press, Chicago, EUA.
- HEY, J., R. S. WAPLES, M. L. ARNOLD, R. K. BUTLIN & R. G. HARRISON. 2003. Understanding and confronting species uncertainty in biology and conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 597-603.

- HUBERT, N. & J-F. RENNO. 2006. Historical biogeography of South American freshwater fishes. *Journal of Biogeography* 33: 1414-1436.
- IBAMA. 2003. Lista nacional da fauna brasileira ameaçada de extinção.  
<http://www.mma.gov.br/port/sbf/fauna/index.cfm> (acesso em 7/01/2008).
- ISAAC, N. J. B., J. MALLETT & G. M. MACE. 2004. Taxonomic inflation: its influence on macroecology and conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 464-469.
- ISLER, M. L., P. L. ISLER & B. M. WHITNEY. 1997. Biogeography and systematics of the *Thamnophilus punctatus* (Thamnophilidae) complex. *Ornithol. Monogr.* 48: 355-381.
- \_\_\_ 1999. Species limits in antbirds (Passeriformes: Thamnophilidae): the *Myrmotherula surinamensis* complex. *The Auk* 116: 83-96.
- ISLER, M. L., J. A. ALONSO, P. L. ISLER, T. VALQUI, A. BEGAZO & B. M. WHITNEY. 2002. Rediscovery of a cryptic species and description of a new subspecies in the *Myrmeciza hemimelaena* complex (Thamnophilidae) of the Neotropics. *The Auk* 119: 362-378.
- ISLER, M. L., P. L. ISLER & B. M. WHITNEY. 2007a. Species limits in antbirds (Thamnophilidae): the warbling antbird (*Hypocnemis cantator*) complex. *The Auk* 124: 11-28.
- ISLER, M. L., P. L. ISLER, B. M. WHITNEY & K. J. ZIMMER. 2007b. Species limits in the "*Schistocichla*" complex of *Percnostola* antbirds (Passeriformes: Thamnophilidae). *Wilson Journal of Ornithology* 119: 53-70.
- IUCN. 2007. IUCN Red List of Threatened Species: a global species assessment. IUCN Publications Services Unit, Cambridge, Reino Unido.
- JOHNSON, N. K., J. V. REMSEN JR. & C. CICERO. 1999. Resolution of the debate over species concepts in ornithology: a new comprehensive biologic species concept. In: N. J. Adams & R. H. Slotow (eds). *Proceedings of the 22nd International Ornithological Congress*. pp 1470-1482. BirdLife South Africa, Durban & Johannesburg, África do Sul.
- LANYON, S. M., D. F. STOTZ & D. E. WILLARD. 1990. *Clytoctantes atrogularis*, a new species of antbird from western Brazil. *The Wilson Bulletin* 102: 571-580.
- LOVETTE, I. J. 2004. Molecular phylogeny and plumage signal evolution in a trans Andean and circum Amazonian avian species complex. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 32: 512-523.
- MACE, G. M. 2004. The role of taxonomy in species conservation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B* 359: 711-719.
- MARINONI, L., C. MAGALHÃES & A.C. MARQUES. 2006. Propostas de estratégias e ações para a consolidação das coleções zoológicas brasileiras. In: A. L. Peixoto, M. R. de V. Barbosa, M. Menezes & L. C. Maia (eds). *Diretrizes e estratégias para a modernização de coleções biológicas brasileiras e a*

- consolidação de sistemas integrados de informação sobre biodiversidade. pp 183-211. Centro de Gestão e estudos estratégicos, Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília, Brasil.
- MEIJAARD, E. & V. NIJMAN. 2003. Primate hotspots in Borneo: predictive value for general biodiversity and the effects of taxonomy. *Conservation Biology* 17: 725-732.
- MILLER, M. J., E. BERMINGHAM, J. KLICKA, P. ESCALANTE, F. S. R. AMARAL, J. T. WEIR & K. WINKER. 2008. Out of Amazonia again and again: episodic crossing of the Andes promotes diversification in a lowland forest flycatcher. *Proceedings of the Royal Society of London, series B* 275: 1133-1142.
- MITTERMEIER, R. A., C. G. MITTERMEIER, T. M. BROOKS, J. D. PILGRIM, W. R. KONSTANT, G. A. B. FONSECA & C. KORMOS. 2003. Wilderness and biodiversity conservation. *Proceedings of the National Academy of Science* 100: 10309-10313.
- MORITZ, C. 1994. Defining 'evolutionary significant units' for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 9: 373-375.
- NAVARRO-SIGÜENZA, A. G. & A. T. PETERSON. 2004. An alternative species taxonomy of the birds of Mexico. *Biota Neotropica* 4: 1-13.
- NYÁRI, A. 2007. Phylogeographic patterns, molecular and vocal differentiation, and species limits in *Schiffornis turdina*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 44: 154-164.
- OREN, D. C. 2001. Biogeografia e conservação de aves na região Amazônica. In: J. P. R. Capobianco, A. Veríssimo, A. Moreira, D. Sawyer, I. Santos & L. P. Pinto (eds). *Biodiversidade na Amazônia brasileira: avaliação e ações prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios*. pp 97 – 109. Estação Liberdade e Instituto Socioambiental, São Paulo, Brasil.
- PEARMAN, P. B. 2001. Conservation value of independently evolving units: sacred cow or testable hypothesis? *Conservation Biology* 15: 780-783.
- PETERS, J. L. 1934 – 1986. Check-list of birds of the world, V. 1 - 16. Cambridge: Museum of Comparative Zoology, Harvard University.
- PETERSON, A. T. & A. G. Navarro-Sigüenza. 1999. Alternative species concepts as bases for determining priority conservation areas. *Conservation Biology* 13: 427-431.
- PIERPONT, N., & J. W. FITZPATRICK. 1983. Specific status and behavior of *Cymbilaimus sanctaemariae*, the Bamboo Antshrike, from southwestern Amazonia. *The Auk* 100: 645-652.
- QUEIROZ, de K. 2005. Ernst Mayr and the modern concept of species. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102: 6600-6607.
- \_\_\_ 1998. The general lineage concept of species, species criteria, and the process of speciation: a conceptual unification and terminological recommendations. In: D. J. Howard & S. H. Berlocher (eds). *Endless forms: species and speciation*. pp. 57-75. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido.

- REMSEN, J. V. 2005. Pattern, process, and rigor meet classification. *The Auk* 122: 403-413.
- RHEINDT, F. E., J. A. NORMAN & L. CHRISTIDIS. 2008. DNA evidence shows vocalizations to be a better indicator of taxonomic limits than plumage patterns in *Zimmerius* tyrant-flycatchers. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 48: 150-156.
- RIBAS, C. C., L. JOSEPH & C. Y. MIYAKI. 2006. Molecular systematics and patterns of diversification in *Pyrhura* (Psittacidae), with special reference to the *picta-leucotis* complex. *The Auk* 123: 660-680.
- SILVA, J. M. C., NOVAES, F. C., & OREN, D. C. 1995. A new species of *Hylexetastes* (Dendrocolaptidae) from eastern Amazonia. *Bulletin of the British Ornithological Club* 115: 200-206.
- \_\_\_ 2002. Differentiation of *Xiphocolaptes* (Dendrocolaptidae) across the river Xingú, Brazilian Amazonia: recognition of a new phylogenetic species and biogeographic implications. *Bulletin of the British Ornithological Club* 122: 185-194.
- SILVA, J. M. C., A. B. RYLANDS & G. A. B. DA FONSECA. 2005. O destino das áreas de endemismo da Amazônia. *Megadiversidade* 1: 124-131.
- SILVEIRA, L. F., F. C. T. LIMA & E. HÖFLING. 2005. A new species of *Aratinga* Parakeet (Psittaciformes: Psittacidae) from Brazil, with taxonomic remarks on the *Aratinga solstitialis* complex. *The Auk* 122: 292-305.
- SITES JR., J. W. & J. C. MARSHALL. 2004. Operational criteria for delimiting species. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35: 199-277.
- SMERALDI, R. 2006. PPA 2004-2007 e obras de infraestrutura na Amazônia. *Ciência & Ambiente* 32: 35-44.
- TOBIAS, J. A., J. M. BATES, S. J. HACKETT & N. SEDDON. 2008. Comment on "The Latitudinal Gradient in Recent Speciation and Extinction Rates of Birds and Mammals". *Science* 319: 901c.
- VALE, M. M., M. COHN-HAFT, S. BERGEN & S. L. PIMM. 2008. Effects of Future Infrastructure development on threat status and occurrence of amazonian birds. *Conservation Biology* 22: 1006-1015.
- WATSON, D. M. 2005. Diagnosable versus distinct: evaluating species limits in birds. *BioScience* 55: 60-68.
- WHITNEY, B. M. & J. A. ALONSO. 1998. A New *Herpsilochmus* Antwren (Aves: Thamnophilidae) from Northern Amazonian Peru and adjacent Ecuador: the role of edaphic heterogeneity of Terra firme forest. *The Auk* 115: 559-576.
- WHITNEY, B. M., D. C. OREN & R. T. BRUMFIELD. 2004. A new species of *Thamnophilus* antshrike (Aves: Thamnophilidae) from the Serra do Divisor, Acre, Brazil. *The Auk* 121: 1031-1039.
- WHITTAKER, A. 2002. A new species of Forest-falcon (Falconidae: *Micrastur*) from southeastern Amazonia and the Atlantic rainforests of Brazil. *The Wilson Bulletin* 114: 421-445.

- ZINK, R. M. 1997. Species concepts. *Bulletin of the British Ornithological Club* 117: 97-109.
- \_\_\_ 2004. The role of subspecies in obscuring avian biological diversity and misleading conservation policy. *Proceedings of the Royal Society of London, series B* 271: 561-564.
- ZINK, R. M., G. F. BARROWCLOUGH, J. L. ATWOOD & R. C. BLACKWELL-RAGO. 2000. Genetics, taxonomy, and conservation of the threatened California Gnatcatcher. *Conservation Biology* 14: 1394-1405.
- ZIMMER, J. T. 1931-1953. Studies of Peruvian birds, nº 1 – 65. *American Museum Novitates*.
- ZIMMER, K. J. 1997. Species limits in *Cranioleuca vulpina*. *Ornithological Monographs* 48: 849-864.
- \_\_\_ 2002. Species limits in Olive-backed Foliage-Gleaners (*Automolus*: Furnariidae). *Wilson Bulletin* 114: 20-37.
- ZIMMER, K. J. & WHITTAKER, A. 2000. Species limits in tail-tipped Tyrannulets (*Inezia*: Tyrannidae). *Wilson Bulletin* 112: 51-66.
- ZIMMER, K. J., A. WHITTAKER & D. C. OREN. 2001. A cryptic new species of flycatcher (Tyrannidae: *Suiriri*) from the cerrado region of Central South America. *The Auk* 118: 56-78.



**Figura 1.** Principais áreas de endemismo na Amazônia, baseadas na distribuição de vertebrados terrestres e diversos grupos de borboletas (mapa obtido de SILVA et al., 2005). Cada uma destas áreas possui um grupo de espécies endêmicas não compartilhado com outras áreas, o que as torna “ilhas” com biotas únicas delimitadas pelos rios principais (Amazonas/Solimões, Negro, Madeira, Tapajós, Xingu e Tocantins) num “arquipélago” amazônico. Em razão de abrigarem uma biota única, as áreas de endemismo Amazônicas constituem unidades focais essenciais para a conservação do bioma.

# A biodiversidade brasileira como fonte de medicamentos inovadores

*Manoel Odorico de Moraes Filho<sup>1</sup>*

---

## 1. A biodiversidade brasileira

O novo milênio traz como grande desafio para a ciência brasileira a exploração racional e eficiente do meio ambiente. A resposta para essa questão encontra-se, indubitavelmente, na exploração sustentável da biodiversidade cujos resultados deverão contribuir para a melhoria da qualidade e ampliação da expectativa de vida da população brasileira.

O conhecimento da biodiversidade representa um dos mais importantes fundamentos para garantir a sobrevivência da espécie humana. O Brasil possui a maior biodiversidade do planeta e muitas das espécies brasileiras são exclusivas (endêmicas) e relevantes para a economia mundial. O território brasileiro ocupa uma área de 8,5 milhões km<sup>2</sup>, o que representa quase a metade de toda a América do Sul, com várias zonas climáticas que incluem o trópico úmido no Norte, o trópico semiárido no Nordeste e áreas temperadas no Sul. As diferenças climáticas contribuem para as alterações ecológicas, formando zonas biogeográficas distintas chamadas biomas. O país abriga seis biomas distintos, 49 ecorregiões e incalculáveis ecossistemas. É preciso lembrar que abriga, também, a maior rede hidrográfica do mundo e uma riquíssima diversidade sociocultural. Esses biomas estão representados pela Floresta Amazônica (floresta tropical úmida), Caatinga (florestas semiáridas), Cerrado (savanas e bosques), Mata Atlântica (floresta tropical pluvial), Pantanal (planície inundável) e os Pampas (campos do sul), além do bioma marinho e da zona costeira. Todos se caracterizam, no geral, por sua grande diversidade biológica em função dos diversos processos adaptativos.

---

<sup>1</sup> Coordenador do Laboratório de Oncologia Experimental da Universidade Federal do Ceará (UFC).

A biota terrestre brasileira possui a flora mais rica do mundo, com até 45.000 espécies de plantas superiores (22% do total mundial), mais de 3.000 espécies de peixes de água doce, 517 espécies de anfíbios (294 endêmicos), 1.677 espécies de aves (191 endêmicas), 524 espécies de mamíferos (131 endêmicos), 468 répteis (172 endêmicas) e pode ter até 10 milhões de espécies de insetos. A vastidão e a diversificação de espécies da biodiversidade brasileira constituem-se em um dos grandes celeiros de matéria-prima de produtos naturais existentes no mundo. Estima-se que cerca de 20% do número total de espécies do planeta estejam no Brasil.

## 2. Destruição da biodiversidade

Mesmo com todo esse potencial existente na biodiversidade, a sua destruição nunca foi tão intensa. De acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas – *Global Biodiversity Outlook 3*, publicado em 2010 –, mais de 60% de todos os ecossistemas do planeta estão ameaçados. Desse total, 35% são mangues e 40% florestas. Hoje, a demanda por recursos naturais excede em 35% a capacidade da Terra. Entre 2000 e 2005, a devastação das florestas na América do Sul foi de 4,3 milhões de hectares, dos quais 3,5 milhões deles no Brasil.

Calcula-se que a perda anual, até aqui, atinge 17.500 espécies. Partindo dessa premissa, é possível considerar que pouco mais de 3,5% das espécies estarão totalmente extintas até o ano 2020. Há estimativas mais pessimistas que admitem que já foram perdidas cerca de 10% de todas as espécies vivas do planeta e que poderemos ainda perder mais 25% nas duas primeiras décadas do século XXI. É claro que deve ser considerado que muitas das espécies se extinguem por processos estritamente naturais, entretanto, esse número é insignificante perto do total dizimado.

Considerando a manutenção do atual cenário mundial, estima-se que 1/5 ou mais das espécies de todos os grupos provavelmente desaparecerão nos próximos 50 anos, ao mesmo tempo em que a população da Terra dobrará nas regiões tropicais. Como consequência, a pressão sobre as florestas aumentará. Nas condições sociais atuais, essa demanda fará com que cerca de 25% das atuais espécies vivas desapareça nos próximos dez anos. Na escala do tempo ecológico, a recuperação da biodiversidade é praticamente improvável. Esses fatos confirmam a urgência de se promover políticas públicas para conhecer e utilizar o potencial da biodiversidade brasileira.

## 3. Biodiversidade e medicamentos

Os seres vivos, além do seu metabolismo de subsistência, produzem uma grande variedade de moléculas com o intuito de ampliar-lhes a resistência e facilitar-lhes a reprodução. São, portanto,

compostos químicos que funcionam como uma vantagem evolucionária para a competição no meio ambiente. Nessas moléculas reside um tesouro incomensurável que vem servindo de base para a indústria farmacêutica, desde os seus primórdios, uma vez que os primeiros medicamentos realmente eficazes foram concebidos a partir de princípios ativos extraídos de plantas com propriedades medicinais. A existência no país de toda essa variedade de biomas é, incontestavelmente, a certeza de que existe um incomensurável potencial na biodiversidade brasileira que deve ser explorado no sentido de identificar moléculas que possam ser utilizadas para aplicação direta na medicina ou para servirem de modelos para síntese de produtos farmacologicamente ativos. Numa fase inicial, é importante explorar o que já existe de capacidade instalada e a expertise na área. Assim, considerando o vasto conhecimento acumulado no estudo químico e farmacológico de plantas, este deve ser um dos alvos preferenciais para consolidação de um projeto destinado à exploração sustentável da biodiversidade brasileira. Além disso, os organismos invertebrados marinhos também despontam como uma fonte potencial para a descoberta de novos fármacos. Acrescentem-se a esses os fungos, que já forneceram moléculas que servem de bases para importantes grupos de medicamentos como os antibióticos, antineoplásicos e imunossuppressores. Por fim, mas não menos importantes, devem também ser acrescentados os venenos extraídos de répteis e anfíbios, cuja variedade e abundância em todo o território brasileiro se constituem num importante celeiro de peptídeos com efeitos farmacológicos variados. É indispensável enfatizar que o interesse pela biodiversidade para produção de medicamentos cresceu com a conclusão do projeto genoma humano, uma vez que o número de possíveis alvos terapêuticos aumentou de cerca de 500 para mais de 6 mil.

#### 4. Situação atual do mercado farmacêutico internacional

Num contexto em que a biodiversidade vem sendo progressivamente dizimada e onde existem inúmeras doenças que carecem de um tratamento seguro e eficaz, é importante enfatizar que o valor dos produtos naturais como fontes de medicamentos para a sociedade e para a economia do Estado é incalculável. Os números do mercado farmacêutico mundial apontam para 773 bilhões de dólares o valor das vendas no ano de 2008. Considerando que aproximadamente 44% dos medicamentos vendidos nas farmácias são fabricados a partir de moléculas extraídas de produtos naturais ou de estruturas químicas derivadas (25% de plantas, 14% de microrganismos e 5% de animais), podemos afirmar que as vendas desses produtos atingiram uma relevante cifra em torno de 340 bilhões de dólares nesse mesmo ano. Além do importante fator econômico, deve-se ressaltar também o valor estratégico que representa para qualquer nação a independência na fabricação de medicamentos com matéria-prima derivada do próprio país.

## 5. Situação atual da indústria farmacêutica brasileira

O mercado farmacêutico brasileiro gira em torno de 9 bilhões de dólares e ocupa o oitavo lugar no mercado mundial de medicamentos. Mesmo assim, quase 90% dos insumos farmacêuticos utilizados pela indústria brasileira são importados, o que implica um saldo negativo de mais de 3 bilhões de dólares na balança comercial brasileira. O debate sobre a necessidade do fortalecimento das indústrias farmacêutica e farmoquímica do Brasil não é recente, sendo um dos argumentos mais utilizados para que o Estado possa garantir o acesso da população a medicamentos, parte do direito constitucional à saúde. A capitalização da indústria farmacêutica nacional ocorrida na esteira do sucesso de vendas dos medicamentos genéricos, aliada à disponibilização de linhas de crédito do BNDES/PROFARMA, possibilitou a modernização das plantas industriais e o surgimento no país de empresas farmacêuticas modernas e bem equipadas. Entretanto, a maioria dessas empresas não tem experiência em pesquisa e desenvolvimento de medicamentos inovadores, mantendo-se ainda dependente de tecnologias desenvolvidas nos países industrializados. O reflexo da lei de patentes, que proibiu a cópia de medicamentos desenvolvidos em outros países, ainda não se fez sentir de forma contundente nas indústrias nacionais, em função, possivelmente, do sucesso de vendas dos medicamentos genéricos. A partir do momento em que houver uma saturação nas vendas dos genéricos, fatalmente começarão a aparecer sinais de exaustão na economia dessas empresas. Com isso, a situação tende a agravar-se e poderá levar a uma desnacionalização progressiva do setor, a exemplo do que já ocorreu com os laboratórios Medley e Teuto. Assim, é imprescindível que o governo estabeleça um programa duradouro, envolvendo a comunidade científica e os laboratórios farmacêuticos nacionais, para permitir o aproveitamento racional da biodiversidade brasileira visando à produção de medicamentos. O início dessa longa caminhada poderá advir nos moldes de um instituto nacional de ciência e tecnologia que tenha por objetivo prospectar racionalmente os biomas brasileiros no sentido de identificar moléculas com potencial terapêutico para disponibilizá-las à indústria farmacêutica nacional, uma vez que essas indústrias não dispõem de laboratórios de prospecção e química combinatória.

É importante também mencionar que, em curto prazo, os medicamentos fitoterápicos continuam sendo a opção mais viável e que requer menor investimento financeiro. Por isso, existe atualmente uma tendência no mercado farmacêutico brasileiro de investir no desenvolvimento de fitomedicamentos, uma vez que o marco regulatório do setor encontra-se consolidado e não deixa dúvidas sobre a necessidade de atender, prioritariamente, a comprovação da sua eficácia e segurança. A busca de plantas com propriedades medicinais passou então a constar nas prioridades inclusive das empresas farmacêuticas de grande porte. É mais um exemplo de como os produtos da biodiversidade podem se apresentar como solução para melhorar a saúde da população e alavancar a economia do país.

Embora existam centenas de moléculas sintéticas, naturais e semissintéticas depositadas por pesquisadores individualmente ou associados a universidades e institutos de pesquisa, a base de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) mostra que as dez maiores indústrias farmacêuticas nacionais têm apenas 36 patentes relacionadas com moléculas originadas da biodiversidade brasileira, o que corrobora a ideia de que é necessário apresentar novas opções para essas empresas. Além disso, é importante salientar que essa mesma indústria, até o presente, além de um fitoterápico que já vem sendo comercializado pelo Laboratório Aché, não desenvolveu nenhum outro medicamento inovador, quer seja ele derivado de substância natural ou mesmo sintético.

## 6. Recursos humanos para prospecção de produtos naturais no Brasil

Para que se possa conhecer a contento e explorar de forma sustentável o potencial da biodiversidade, faz-se necessária a participação de pesquisadores de variadas especialidades atuando de forma integrada, com objetivos e metas previamente estabelecidos. A prospecção e caracterização farmacológica de biomoléculas e o seu aproveitamento na indústria farmacêutica é um dos grandes desafios que se apresenta para os pesquisadores que trabalham na área de produtos naturais. No Brasil, a ciência se desenvolve, principalmente, nas universidades onde estão os núcleos mais importantes na formação de recursos humanos, os principais setores responsáveis pela produção intelectual e os celeiros de ideias que alimentam o desenvolvimento, tanto no setor industrial como no de serviços. O Brasil, segundo o Diretório dos Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), tem 22.797 grupos de pesquisa registrados distribuídos em 422 instituições, englobando 104 mil pesquisadores com 86.075 linhas de pesquisa. Destes grupos, 14,7% são da área de ciências biológicas. Nesse banco de dados foram encontrados 1.088 grupos dedicados ao estudo da biodiversidade e de produtos naturais. Os grupos de química, farmacologia e biotecnologia encontram-se entre os mais numerosos, o que demonstra a existência no país de uma base científica sólida para prover, identificar e caracterizar moléculas com atividade medicinal. Mesmo com todo esse potencial e o considerável número de moléculas extraídas de produtos naturais, especialmente plantas, ainda são poucas aquelas exploradas pela indústria, o que demonstra a necessidade de agregar-lhes o valor necessário, identificando potenciais ações terapêuticas.

O sistema de pós-graduação brasileiro tem contribuído fortemente para o desenvolvimento da ciência e tecnologia no país. Esse sistema tem aumentado a participação de autores brasileiros em artigos de periódicos internacionais relevantes, além de qualificar proporções crescentes de pesquisadores e docentes universitários, elevando a qualidade da pesquisa e do ensino de

graduação. Portanto, a pós-graduação tornou-se um parâmetro importante para mensurar o potencial na capacitação dos recursos humanos necessários para o desenvolvimento de projetos voltados para áreas específicas. Como abordado acima, o aproveitamento sustentável da biodiversidade voltado para a indústria farmacêutica envolve especialidades tão diversas como o conhecimento de taxonomia, ecologia, química, zoologia, botânica, química, farmacologia, farmacologia clínica, agrobiologia, bioquímica, biologia molecular, genética, entre outros. Trata-se, portanto, de uma atividade multidisciplinar, cuja participação integrada de todos os atores é imprescindível para o sucesso de qualquer projeto voltado para o tema. Nesse sentido, é importante o conhecimento do potencial dos nossos programas de pós-graduação que estão, de alguma forma, voltados para o estudo da diversidade biológica do país. Embora, o setor de ciências agrárias, por definição, esteja todo ele envolvido com a biodiversidade, o Sistema Nacional de Pós-Graduação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) registra que dos 506 programas, 392 apresentam linhas de pesquisa relacionadas com o estudo da biodiversidade. Dos 405 programas da grande área de ciências biológica, 356 apresentam linhas de pesquisa com alguma relação com o conhecimento da biodiversidade. No que diz respeito aos 767 programas das ciências da saúde, apenas 16 programas referem a biodiversidade nas suas linhas de pesquisa. Por outro lado, nas ciências exatas e da terra, as linhas de pesquisa envolvendo recursos naturais estão incluídas, principalmente, no programas de oceanografia e química, muito embora, tenha sido mencionada também entre os de geociências, computação e física, perfazendo um total de 59 programas. Nas engenharias, o interesse pela biodiversidade está presente em 29 programas, dentre eles os de engenharia oceânica, química e ambiental. Nos 427 multidisciplinares, destacam-se os de desenvolvimento e meio ambiente, ciências ambientais, biotecnologia e ensino de ciências, entre os 183 programas que referem a diversidade biológica nas suas linhas de pesquisa. Por fim, podemos afirmar que dos 4.384 programas, 1.035 têm pesquisadores trabalhando em algum setor relacionado à biodiversidade, ou seja, quase 25% de todas as pós-graduações brasileiras. Esses números são alentadores e demonstram que a ciência brasileira está preparada para assumir novos desafios no que diz respeito à exploração sustentável da diversidade biológica do país.

Em 2006, foi recomendado pela Capes o programa de pós-graduação em Biotecnologia - RENORBIO (Rede Nordeste de Biotecnologia) - que associa as competências existentes em 26 universidades do Nordeste com o intuito de capacitar recursos humanos, em nível de doutorado, ainda carentes na região. Em recente edital lançado pelo CNPq para financiar as pesquisas relacionadas com as teses em andamento, foi constatado que 47% desses trabalhos estavam relacionados com área de recursos naturais. É mais um exemplo importante do comprometimento do ensino de pós-graduação com o estudo da biodiversidade brasileira.

## 7. Investimentos públicos para o conhecimento da biodiversidade brasileira

Nos últimos anos, os investimentos do governo federal em ciência e tecnologia compreenderam também editais para financiar pesquisas destinadas a conhecer a biodiversidade brasileira. Dos 123 institutos nacionais de ciência e tecnologia aprovados pelo CNPq, 36 envolvem de alguma forma atividades relacionadas ao estudo da diversidade biológica, especialmente os inventários sobre a composição dos biomas brasileiros. Entretanto, deve-se enfatizar que nenhum deles tem como objetivo prospectar moléculas com potencial farmacêutico.

Outro exemplo de financiamento público bem sucedido é o Laboratório Nacional de Oncologia Experimental da Universidade Federal do Ceará (LOE), que vem se dedicando à prospecção de novas moléculas com potencial anticâncer extraídas de produtos naturais. A oncologia experimental procura estudar os mecanismos de desenvolvimento do câncer em modelos experimentais, assim como pesquisar as possíveis formas de tratá-los. O LOE vem, desde 1989, realizando pesquisas de prospecção de novas moléculas com potencial atividade antitumoral em plantas, organismos marinhos, toxinas animais e microorganismos. Nesse sentido, estabeleceu uma extensa colaboração com 79 pesquisadores de 29 universidades de todo o país, com vistas à criação da Rede Nacional para Prospecção de Fármacos Anticâncer. Mais de 5 mil moléculas foram estudadas até o momento, das quais, 302 apresentaram algum tipo de atividade citotóxica. Dentre essas, 13 têm um potencial promissor. Atualmente, três indústrias farmacêuticas nacionais mostraram-se interessadas em compartilhar os estudos subsequentes necessários para estabelecer o potencial uso dessas moléculas em seres humanos. Recentemente, o LOE foi selecionado, por meio do edital MCT-CNPq / CT-SAÚDE – Nº 23/2007, para receber os recursos necessários à implantação das boas práticas laboratoriais (BPL) e, assim, como laboratório nacional de referência na área de prospecção de moléculas com potencial atividade antineoplásica, poder atender as necessidades da indústria nacional dentro dos padrões requeridos internacionalmente pelos órgãos regulamentadores do registro de medicamentos. É importante salientar que as universidades e centros de pesquisa são os únicos provedores de moléculas e bases medicamentosas para a indústria farmacêutica nacional, o que justifica a bioprospecção e caracterização de moléculas oriundas de produtos naturais, a criação de um banco de extratos e uma biblioteca de biomoléculas.

Em nível estadual, indiscutivelmente, o Programa Biota/Fapesp representa um divisor de águas entre a imprescindível etapa dos inventários sobre a composição da biota e um programa de pesquisas em conservação e uso sustentável da biodiversidade. Nesse sentido, o programa prioriza tanto a importante tarefa de descrever e catalogar espécies, como também desenvolver projetos de pesquisa que incorporem os aspectos estruturais e funcionais da biodiversidade, a

distribuição espacial e temporal dos organismos e as relações entre seus componentes nos diversos níveis organizacionais, bem como a valorização da biodiversidade, tentando estabelecer um vínculo entre os serviços e produtos da diversidade biológica e os sistemas produtivos.

## 8. Prospecção de moléculas da biodiversidade brasileira com potencial atividade terapêutica

O grande desafio para o aproveitamento racional da biodiversidade brasileira visando à produção de medicamentos é, sem dúvida, como transformar o nosso imenso patrimônio genético natural em riquezas, criando indústrias de base tecnológica e gerando empregos qualificados. Nos dias atuais, em função da preocupação mundial com a conservação da biodiversidade, cresce a necessidade de programas que utilizem os modernos métodos e técnicas biotecnológicas, como o PCR (*polymerase chain reaction*), RARDS (*randomly amplified polymorphism DNA*), AFLPS (*amplified fragment length polymorphisms*), FISH (*fluorescent in situ hybridization*), DIR-VISH (*direct visual hybridization*), TM (*tissue microarrays*), HTS (*high throughput screening*) e HCS (*high-content screening*), por meio de um projeto multidisciplinar de âmbito nacional, utilizando uma rede cooperativa para integrar pesquisadores das áreas de taxonomia, micologia, bacteriologia, botânica, zoologia, herpetologia, biologia celular e molecular, genética, bioquímica, química de produtos naturais, química farmacêutica e farmacologia para a exploração, caracterização e avaliação do potencial da biodiversidade brasileira, com o intuito de identificar moléculas com atividade terapêutica que possam ser utilizadas pela indústria farmacêutica nacional no desenvolvimento de medicamentos inovadores.

## 9. A experiência da Extracta

A Extracta Moléculas Naturais S/A é uma empresa de pesquisa e desenvolvimento que foi criada em 1998 por cientistas e investidores interessados no empresamento tecnológico em biodiversidade brasileira. Em 2004, conseguiu o ineditismo de se tornar a primeira empresa privada brasileira a obter uma licença especial do Ministério do Meio Ambiente para acessar, catalogar e analisar a grande variedade de fitoquímicos das plantas brasileiras. Mantém um banco com mais de 40 mil amostras de extratos vegetais, frações e substâncias puras obtidos de quase 5 mil espécies de plantas da Mata Atlântica e da Floresta Amazônica. Atualmente, trabalha em colaboração com outras empresas e instituições de pesquisa e está em fase de expansão para prospecção em outros biomas e para abranger amostras extraídas de animais, micro-organismos e organismos

marinhos. Exemplos dessa natureza devem ser incentivados e apoiados como forma de acelerar o conhecimento do potencial dos produtos naturais do país e da sua aplicação comercial.

## 10. Acesso à biodiversidade

Atualmente, o conjunto de normas, leis e diretrizes que regulam o acesso à biodiversidade no Brasil ainda são fatores limitantes para a bioprospecção de moléculas. Recentemente, o CNPq criou critérios para o cadastramento de instituições que exercem atividades de pesquisa e desenvolvimento nas áreas biológicas e afins, por meio da Resolução Normativa 17/2010, que também estabelece parâmetros para que essas instituições obtenham autorização para acessar amostras de componentes do patrimônio genético e remetê-la à instituição sediada no país ou no exterior, exclusivamente para fins de pesquisa. Espera-se que esse novo marco regulatório possa atuar como um facilitador do acesso dos pesquisadores a biodiversidade brasileira.

## 11. Moléculas farmacologicamente ativas na biodiversidade

Os metabólitos secundários são moléculas produzidas por animais, plantas, fungos, bactérias e protozoários em resposta a estímulos externos tal como mudanças nutricionais, alterações climáticas, infecções e competições. Muitos destes metabólitos foram isolados como compostos biologicamente ativos, demonstrando grande potencial terapêutico e sendo utilizados por séculos para tratar doenças. O século XX apresentou um avanço extraordinário na pesquisa de produtos naturais, propiciando a descoberta de diversas substâncias hoje disponíveis no arsenal médico terapêutico. Portanto, os produtos naturais extraídos de plantas, micro-organismos, organismos marinhos e toxinas animais continuam sendo de capital importância para a inovação no setor farmacêutico e neles devem estar centrada a bioprospecção de novas moléculas.

## 12. Outros pontos relevantes

Em se tratando da utilização de moléculas prospectadas na biodiversidade para o desenvolvimento de medicamentos inovadores, deve-se levar em consideração que a pesquisa e o desenvolvimento de medicamentos envolvem um estudo multidisciplinar iniciado pela abordagem química, identificação de alvos terapêuticos, testes farmacológicos e toxicológicos pré-clínicos em animais, técnicas de formulações farmacêuticas, culminando com a avaliação da segurança e eficácia em seres humanos. Entretanto, no Brasil, alguns elos da cadeia de desenvolvimento

de medicamentos ainda são fracos ou mesmo inexistentes. Alguns setores, como o da farmacologia, da química de produtos naturais, da bioquímica, da farmacologia clínica e da pesquisa clínica se destacam pela excelência da produção científica dos seus pesquisadores e pelo número de profissionais envolvidos no trabalho. Outros, como a química combinatória, a toxicologia pré-clínica e a tecnologia farmacêutica, apresentam deficiência tanto na qualidade quanto na quantidade dos profissionais necessários para atenderem a demanda da indústria farmacêutica. Acrescente-se a esses o insuficiente número de botânicos e zoólogos sistematas, imprescindíveis à identificação e classificação das espécies estudadas.

A cadeia de desenvolvimento de medicamentos é sequencial, o que implica a necessidade de cumprir cada etapa do processo antes de galgar o patamar seguinte. Isso significa, por exemplo, que os ensaios clínicos somente poderão ser iniciados quando os testes toxicológicos pré-clínicos forem concluídos, comprovando a segurança de um determinado fármaco. A comunidade científica brasileira defronta-se, atualmente, com a deficiência de animais de qualidade para atender a demanda dos testes pré-clínicos necessários para atender as exigências regulatórias requeridas para o registro de medicamentos. Portanto, o país precisa, urgentemente, de biotérios que possam atender a demanda reprimida existente no setor. Esses são apenas alguns dos gargalos detectados na ótica da pesquisa, desenvolvimento e inovação da área de fármacos e medicamentos.

### 13. Considerações finais

Embora muito ainda necessite ser realizado, pode-se considerar que as atividades desenvolvidas no país demonstram, de forma inequívoca, o comprometimento do governo e dos pesquisadores brasileiros com a preservação e conhecimento da biodiversidade. Contudo, a exploração sustentável continua sendo um grande desafio. Em resumo:

- O Brasil possui a maior biodiversidade do planeta;
- As variações climáticas nos diversos biomas do país contribuem para que os seres vivos dessa biodiversidade sintetizem uma larga variedade de moléculas adaptativas;
- A destruição da biodiversidade nunca foi tão intensa, o que tem levado à extinção de inúmeras espécies antes mesmo de serem avaliadas quanto ao seu potencial de produzir moléculas farmacologicamente ativas;
- Existem vários programas destinados ao conhecimento da diversidade biológica brasileira trabalhando isoladamente;

- O país não dispõe de um programa de abrangência nacional destinado especificamente à bioprospecção de moléculas com atividade farmacológica;
- Apesar dos esforços da comunidade científica e do setor empresarial, o ambiente regulatório ainda é desestimulante para a prospecção da biodiversidade;
- As coleções zoobotânicas, as bibliotecas de micro-organismos, os bancos de germoplasma, os herbários, os museus, etc. estão subutilizados, pois têm servido apenas ao propósito da identificação taxonômica;
- Existem inúmeras iniciativas de excelentes grupos de pesquisa na bioprospecção de moléculas, mas vêm atuando isoladamente e se dedicando principalmente aos fitoquímicos;
- As demais fontes de biomoléculas, principalmente micro-organismos e organismos marinhos, ainda são negligenciadas e pouco conhecidas pela comunidade científica brasileira;
- Existe um grande potencial em recursos humanos já disponíveis para a exploração sustentável da biodiversidade brasileira, entretanto, ainda há necessidade de estímulos para o desenvolvimento de alguns setores considerados prioritários;
- A produção de animais de laboratório de qualidade é insuficiente para atender a demanda das pesquisas pré-clínicas com moléculas extraídas de produtos naturais;
- Apesar da riqueza de espécies de plantas nativas, a maioria dos fitomedicamentos comercializados no Brasil está baseada em espécies exóticas;
- Os progressos na biotecnologia (genômica, transcriptômica, metabolômica e proteômica) propiciaram a descoberta de uma grande variedade de novos alvos terapêuticos para diversas doenças, o que justifica a procura de novas moléculas;
- A indústria farmacêutica nacional necessita, urgentemente, de fontes para medicamentos inovadores que podem ser encontradas nos produtos naturais;
- O aumento do déficit da balança comercial brasileira no setor de medicamentos, devido à importação de insumos farmacêuticos, já atinge cifras superiores a 3 bilhões de dólares, o que exige uma solução rápida e definitiva;
- Fármacos e medicamentos são de importância estratégica para a saúde da população e, conseqüentemente, para a soberania do país;
- A integração entre a academia e o setor industrial é indispensável para se utilizar os recursos naturais como fonte de novos medicamentos;
- Embora existam diversos órgãos encarregados de elaborar políticas públicas destinadas ao conhecimento e conservação da biodiversidade, o país ainda se ressent de uma coordenação supraministerial com a finalidade de executar as ações necessárias para implementação

de uma política de desenvolvimento sustentável que possa privilegiar a indústria farmacêutica nacional e, conseqüentemente, o complexo econômico-industrial da saúde.

O Brasil com sua megabiodiversidade não pode perder a oportunidade promissora gerada pelo aumento da demanda por moléculas extraídas de produtos naturais para o desenvolvimento de medicamentos. Portanto, existe a necessidade imediata de investimentos na criação de programas voltados para a prospecção de moléculas com potencial terapêutico, alicerçados em uma base acadêmica sólida, integrando serviços e produtos aos sistemas produtivos, que possam atuar como estratégia de desenvolvimento para reduzir a dependência tecnológica no setor farmacêutico, o déficit na balança comercial e possibilitar a inclusão social de mais de 50 milhões de brasileiros que não têm acesso a medicamentos.

## Referências

- ABAD, M.J.; GUERRA, J.A.; BERMEJO, P.; IRURZUN, A.; CARRASCO, L. Search antiviral activity in higher plant extractzs. *Phytotherapy Research*, v. 14, p. 604-607, 2000.
- ALBAGLI, S. Geopolítica da biodiversidade. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1998. 276p.
- ALONSO, D.; KHALIL, Z.; SATKUNANTHAN, N.; LIVETT, B.G. Drugs from the sea: conotoxins as drug leads for neuropathic pain and other neurological conditions. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, v. 3, p. 785-787, 2003.
- APPLETON, T. Combinatorial chemistry and HTS - feeding a voracious process. *DDT* Vol. 4, No. 9 September 1999.
- AZEVEDO, C.M.A.A. Regulamentação do acesso aos recursos genéticos e aos conhecimentos tradicionais associados no Brasil. *Biota Neotropica* v5 (n1), janeiro 2005.
- BALUNAS, M. J. AND KINGHORN, A. D. Drug Discovery from Medicinal Plants, *Life Sciences*, 78, 431-441, 2005.
- BARREIRO, E.J. & BOLZANI, V.S. Biodiversidade: fonte potencial para a descoberta de fármacos. *Quim. Nova*, Vol. 32, No. 3, 679-688, 2009.
- BELARBI EL, H.; CONTRERAS GOMEZ, A.; CHISTI, Y.; GARCIA CAMACHO, F.; MOLINA GRIMA, E. Producing drugs from marine sponges. *Biotechnology Advances*, v. 21, p. 585-98, 2003.
- BERLINCK, R.G.; HAJDU, E.; ROCHA, R.M.; OLIVEIRA, J.H. Challenges and rewards of research in marine natural products chemistry in Brazil. *Journal of Natural Products*, v. 67, p. 510-522, 2004.

- BLUMENTHAL, M. Herb industry sees mergers, acquisitions, and entry by pharmaceutical giants in 1998, *HerbalGram*, 45: 67-68, 1999.
- BLUNDEN, G. Biologically active compounds from marine organisms. *Phytotherapy Research*, v. 15, p. 89-94, 2001.
- BLUNT, J.W.; COPP, B.R.; MUNRO, M.H.; NORTHCOTE, P.T.; PRINSEP, M.R. Marine natural products. *Natural Product Reports*, v. 20, p. 1-48, 2003.
- BLUNT, J.W.; COPP, B.R.; MUNRO, M.H.; NORTHCOTE, P.T.; PRINSEP, M.R. Marine natural products. *Natural Products Reports*, v. 21, p. 1-49, 2004.
- BOYD MR. Status of the NCI Preclinical Antitumor Drug Discovery Screen. *Principles & Practice of Oncology* 10:(3)1-12, 1989.
- BRANDÃO M.G.L.; DINIZ B.G. & MONTE-MOR, R.L.M. Plantas medicinais: um saber ameaçado. *Ciência Hoje*, 35, 64-66, 2004.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Programa de Biotecnologia e Recursos Genéticos – Definição de Metas. Brasília, DF. MCT, SEPCT, CGBI, 47p., 2002.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. SICol – Sistema de Informação sobre Coleções de Interesse Biotecnológico, Centro de Referência em Informação Ambiental, [sicol.cria.org.br](http://sicol.cria.org.br), acesso em 23 de julho de 2010.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução - RDC No - 14, de 31 de março de 2010, *Diário Oficial da União* Nº 63, Brasília 5 de abril de 2010.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução - RDC No - 10, de 09 de março de 2010, *Diário Oficial da União* Nº 46, Brasília 10 de março de 2010.
- BRITO, M.C.W. Esforços pela preservação no Brasil. *Scientific American Brasil – Edição Especial* (39) 12 -17, 2010.
- BULL, A.T.; WARD, A.C. & GOODFELLOW, M. 2000. Search and discovery strategies for biotechnology: the paradigm shift. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64(3): 573-606.
- BUSTAMANTE, M.M.C.; NARDOTO, G.B. & PINTO, A.S. Mudança Climática e Rcosistemas. *Scientific American Brasil – Edição Especial* (39) 78 - 82, 2010.
- BUTLER, M.S. (2004) The role of natural product chemistry in drug discovery. *J. Nat. Prod.* 67 (12), 2141-2153.
- CALIXTO J.B. Twenty-five years of research on medicinal plants in Latin America. A personal view. *Journal of Ethnopharmacology* 100(1-2): 131-134, 2005.

- CALIXTO, J.B. Efficacy, quality control, marketing and regulatory guidelines for herbal medicines (phytotherapeutics agents). *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 33: 179-189, 2000.
- CALIXTO, João B.. Biodiversidade como fonte de medicamentos. *Cienc. Cult.* [online]. v. 55, n. 3, pp. 37-39, 2003.
- CANHOS, V.P. Centros de Recursos Biológicos: Suporte ao Desenvolvimento Científico e Inovação Tecnológica. *Cienc. Cult.* [online]., v. 55, n. 3, pp. 27-29, 2003.
- CANHOS, V.P., UMINO, C. & MANFIO, G.P. Coleções de Culturas de Microrganismos. Em: Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento no final do século XX. Volume 7: Infra-estrutura de Conservação in-situ e ex-situ, Pags 81-101, Editores: M. C. W. de Brito e C.A. Joly Fapesp, São Paulo, Brasil. 1999.
- GIRI, C.P.; SHRESTHA, S.; TIMOTHY W.; FORESMAN, T.W. & SINGH, A. *Global Biodiversity Data and Information*, 2001.
- COLLI, W. A lei de proteção ao patrimônio genético. *Cienc. Cult.* [online]. v. 55, n. 3, pp. 44-46, 2003.
- COLWELL, R. 1997. Microbial diversity: the importance of exploration and conservation. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 18:5, 302-307.
- DOBSON, A.P. *Conservation and Biodiversity*, 1<sup>st</sup> edition, 1998.
- CORRÊA, M.P. *Dicionário das Plantas Úteis do Brasil e das Exóticas Cultivadas*. Ed. Imprensa Nacional, Rio de Janeiro, Brasil, v.2, pág. 205, 1984.
- COSTA-LOTUFO, L.V.; WILKE, D.; JIMENEZ, P.C. & EPIFANIO, R.A. Organismos marinhos como fonte de novos fármacos: Histórico & perspectivas, *Quim. Nova*, Vol. 32, No. 3, 703-716, 2009.
- COUTINHO HLC, OLIVEIRA VM, MANFIO G P. Diversidade microbiana em amostras ambientais. In: Garay, I. & Dias, B. (Eds.) *Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais*. Editora Vozes, Petrópolis. Pp. 215-232, 2001.
- COWAN, M.M. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, v. 12, p. 564-582, 1999.
- CRAGG GM, BOYD MR, CARDELLINA II JH, *et. al.*: Ethnobotany and drug discovery: the experience of the U.S. National Cancer Institute. In: *Ethnobotany and the Search for New Drugs*. Ciba Foundation Symposium 185, edited by D.J. Chadwick, J. Marsh, Chichester, U.K., Wiley & Sons, pp 178-196., 1994
- CRAGG GM, NEWMAN DJ, WEISS RB. (1997). Coral reefs, forests, and thermal vents: the worldwide exploration of nature for novel antitumor agents. *Semin Oncol* 24(2):156-63.
- CRAGG, G. M.; NEWMAN, D. J. Discovery and development of antineoplastic agents from natural sources. *Cancer Investigation*, 17(2): 153-163, 1999.

- CRAGG, G.M., NEWMAN, D.J. & SNADER, K.M. Natural products in drug discovery and development. *Journal of Natural Products*, 60:52-60, 1997.
- DE SMET, P.A.G.M. The role of plant-derived drugs and herbal medicines in healthcare. *Drugs*, 54: 801-840, 1997.
- DIAS, B.F.S. A Implementação da convenção sobre biodiversidade biológica no Brasil: desafios e oportunidades. Campinas: André Tosello, 1996, 10p.
- DOWNTON, C. & CLARK, I. Satins - the heart of the matter. *Nature Reviews Drug Discovery* 2: 343-344, 2003.
- DREWS, J. Drug discovery today and tomorrow. *DDT*, 5 (1), 2-3, 2000.
- DREWS, J. Drug discovery: a historical perspective. *Science*, 287, 1960-1964, 2000.
- ELISABETSKY, E AND COSTA-CAMPOS, L. Medicinal Plant genetic resources and international cooperation: The Brazilian perspective. *Journal of Ethnopharmacology*. 51:111-120, 1996.
- ELISABETSKY, E. Etnofarmacologia. *Cienc. Cult.* [online]. 2003, v. 55, n. 3, pp. 35-36, 2003.
- FABRICANT, D.S. & FARNSWORTH, N. The value of plants used in traditional medicine for drug discovery. *Environmental Health Perspectives Vol.109*, 51, p 69-75, 2001.
- FALCÃO, M. J. C., POULIQUEM, Y. B. M., LIMA, M. A. S., GRAMOSA, N. V., COSTA-LOTUFO, L. V., MILITÃO, G. C.G., PESSOA, C., MORAES, M.O., SILVEIRA, E. R. Cytotoxic Flavonoids from *Platymiscium floribundum*. *Journal of Natural Products* 68: 423-426, 2005.
- FEARNSIDE, P.M. Consequências do Desmatamento da Amazônia. *Scientific American Brasil – Edição Especial (39)* 54 - 59, 2010.
- FERREIRA, S. H.; Medicamentos a partir de Plantas Medicinais do Brasil; Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro: 1998.
- FERRO, A.F.P. Oportunidades tecnológicas, estratégias competitivas e marco regulatório: o uso sustentável da biodiversidade por empresas brasileiras. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Política Científica e Tecnológica. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- FURKA, A. Combinatorial chemistry: 20 years on... *DDT Vol. 7*, No. 1 January 2002.
- GOLEBIOWSKI A, KLOPFENSTEIN SR, PORTLOCK DE: Lead compounds discovered from libraries. *Curr Opin Chem Biol*, 5:273-284, 2001.
- GOLEBIOWSKI A, KLOPFENSTEIN SR, PORTLOCK DE: Lead compounds discovered from libraries: Part 2. *Curr Opin Chem Biol*, 7:308-325, 2003.
- GOTTLIEB OR & BORIN MR. Natural Products Research in Brazil. *Ciência & Cultura* 49 (5/6): 315-320, 1997.

- GOTTLIEB OR & BORIN MR. The Diversity of Plants: Where Is It? Why Is It There? What Will It Become? *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 66 (Suplemento): 55-83, 1994.
- GOTTLIEB, O.R.; BORIN, M.R.M.B.; PAGOTTO, C.L.A.C. & ZOCHER, D.H.T. Biodiversidade: o enfoque interdisciplinar brasileiro. *Ciência & Saúde Coletiva*, 3(2):97-102, 1998.
- GRÜNWARD, J. (1995). The European Phytomedicines Market: Figures, Trends, Analysis. *HerbalGram*, 34: 60-65.
- GUIMARÃES, D.O.; MOMESSO, L. S. & PUPO, M.T.\* Antibióticos: Importância Terapêutica E Perspectivas Para A Descoberta E Desenvolvimento De Novos Agentes. *Quim. Nova*, Vol. 33, No. 3, 667-679, 2010.
- GUTIERREZ-M, O. Biodiversity and new drugs. *TRENDS in Pharmacological Sciences* Vol.23 No.1 January 2002
- HANDELSMAN J, RONDON MR, BRADY SF, CLARDY J, GOODMAN RM (1998). Molecular biological access to the chemistry of unknown soil microbes: a new frontier for natural products. *Chemistry and Biology* 5:R245-249.
- HARVEY, A. Strategies for the discovering drugs from previously unexplored natural products. *Drug Discovery Today*, 5:294-300, 2000
- HEMMILÄ, I.A. & HURSKAINEN, P. Novel detection strategies for drug discovery. *DDT* Vol. 7, No. 18 (Suppl.), 2002.
- HENTSCHER, U. Natural products from marine microorganisms. *Chembiochem*, v. 3, p. 1151- 1154, 2002.
- HUNTER-CEVERA. The value of microbial diversity. *Current Opinion in Microbiology*, 1: 278-285, 1998
- JOHN, J.E. Natural products as lead-structures: a role for biotechnology. *Drug Discovery Today*, Volume 15, Numbers 11/12, June 2010.
- JOLY, C.A. & SPEGLICH, E. Programa Biota/Fapesp: um novo paradigma no estudo da conservação e do uso sustentável da biodiversidade. *Cienc. Cult.* [online]. v. 55, n. 3, pp. 41-43, 2003.
- JOLY, C.A.; HADDAD, C.F.B.; VERDADE, L.M.; OLIVEIRA; M.C. & BOLZANI, V.S. The BIOTA/FAPESP Program: Science Plan & Strategies for the Next Decade, 2009.
- KANASHIRO, M. Plantas exóticas ameaçam biodiversidade. *Cienc. Cult.* [online]. v. 55, n. 3, pp. 49-49, 2003.
- KONG, D-X; LI, X-J & ZHANG, H-Y. Where is the hope for drug discovery? Let history tell the future. *Drug Discovery Today*, Volume 14, Numbers 3/4, February 2009.
- LANDRO, J.A.; TAYLOR, I.C.A.; STIRTAN, W.G.; OSTERMAN, D.G.; KRISTIE, J.; HUNNICUTT, E.J.; RAE, P.M.M. & SWEETNAM, P.M. HTS in the new millennium The role of pharmacology and flexibility. *Journal of Pharmacological and Toxicological Methods*, 44 (273-289), 2001.

- LAWRENCE, R.N. Rediscovering natural product biodiversity. DDT Vol. 4, No. 10 October 1999.
- LEWINSOHN, T.M. Um Patrimônio Longe de Estar Avaliado. Scientific American Brasil – Edição Especial (39) 42 - 47, 2010.
- LIPTROT, C. High content screening – from cells to data to knowledge. DDT Vol. 6, No. 16 August 2001.
- LORENZI, H. & MATOS, F. J. A. (2002). Plantas medicinais no Brasil nativas e exóticas. 1. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora.
- MANN, J. Natural products in cancer chemotherapy: past, present and future. Nature Reviews (Cancer) 2: 143-148, 2002.
- MARKUS, R.P. & RODRIGUES, M.T. Biodiversidade: Haverá um Mapa para Este Tesouro? Cienc. Cult. [online]. 2003, v. 55, n. 3, pp. 20-21, 2003.
- MARTINELLI, G. Conhecer a Flora para Protegê-la. Scientific American Brasil – Edição Especial (39) 36 - 41, 2010.
- MAYER, M. A. AND LEHMANN, B. V. 2000. Marine Pharmacology in 1998: Marine Compounds with Antibacterial, Anticoagulant, Antifungal, Antiinflammatory, Anthelmintic, Antiplatelet, Antiprotozoal, and Antiviral Activities; with actions on the Cardiovascular, Endocrine, Immune, and Nervous Systems; and other Miscellaneous Mechanism of Action. Marine Pharmacology. Vol. 42, 1998.
- MAYER, M. A. AND LEHMANN, B. V. Marine Pharmacology in 1998: Marine Compounds with Antibacterial, Anticoagulant, Antifungal, Antiinflammatory, Anthelmintic, Antiplatelet, Antiprotozoal, and Antiviral Activities; with actions on the Cardiovascular, Endocrine, Immune, and Nervous Systems; and other Miscellaneous Mechanism of Action. Marine Pharmacology. Vol. 42., 2000.
- MCT, 2002. Programa de Biotecnologia e Recursos Genéticos – Definição de Metas. Ministério da Ciência e Tecnologia. Brasília, DF. MCT, SEPCT, CGBI, 47p.
- MELO, F.P.L.; PINTO, S.R.R. & TABARELLI, M. Abundância de Biodiversidade. Scientific American Brasil – Edição Especial (39) 60 - 65, 2010.
- MILITÃO, G. C. G., JIMENEZ, P. C., WILKE, D. V., PESSOA, C., FALCÃO, M. J. C., LIMA, M. A. S., SILVEIRA, E. R., MORAES, M. O., COSTA-LOTUFO, L.V. Antimitotic properties of Pterocarpans isolated from *Platymiscium floribundum* on Sea Urchin Eggs. *Planta Medica*, 71: 683-685, 2005.
- MONTENEGRO, RC.; VASCONCELLOS, MC.; SILVA BEZERRA, F.; ANDRADE-NETO, M.; PESSOA, C.; MORAES, MO.; COSTA-LOTUFO, LV. Pisosterol induces monocytic differentiation in HL-60 cells. *Toxicol in vitro*. 21:795–800. 2007.
- MORAES, M.O., FONTELES, M.C. and MORAES, M.E.A. (1997). Screening for anticancer activity of plants from the Northeast of Brazil. *Fitoterapia*, LXVIII, (3), 235-239.

- MORAES, M.O., FONTENELES, M.C., MATOS, F.J.A. AND MORAES, M.E. (1980). Atividade antitumoral de plantas do Nordeste brasileiro. *Ciência e Cultura*, 31(7): 647.
- MOREIRA A.C.; MULLER A.C.A.; PEREIRA J.R.N. & ANTUNES A.D.S. Pharmaceutical patents on plant derived materials in Brazil: policy, law and statistics. *World Patent Information* 28: 34-42, 2006.
- MOURA, R.L.; FRANCINI FILHO, R.B.; MINTE-VERA, C.V.; SUMIDA, P.Y.G.; AMADO FILHO, G.M.; AMARAL, J.; BASTOS, A.C.; MOTA, F.S.; DUTRA, G.F. THOMPSON, F.L. & KRUGER, R. Pesquisa no Oceano: Desafios e Oportunidades. *Scientific American Brasil – Edição Especial* (39) 30 - 35, 2010.
- NEWMAN DJ, CRAGG GM, SNADER KM. Natural products as sources of new drugs over the period 1981-2002. *J. Nat. Prod.* 66: 1022-1037, 2003.
- NIELSEN, J: Combinatorial synthesis of natural products. *Curr Opin Chem Biol*, 6:297-305, 2002.
- NILAKANTAN, R. & NUNN, D .S. A fresh look at pharmaceutical screening library design. *DDT Vol. 8, No. 15 August 2003.*
- NOGUEIRA R.C.; CERQUEIRA H.F. & SOARES M.B.P. Patenting bioactive molecules from biodiversity: the Brazilian experience. *Expert Opinion Ther. Patents* 20(2): 1-13, 2010.
- PANDEY, R.C. Prospecting for potentially new pharmaceuticals from natural sources. *Med. Res. Rev.*, 18: 333-346, 1998.
- PAVARINI, M.F. Prospecção da Diversidade Biológica: Perspectiva para o Caso Brasileiro. Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.
- PEIXOTO, A.L. & MORIM, M. P. Coleções Botânicas: Documentação Da Biodiversidade Brasileira. *Cienc. Cult.* [online]. 2003, v. 55, n. 3, pp. 21-24.
- PESSOA, C.; SILVEIRA, E.R.; LEMOS, T.L.G.; WETMORE, L.A.; MORAES, M.O. & LEYVA, A. Antiproliferative effects of compounds derived from plants of Northeast Brazil. *Phytotherapy Research*, 14, 187-191, 2000.
- PRADO, A. Rotas Possíveis entre Economia e Biodiversidade. *Scientific American Brasil – Edição Especial* (39) 72 - 77, 2010. *Priorities for Conserving Global Species Richness and Endemism*, World Conservation Monitoring Centre, 1994.
- PROKSCH, P.; EDRADA, R.A.; EBEL, R. Drugs from the seas - current status and microbiological implications. *Applied microbiology and biotechnology*, v. 59, p. 125-134, 2002.
- RODRIGUES, M.T.. Biodiversidade: do planejamento à ação. *Cienc. Cult.* [online]. v. 55, n. 3, pp. 47-48, 2003.
- RONDON MR, Goodman RM, Handelsman J (1999a). The Earth's bounty: assessing and accessing soil microbial diversity. *Trends in Biotechnology* 17:403-409.

- SALLES, L.O.; TOLEDO, P. M. & TAVARES, M. Memória naturalis: cidadania, ciência e cultura. *Cienc. Cult.* [online]. v. 55, n. 3, pp. 39-41, 2003.
- SANT'ANA, P. J. P. Bioprospecção no Brasil: contribuições para uma gestão ética. *Paralelo*: Brasília, 2002. p.155-199.
- SANT'ANA, P. J. P. Bioprospecção no Brasil: contribuições para uma gestão ética. *Paralelo*: Brasília, 2002. p.155-199.
- SAUTER, G.; SIMON, R. & HILLAN, K. Tissue Microarrays in Drug Discovery. *Nature Reviews Drug Discovery*, Volume 2, December 2003.
- SCARANO, F.R.; GASCON, C. & MITTERMEIER, R.A. O que é Biodiversidade? *Scientific American Brasil – Edição Especial (39) 6 -11*, 2010.
- SCHWEDT, C. Global Biodiversity Information Facility, Annual Report, 2009.
- SEARL, D.B. Pharmacophylogenomics: Genes, Evolution and Drug Targets. *Nature Reviews Drug Discovery*, Volume 2, August 2003.
- SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY (2010) GLOBAL BIODIVERSITY OUTLOOK 3. Montréal, 94 pages.
- SHU, Y.Z. Recent natural products based drug development: A pharmaceutical industry perspective. *Journal of Natural Products*, 61: 1053-1071, 1998.
- SILVA, A.C. Triagem da Potencial Atividade Antiviral de Produtos Marinhos: Esponjas Coletadas na Costa Brasileira e Compostos de Organismos Marinhos. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Farmácia da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- SILVA, M.J.C.; GARDA, A.A. & KASECKER, T. Três Grandes Desafios para Conservar a Biodiversidade no Brasil. *Scientific American Brasil – Edição Especial (39) 24 - 29*, 2010.
- SILVA, R. R. & COELHO, G. D. Fungos Principais Grupos e Aplicações Biotecnológicas. Instituto de Botânica – IBt, Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Curso de Capacitação de Monitores e Educadores, São Paulo, 2006.
- SILVEIRA, E. (2004) Nossa rica natureza vai virando remédio, perfume... - a empresa Extracta é exemplo bem-sucedido do aproveitamento de plantas em medicamentos e cosméticos. O Estado de São Paulo, 21 de outubro de 2004.
- SIMÕES, C. M. O., SCHENKEL, E. P., GOSMANN, G., MELLO, J. C. P., MENTZ, L. A. PETROVICK, P. R. Farmacognosia da planta ao medicamento. 5a ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRGS, cap. 23, p. 577-614, 2003.
- SMIT, A. 2004. Medicinal and pharmaceutical uses of seaweed natural products: A review. *Journal of Applied Phycology*. Vol. 16, p. 245-262.

- STALEY, J. 1998. Microbial Diversity and the Biosphere. [www.bdt.org.br/oea/sib/staley](http://www.bdt.org.br/oea/sib/staley).
- STHROL, W. The role of natural products in a modern drug discovery program. DDT, 5 (2), 39-41, 2000.
- STHROL, W. The role of natural products in a modern drug discovery program. DDT, 5 (2), 39-41, 2000.
- STROBL, W.R. The role of natural products in a modern drug discovery program. Drug Discovery Today, 5:29- 41, 2000.
- TEN KATE, K. E LAIRD, S.A. The commercial use of biodiversity: access to genetic resources and benefit-sharing – Earthscan Publications Ltd, London. 1999.
- TORRES, M.R. Purificação, caracterização físico-química, atividades inflamatória e imunoadjuvante de alginatos da alga marinha *Sargassum vulgare* C. Agardh. Tese de Doutorado em Bioquímica e Biologia Molecular. Programa de Pós-Graduação em Bioquímica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.
- TULP, M. & BOHLIN, L. Functional versus chemical diversity: is biodiversity important for drug discovery? TRENDS in Pharmacological Sciences Vol.23 No.5 May 2002.
- VARELLA, M.D. Propriedade intelectual de setores emergentes: biotecnologia, fármacos e informática: de acordo com a Lei no. 9.279, de 14-5-1996. São Paulo: Atlas, 1996.
- VAZOLLER, R.F & CANHOS, V.P. 2005. Coleções de Culturas de Serviços e Centros de Recursos Biológicos. <http://www.cria.org.br/cgee/documentos/crb.doc>
- VERPOORTE, R. Exploration of nature's chemodiversity: the role of secondary metabolites as leads in drug development. Drug Discovery Today, 3:232-238, 1998.
- VOGEL, H.G. & VOGEL, W.H. (Editors). Drug Discovery and Evaluation: Pharmacological Assays. Springer Verlag, Autumn, 1996.
- WALL ME and Wani MC. Camptothecin and taxol: from discovery to clinic. J Ethnopharmacol. Apr;51(1-3):239-53; discussion 253-4, 1996.
- WCMC. (ed. Groombridge, B.). 1992. Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resources. London, UK: Chapman & Hall.
- WILSON, E.O., AND PETERS, F.M., (eds), 1988. Biodiversity. National Academy Press, Washington DC. USA.
- WU, G. & DOBERSTEIN, S.K. HTS technologies in biopharmaceutical Discovery. Drug Discovery Today, Volume 11, Numbers 15/16, August 2006.
- YUNES, R.A. & CECHINEL FILHO, V. Química de Produtos Naturais, Novos Fármacos e a Moderna Farmacognosia. 2ª. Ed., Univali Editora, Itajaí, 2009.
- YUNES, R.A. and Calixto, J.B. Plantas Medicinais sob a ótica da química medicinal moderna. Argos editora universitária. Santa Catarina, Brasil, 2001.

- ZAEHNER H, FIEDLER HP (1995). The need for new antibiotics: possible ways forward. In: Russell JJ, editor. Fifty years of antimicrobials: past perspectives and future trends. Cambridge (England): Cambridge University Press; p 67-84.
- ZAHER, H. & YOUNG, P.S. As Coleções Zoológicas Brasileiras: Panorama e Desafios. Cienc. Cult. [online]. 2003, v. 55, n. 3, pp. 24-26.
- ZHANG, J.T. New drugs derived from medicinal plants. Therapie. 57: 2. 137-150, 2007.



# Política de Estado de ciência tecnologia e inovação para o desenvolvimento sustentável - Biodiversidade

*Luiz Antonio Barreto de Castro<sup>1</sup>*

---

Desde o descobrimento, várias dezenas de expedições foram feitas por cientistas estrangeiros no Brasil. Como consequência, a nossa biodiversidade está nos principais museus do mundo – em Nova York, em Paris, no *Kew Garden*, entre outros. Excelentes coleções estão no exterior e o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), no ano da biodiversidade, estabeleceu um projeto de repatriamento dessas coleções.

Na década de 1960, quando o relator era aluno da Universidade Rural, a coleta de plantas, insetos e mesmo animais da biodiversidade brasileira feita por cientistas brasileiros era absolutamente livre. Universidades e museus estabeleceram coleções importantes como a de Ângelo Moreira da Costa Lima, na Universidade Rural do Brasil, uma das maiores coleções de insetos do mundo. No Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), quando lá cheguei, no início da década de 1980, havia um grande mapa do Brasil, que assinalava com alfinetes todas as expedições de coleta de plantas feitas pelos botânicos do centro a todos os ecossistemas brasileiros desde 1974, quando o Cenargen foi criado. Foram literalmente centenas. Em 1990, no governo Sarney, foi promulgado o Decreto nº 98.830, que estabelecia regras para expedições em que participassem estrangeiros. Um plano de trabalho era apresentado ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), para aprovação do material coletado (para fins científicos), e uma duplicata deveria ser deixada no Brasil sob a responsabilidade da instituição parceira da instituição estrangeira.

---

<sup>1</sup> Secretário de Políticas de Programas de Pesquisa e Desenvolvimento do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).

Para expedições por brasileiros, a coleta de plantas para fins taxonômicos e de pesquisa continuou livre. O objetivo da maioria das expedições era taxonômico. A partir da década de 1970, o mundo começou a assistir a uma revolução na biologia denominada *Gene Revolution*, ou engenharia genética ou tecnologia do DNA Recombinante. Marcou o início desta revolução uma experiência de expressão do gene de insulina humana em *E.coli*. feita por Herbert Boyer, na Califórnia, em 1973.

Começa em 1970 uma nova indústria que tem como base a expressão heteróloga de genes, mais tarde denominada biotecnologia. É curioso que, coincidentemente, com o advento desta agregação de valor à biologia, aumenta no mundo a preocupação ambiental. Esta tendência marca uma iniciativa: a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), realizada no Rio de Janeiro, em junho de 1992. A CDB criou um conceito novo em seu artigo 1º: o conceito de repartição de benefícios. Diz o artigo 1º da CDB, que trata dos objetivos da convenção:

Os objetivos desta convenção, a serem cumpridos de acordo com as disposições pertinentes são: a conservação da diversidade biológica; a utilização sustentável de seus componentes e a repartição justa e equitativa dos benefícios derivados da utilização dos recursos genéticos, mediante, inclusive, o acesso adequado aos recursos genéticos e a transferência adequada de tecnologias pertinentes, levando em conta todos os direitos sobre tais recursos e tecnologias, e mediante financiamento adequado.

A CDB, já no seu preâmbulo, estabelece que as partes contratantes da CDB são os Estados (países), reafirmando que os Estados têm direitos soberanos sobre os seus próprios recursos biológicos.

Inicialmente, a CDB foi entendida por todos como um instrumento que garantia aos Estados (*parties*) soberania sobre a sua diversidade biológica, o que foi muito positivo para países megadiversos como o Brasil, que se apressou a assiná-la em primeiro lugar. Significava dizer que ninguém poderia fazer uso de recursos genéticos do Brasil sem repartir benefícios com o Brasil, onde estes recursos genéticos teriam sido obtidos. Na esfera do Executivo, entretanto, começou a prosperar um esforço de utilizar o princípio da repartição de benefícios para que este princípio fosse incorporado a uma legislação nacional. Um anteprojeto para garantir a repartição de benefícios para detentores de conhecimentos tradicionais foi elaborado pela senadora Marina Silva, com a intenção de assegurar às comunidades tradicionais estes direitos, que assim teriam acesso a benefícios derivados da utilização de recursos genéticos. A Casa Civil, à época, havia instituído um grupo de trabalho (GT) para elaborar uma legislação nacional que não contrariasse a CDB. Participei das discussões, e não havia discordância entre os integrantes do GT sobre os princípios da CDB, inclusive o de repartição de benefícios, mas uma lei nacional estabelece regras para serem seguidas entre pessoas físicas e jurídicas. A CDB estabelece regras para serem seguidas entre as partes = países.

As discussões no GT seguiam com lentidão até que uma medida provisória foi aprovada sob a liderança do MCT, para contornar ação de uma organização social (OS) denominada Bioamazônia, que celebrou com a Novartis um acordo de bioprospecção de produtos de interesse industrial a partir de micro-organismos. Esta medida provisória aprovada no governo passado e reeditada muitas vezes transferiu para o Ministério do Meio Ambiente (MMA) o controle do acesso à biodiversidade, mesmo para atividades científicas. Seu exercício, na última década, praticamente teve o efeito de proibir o acesso à biodiversidade para a identificação de substâncias bioativas de interesse farmacológico. A medida provisória é operada por um comitê gestor Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN) sediado no Ministério do Meio Ambiente. Para coletar amostras da biodiversidade, é preciso licença do Ibama, mas para identificar moléculas em material coletado, vivo ou morto, é preciso licença do Instituto Chico Mendes, criado pela ministra Marina Silva, quando ministra do Meio Ambiente. A regra promove o absurdo de exigir que o Instituto Butantã peça licença ao Instituto Chico Mendes para identificar componentes moleculares importantes para a indústria farmacêutica a partir de venenos de cobras que integram a coleção do Butantã. Foram estabelecidos conceitos de coleta e acesso sem base científica. Transferimos para o MMA o controle da ciência brasileira que se dedica ao estudo da biodiversidade.

O número de expedições de coleta na Embrapa/Cenargen vem diminuindo nos últimos dez anos porque o prazo para autorização pelo CGEN pode chegar a quatro anos. Ainda assim, centenas de depósitos de patentes relacionadas com a biodiversidade, todas oriundas de instituições públicas brasileiras, chegaram ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) desde 2000 e não serão examinadas ou concedidas porque não têm autorização do CGEN. Análise dessas patentes só pode ser feita após uma espécie de anuência prévia ou autorização do CGEN.

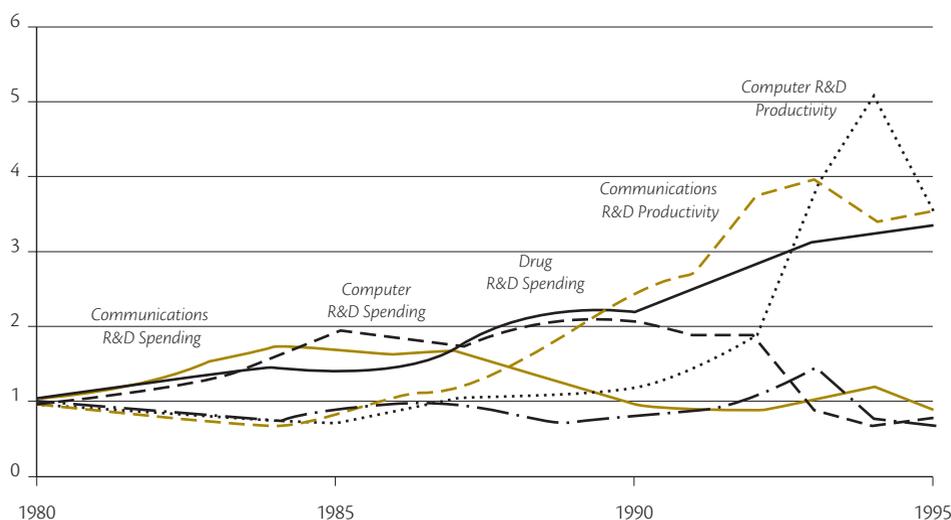
Vivemos nos últimos dez anos sob o exercício deste cartório que, ainda por cima, agora tem o seu funcionamento prejudicado porque está sendo processado pelo Ministério Público por improbidade administrativa: favorecimento da biopirataria em favor da ONG *Natural Source International Ltda* (Inquérito Civil Público no 1.15.000.000.240/2009-72). Por essas razões, o Brasil, desde o exercício institucional citado, não tem produtos registrados na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) para sua indústria farmacêutica, a não ser o Acheflan, fitoterápico derivado da *Cordia verbenata*, com excelentes propriedades anti-inflamatórias.

Todos os setores do Executivo entendem que é necessária uma nova lei. Entretanto, nunca conseguimos promulgar, via Congresso, uma lei neste sentido. Ela esbarra principalmente no desentendimento entre o Ministério do Meio Ambiente e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que, infelizmente, quer fazer uma lei separada. Na verdade, estas pastas são as que têm menos a dizer sobre o assunto, que diz respeito, mais de perto, aos ministérios da Ciência e Tecnologia e da Saúde.

Enquanto isso, estamos excluídos de um mercado de produtos derivados apenas de plantas da ordem de 12 bilhões de libras esterlinas só na Inglaterra, segundo análise recente publicada pela revista *Times*, em Londres, no mês de junho de 2009. Segundo a matéria, a demanda por produtos químicos derivados de plantas que se destinam a inúmeras aplicações, desde cosméticos até pneumáticos, está crescendo tão depressa que pode atingir 360 bilhões de libras mundialmente, em 2025. Estamos excluídos deste mercado porque, desde a adoção pelo Brasil da Convenção da Diversidade Biológica, que aconteceu em 1992, o controle do acesso à biodiversidade não tem permitido progresso à ciência no sentido de identificar moléculas para fortalecer financeiramente a nossa bioeconomia. Perdemos esta oportunidade em um momento em que há uma crise mundial que torna cada vez mais cara a obtenção de novas moléculas para a indústria farmacêutica.

Como se vê no gráfico a seguir, o custo de pesquisa e desenvolvimento (R&D) vem aumentando enquanto a produtividade medida pelo número de patentes derivadas desta iniciativa diminui. O mundo não tem novas drogas para tuberculose. Artemísia é a principal droga para malária e 50% de todas as drogas que estão em fase de teste têm como base recursos naturais.

Research and development spending and productivity for various U.S. industries

**Gráfico 1.** A indústria farmacêutica mundial: a crise no modelo

Fonte: Congressional Budget Office based on Nacional Science Foundation table "Company and Other (Except Federal) Funds for Industrial R&D Performance, by Industry and by Size of Company:1953-98," available at [www.nsf.gov/statistics/iris/search\\_hist.cfm?indx=10](http://www.nsf.gov/statistics/iris/search_hist.cfm?indx=10); and Browyn H. Hall, Adam B. Jaffe, and Manuel Trajtemberg, *The NBER Patent Citation data file: Lessons Insights, and Methodological Tools*, Working Paper N° 8498

A CDB estabelece regras para serem cumpridas entre países, mas os gestores que regulam o acesso à biodiversidade no Brasil querem aplicar os mesmos princípios à legislação brasileira. Explico melhor: quando a CDB estabeleceu regras de repartição de benefícios, estas regras foram feitas para serem aplicadas entre países. Assim, se um país, indevidamente, resolve subtrair um recurso genético ou uma amostra de planta da biodiversidade de outro e desenvolve produtos de valor comercial a partir deste material indevidamente obtido, a CDB possibilita um ressarcimento, na forma de repartição de benefícios, entre as partes, porque a convenção estabelece que a biodiversidade pertence ao país de onde o material foi obtido, que, por esta razão, tem direito a benefícios acumulados a partir do seu desenvolvimento tecnológico e sua comercialização. Legislações nacionais respeitam este princípio da CDB, mas devem ser elaboradas, explicitando que a repartição de benefícios deve ser feita quando o benefício pode ser mensurado mediante contrato, de maneira a atender as expectativas de pessoas e não de países.

A CDB não trouxe nenhum benefício aos países que a ratificaram e, o pior: o Protocolo de Cartagena, derivado da Convenção de Diversidade Biológica, é um dos maiores entraves ao desenvolvimento brasileiro. Aprovado em um fim de semana, por um acordo de líderes, pas-

sou a constituir política pública. Afirmo que o protocolo foi pensado como uma estratégia para minar a Lei de Biossegurança, de fora pra dentro, em um de seus momentos de vulnerabilidade, quando o embaixador Sardemberg era ministro da Ciência e Tecnologia, com instrumentos denominados *legally binding*.

Com base neste protocolo, o Brasil poderá ter um dia que rotular seus navios quando exportarmos soja para a União Europeia (EU), sob o pretexto de informar a sociedade europeia. Isso foi proposto com base no Protocolo de Cartagena, pela ministra Marina Silva, na COP 8 da CDB, em Curitiba. A confirmação para tudo o que afirmo é que, neste momento, cogita-se a criação do IPBES, uma espécie de Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) para a biodiversidade, criado para assessorar a CDB e permitir que ela cumpra as metas que não cumpriu em quase duas décadas de coibir a destruição da biodiversidade no mundo.

A palestra do coordenador foi voltada para descrever o presente contexto. O restante da sessão se restringiu a duas palestras, além da palestra do coordenador, que apresentamos a seguir.

A principal palestra foi proferida pelo professor Manoel Odorico de Moraes, da Universidade Federal do Ceará (UFC), coordenador de um dos únicos cursos de pós-graduação nível 6 no Nordeste, em Farmacologia, que corrobora a argumentação do relator. Ele responde a uma indagação importante: por que investir em fitomedicamentos no Brasil?

Figura 1. Por que investir em fitomedicamentos?



#### Situação atual:

- Em torno de 25% dos medicamentos convencionais disponíveis no mundo são derivados direta ou indiretamente de moléculas de origem vegetal;
- O mercado mundial de fitoterápicos é de US\$ 30 bilhões/ano (7% do mercado mundial de medicamentos);
- Mercado farmacêutico cresce de 3% a 4% ao ano;
- As projeções indicam que até os fins de 2010 o mercado mundial de fitoterápicos deverá estar entre 8% e 10% do mercado farmacêutico mundial;
- As vendas anuais de fitoterápicos no mundo, nos últimos cinco anos, vêm crescendo entre 15% e 20% ao ano;

O professor Odorico argumentou que o Brasil movimentava 600 milhões de reais anualmente, só uma pequena parcela de origem brasileira, mas deixa clara a ausência de biotérios para prover animais para os testes pré-clínicos.

As recomendações mais importantes feitas pelo professor Odorico apresentamos a seguir:

- Desburocratizar o acesso à bioprospecção da biodiversidade brasileira;
- Incentivar a inovação na academia;
- Permitir que as patentes possam ser cedidas às indústrias pelas instituições de pesquisa;
- Buscar mecanismos para incentivar a relação entre a academia e o setor empresarial;
- Implantar uma política de capacitação de recursos humanos dirigida para a PD&I de medicamentos (química medicinal, química industrial, tecnologia farmacêutica, bioterismo, farmacologia e toxicologia pré-clínica e pesquisa clínica);
- Implantar centros de pesquisa multidisciplinares para atender a demanda da indústria no que diz respeito a PD&I de fitomedicamentos no país.

A palestra seguinte, apresentada pelo pesquisador Alexandre Aleixo, ornitólogo importante do Museu Goeldi, enfatizou a importância de investir em coleções para garantir o conhecimento da biodiversidade, utilizando como modelo a sua área específica: a ornitologia.

Destacou as regiões de maior diversidade ornitológica no país e as incertezas relacionadas à classificação das espécies e subespécies ameaçadas de extinção. Defendeu o *Bar Code*, que está na agenda do MCT.

A sessão derivou para uma discussão sobre o financiamento necessário para coleções porque assistimos, com pesar, à destruição de importante coleção no Instituto Butantã. De forma absolutamente injusta, um acidente que ocorreu em São Paulo, por negligência da instituição, colocou o MCT no foco da questão como se o MCT não fosse quase solitariamente o maior financiador das coleções brasileiras. O custo, entretanto, é imenso e parcerias são bem-vindas.

Caracterização molecular da biodiversidade brasileira (“BR-BoL”)

1. Diagnóstico acurado da biodiversidade Brasileira através da identificação de espécies morfologicamente similares (“crípticas”), mas genética e evolutivamente distintas;

2. Desenvolvimento de uma “biblioteca” de “códigos de barra da vida” de organismos brasileiros em articulação com o programa internacional CBoL (“Consortium for the Bar-code of Life”), que envolve EUA, Austrália, China, União Européia, Quênia, México e outros países;
3. Inovação na identificação de organismos e produtos biológicos para órgãos de proteção ambiental e fiscalização sanitária, formando a base para diversas aplicações comerciais, forenses e criminalísticas.

9 subespécies de aves ameaçadas:

- *Crax fasciolata pinima* - Em perigo
- *Phlegopsis nigromaculata paraensis* - Em perigo
- *Psophia viridis obscura* - Em perigo
- *Pyrrhura perlata coerulescens* - Em perigo
- *Dendrexetastes rufigula paraensis* - Em perigo
- *Dendrocincla merula badia* - Em perigo
- *Dendrocolaptes certhia medius* - Em perigo
- *Pteroglossus bitorquatus bitorquatus* - Vulnerável

**Tabela 1.** Regiões neotropicais de maior diversidade ornitológica

Região	Número de espécies
Amazônia	ca. 1.800
Amazônia – Norte	896
Amazônia - Sul	892
Andes – Centro	804
Andes - Norte	772
América Central – encosta do Caribe	689
Mata Atlântica	682

Fonte: Ibama (2003)

PARTE 2

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

## Mudanças climáticas



# Mudanças climáticas antrópicas e variações climáticas naturais

Alice M. Grimm<sup>1</sup>

---

## 1. Situação atual relativa ao tema

Em 2007, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) emitiu seu mais recente relatório a respeito de mudanças climáticas. Neste relatório, o IPCC afirma ser muito provável que a ação humana seja responsável por mudanças observadas no clima global. Esta afirmação é baseada em simulações e projeções com modelos climáticos, usando a variação natural da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera e o que se supõe ser a variação natural acrescida da contribuição antrópica. Os modelos, de forma geral, só reproduzem o aumento de temperatura observado em décadas recentes quando incluem a forçante antropogênica. Outras indicações de mudança climática antropogênica provêm de estudos diagnósticos que mostram tendências de temperatura, precipitação, nível do mar e outros parâmetros. Análises foram realizadas em séries de dados observados sobre o globo, sendo geralmente as mais longas as séries de países do Hemisfério Norte, especialmente na Europa. Estas séries mostram, numa média global, aumento de temperatura, no século XX, especialmente acentuado entre a década de 1970 até meados da década de 1990.

Os alertas emitidos pelo IPCC têm motivado a busca de políticas de mitigação e a intensificação, em nível regional, do diagnóstico de mudanças climáticas já em curso, assim como a projeção de mudanças climáticas futuras sob variados cenários. Neste contexto, é necessário enfatizar a importância, sob vários aspectos, do conhecimento da variabilidade climática natural.

---

<sup>1</sup> Professora do Departamento de Física da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

No Brasil, o diagnóstico de mudanças climáticas é prejudicado pela escassez de longas séries de observações de parâmetros meteorológicos que permitam a detecção de tendências de longo período. Tendências reveladas em séries relativamente curtas de parâmetros climáticos (temperatura, precipitação, etc.), que podem parecer manifestação de mudança climática, revelam, na realidade, mudança de fase em oscilações interdecadais naturais, principalmente nas décadas de 1970 e 1980. Essas oscilações de longo período produzem variações climáticas que podem confundir-se com mudanças climáticas antrópicas, principalmente quando diferentes oscilações interdecadais entram em fase, superpondo seus efeitos, como foi o caso em décadas recentes. É necessário conhecer a variabilidade climática natural a fim de separar as mudanças antrópicas das variações naturais em séries relativamente curtas.

Os modelos climáticos atualmente usados em projeções de mudanças climáticas não reproduzem corretamente muito da variabilidade natural do sistema climático e seus impactos. Nesta variabilidade, estão incluídas as oscilações interdecadais, cujas causas ainda não são claras. Modelos incapazes de simular corretamente o clima presente, com sua variabilidade natural, apresentam grande incerteza em suas projeções futuras. Além disso, estudos demonstram que a falha dos modelos em reproduzir a variabilidade interdecadal natural altera o desempenho desses modelos em cada região ao longo do tempo e, portanto, a sua confiabilidade dependeria do período de suas projeções. Embora todos os modelos sejam capazes de mostrar aquecimento global como consequência do aumento da concentração de gases de efeito estufa, eles mostram grandes diferenças nas projeções regionais, tanto de temperatura como de precipitação e outras variáveis meteorológicas. Para avaliar e validar os modelos para projeções climáticas na América do Sul, é necessário conhecer a variabilidade climática natural no nosso continente e sua conexão com modos climáticos globais.

O Brasil conhece pouco de sua variabilidade climática natural, incluindo suas causas, impactos e previsibilidade. Este conhecimento, além de ajudar a detectar mudanças climáticas e aperfeiçoar os modelos para projeções de clima futuro, traria outros benefícios em curto prazo, com o mais eficiente aproveitamento dessa variabilidade em vários setores importantes, como a agricultura e a geração de energia hidroelétrica.

## 2. Principais desafios para o Brasil nesse campo

As discussões sobre mudanças climáticas colocaram em foco a importância da meteorologia no estudo dessas mudanças e dos seus impactos, tendo em vista que a atmosfera tem papel central no sistema climático.

É necessário ter uma clara noção das mudanças climáticas no Brasil, para que se possa preparar a adaptação a elas. Estudos nesse sentido podem ser diagnósticos, por meio da análise de longas séries de dados para indicar mudanças já ocorridas, ou prognósticos, por meio de projeções de clima futuro feitas com modelos climáticos e usando diversos cenários de emissões. Em ambas as abordagens, o desenvolvimento do conhecimento científico sobre mudanças climáticas e seus impactos passa necessariamente pelo conhecimento mais abrangente e mais detalhado da dinâmica natural do sistema climático, ou seja, de sua variabilidade natural. Isso é especialmente verdadeiro para o Brasil, cujas variações climáticas naturais (descrição, causas, impactos, inter-relações, previsibilidade) ainda são pouco conhecidas e pouco exploradas em benefício de vários setores da sociedade.

Nos estudos diagnósticos de mudanças climáticas já ocorridas, apenas o conhecimento da variabilidade natural do clima permitirá separar o que é mudança climática antrópica do que é variação climática natural de longo período (interdecadal).

Para fazer projeções de mudanças climáticas futuras, é necessário ter modelos capazes de simular corretamente o clima presente, com sua variabilidade natural. Caso contrário, as incertezas das projeções podem tornar desaconselhável a sua aplicação prática em planejamento. Estudos da variabilidade natural do clima podem aperfeiçoar os modelos climáticos porque:

- só é possível saber quão bem os modelos simulam o clima se este for bem conhecido, sendo, portanto, necessários estudos diagnósticos do clima para avaliar (e validar) os modelos e indicar o que eles devem reproduzir;
- se os mecanismos das variações climáticas (relações causa-efeito) diagnosticados por meio da análise de dados observados forem confirmados em testes com modelos, há indicação de que os modelos podem reproduzir essas variações naturais pelas razões corretas. Quando dados e modelos estão em harmonia em relação a determinado tipo de variabilidade, então os modelos podem prevê-la.

Além da contribuição dos estudos de variabilidade climática natural no contexto das pesquisas de mudanças climáticas, há outras razões muito importantes para estudá-la:

- há variações climáticas naturais em diversas escalas de tempo que impactam significativamente diversos setores, graças às variações associadas de chuva, temperatura e outros elementos meteorológicos, e estas variações existirão mesmo com mudanças climáticas antrópicas;
- a variabilidade natural no clima presente deve ser conhecida para se poder avaliar como será afetada por mudanças climáticas;

- o conhecimento das variações climáticas naturais pode ser usado em modelos conceituais ou estatísticos para previsão de variações que os modelos dinâmicos não reproduzem, auxiliando o gerenciamento de recursos hídricos e planejamento agrícola (por exemplo, no gerenciamento de reservatórios e no zoneamento agroclimático baseado não apenas em médias, mas também na variabilidade climática);
- a utilização mais completa possível de informação sobre variações climáticas naturais pode, em curto e médio prazo, aumentar a produção agrícola sem prejuízo ao meio ambiente e tornar mais eficiente o uso dos recursos hídricos na produção de energia hidroelétrica;
- informações sobre impactos de variações climáticas naturais na frequência de eventos extremos (chuva, etc.) ajudam na prevenção de desastres naturais e no planejamento de ações de defesa civil;
- o impacto das variações interanuais e interdecadais muito provavelmente é, no curto e médio prazo, maior que os impactos de possíveis mudanças climáticas, portanto, é necessário conhecê-las para adaptar-se a elas.

Há vários exemplos de variabilidade climática no Brasil. Em escala interanual, o exemplo mais notável é a variabilidade associada com eventos El Niño e La Niña. Muitos dos impactos produzidos por estes eventos ainda não são corretamente simulados por modelos. Portanto, caracterizar os seus efeitos consistentes em diferentes épocas do ano é muito útil para previsão de possíveis variações no clima devidas a estes eventos. Há regiões com grande atividade agrícola ou que fazem parte de bacias afluentes a importantes usinas hidroelétricas nas quais a chuva em certos meses é, em média, três ou quatro vezes maior em eventos El Niño que em eventos La Niña, enquanto em outras ocorre o contrário. Além disso, o número de eventos extremos de chuva pode aumentar até cinco vezes em episódios El Niño (La Niña) em relação aos episódios La Niña (El Niño).

Muito menos conhecida que a variabilidade interanual é a variabilidade interdecadal no Brasil e suas conexões com oscilações climáticas globais. Estudos em andamento mostram que esse tipo de variabilidade pode produzir diferenças entre chuvas sazonais de primavera e verão de até 50% entre fases opostas de uma oscilação. Em outras estações, a diferença é até maior. Tendo em vista que estas fases podem durar uma década ou mais, tais oscilações interdecadais podem produzir secas severas e persistentes, assim como períodos muito úmidos. Elas ainda influem no início e final da estação chuvosa, o que pode ter consequências significativas.

Estudos já realizados mostram que os modelos não reproduzem corretamente as oscilações interdecadais e seus impactos. Portanto, para validar o desempenho dos modelos a este respeito no Brasil, é necessário pesquisar esta variabilidade, seus impactos e seus mecanismos.

### 3. Recomendações

Tendo em vista que:

- pesquisas climatológicas de variabilidade climática natural são importantes para separar a mudança antrópica da variabilidade natural na análise da evolução observada do clima e também para validar e aperfeiçoar os modelos climáticos que projetam mudanças climáticas futuras;
- a variabilidade climática natural, suas causas dinâmicas e seus impactos têm grande dependência sazonal e estudos detalhados e sistemáticos são necessários;
- estes estudos são essenciais para estabelecer relações prognósticas para previsão climática sazonal;
- previsões de modelos dinâmicos devem ser combinadas com informação estatística proveniente desses estudos, para cobrir a variabilidade climática não reproduzida pelos modelos;
- pesquisas climatológicas são, portanto, importantes para previsão climática e, por isto, importantes para o planejamento da geração de energia hidroelétrica para a agricultura e para a defesa civil;
- é necessário preparar-se não apenas para possíveis mudanças climáticas, mas também para os impactos da variabilidade natural interdecadal, analisando as consequências da inversão da fase atual desses modos de variabilidade (por exemplo, o que será da agricultura ou da geração de energia hidroelétrica em algumas regiões se o regime de chuvas retornar àquele dos anos 1950-1960?);

É recomendável que, no contexto de política de fomento à pesquisa científica e formação de recursos humanos:

- sejam apoiadas a extensão e o aprofundamento de pesquisas climatológicas para detectar, caracterizar, explicar e prever a variabilidade natural do clima no Brasil, além de analisar o seu impacto sobre vários aspectos importantes para agricultura, geração de energia hidroelétrica e defesa civil (chuvas mensais, sazonais, regime de chuvas, duração da estação chuvosa, distribuição de chuvas diárias, frequência de eventos extremos, etc.), o que permitirá melhor adaptação;
- sejam apoiadas pesquisas para aperfeiçoamento de modelos climáticos, não apenas quanto à eficiência computacional dos programas, mas quanto à modelagem dos fenômenos físicos que eles devem reproduzir;

- seja intensificada a formação de recursos humanos para pesquisas na área de variações climáticas e mudanças climáticas;
- seja mantida e expandida a rede de estações meteorológicas para monitoramento tanto de variações como de mudanças climáticas, de forma a proporcionar conjuntos de dados com cobertura mais uniforme do território brasileiro.

# O desafio das novas tecnologias de mitigação da mudança do clima no contexto do desenvolvimento sustentável

José Domingos Gonzalez Miguez, Adriano Santhiago de Oliveira, Thiago de Araujo Mendes

---

## 1. Introdução

Como elementos introdutórios para a reflexão sobre o papel das tecnologias no âmbito da mitigação da mudança do clima, propõe-se considerar o que está contido no Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês)<sup>1</sup>.

Há o reconhecimento geral na literatura científica de que é altamente improvável que apenas um tipo de tecnologia possa resolver o problema da mudança do clima. Portanto, é necessário considerar um *portfolio* de tecnologias, tanto para a mitigação da mudança do clima como para a adaptação aos seus efeitos.

A tecnologia, compreendida como produto histórico das interações dos sistemas humanos e físicos, é uma das principais determinantes do desenvolvimento econômico e está entre os vetores de emissão de gases de efeito estufa. Ao mesmo tempo, tecnologia e mudança tecnológica

---

<sup>1</sup> Fisher, B.S., N. Nakicenovic, K. Alfsen, J. Corfee Morlot, F. de la Chesnaye, J.-Ch. Hourcade, K. Jiang, M. Kainuma, E. La Rovere, A. Matysek, A. Rana, K. Riahi, R. Richels, S. Rose, D. van Vuuren, R. Warren, 2007: *Issues related to mitigation in the long term context*, In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.  
Halsnæs, K., P. Shukla, D. Ahuja, G. Akumu, R. Beale, J. Edmonds, C. Gollier, A. Grübler, M. Ha Duong, A. Markandya, M. McFarland, E. Nikitina, T. Sugiyama, A. Villavicencio, J. Zou, 2007: *Framing issues*. In *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

oferecem as principais possibilidades para reduzir emissões e atingir a estabilização das concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa.

Há diversos paradigmas usados para separar o processo de mudança tecnológica em fases distintas. Uma abordagem é considerá-la aproximadamente como um processo em duas partes, mas que estão intrinsecamente ligadas:

1. O processo de concepção, criação e desenvolvimento de novas tecnologias ou fortalecimento de tecnologias existentes – o processo de avançar “fronteiras tecnológicas”;
2. O processo de difusão ou disseminação dessas tecnologias.

O cenário de tecnologias disponíveis define o que pode ser incrementado, e o uso da tecnologia proporciona aprendizado que pode guiar programas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) ou diretamente aperfeiçoar a tecnologia por meio de *learning by doing* (aprendizado na prática ou aprender fazendo). Os dois processos são ligados também em termos de tempo.

Novas tecnologias surgem de uma gama de vetores interativos. A literatura divide esses vetores em três categorias amplas e integradas: P&D, *learning by doing* e *spillovers*.

**P&D:** compreende um amplo conjunto de atividades por meio das quais empresas, governos ou outras entidades empregam recursos especificamente para aperfeiçoar tecnologias ou obter novo conhecimento. Ao mesmo tempo em que P&D cobre uma série contínua ampla, pode ser simplificada em duas categorias – P&D aplicada e pesquisa básica – e compreende tanto ciência como engenharia. P&D aplicada tem o foco em aperfeiçoar tecnologias específicas bem definidas (exemplo: células a combustível). Pesquisa básica foca em áreas de espectro mais amplo e fundamental do conhecimento, podendo ser orientada ou com foco na criação de novo conhecimento sem consideração explícita de uso. Mas ambas são interativas: pesquisa básica em um conjunto de disciplinas ou áreas de pesquisa (de materiais a computadores de alta velocidade) pode criar um *pool* de conhecimento e ideias que deve ser desenvolvido por meio de P&D aplicada. Por sua vez, obstáculos em P&D aplicada também podem remeter a prioridades de pesquisa de volta à ciência básica. Como regra prática, o setor privado tem um papel cada vez mais proeminente quanto mais o processo se volta para a aplicação comercial. Termos similares encontrados na literatura incluem Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração (PD&D), bem como Pesquisa, Desenvolvimento, Demonstração e Disseminação (PDD&D ou PD). Esses conceitos enfatizam a importância de promover a interação entre as pesquisas básica e aplicada voltadas para aplicações iniciais de novas tecnologias que são relevantes *feedbacks* e mecanismos de aprendizado para P&D propriamente dita.

P&D associada ao espectro econômico é relevante para o tema da mudança do clima: quando voltada para o setor energético, básica ou aplicada, bem como P & D em outros setores importantes (exemplo, agricultura), pode diretamente influenciar emissões de gases de efeito estufa associadas com esses setores (ex: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>). Ao mesmo tempo, P & D em setores aparentemente não diretamente relacionados pode também resultar em benefícios para setores relevantes associados à mudança do clima. Por exemplo, avanços computacionais das últimas décadas têm melhorado o desempenho da produção de energia e do uso das tecnologias.

**Aprender fazendo:** refere-se aos benefícios que resultam do uso prático de determinada tecnologia, isto é, desdobramento de mercado. Quanto mais um indivíduo ou organização repete uma tarefa, mais habilitada ou eficiente aquela organização ou indivíduo se torna em relação àquela tarefa. Em descrições mais antigas, *aprender fazendo* se referia a aperfeiçoamentos na produtividade da mão de obra de um simples produto ou da linha de produção. Com o passar do tempo, a aplicação do conceito se expandiu para uma maior escala, como uma firma na sua totalidade produzindo um produto particular. Melhorias na coordenação, cronograma, *design*, materiais e tecnologias de manufatura podem aumentar a produtividade da mão de obra, e essa definição mais ampla de *aprender fazendo* refletirá na aquisição de experiências em todos os níveis organizacionais, incluindo engenharia, gerenciamento, vendas e *marketing*.

Há interações claras e relevantes entre o *aprender fazendo* e a P&D. A produção e o uso das tecnologias proveem importantes *feedbacks* para o processo de P&D, identificando áreas chave para aperfeiçoamento ou obstáculos importantes.

**Spillovers:** referem-se à transferência de conhecimento ou a outros benefícios, inclusive econômicos, da inovação de um indivíduo, firma, indústria ou outra entidade para outrem. A turbina a gás na produção de eletricidade, sísmica 3-D na exploração de petróleo, tecnologias de plataformas de petróleo e computadores são *spillovers* em um conjunto de tecnologias de energia.

A habilidade de identificar e explorar avanços em campos não necessariamente relacionados é um dos primeiros vetores da inovação e do aperfeiçoamento. Tais avanços são obtidos de um ambiente gerador de educação, pesquisa e capacidade industrial.

Desenvolvimento e difusão, bem como comercialização de novas tecnologias, são em geral um esforço do setor privado dirigido por incentivos de mercado. O setor público pode desempenhar um papel relevante na coordenação e cofinanciamento dessas atividades e, por meio de políticas, na estruturação desses incentivos de mercado. Firms escolhem desenvolver e empregar novas tecnologias para obter vantagens de mercado que resultem em aumento de lucros. Mudança de padrão tecnológico compreende uma ampla gama de atividades que incluem P&D, inovação, projetos demonstrativos, desdobramento comercial e uso difundido, e envolve um

amplo leque de atores desde cientistas da academia e engenheiros até laboratórios de pesquisa industrial, consultores, firmas, reguladores, fornecedores e consumidores. Durante a criação e disseminação de tecnologias revolucionárias (atualmente não existentes), o processo de desenvolvimento deve apresentar uma sequência em várias fases, mas para tecnologias existentes, interações podem ocorrer entre todas as fases. Por exemplo, estudos sobre limitações em tecnologias correntemente aplicadas podem atuar como iniciadores de inovação em pesquisas acadêmicas básicas.

Vários fatores devem ser considerados com respeito ao processo de desenvolvimento e comercialização de tecnologias. Uma revisão detalhada desses fatores está contida no Relatório Especial do IPCC sobre Transferência de Tecnologia (*IPCC Special Report on Technology Transfer – SRTT*). Fatores a serem considerados no desenvolvimento e comercialização de novas tecnologias incluem:

- A extensão da escala de tempo para o emprego das tecnologias avançadas;
- O conjunto de barreiras que as tecnologias inovadoras devem ultrapassar para entrarem em uso comercial largamente disseminado;
- O papel dos governos em criar estrutura para fortalecer a disseminação da tecnologia comercial inovadora criada por companhias privadas;
- Capacidade de absorção da tecnologia e capacidades tecnológicas como um todo são também importantes determinantes da inovação e da difusão.

Novas tecnologias devem ultrapassar barreiras técnicas e de mercado para entrarem em uso comercial disseminado. Fatores relevantes incluem:

- *Performance*;
- Custos;
- Aceitação por parte do consumidor;
- Segurança;
- Riscos financeiros e instrumentos financeiros disponíveis;
- Infraestrutura;
- Conformidade regulatória;
- Impactos ambientais.

O potencial de difusão para uma nova tecnologia depende de todos os fatores acima. Se a tecnologia falha quanto a uma dessas dimensões, não atingirá uma penetração global significativa.

Portanto, a redução de emissões de gases de efeito estufa deve ser um importante objetivo da pesquisa tecnológica, mas não o único fator. Outro fator é que a extensão da escala de tempo para o emprego prático da tecnologia apresenta um impacto substantivo no comportamento do setor privado. Mesmo com o sucesso da inovação da tecnologia, o tempo necessário para a nova tecnologia promover um impacto global significativo nas emissões pode ser considerável.

As formas como a tecnologia reduz emissões futuras de gases de efeito estufa em cenários de emissão de longo prazo incluem:

- Melhoria na eficiência tecnológica e redução de emissões por unidade de produto ou serviço. Essas medidas são fortalecidas quando complementadas por conservação de energia e uso racional de energia (considerando esse setor, por exemplo);
- Substituição de recursos carbono-intensivos de energia por outros menos intensivos. Essas medidas podem também ser complementadas por melhorias de eficiência;
- Introdução de captura e armazenamento de CO<sub>2</sub> (CCS, na abreviação em inglês) para abater emissões não controladas. Essa opção poderia ser aplicada no futuro, em conjunto com tecnologias de geração elétrica, outras tecnologias de conversão energética e processos energo-intensivos que utilizem combustíveis fósseis bem como biomassa (em cada caso há remoção líquida de carbono da atmosfera);
- Introdução de recursos energéticos renováveis tais como hidrelétricos e eólicos, plantas solar-térmicas e energia fotovoltaica, biomassa moderna (que pode ser carbono-neutra, resultando em emissões líquidas iguais a zero) e outras tecnologias avançadas com base em recursos renováveis;
- Fortalecimento do papel da energia nuclear, dependendo do desenvolvimento de ciclos de combustíveis e reatores seguros, resolução de assuntos técnicos associados ao armazenamento dos materiais radioativos e aperfeiçoamento dos acordos nacionais e internacionais de não proliferação de armamentos nucleares;
- Novas configurações tecnológicas tais como células a combustível e novas tecnologias de armazenamento;
- Redução de emissões de gases de efeito estufa resultantes da agricultura e uso da terra depende da difusão de novas tecnologias e práticas que podem incluir ações tais como produção menos intensiva de fertilizantes e aperfeiçoamento de manejo animal.

Tabela 1. <sup>2</sup> Tecnologias e práticas chave de mitigação por setor<sup>3</sup>

Setor	Tecnologias e práticas chave de mitigação disponíveis comercialmente	Tecnologias e práticas chave de mitigação com projeção de comercialização antes de 2030
Energia	Melhorias de eficiência na geração e distribuição; substituição de combustíveis; energia nuclear; energia renovável térmica e elétrica (hídrica, solar, eólica, geotérmica e bioenergia); cogeração; aplicações iniciais de CCS (ex.: armazenamento de CO <sub>2</sub> removido de gás natural).	CCS na geração de eletricidade por meio de plantas a gás, biomassa ou carvão; energia nuclear avançada; energia renovável avançada, incluindo energia das ondas oceânicas, energia solar concentrada e fotovoltaica.
Transporte	Veículos movidos com combustíveis mais eficientes; uso de diesel "mais limpo"; biocombustíveis; mudanças de modais com foco em ferrovias e sistemas públicos de transporte; transporte não motorizado; planejamento do uso da terra e transporte.	Segunda geração de biocombustíveis; aviação mais eficiente; veículos elétricos e híbridos avançados com baterias e fontes energéticas mais confiáveis.
Construção	Iluminação eficiente; equipamentos elétricos e de aquecimento/resfriamento mais eficientes; fogões eficientes; fluidos refrigerantes alternativos; recuperação e reciclagem de gases fluorados.	Design integrado de prédios comerciais, incluindo tecnologias como medidores inteligentes para controle e feedback; energia solar integrada nos edifícios.
Indústria	Equipamentos mais eficientes no uso final de eletricidade; recuperação de energia térmica e elétrica; reciclagem e substituição de materiais; controle de emissões;	Eficiência energética avançada; CCS para a produção de cimento, amônia e metais; eletrodos inertes para a fabricação de alumínio.
Agricultura	Aperfeiçoamento de manejo agrícola; recuperação de terras degradadas; técnicas melhoradas de cultivo de arroz; técnicas melhoradas de manejo animal e de resíduos; técnicas melhoradas de aplicação de fertilizantes; lavouras energéticas dedicadas para substituir combustíveis fósseis; melhorias de eficiência energética	Aumento da produtividade de colheita.
Florestas	Florestamento/Reflorestamento; manejo florestal; redução de desmatamento; manejo de produtos madeireiros; uso de madeira para bioenergia.	Melhorias de espécies arbóreas para aumentar produtividade de biomassa e remoção de carbono; Melhorias em tecnologias de sensoriamento remoto para análise de vegetação/ carbono do solo, potencial de remoção e mapeamento da mudança no uso da terra.
Tratamento de resíduos	Recuperação de metano em aterros; incineração de resíduos com recuperação energética; compostagem; tratamento de esgoto; reciclagem e minimização de geração de lixo.	Biocoberturas e filtros biológicos para otimizar oxidação de CH <sub>4</sub> .

2 IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA (Tradução Nossa).

3 Setores e tecnologias são listados em ordem aleatória, não representando prioridade. Práticas não tecnológicas, como mudança no padrão de consumo, não foram incluídas

## 2. Objetivo

O objetivo principal deste documento é contribuir para a discussão da Sessão Temática sobre Mudança do Clima no âmbito da IV Conferência Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação para o desenvolvimento sustentável. Contemplar todas as tecnologias listadas na Tabela 1 foge do escopo desse trabalho e, portanto, a proposta é provocar o debate sobre o desafio tecnológico no contexto da mudança do clima, tendo como base alguns exemplos extraídos da referida tabela. Para tanto, e considerando que se trata de uma Conferência de Ciência, Tecnologia e Inovação, propõe-se a breve consideração de algumas tecnologias com potencial de comercialização até 2030. Sugere-se que durante a leitura sobre essas tecnologias inovadoras se tenha a introdução acima, extraída do Quarto Relatório de Avaliação do IPCC, como pano de fundo.

## 3. Captura e armazenamento geológico de CO<sub>2</sub> (CCS)

A captura e o armazenamento de CO<sub>2</sub> (CCS, na abreviação do inglês) envolvem o uso de tecnologia avançada para coletar e concentrar o CO<sub>2</sub> produzido em plantas industriais ou de geração de energia, para transportá-lo ao local adequado e para armazená-lo e isolá-lo da atmosfera por período longo de tempo. O CCS pode constituir um meio de utilização de combustíveis fósseis com uma emissão menos intensiva de gases de efeito estufa.

A tecnologia empregada requer um alto montante de investimentos mesmo em nível de demonstração. Trata-se de atividade complexa, principalmente porque a captura do CO<sub>2</sub> envolve processos físico-químicos não triviais, além de requerer significativo aporte de energia para a operação. Estimativas recentes de custos têm indicado que a planta de captura contribui com a maior parte do total dos custos (incluindo a compressão) ao se considerar toda a cadeia. O principal fator para isso é o consumo de energia.

Os custos para os vários componentes do sistema variam de maneira ampla, dependendo da planta de referência, da fonte de CO<sub>2</sub>, bem como das situações de transporte e armazenamento (IPCC, 2005).

Segundo o IPCC (2005), métodos novos ou aperfeiçoados de captura de CO<sub>2</sub>, combinados com sistemas avançados de geração de energia ou de processos industriais, poderiam reduzir os custos dessa captura bem como a quantidade de energia requerida. Apesar de haver incerteza considerável sobre a magnitude e o tempo das reduções de custos, a literatura sugere que na próxima década o custo de captura poderia ser reduzido de 20% a 30% e reduções mais substanciais poderiam ser alcançadas por novas tecnologias que já estão em fases de pesquisa ou

demonstração. Reduções futuras de custos dependerão da disseminação e adoção das tecnologias comerciais que possam ser absorvidas pelo mercado assim como de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) sustentados. Os custos de transporte e armazenamento poderiam decrescer na medida em que a tecnologia se tornasse mais madura e houvesse ganho de escala.

Atualmente, tubulações operam como uma tecnologia madura e constituem o método mais comum para se transportar CO<sub>2</sub>. A primeira tubulação de longa distância para transportar CO<sub>2</sub> entrou em operação no início da década de 1970 (IPCC, 2005).

Em termos gerais, tubulação para CO<sub>2</sub> é muito similar àquela utilizada para transporte de gás natural, resguardadas as devidas diferenças.

Em algumas situações ou locais, transporte de CO<sub>2</sub> por navios pode ser economicamente mais atrativo, particularmente quando o CO<sub>2</sub> tem que ser transportado por longas distâncias. O gás liquefeito de petróleo (GLP) é transportado em escala comercial por tanques marítimos (*marine tankers*). CO<sub>2</sub> pode ser transportado por navio de forma similar (tipicamente a 0,7 MPa), mas isso atualmente ocorre em pequena escala em função da demanda limitada. As propriedades do CO<sub>2</sub> liquefeito são similares àsquelas do GLP, e a tecnologia poderia ganhar escala dependendo da demanda por esse tipo de sistema (IPCC, 2005).

Os custos para os dois tipos de transporte considerados acima dependem das distâncias e da quantidade transportada. No caso das tubulações, há forte dependência de ser *onshore* ou *offshore*.

Segundo o IPCC (2005), cerca de 3-4 MtCO<sub>2</sub>/ano têm sido capturadas e armazenadas em formações geológicas em três projetos de escala industrial (Mar do Norte, Canadá e Argélia). Adicionalmente, 30 MtCO<sub>2</sub> é injetada anualmente por meio de recuperação de óleo (EOR, na abreviação do inglês), sendo a maior parte produzida com óleo, da qual é separada e reinjetada. Ao final da recuperação do óleo, o CO<sub>2</sub> pode ser retido como medida de mitigação da mudança do clima, em vez de ser emitido para a atmosfera. O Brasil tem experiência em EOR e precisa considerá-la dentro da cadeia do CCS.

A injeção de CO<sub>2</sub> em formações geológicas profundas envolve muitas das mesmas tecnologias que têm sido desenvolvidas na indústria de exploração e produção de petróleo e gás. Contudo, os custos variam principalmente em função de fatores como localização (*onshore X offshore*), profundidade do reservatório e características geológicas. Os custos de armazenamento mais baixos estão relacionados a reservatórios *onshore*, principalmente os mais rasos e com alta permeabilidade. O mesmo se aplica a poços e infraestrutura em campos de petróleo e gás existentes que possam ser reutilizados (IPCC, 2005).

A tecnologia de CCS envolve diferentes componentes e níveis de maturidade no âmbito do mercado, conforme a Tabela 2.

**Tabela 2.** Grau de maturidade dos componentes de um sistema de CCS<sup>4</sup>

Componente	Tecnologia	Fase de pesquisa	Fase de demonstração	Economicamente viável sob condições específicas	Mercado maduro
Captura	Pós-combustão			X	
	Pré-combustão			X	
	Oxyfuel		X		
Transporte	Separação industrial				X
	Tubulação				X
	Navio			X	
Armazenamento geológico	Recuperação de óleo (EOR)				X
	Campos de gás ou óleo			X	
	Formações salinas			X	
	Recuperação de metano em camadas de carvão (ECBM)		X		
Armazenamento no oceano	Injeção direta (tipo dissolução)	X			X
	Injeção direta (tipo lago)	X			
Carbonatação mineral	Silicato	X			
	Materiais residuais		X		
Uso industrial do CO <sub>2</sub>					X

<sup>4</sup> IPCC Special Report, Carbon Dioxide Capture and Storage, 2005: O "X" indica nível alto de maturidade. Para a maioria dos componentes, tecnologias menos maduras também existem.

A experiência com a integração sistêmica completa da captura, transporte e armazenamento de CO<sub>2</sub> é relativamente escassa. O CCS ainda não foi utilizado em plantas de larga escala. Entretanto, segundo o IPCC (2005), a integração de captura, transporte e armazenamento em projetos de larga escala é necessária para ganho de conhecimento e experiência a fim de promover uma maior disseminação de tecnologias de CCS. P&D também é necessária para aperfeiçoar o conhecimento de conceitos emergentes e geração de tecnologias para captura de CO<sub>2</sub> com potencial de reduzir significativamente os custos de captura para plantas novas e existentes.

O governo brasileiro reconhece o CCS como uma possível opção de tecnologia para a mitigação da mudança do clima entre um amplo *portfolio* de oportunidades. Portanto, deve-se apoiar a aceleração das pesquisas sobre tecnologias de CCS, bem como o desenvolvimento e difusão, incluindo a transferência daquelas tecnologias que estão pelo menos na fase de demonstração. O governo está consciente de que a aplicação do CCS nos países em desenvolvimento dependerá do grau de maturidade tecnológica, custos, difusão e transferência de tecnologia, bem como da avaliação de elementos socioambientais, reconhecendo, ao mesmo tempo, que esse processo é intensivo tanto em capital como em tecnologia.

Tendo como base os elementos tratados anteriormente, além de outros, é possível considerar os seguintes desafios tecnológicos para debate:

- Investimento em P & D, bem como em plantas de demonstração;
- Ganho de escala;
- Seleção de local adequado para armazenamento;
- Capacidade de armazenamento;
- Contaminantes;
- Redução de custos, principalmente por meio de novas tecnologias de captura;
- Monitoramento;
- Definição de condições de operação;
- Recomendação de práticas e *guidelines* a partir de P&D e pilotos;
- Identificação de vazios de conhecimento e consequente direcionamento de prioridade para P & D;
- Vazamento acidental e dispersão de CO<sub>2</sub>;
- Vazamentos de CO<sub>2</sub> no longo prazo.

Por fim, toda essa discussão deve ser posta em perspectiva a partir do perfil energético nacional. Segundo dados do Balanço Energético Nacional (2009), a participação da energia de fonte renovável representou 46% do total, o que faz que a matriz energética nacional seja bastante limpa comparativamente àquelas dos demais países. No mundo, essa taxa é de 13% e, nos países membros da OCDE, é de apenas 7%. Portanto, diante desse quadro, pode-se concluir que CCS não seria uma prioridade no Brasil. Contudo, o país precisa pesar a necessidade de investimentos nesse setor quando se consideram questões de competitividade tecnológica, sem deixar de mencionar os desafios que a exploração do pré-sal trará.

#### 4. Captura e armazenamento de CO<sub>2</sub> em base renovável (*Renewable CCS – RCCS*)<sup>5</sup>

O Brasil figura entre os líderes mundiais que dominam a tecnologia dos biocombustíveis, principalmente etanol. A captura e o armazenamento do CO<sub>2</sub> podem ser realizados tendo por base processos que utilizam a biomassa como recurso.

RCCS com base em biomassa apresenta a vantagem adicional de o processo resultar em balanço negativo de emissão de CO<sub>2</sub> quando aplicado em plantas produtoras de etanol. Para cada litro de combustível renovável produzido, não há apenas redução de emissões, mas há também remoção de CO<sub>2</sub> da atmosfera pelo processo de fotossíntese. De fato, a combinação do uso de etanol proveniente da cana-de-açúcar com RCCS seria uma das poucas possibilidades existentes de, além de reduzir emissões de gases de efeito estufa, torná-las negativas no balanço geral.

O próprio IPCC (2005) reconhece que a aplicação de CCS com base em recursos de energia da biomassa pode resultar em remoção líquida de CO<sub>2</sub> da atmosfera (referenciada como “emissões negativas”) por meio de captura e armazenamento do CO<sub>2</sub> atmosférico removido pela biomassa.

Com potenciais recursos do GEF, o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) vem liderando a elaboração de um projeto cujo objetivo é desenvolver uma planta demonstrativa de RCCS utilizando o CO<sub>2</sub> emitido pelo processo de fermentação em usinas produtoras de açúcar e etanol no estado de São Paulo. Durante a fermentação, o CO<sub>2</sub> é emitido praticamente livre de outros gases e impurezas, havendo apenas a exigência de secagem e compressão. Esse CO<sub>2</sub> com alto grau de pureza será armazenado em formações salinas.

---

5 Texto adaptado do Project identification form submetido ao Global Environment Facility (GEF): RCCS - Renewable CO<sub>2</sub> Capture and Storage from Sugar Fermentation Industry in Sao Paulo State.

O objetivo é essencialmente armazenar  $\text{CO}_2$ , tendo em vista que a captura, que constitui a etapa mais difícil do CCS com base em combustíveis fósseis, não é necessária devido ao alto grau de pureza do  $\text{CO}_2$  gerado pelo processo da fermentação do açúcar. Outro fator positivo é que a temperatura em que o gás flui é praticamente a mesma da ventilação do tonel de fermentação. Outra vantagem é o potencial de replicação para outros processos baseados em diferentes recursos.

Na produção de 1 tonelada de etanol, quase 1 tonelada de  $\text{CO}_2$  pode ser capturada. Usinas de açúcar e álcool baseadas em cana e gerando eletricidade com caldeiras eficientes (100 bar ou mais) podem resultar em emissões negativas por meio da aplicação do RCCS.

A indústria de açúcar e álcool no Brasil produz aproximadamente 600 milhões de toneladas de cana-de-açúcar e 30 milhões de metros cúbicos de etanol, bem como 35 milhões de toneladas de açúcar a cada ano. Considerando que 1 metro cúbico de etanol equivale a 0,79 toneladas, a produção anual de etanol em 2009 corresponde a 24 milhões de toneladas e, conseqüentemente, 23 milhões de toneladas de  $\text{CO}_2$  poderiam ser armazenadas anualmente se a tecnologia fosse aplicada a todas as 420 usinas em operação no território nacional. Dado o tamanho da indústria de açúcar e álcool no país, o sucesso desse projeto demonstrativo trará significativos benefícios para o ambiente global, bem como impactará a discussão sobre a sustentabilidade dos biocombustíveis.

Alguns aspectos de extrema relevância devem ser considerados no debate sobre a tecnologia:

Viabilidade técnica e custos: estudos de viabilidade técnica e financeira precisam ser apoiados, incluindo a identificação das formações salinas, *designs* técnicos para o sistema de captura e tubulação, bem como licenciamento.

Demonstração e transferência de tecnologia: o desafio de tornar a teoria em prática dependerá de experiências pilotos, como o projeto citado anteriormente. Como a cana-de-açúcar é produzida principalmente nos países em desenvolvimento, o sucesso da tecnologia contribuirá para a transferência de tecnologia Sul-Sul.

Aplicação da tecnologia (capacitação): deve haver o envolvimento do setor industrial, mas também instituições técnicas e científicas. Deve-se considerar a seleção dos locais baseada na disponibilidade de informações da subsuperfície, implementação de programa de monitoramento, métodos de identificação e providências para controlar possíveis vazamentos, etc.

Para operação comercial, é preciso considerar que o fluxo será maior e a tubulação poderá combinar o fluxo de várias plantas próximas. Algumas regiões como aquelas localizadas no estado de São Paulo, por exemplo, são densas em usinas de açúcar e álcool (cerca de 150 unidades distribuídas numa área de 200 km<sup>2</sup>).

## 5. Bioetanol

De 2000 a 2007, a produção de etanol no Brasil cresceu em média 11,4% por ano. Em 2007, o mercado doméstico contemplou 18 bilhões de litros, com mais 3,5 bilhões de litros sendo exportados. O consumo interno tem crescido continuamente ao se considerar o uso de automóveis *flex fuel*. Estima-se que o consumo doméstico atingirá 35 bilhões de litros e 50 bilhões de litros em 2015 e 2020 respectivamente. As exportações dependerão do comportamento do mercado, mas estima-se que 15 bilhões de litros poderiam ser exportados anualmente até 2020 (WALTER *et al.*, 2008).

Se no passado a pesquisa brasileira gerou a tecnologia que deu suporte ao crescimento do setor, hoje, geram-se tecnologias que procuram solucionar os problemas detectados na prática agroindustrial (ANDRADE, 2009).

O desenvolvimento de tecnologias inovadoras para o etanol deve contemplar elementos da cadeia produtiva de cana-de-açúcar, álcool, açúcar e bioenergia. A aplicação de tecnologia de ponta deve ser buscada para garantir a competitividade e a manutenção da liderança que o Brasil alcançou nesse setor. O objetivo desse item do texto é estimular o debate sobre o desafio da inovação no setor de produção de etanol.

Na expansão da produção de bioetanol pelas usinas brasileiras, a incorporação de processos inovadores e o desenvolvimento tecnológico cumpriram um papel essencial, com incremento da eficiência na produção e progressiva redução dos impactos ambientais. Do mesmo modo, as novas possibilidades de produção bioenergética com base na cana, com o emprego de subprodutos lignocelulósicos na produção de bioetanol e eletricidade, dependem sobremaneira de processos ainda em fase de desenvolvimento (BNDES e CGEE, 2008).

Para estimular esse debate, foram extraídos alguns elementos contidos em BNDES e CGEE (2008), que contemplou tecnologias avançadas na agroindústria da cana-de-açúcar<sup>6</sup>. Para tanto, foram consideradas tecnologias inovadoras para a utilização da cana como insumo industrial e energético, envolvendo a produção de bioetanol e considerando processos voltados para a valorização dos materiais lignocelulósicos, mediante sua hidrólise ou gaseificação, e a produção de plásticos biodegradáveis. A mesma fonte procedeu a uma revisão das oportunidades de emprego do bioetanol como insumo básico para a indústria petroquímica (ou alcoolquímica), campo no qual já se desenvolveram projetos importantes há algumas décadas e que ora é retomado em novas iniciativas. Essa visão integrada leva inclusive a novos conceitos como o das biorrefinarias.

6 Para aprofundamento sobre outras questões associadas ao bioetanol, são sugeridas relevantes publicações recentes tais como BNDES e CGEE (2008); Walter *et al.* (2008); CGEE (2009); Macedo *et al.* (2008); Goldemberg *et al.* (2008).

## 5.1. Hidrólise de resíduos lignocelulósicos

As tecnologias para a obtenção de bioetanol com base em materiais lignocelulósicos envolvem a hidrólise dos polissacarídeos da biomassa em açúcares fermentescíveis e sua posterior fermentação para a produção do bioetanol. Para executar essa tarefa, a hidrólise utiliza tecnologias complexas e multifásicas, com base no uso de rotas ácidas e/ou enzimáticas para a separação dos açúcares e remoção da lignina.

De forma geral, pode-se dizer que muito já foi alcançado no desenvolvimento da tecnologia de hidrólise, mas ainda restam importantes desafios a serem enfrentados para a efetiva implementação de unidades comerciais e competitivas por meio desse processo. Como os recursos disponíveis são limitados, é essencial avaliar quais são os itens realmente vitais para a consolidação da tecnologia. Nesse sentido, nos últimos anos foram desenvolvidas linhagens de microrganismos adaptados, assim como foram modeladas e otimizadas as principais operações envolvidas no processo, mas, basicamente, ainda na escala reduzida de reatores experimentais, em que os controles de temperatura e as condições de assepsia são mais fáceis. Apesar de não haver consenso sobre qual seria a melhor opção tecnológica para a produção do bioetanol por essas rotas inovadoras, ao redor do mundo, os pesquisadores clamam pela construção das primeiras plantas comerciais, permitindo, assim, que sejam obtidos os tão esperados ganhos pelo aprendizado [Lynd *et al.* (2005), Zacchi (2007) e Wyman (2007) *apud* BNDES e CGEE (2008)].

## 5.2. Gaseificação para produção de combustíveis e eletricidade

A gaseificação é um processo de conversão termoquímica da biomassa, realizado a elevadas temperaturas, em que as substâncias orgânicas (sólidas ou líquidas) são convertidas em produtos gasosos, principalmente CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e vapor d'água. Observa-se também a formação de hidrocarbonetos leves e outros compostos voláteis e condensáveis como produtos secundários [Grabowski (2004) *apud* BNDES e CGEE (2008)]. Os constituintes inorgânicos da biomassa são descarregados na forma de cinzas. O processo pode ser efetuado mediante a reação do material orgânico com o oxigênio do ar ou do vapor, ou ainda com oxigênio puro, podendo ser utilizados reatores a pressão atmosférica ou pressurizados. O aquecimento do gaseificador pode ser feito de maneira direta, pela oxidação parcial da biomassa, ou indireta, por meio de mecanismos de troca de calor. Quanto ao projeto do reator, podem ser utilizados gaseificadores de leito fixo, fluidizado ou arrastado. Como se percebe, a gaseificação apresenta rotas bastante diversificadas, que devem ser escolhidas em função da biomassa a ser processada, do tipo de produto buscado e da escala da unidade. As reações que ocorrem em um gaseificador são bastante complexas e, de seu adequado desenvolvimento, depende a eficiência do processo.

Apesar da prévia experiência com algumas plantas de demonstração, os esforços de pesquisa e desenvolvimento não têm sido constantes ao longo dos anos, por isso se espera que essas tecnologias venham a se tornar opções comercialmente maduras somente no médio ou longo prazo, ou seja, em mais de dez anos. Mas, para que isso venha a acontecer, ainda é necessário muito empenho no campo da pesquisa e do desenvolvimento, assim como a definição e a implementação de políticas de fomento adequadas.

### 5.3. Uso de bioetanol como insumo petroquímico ou alcoolquímico

O bioetanol é uma substância homogênea e reativa, que pode ser utilizada como insumo em diversos processos tradicionalmente petroquímicos, que nesse caso poderiam ser denominados alcoolquímicos. Entre os principais processos utilizados na transformação do bioetanol, destaca-se a produção de eteno como resultado da desidratação do bioetanol, precursor de uma ampla gama de produtos de segunda geração, como o polietileno (PE), o polipropileno (PP) e o policloreto de vinila (PVC).

Considerando apenas a demanda mundial de etileno em 2005, de 105 milhões de toneladas [CMAI (2005) *apud* BNDES e CGEE (2008)], e uma penetração de 10% do bioetanol em substituição a outros insumos, tem-se um requerimento de 23 bilhões de litros, da mesma ordem de magnitude que a atual produção brasileira. O fator decisivo para o desenvolvimento desse mercado é o preço relativo do bioetanol frente aos demais insumos.

### 5.4. Produção de plásticos biodegradáveis

Plásticos biodegradáveis são polímeros que, sob condições apropriadas do meio ambiente, degradam-se completamente pela ação microbiana em um curto espaço de tempo. No caso dos bioplásticos, existe a importante vantagem de serem produzidos de fontes renováveis.

Atualmente, já são conhecidas tanto as estruturas quanto as rotas biossintéticas e aplicações de muitos bioplásticos, mas ainda existem importantes limitações para a produção em larga escala. São exemplos as condições especiais de crescimento requeridas para a síntese desses compostos, a dificuldade de sintetizá-los por meio de precursores de baixo custo e os altos custos da sua recuperação. Mesmo com a utilização de microrganismos recombinantes capazes de fermentar fontes de carbono de baixo custo (ex. melão, sacarose, óleos vegetais e metano), esses processos ainda não são competitivos com a produção convencional dos plásticos sintéticos [Luengo *et al.* (2003) *apud* BNDES e CGEE (2008)]. Além das questões econômicas, ainda é importante que o balanço energético no ciclo de vida desses biopolímeros seja positivo, uma vez que também são pretendidos como substitutos dos materiais petroquímicos.

Normalmente, os ganhos de energia são pequenos, já que o suprimento de energia se baseia, em geral, no uso de combustíveis fósseis. Nesse caso, mais uma vez os materiais derivados da cana levam vantagem, graças ao uso do bagaço.

## 5.5. Biorrefinaria: múltiplos produtos e uso integral da matéria-prima

Uma biorrefinaria pode ser definida como um complexo integrado capaz de produzir diferentes produtos (combustíveis, químicos e eletricidade) com base em diferentes biomassas [Ondrey (2006) *apud* BNDES e CGEE (2008)], num conceito que permitiria o alcance de maiores eficiências, tanto do ponto de vista termodinâmico quanto do ponto de vista econômico e ambiental. Hoje, a produção de bioetanol da cana-de-açúcar já pode ser considerada um exemplo de biorrefinaria, com a produção combinada de açúcar, bioetanol e alguns outros produtos químicos, assim como potência e calor com base na biomassa residual [Macedo (2005b) *apud* BNDES e CGEE (2008)].

O atual desafio tecnológico é considerar o uso de tecnologias esperadas como “maduras” no futuro: com base em materiais lignocelulósicos e nas indústrias de base florestal, por exemplo. Essa agroindústria apresenta perspectivas de crescimento similares às da agroindústria canavieira e certamente serão possíveis sinergias interessantes entre ambas no desenvolvimento de tecnologias e de mercados.

Para finalizar, são listados exemplos não exaustivos de áreas relevantes de P&D ao longo da cadeia produtiva da cana-de-açúcar, do processamento e do uso do etanol extraídas de CGEE (2009): desenvolvimento de técnicas para mapeamento de solos agrícolas; desenvolvimento de novos sistemas de plantio e manejo do canavial; melhoramento genético de cana-de-açúcar: a) a partir de técnicas convencionais e/ou de engenharia genética; b) redução do tempo de obtenção de novas variedades; c) variedades mais resistentes a pragas e a secas; d) enfoque na maximização da produção de energia (cana-de-energia); e) para o cultivo em regiões brasileiras não tradicionais em cana (áreas selecionadas no projeto), como áreas de cerrado (MS, MT, GO, BA, TO, MA, PI); desenvolvimento de técnicas para manejo de pragas e nematóides; pesquisa no controle biológico de pragas; pesquisa sobre a rotação de culturas e seus impactos, tanto do ponto de vista ambiental como da fertilidade do solo; desenvolvimento de novos sistemas de colheita crua (sem queimar) e aspectos agronômicos da palha deixada no campo; recuperação da palha originada da colheita de cana crua (sem queimar), tecnologias de recuperação e transporte; processamento da cana-de-energia dentro da filosofia que tanto os açúcares como as fibras serão utilizados para a produção de álcool e eletricidade; desenvolvimento genético de cepas e leveduras com maior poder de conversão e tolerância alcoólica, termo-tolerância, resistência a floculação; redução da temperatura de fermentação ou desenvolvimento de população fermen-

tativa; redução do consumo do ácido sulfúrico em curto e médio prazos e desenvolvimento de alternativas; redução da produção de vinhaça, bem como rotas para o seu tratamento; redução do consumo de vapor na produção de álcool; substituição de insumos químicos derivados do petróleo por derivados da cana (renováveis); ampliação da produção de bioeletricidade com máximo aproveitamento energético da cana-de-açúcar por meio de bagaço, palha, pontas, folhas, coprodutos e vinhaça; produção de biogás a partir da vinhaça; integração do excedente de bioeletricidade produzida pelas usinas com o sistema hidroelétrico de potência existente no país; otimização energética das usinas e destilarias; desenvolvimento de caldeiras que possam operar com alta temperatura usando palha como combustível; instalação de sistemas eficientes de captação, remoção e valorização de substâncias que possam poluir o ar e o ambiente, tais como material particulado, NOx, SOx, CO, etc.; otimização do uso da água nas usinas e destilarias; pesquisa sobre rotação de cultura; otimização no uso de fertilizantes para proteção tanto do solo quanto dos aquíferos subterrâneos; intensificação da proteção e recuperação ambiental: aquíferos, várzeas, matas ciliares, reflorestamento com essências nativas, corredores de biodiversidade, etc.; otimização do uso do álcool combustível; aperfeiçoamento das características do álcool como combustível; uso de álcool em células a combustível (reformadores).

## 6. Sensoriamento remoto e medidas de campo

O sistema brasileiro de monitoramento da Amazônia é um dos mais avançados do mundo, com reconhecimento da revista *Science*<sup>7</sup>. Segundo a respeitada revista, atualmente o sistema de monitoramento do Brasil é modelo para o mundo e o Deter<sup>8</sup> é dado como um exemplo para outros países. De acordo com o Diretor do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), os bons resultados reconhecidos pela *Science* só foram possíveis graças a uma combinação de pesquisa, tecnologia, capacidade de produção e política de divulgação de dados. Apesar de todo o atual avanço tecnológico e científico alcançado pelo Brasil que o coloca entre os líderes na área, as incertezas associadas ao monitoramento do desmatamento permanecem substanciais. A lacuna entre dados de sensoriamento remoto e medidas de campo em relação ao montante de terra desmatada varia de 5% a 10%.

Ainda considerando o elevado avanço tecnológico referido acima, permanece a incerteza se a Amazônia seria fonte ou sumidouro de carbono. Como ainda não são conhecidos plenamente os mecanismos que poderiam ser responsáveis pelo funcionamento da floresta como um su-

7 [http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=1056](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=1056)

8 Sistema de detecção de desmatamento em tempo real.

midouro de modo a compensar as emissões devido às alterações dos usos da terra, ainda há incerteza para se concluir definitivamente sobre o balanço de carbono [Nobre e Nobre, (2002)].

A necessidade de pesquisas de campo para um melhor entendimento do balanço de carbono em florestas aliadas ao sistema de monitoramento por sensoriamento remoto remete a uma exitosa experiência brasileira iniciada na década de 1970: trata-se do projeto RadamBrasil.

Com o intuito de se conhecer principalmente a cartografia, geologia, vegetação e natureza dos solos da Amazônia e Nordeste brasileiros, foi criada em outubro de 1970 a comissão do Projeto Radam-Radar na Amazônia. Em junho de 1971, foram iniciados os voos para imageamento.

Devido aos resultados alcançados, o Projeto Radam foi objeto de duas ampliações, realizadas nos anos de 1971 e 1973, as quais cobriram toda a região amazônica e a maior parte do nordeste brasileiro. Em julho de 1975, a responsabilidade pelo mapeamento integrado dos recursos naturais do território nacional passou a ser do Projeto RadamBrasil, que expandiu o levantamento de radar para o restante do território nacional. Os projetos Radam e RadamBrasil constituíram-se nos maiores levantamentos comerciais em nível de aeronave, até aquele momento, realizados no mundo. À época de sua execução, o imageamento por radar de visada lateral (SLAR) mostrou-se de grande utilidade, principalmente para o reconhecimento da Região Amazônica. Dentre as principais vantagens que levaram à sua utilização, pode-se citar o registro das feições naturais em imagens ininteruptas e homogêneas, em tempo relativamente curto e baixos custos (SOUZA, 2010).

No que se refere à Amazônia Legal, houve o levantamentos de campo em todas as estradas e rio navegáveis da região; foram gastas mais de 38.000 horas de voo de aviões e helicópteros; foram publicados 251 cartas planimétricas e mapas temáticos (geologia, solos, relevo, vegetação, aptidão agrícola, uso da terra) e respectivos relatórios; foram abertas e visitadas 1.356 clareiras na selva; foram visitadas 503 clareiras naturais; 960 técnicos trabalharam no projeto (agrônomos, biólogos, climatólogos, cartógrafos, engenheiros florestais, geólogos, geógrafos, etc.). Os custos foram da ordem de US\$ 126.086.250,00 no total do projeto e de US\$ 25/km<sup>2</sup> para o mapeamento da Amazônia Legal (SOUZA, 2010).

Os registros obtidos pelos projetos Radam e RadamBrasil foram organizados e disponibilizados em 550 mosaicos de radar na escala 1:250.000, com um grau e meio de lado na direção leste-oeste e um grau na direção norte-sul. Os mosaicos, disponíveis em papel comum e fotográfico, cobrem todo o território nacional e encontram-se organizados conforme o Mapa Índice de Referência (MIR) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Em 2005, foi iniciado um projeto com o objetivo de preservação dos diafilmes e negativos SLAR, por meio do seu inventário, organização, digitalização, edição e disseminação (ESCOBAR *et al.*, 2005).

O projeto Radam pode ser considerado o último grande esforço de cartografia da Amazônia, e os dados obtidos representam ainda a melhor fonte (em muitos casos, a única) de informações sobre as características geográficas da Amazônia, incluindo mapas de geologia, geomorfologia, cobertura vegetal e pedologia (SOUZA, 2010).

Em 2008, foi lançado o projeto Cartografia da Amazônia, coordenado pelo Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (Censipam). Depois de longo tempo à espera de atualizações, o projeto vai corrigir não apenas “vazios cartográficos”, mas dará suporte a projetos de infraestrutura a serem implantados na região, geração de informações estratégicas para monitoramento regional, de defesa nacional, geológicas, náuticas e outros tipos de levantamento. Com duração de cinco anos, será concluído em 2012, e o valor total dos investimentos é de R\$ 350 milhões (CENSIPAM, 2008). Segundo o general de brigada Pedro Ronalt Vieira, diretor do serviço geográfico do exército, além de fornecer uma visão muito mais precisa da topografia, o trabalho permitirá mapear diferentes composições vegetais e calcular a quantidade de biomassa – matéria vegetal-presente em cada região. Isso graças ao uso simultâneo de duas frequências de radar, uma que chega até a copa das árvores (banda X) e outra que chega até o solo (banda P). Pela diferença entre as duas pode-se calcular quanto de biomassa existe em uma determinada área (O ESTADO DE SÃO PAULO, 2008).

Outra iniciativa realizada com êxito, porém em nível regional, foi o Inventário Florestal do Estado de Minas Gerais (<http://inventarioflorestal.meioambiente.mg.gov.br>). O inventário é uma ação do governo mineiro, por meio da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad) e do Instituto Estadual de Florestas (IEF). Este se compõe basicamente de duas vertentes, sendo a primeira o mapeamento e monitoramento periódico da cobertura florestal natural e das florestas produtivas do território mineiro; e a segunda, o inventário florestal propriamente dito, que gerou uma série de informações sobre as florestas plantadas de espécies do gênero *Eucalyptus* e à qualidade dos remanescentes florestais naturais, inclusive relacionadas à determinação do estoque de carbono e ao acompanhamento contínuo do desenvolvimento das florestas. Todo esse esforço ocorreu por meio de medições em parcelas permanentes estabelecidas nas fitofisionomias florestais presentes no estado de Minas Gerais. Utilizando o apoio da Universidade Federal de Lavras (UFLA), o esforço inicial contou com 15 equipes de campo que realizaram medições em parcelas permanentes ao redor do estado, integradas às tecnologias modernas de sensoriamento remoto. Estima-se um custo de cerca de pouco mais de R\$ 7 milhões para os primeiros anos do projeto, que resultaram em ampla base de dados iniciais e históricos que estão disponíveis para consulta detalhada e gratuita na Rede Mundial de Computadores (Internet). É possível, inclusive, consultar a cobertura florestal de cada município mineiro contendo comparações entre 2005 e 2007.

Tendo em vista as experiências descritas acima e o esforço do governo em retomar a cartografia da Amazônia, bem como as incertezas relacionadas ao balanço de carbono na região, sugerem-se os seguintes pontos para debate:

- Consideração sobre a possibilidade de retomada de antigos pontos do projeto Radam com o objetivo de auxiliar as pesquisas sobre a dinâmica da floresta em relação ao balanço de carbono;
- Retomada dos esforços cartográficos do Sistema de Proteção da Amazônia (Sipam) para estabelecer uma logística de equipe ao se considerar a proposta acima como pertinente, principalmente no que se refere à execução dos trabalhos de campo e complementação da utilização de tecnologias avançadas de inventário florestal tais como o uso de laser, radares e imagens de satélites;
- Levantamento e avaliação dos custos associados à proposta.

## Referências

- ANDRADE, T. L.C. de. A pesquisa na Sustentação do Setor Sucroenergético. In: Opiniões (Sucroenergético: cana, açúcar, etanol & bioeletricidade). Ribeirão Preto, SP. Out-Dez 2009.
- BNDES e CGEE. Bioetanol de cana-de-açúcar : energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME), Balanço Energético Nacional – 2009 (Ano Base 2008). Brasília, 2009.
- CGEE. Bioetanol combustível: uma oportunidade para o Brasil. Brasília, 2009.
- CMAI – CHEMICAL MARKET ASSOCIATED INC. *Petrochemical demand growth tracks economic growth*. Chemical Market Associated Inc., 2005 *apud* BNDES e CGEE. Bioetanol de cana-de-açúcar : energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: BNDES, 2008
- ESCOBAR, I.P.; OLIVEIRA, S. A. M. DE; LIMA, S. P. S.; PRADO, R. L. DO; FERREIRA, A. T. A. Reprocessamento digital das imagens SLAR geradas pelos projetos RADAM e RADAMBRAZIL - projeto RADAM-D. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 4395-4397
- FISHER, B.S., N. NAKICENOVIC, K. ALFSEN, J. CORFEE MORLOT, F. DE LA CHESNAYE, J.-CH. HOURCADE, K. JIANG, M. KAINUMA, E. LA ROVERE, A. MATYSEK, A. RANA, K. RIAHI, R. RICHELIS, S. ROSE, D. VAN VUUREN, R. WARREN, 2007: *Issues related to mitigation in the long term context, In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.
- GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; GUARDABASSI, P. *The sustainability of ethanol production from sugarcane*. Energy Policy 36 (2008) 2086– 2097. [www.elsevier.com/locate/enpol](http://www.elsevier.com/locate/enpol)
- GRABOWSKI, P. *Biomass thermochemical conversion: OBP efforts*. Washington: Office of Biomass Program, 2004 *apud* BNDES e CGEE. Bioetanol de cana-de-açúcar : energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.
- HALSNÆS, K., P. SHUKLA, D. AHUJA, G. AKUMU, R. BEALE, J. EDMONDS, C. GOLLIER, A. GRÜBLER, M. HA DUONG, A. MARKANDYA, M. MCFARLAND, E. NIKITINA, T. SUGIYAMA, A. VILLAVICENCIO, J. ZOU, 2007: *Framing issues. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.

- IPCC, 2005: *IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Metz, B., O. Davidson, H. C. de Coninck, M. Loos, and L. A. Meyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 442 pp, 2007.
- IPCC, 2007: *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.
- LUENGO, J. M. et al. "Bioplastics from microorganisms". *Current Opinion in Microbiology*, v. 6, 2003 apud BNDES e CGEE. Bioetanol de cana-de-açúcar : energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: BNDES, 2008
- LYND, L. R. *Tomorrow's biomass refineries*. Apresentado no "XXVII Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals", Golden, Colorado, 2005 apud BNDES e CGEE. Bioetanol de cana-de-açúcar : energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: BNDES, 2008;
- MACEDO, I. C. *Biomass as a source of energy. Relatório preparado para o InterAcademy Council Study on "Transitions to Sustainable Energy Systems"*, set. 2005 apud BNDES e CGEE. Bioetanol de cana-de-açúcar : energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.
- MACEDO, I. C.; SEABRA, J. E. A.; SILVA, J. E. A. R. *Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020*. Biomass and Bioenergy (2008), doi:10.1016/j.biombioe.2007.12.006.
- MINAS GERAIS – IEF / UFLA. Inventário Florestal de Minas Gerais. Disponível em <http://inventarioflorestal.meioambiente.mg.gov.br>. Acesso: em 19 de abril de 2010.
- NOBRE, C. A e NOBRE, A. D. O balanço de carbono da Amazônia brasileira. ESTUDOS AVANÇADOS 16 (45), 2002.
- O ESTADO DE SÃO PAULO. Rios e subsolo também serão mapeados. Dezembro de 2008. Disponível em: <http://www.sipam.gov.br/content/view/1076/10/>. Acesso em: abril de 2010.
- ONDREY, G. "The path to biorefineries". *Chemical Engineering*, v. 113 (4), 2006 apud BNDES e CGEE. Bioetanol de cana-de-açúcar : energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.
- SOUZA, L. Projeto Radam – RadamBrasil. Disponível em: <http://www.leonamsouza.com.br/2VOCNATUREZAWeb/projradam.htm>. Acesso em: abril de 2010.
- SOUZA, L. Projeto Sivam. Disponível em: <http://www.leonamsouza.com.br/2VOCNATUREZAWeb/proj-sivam.htm>. Acesso em: abril de 2010.
- WALTER, A.; DOLZAN, P.; QUILODRÁN, O.; GARCIA, J.; DA SILVA, C.; PIACENTE, F.; SEGERSTEDT, A. *A Sustainability Analysis of the Brazilian Ethanol*, UNICAMP, Campinas, 2008.

WYMAN, C. E. *Handbook on bioethanol: production and utilization*. Applied Energy Technology Series. Washington: Taylor & Francis, 1996 *apud* BNDES e CGEE. Bioetanol de cana-de-açúcar : energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.

ZACCHI, G. *The state of the art and future trends of ligno-cellulose biomass conversion to ethanol*. Apresentado na Unicamp, Campinas, fev. 2007 *apud* BNDES e CGEE. Bioetanol de cana-de-açúcar : energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.



# Relatório do seminário preparatório “Mudanças climáticas”

Luiz Pinguelli Rosa<sup>1</sup>

---

## 1. A urgência das medidas de mitigação e adaptação

Três características fazem que a pequena alteração na concentração atmosférica dos gases do efeito estufa tenha impactos potencialmente muito grandes no clima terrestre, segundo o primeiro expositor, Carlos Nobre, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE):

- O longo tempo necessário para o decrescimento progressivo de uma dada quantidade acrescentada de alguns desses gases na atmosfera, como é o caso do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>);
- O longo tempo que o oceano leva para atingir o equilíbrio quando se produz um aumento da temperatura global;
- A inércia institucional em nível mundial para adotar medidas eficazes para conter o aumento das emissões desses gases por atividades humanas.

Em 2007, essas emissões foram 41% maiores que em 1990. Os seus efeitos atingem um ponto tal que se tornam irreversíveis, representando uma degradação do capital natural do planeta. Uma indicação empiricamente verificável é a sensível redução do gelo no Polo Norte no verão, bem como o derretimento de partes importantes das geleiras permanentes. Outro ponto é a acidificação crescente das águas dos oceanos. Se houver variação do Ph da água abaixo de um valor crítico (aproximadamente 7,8), parte substancial da vida no mar poderá desaparecer.

---

<sup>1</sup> Diretor do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE/UFRJ).

O desenvolvimento de modelos climáticos e o novo supercomputador em implantação no INPE são importantes, entretanto o número de especialistas em modelagem é insuficiente. Há apenas 50 especialistas em todo o Brasil, enquanto esse número devia ser pelo menos 150, segundo Nobre.

Os cenários considerados pelo IPCC no seu último relatório (2007) preveem um aumento da temperatura global entre 1,5 e 6 graus Celsius até o fim deste século. O Brasil é particularmente vulnerável. Há maior vulnerabilidade no Semiárido do Nordeste devido à aridização potencial, bem como nas periferias das grandes cidades com intensificação das grandes chuvas. Outro problema pode advir do agravamento de endemias.

Finalizando, Nobre manifesta otimismo quanto ao Brasil poder se tornar líder mundial em desenvolvimento limpo, com a redução do desmatamento e a produção de biocombustíveis, implementando ao mesmo tempo um tipo de desenvolvimento à base de indústrias mais leves.

## 2. Confronto entre mudança climática e variabilidade climática

O confronto entre a variabilidade climática e as mudanças climáticas foi o tema central da segunda exposição, por Alice Grimm, da Universidade Federal do Paraná, cabendo destacar na sua apresentação:

- A necessidade de aumentar a confiabilidade das previsões climáticas;
- A importância da meteorologia;
- No Brasil, as variações climáticas são pouco conhecidas;
- São necessárias modelagens para simular o clima presente com sua variabilidade (como as devidas aos fenômenos do tipo El Niño), para se fazer modelos confiáveis de mudanças climáticas no longo prazo.

Os coeficientes de correlação entre observações e resultados de modelos em uso, conforme foi mostrado na apresentação da professora Grimm, são muito ruins em alguns casos, evidenciando particularmente a insuficiência desses modelos para reproduzir a variabilidade climática interdecadal.

Outras razões para estudos de variabilidade que existirá superposta à mudança climática, interagindo uma com a outra, são sua importância para gerenciamento de recursos hídricos, geração hidrelétrica, planejamento agrícola e desastres naturais.

É preciso separar a variabilidade climática natural da mudança climática de origem, em parte, antropogênica. Devido aos efeitos do El Niño e da La Niña, a variação das chuvas de um ano para outro pode ser de cinco vezes, tornando difícil a detecção do sinal climático antropogênico.

### 3. Validação de modelos climáticos e necessidade de informações observacionais

Na terceira e última apresentação, de Antonio Manzi, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), destacaram-se os pontos:

- Interação biosfera-atmosfera;
- Validação de modelos climáticos;
- Necessidade de informações observacionais;
- Pontos específicos assinalados a seguir.

Foram sinteticamente resumidas as emissões antropogênicas mundiais por ano em gigatonelas de carbono (GtC) equivalentes: 7,2 GtC devido aos combustíveis fósseis e 1,6 GtC de mudanças do uso da terra, incluindo o desmatamento, que é a maior contribuição brasileira ao aquecimento global. Por outro lado, o sequestro anual é de 2,5 GtC pelos continentes e 2,2 GtC pelos oceanos, permanecendo na atmosfera cerca de 4,1 GtC e contribuindo para o efeito estufa.

Com o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, há crescimento da vegetação. Foi mostrado que o sequestro pode ser acelerado por mudanças na agricultura e na pecuária, pela plantação de florestas e pela conservação de ecossistemas, incluindo a redução do desmatamento. Foi recomendada a necessidade de inventário do estoque de carbono dos ecossistemas, incluindo as florestas, a cada cinco anos.

Um resultado importante a ser assinalado é que, segundo o Programa de Grande Escala Biosfera-Atmosfera na Amazônia (Programa LBA), o estoque de carbono na vegetação da área pan-amazônica, que inclui o Brasil e outros países da Bacia Amazônica, é de 130 bilhões de toneladas, havendo no solo aproximadamente igual massa estocada, totalizando cerca de 250 bilhões de toneladas. O estoque total cresceu entre 300 e 600 milhões de toneladas de carbono nas florestas que foram preservadas do desmatamento nesta área, o que é da ordem de magnitude da emissão de carbono para a atmosfera pelo desmatamento.

Foi constatado que não há concordância entre diferentes modelos sobre a mudança das chuvas no país. Enquanto o modelo do Hadley Center prevê redução das chuvas na Amazônia, outros modelos (norte americano e francês) preveem aumento das chuvas.

As pesquisas futuras, segundo Manzi, devem focar a variabilidade climática, separando efeitos da variabilidade natural daqueles das mudanças climáticas de origem antropogênica nos eventos extremos; a dendrocronologia, que é o estudo dos anéis de crescimento dos troncos das árvores, para estudo do clima nos últimos séculos; aprimoramento da rede de monitoramento meteorológico, padronizando as medições para serem confiáveis e comparáveis.

Finalmente, devem-se ampliar os recursos humanos e considerar as áreas multidisciplinares sobre atmosfera, solo e águas.

## 4. Resumo dos pontos principais

A crítica à inércia institucional retardando a definição de medidas no nível mundial para mitigação e adaptação relativa às mudanças climáticas, cujos efeitos potenciais são evidentes, foi enfatizada. Em contraponto, há avanços na modelagem com a implantação de um novo supercomputador, embora o número de especialistas seja insuficiente. Um ponto consensual é a necessidade de ampliar os recursos humanos. A redução do desmatamento e a produção e uso dos biocombustíveis, ao lado de outras formas de energia renováveis, colocam o país em uma posição favorável no momento.

O sequestro de carbono pode ser acelerado por mudanças na agricultura e na pecuária, bem como na preservação dos sistemas naturais. O estoque de carbono cresceu anualmente entre 300 e 600 milhões de toneladas de carbono nas florestas que foram preservadas do desmatamento na área pan-amazônica, o que é da ordem de magnitude da emissão de carbono para a atmosfera pelo desmatamento no país. Há necessidade de se fazer inventários de estoque de carbono periodicamente e também de aprimorar a rede de monitoramento meteorológico e padronizar as medições.

## 5. Comentários finais e recomendações

Extremamente bem colocadas e ricas em conteúdo informativo, há pontos nas exposições que merecem um debate impossível dentro dos limites de tempo do seminário.

O uso de tecnologia de baixo carbono em um só país ou em um pequeno conjunto de países não é suficiente se não for adotada em nível mundial, em particular incluindo os grandes

emissores. Ademais, dificilmente as tecnologias de produção menos emissoras bastarão para mitigar o aquecimento global se não houver mudanças nos padrões de consumo. Esta mudança deve ser de forma a melhorar o nível de vida das camadas de menor renda, o que implicará a necessidade de grande redução nas camadas de renda média e alta.

Devem ser tomadas como recomendações imperativas para o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e o governo em geral:

- Vencer a inércia institucional para a definição de medidas de mitigação e adaptação;
- Dar prioridade à redução do desmatamento da Amazônia e do Cerrado, sem deixar de lado outros aspectos, especialmente as emissões da agricultura;
- Incentivar os biocombustíveis e outras tecnologias de baixo carbono, principalmente o uso de outras formas de energias renováveis (eólica e solar);
- Avançar na modelagem climática usando novos meios computacionais;
- Ampliar os recursos humanos;
- Estimular estudos de variabilidade climática *versus* mudanças climáticas;
- Melhorar as observações empíricas e o desempenho de modelos;
- Dirimir discordâncias, inclusive sobre mudança das chuvas no país;
- Fazer inventários de estoque de carbono periodicamente.

Nos estudos, deve-se lançar mão da Rede de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais do MCT, cuja coordenação é sediada no INPE, e do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, criado em cooperação pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e cuja secretaria executiva tem sede no Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE-UFRJ).

Uma vez aprovadas como resoluções da 4ª CNCTI, estas recomendações devem ser divulgadas e debatidas com a comunidade científica em geral, com as universidades e com a sociedade e suas organizações, usando-se a Academia Brasileira de Ciência, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, ligado à Presidência da República.

Como último ponto, por coerência, é recomendável que as medidas que vierem a ser tomadas sejam compatíveis com as metas do Plano Nacional de Mudanças Climáticas e com o compromisso voluntário de redução de emissões assumido pelo Brasil na Conferência da ONU sobre Mudança do Clima, realizada em dezembro de 2009 em Copenhague.



**PARTE 2**

**DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

## Pantanal e cerrado



# Cerrado: o *trade-off* entre a conservação e o desenvolvimento

Giselda Durigan<sup>1</sup>

---

## 1. Evolução e estado atual da ocupação do cerrado

Entre os biomas brasileiros, o Cerrado é o que tem sido mais rapidamente convertido nas últimas décadas para usos da terra voltados à produção. De uma ocupação agrícola praticamente nula até meados do século passado, o Cerrado passou a responder por 47% dos grãos, 40% da carne bovina e 36% do leite produzido no país em cerca de quatro décadas, chegando a ser considerado pelo pai da Revolução Verde, Norman Borlaug, como a última fronteira agrícola do planeta (BORLAUG, 2002).

A demora na ocupação do Cerrado, diferentemente da Amazônia ou do Pantanal, não se explica pelo rigor das leis ou pela consciência da importância de sua conservação. Poucos e pouco eficazes são os instrumentos da lei para coibir o desmatamento do Cerrado e raras as políticas ou movimentos voltados à sua proteção, mesmo dez anos após a sua inclusão entre os *hotspots* globais para a conservação da diversidade biológica (MYERS *et al.*, 2000). Merece destaque o recente e ainda não implantado Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado), articulado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), com o envolvimento de instituições vinculadas. A manutenção do cerrado praticamente intocado até eras recentes, enquanto a vizinha Mata Atlântica foi severamente destruída, deveu-se, simplesmente, à absoluta impossibilidade de uso agrícola de suas terras, ácidas e de baixa fertilidade, e a uma estação seca que chega a se estender por mais da metade do ano em algumas

---

<sup>1</sup> Pesquisadora Científica do Instituto Florestal do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente.

regiões. Assim, com a tecnologia disponível há meio século, a única exploração econômica possível das terras de Cerrado era a pecuária extensiva em pastagens naturais, que pouco ou nenhum impacto causava aos ecossistemas.

A lenta degradação pela impossibilidade de cultivo agrícola não foi uma peculiaridade da savana brasileira, repetindo-se na história da ocupação humana das outras duas grandes regiões de savana do mundo – África e Austrália –, que se caracterizam igualmente por estações secas prolongadas, adaptação ao fogo e solos de baixa fertilidade. Com mais de 200.000 anos de ocupação humana, as savanas africanas foram lentamente depauperadas pelo sobrepastoreio e pela exploração de lenha, e os australianos se orgulham de ter a mais bem preservada das savanas do planeta, praticamente íntegra apesar dos 40.000 anos de ocupação aborígene.

Do lado de cá do planeta, porém, o desinteresse pela agricultura nas savanas é coisa do passado. A última savana a ser ocupada pelo *Homo sapiens* – há pouco mais de 12.000 anos –, foi a primeira a ser por ele literalmente dominada e não o teria sido não fossem os artefatos da inteligência humana. Pode-se afirmar, sem risco, que não fosse o desenvolvimento científico e tecnológico, não teria sido tão rápida, tão extensa e tão irreversível a destruição da savana brasileira. Foi graças à introdução de novas culturas, ao melhoramento genético, à indústria de fertilizantes e à tecnologia de irrigação que as terras inóspitas do Cerrado se tornaram o celeiro do Brasil. Esta sim é uma peculiaridade do Cerrado mediante as outras savanas do mundo e mediante os outros biomas do país, ainda preservados ou já destruídos sem que para isso fosse necessário desenvolvimento científico ou inovações tecnológicas.

Na situação atual, resta cerca de metade da área original do Cerrado, cuja integridade ainda não foi avaliada criteriosamente. Da outra metade do Cerrado original, 541.495 km<sup>2</sup> haviam sido substituídos, no ano de 2002, por pastagens com gramíneas africanas, 215.868 km<sup>2</sup> pela agricultura, especialmente de soja, e 31.654 km<sup>2</sup> por silvicultura (SANO *et al.*, 2009), usos que têm crescido continuamente, entre outros que ocupam proporções menores.

O que para uns é motivo de grande orgulho, como mais um milagre brasileiro, para outros é visto como um grande equívoco, já que o avanço do agronegócio tende a levar à dilapidação do patrimônio natural e ao comprometimento irreversível das funções dos ecossistemas, traduzidas nos tão propalados serviços ambientais. A ocupação da terra no Cerrado é, talvez, o mais evidente e abrangente dos diversos *trade-offs* relacionados com a produção de bens, a conservação da biodiversidade e os serviços ecossistêmicos e um dos maiores desafios para o desenvolvimento sustentável no Brasil.

Os desafios que se colocam para o desenvolvimento sustentável resumem-se a desenhar e tornar possível a paisagem que se deseja para cerca de um milhão de quilômetros quadrados de

Cerrado que ainda estão em pé. Caso a ocupação do cerrado continue do modo como vem sendo feita, a dramática previsão de Machado *et al.* (2004) pode se concretizar e, em 2030, restarão deste bioma somente as unidades de conservação e terras indígenas.

## 2. O cerrado e os serviços ambientais

Ainda que a ciência ainda não tenha sido capaz de demonstrar a importância de cada espécie para a preservação dos ecossistemas e de suas funções, a extrema relevância do Cerrado na regulação da disponibilidade hídrica superficial e subterrânea já é conhecida e incontestável e bastaria para justificar a necessidade de sua conservação. Oito, das doze grandes bacias hidrográficas brasileiras têm suas nascentes no domínio do Cerrado e é também nessa região que se encontram as principais zonas de recarga de reservas subterrâneas como o Aquífero Guarani. A regularização da vazão dos rios tem implicação direta sobre a garantia do abastecimento de energia hidrelétrica e, portanto, também esta importância tem de ser creditada ao Cerrado.

Do ponto de vista de eficiência na produção de água, o Cerrado supera facilmente as florestas tropicais, uma vez que intercepta menos água da chuva, retira menos água do solo e é igualmente eficaz em evitar perdas por escoamento superficial. Assim, há mais água excedente para uma mesma área de Cerrado do que de floresta sob a mesma quantidade de chuvas. Por outro lado, em mitigação do efeito estufa pela fixação de carbono, o Cerrado perde para as florestas tanto em estoque quanto em taxa de assimilação. Ambos os tipos de vegetação protegem igualmente os solos contra a erosão hídrica e eólica.

Neste balanço, não existe um bioma melhor ou mais importante que o outro sob todos os aspectos. As particularidades de cada um fazem que os principais serviços por eles oferecidos sejam distintos.

O valor dos serviços ambientais é comumente considerado abstrato e de difícil quantificação. Mas pode ser estimado com base nos custos monetários de mitigar as perdas decorrentes da conversão do cerrado para outros usos, que incluem a degradação dos solos, o comprometimento dos recursos hídricos, as invasões biológicas, as queimadas recorrentes e se somam aos custos para a saúde pública em consequência dessa degradação.

## 3. Desafios para a ciência

Se, por um lado, a conquista agrícola do Cerrado nos orgulha pela qualidade da nossa ciência e pela nossa enorme contribuição à produção de alimentos para o mundo, por outro lado,

frustra-nos o fato de que a mesma ciência ainda não foi capaz de avaliar, com um nível razoável de confiabilidade, a dimensão, prever as consequências e mitigar os danos decorrentes da conversão do Cerrado para o agronegócio. Da biodiversidade mais elevada entre todas as savanas do planeta, com mais de 12.000 espécies de plantas e mais de 2.500 espécies conhecidas de vertebrados (OLIVEIRA & MARQUIS, 2002; MENDONÇA *et al.*, 2008), não se sabe quanto já foi perdido pela redução de habitat e muito menos se pode prever quanto será perdido paulatinamente em decorrência da fragmentação, do isolamento de populações e das modificações ambientais decorrentes da mudança de uso da terra. Também não se sabe em quanto poderiam ser reduzidas as perdas mediante diferentes cenários de ocupação, quer seja pelo planejamento em macroescala, poupando regiões ecologicamente mais raras ou frágeis (as cabeceiras do Pantanal, por exemplo), quer seja pelo planejamento da ocupação dentro de cada propriedade rural, mantendo corredores ecológicos, zonas de proteção de encostas ou mananciais e habitats únicos.

A ciência também não foi capaz ainda de identificar o limiar a partir do qual o cerrado perde definitivamente a resiliência, ou seja: qual é o limite suportável de perturbação pelo sobrepastoreio, pelo carvoejamento, pelos incêndios muito frequentes ou pelas invasões biológicas, a partir do qual não se pode mais chamar de Cerrado aquilo que restou? Na falta desta informação, há enormes discrepâncias até mesmo entre as tentativas de quantificar as áreas de Cerrado remanescentes, havendo estimativas que vão desde 45% (MACHADO *et al.*, 2004) até 61% (SANO *et al.*, 2009).

Para áreas desmatadas ilegal ou indevidamente, a restauração ecológica precisaria ser feita. No entanto, enquanto avançamos consideravelmente na recuperação de ecossistemas florestais, a ciência da restauração muito pouco avançou em ecossistemas savânicos no Brasil, de modo que, uma vez destruído, pouco há que se fazer para remediar os danos.

É certo que os recursos humanos e materiais investidos em pesquisa nas últimas décadas foram desproporcionalmente maiores para alavancar a produção do que para a compreensão do Cerrado e suporte à sua conservação.

## 4. Desafios para a conservação e manejo do cerrado em terras públicas

Não é preciso esperar que a ciência demonstre que as unidades de conservação (UC) de proteção integral existentes são insuficientes para representar toda a diversidade do bioma, uma vez que correspondem a apenas 2,2% de sua área original. Mesmo contabilizando no total de UC as categorias de uso sustentável (1,9%) e terras indígenas (4,1%), as áreas que não poderão ser convertidas somam menos de 10% dos mais de 2 milhões de km<sup>2</sup> ocupados pelo Cerrado há meio

século (KLINK & MACHADO, 2005), estando, portanto, aquém das metas estabelecidas pela Convenção sobre Diversidade Biológica.

Para a ampliação da rede nacional de unidades de conservação do Cerrado, um grande passo foi dado com a indicação de 87 áreas prioritárias em todo o país, com a realização do *Workshop* Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade do Cerrado e do Pantanal, em 1999, que tem norteado a criação de novas áreas protegidas. O desafio, portanto, neste caso, é a destinação de recursos para que tais áreas sejam oficialmente transformadas em unidades de conservação, devidamente desapropriadas e dotadas de infraestrutura, pessoal capacitado e recursos para o seu manejo e conservação.

Aqui emerge um novo desafio para a ciência: como manejar os ecossistemas visando maximizar a conservação da biodiversidade e os serviços ambientais? No caso do Cerrado, surgem outros *trade-offs*, agora envolvendo diversidade, produção de água e fixação de carbono. A preocupação com a redução das emissões de CO<sub>2</sub> conduziu à proibição do uso do fogo, até mesmo em projetos de pesquisa. Há evidências científicas suficientes, porém, demonstrando que a supressão total do fogo levará à perda de diversidade de fitofisionomias (PINHEIRO & DURIGAN, 2009) e extinção de plantas endêmicas do Cerrado, que às vezes necessitam do fogo para se reproduzir. Em todas as savanas do mundo, estudos demonstram que a supressão do fogo leva a aumento de biomassa e, portanto, aumento do estoque de carbono. Todavia, isto traz consequências diretas sobre o regime hidrológico das bacias hidrográficas. Maior biomassa implica maior interceptação da água da chuva pela vegetação e aumento das perdas por evapotranspiração, de modo que tende a diminuir a vazão dos rios com o adensamento da vegetação. Ou seja, com a redução das emissões pela supressão da queima do Cerrado, podem ocorrer perdas de biodiversidade e redução na vazão dos rios. Só experimentação de manejo poderá indicar o caminho ideal para manter íntegros o patrimônio natural e todas as funções do ecossistema nas áreas naturais remanescentes.

## 5. Desafios para a conservação do cerrado em terras privadas

Da área aproximada de um milhão de km<sup>2</sup> de Cerrado remanescente em bom estado de conservação, é de se esperar que sejam preservados cerca de 300.000 km<sup>2</sup> em propriedades particulares, pela simples aplicação dos mecanismos de comando e controle instituídos pelas leis vigentes – Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente. Para que tais áreas sejam efetivamente preservadas, porém, é necessário o fortalecimento das instituições que zelam pelo cumprimento das leis.

Adicionalmente, para otimizar as funções esperadas de tais reservas naturais, são necessários, novamente, investimentos em pesquisa, em áreas como biologia da conservação, ecologia da

paisagem, conservação de solos e hidrologia, entre outras ciências que possam subsidiar a ordenação da ocupação e o planejamento da localização das reservas a ser mantidas.

Esses mesmos estudos devem subsidiar o planejamento de obras de infraestrutura, especialmente da rede de vias de transporte para escoamento da produção, que são, geralmente, desencadeadoras de processos de degradação ambiental.

A conservação de ecossistemas naturais em propriedades privadas apenas por meio de mecanismos de comando e controle, porém, não tem sido bem-sucedida no Brasil e raramente está entre as estratégias adotadas por outros países. Em um mundo que almeja o desenvolvimento ambientalmente correto, mas socialmente justo e economicamente viável, a destinação de terras privadas à conservação, restauração ou uso sustentável dos recursos naturais tem sido reconhecida em outros países como uso da terra de interesse coletivo e, portanto, recebe incentivos diversos dos governos, como redução de impostos ou remuneração por serviços ambientais, especialmente a produção de água ou redução das emissões geradas pelo desmatamento e degradação (REDD).

A decisão sobre o uso da terra em propriedades particulares é tomada, geralmente, com base no custo de oportunidade e isso tem implicações diretas para a conservação em terras privadas. À medida que a agricultura e a pecuária de alta tecnologia passam a oferecer lucros incomparáveis aos usos tradicionais do Cerrado, a opção pela conservação ou uso sustentável dos recursos naturais torna-se cada vez menos provável.

O desafio, então, é tornar a conservação em terras privadas economicamente viável, sem onerar a produção no restante da propriedade. Um dos caminhos para isso é a servidão florestal, que deriva dos mecanismos de comando e controle, mas flexibiliza a localização da reserva legal, de modo que reduz as áreas a restaurar e favorece conservação de áreas excedentes de ecossistemas naturais em outras propriedades. Este mercado, porém, precisa ser mediado com apoio técnico, jurídico e operacional para que seja efetivo.

A figura de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) foi criada visando incentivar a conservação da natureza em terras privadas e é contabilizada como integrante do Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Poderia ser uma opção competitiva de uso da terra e multiplicar-se nas regiões de Cerrado, mas embora tenham sido instituídas em 1990 e seus proprietários geralmente apresentem motivações ligadas à conservação, até hoje muitas áreas têm problemas de gestão. Tome-se o exemplo do Mato Grosso do Sul, onde a maioria das RPPN se mantém com auxílio de organizações não governamentais ambientalistas, por empresas como estratégia de *marketing* empresarial ou por razões pessoais, uma vez que os incentivos previstos pela legislação, que deveriam ser conferidos pelo poder público e contribuir para torná-las autossustentáveis ou são insuficientes ou não foram adequadamente instituídos (PELIN, 2010).

A verdade é que enquanto a conservação de ecossistemas naturais em terras privadas for imposta aos proprietários e por eles percebida como uma privação do direito de propriedade ou uma penalidade, dificilmente serão contidos o desmatamento ou a degradação. Também não se pode esperar a conservação voluntária de áreas superiores ao exigido por lei. A solução, portanto, passa por uma mudança de paradigma que vai depender de uma cadeia de providências, as quais devem culminar no reconhecimento de que a conservação tem custos individuais, mas é de interesse coletivo e, portanto, deve ser remunerada de maneira justa quando em terras privadas.

## 6. Recomendações

Diante dos desafios para viabilizar o compartilhamento das terras de Cerrado entre a produção e a conservação, algumas ações são prioritárias, destacando-se:

1. Forte investimento em desenvolvimento científico, com destinação de recursos à formação de pessoal e ao desenvolvimento de projetos de pesquisa sobre o Cerrado, com destaque para a compreensão das alterações nos processos ecológicos resultantes das mudanças de uso da terra e desenvolvimento de técnicas de cultivo de baixo impacto;
2. Disseminação do conhecimento sobre o Cerrado para todos os públicos, com vistas a equiparar sua valorização à dos biomas florestais brasileiros;
3. Medidas visando à apropriação do conhecimento técnico-científico sobre o Cerrado pelos legisladores e tomadores de decisão;
4. Integração das agendas dos diferentes setores do governo cuja atuação está relacionada, direta ou indiretamente, com a conservação, o uso sustentável e a ocupação agrícola do Cerrado;
5. Destinação de recursos à ampliação da rede de unidades de conservação do Cerrado em terras públicas com base em conhecimentos científicos;
6. Instituição de mecanismos efetivos e eficazes de remuneração da conservação em terras privadas.

## Referências

- BORLAUG, N.E. *Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead*. In: R. Bailey (ed.). *Global warming and other eco-myths*. pp. 29-60. *Competitive Enterprise Institute*, Roseville, EUA. 2002.
- KLINK, C.A.; MACHADO, R. *Conservation of the Brazilian Cerrado*. *Conservation Biology*, EUA, v. 19, n. 3, p. 707-713. 2005.
- MACHADO, R.B.; RAMOS NETO, M.B.; PEREIRA, P.; CALDAS, E.; GONÇALVES, D.; SANTOS, N.; TABOR, K.; STEININGER, M. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Brasília: Conservation International do Brasil. 2004.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B., & KENT J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853-858. 2000.
- OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J. *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. New York. *Columbia University Press*. 2002.
- PELIN, A. Avaliação dos aspectos relacionados à criação e manejo de Reservas Particulares do Patrimônio natural no Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (Tese de Doutorado), 2010.
- PINHEIRO, E.S. & DURIGAN, G. 2009. Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do cerrado no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 32, p. 441-454.
- SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.; FERREIRA JR, L.G. *Land cover mapping of the tropical savanna*. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2009.

# Relatório sessão “Pantanal e cerrado”

Divina das Dores de Paula Cardoso<sup>1</sup>

---

A mesa-redonda iniciou-se às 17h00 sob a coordenação do Dr. Márcio Miranda, tendo como debatedores a Dra. Gisela Durigan e o Dr. João Flávio Veloso Silva.

Inicialmente, tomou a palavra o Dr. Márcio que, após apresentação própria, dos expositores e da relatora, passou às considerações pertinentes sobre a metodologia a ser adotada na sessão. A seguir, introduziu o assunto a ser tratado na mesa, ressaltando os seguintes aspectos.

Destacou o Cerrado e o Pantanal como desafios regionais, territoriais e ambientais, lembrando que os biomas enquadram-se na assertiva *conservation without action is conversation*. Neste enfoque, lembrou que, para a conservação, há dependência de recursos e políticas públicas. Não obstante, é também tema de conflito, considerando que de um lado tem-se: a perspectiva necessária do uso da terra, e, do outro, a biodiversidade e a cultura que precisam ser preservadas. No contexto, destacou além da água fundamental para ambos os contextos, a questão da produção agrícola crescente com o avanço da população para o oeste. Neste ponto, lembrou por outro lado que estes conflitos situam-se num contexto de gerenciamento em um país democrático com a possibilidade de modificar o curso do progresso, do desenvolvimento agrícola e de pecuária para melhor. Não obstante, a pergunta importante é: o encaminhamento se dará de forma correta? O grande desafio!

---

<sup>1</sup> Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal de Goiás (UFG).

Nesta perspectiva de grande desafio, lembrou as questões já postas em termos da territorialidade do Cerrado, que cobre mais de 2 milhões de quilômetros quadrados em 12 estados da federação, enquanto que o Pantanal ocupa em torno de 250 mil quilômetros quadrados e conta com a importância da bacia do alto Paraguai. Destacou que ambos os biomas representam um patrimônio biológico exuberante os quais existem praticamente apenas no Brasil com a característica ainda do seu entrelaçamento.

Finalmente, lembrou a última convenção para a preservação do planeta, em que o Brasil se posiciona na proteção de 10% do Cerrado e Pantanal e de 30% para a Amazônia. Não obstante, lembrou também que estamos distantes destes percentuais, que estão no momento em torno de 7,9%, 4,0% e 27% para o Cerrado, Pantanal e Amazônia, respectivamente. Nesta situação, lembrou também a necessidade do aumento do número de áreas de conservação para os biomas e encerrou sua interferência com duas questões: 1) O que esperar do futuro? e 2) O que faremos?

A Dra. Giselda foi a primeira palestrante a fazer uso da palavra, e o fez com foco no Cerrado. Ela iniciou sua fala, dizendo que, no seu entendimento, há um *tradeoff* inquestionável no Cerrado e que precisa ser encarado: o desenvolvimento científico-tecnológico X conservação. Destacou que, neste contexto, quanto maior a ocupação, maior a possibilidade de uso da terra de forma menos sustentável.

Ela enfatizou duas assertivas de uso corrente e antagônica: 1) Agricultura no Cerrado representa a maior conquista do Brasil; e 2) Não se necessita mais desmatar o Cerrado desde que este pode ser utilizado agregando valores.

No contexto da segunda assertiva, ela lembrou a grande riqueza biológica do Cerrado que ainda não é completamente conhecida. Por outro lado, não se tem conseguido agregar valor a essa biologia. Lembrou também a necessidade da proteção dos recursos hídricos na contextualização de que o Cerrado abriga oito bacias hidrográficas. Assim, não se pode fazer uso da terra com o comprometimento das nascentes desde que em assim o fazendo há na verdade o comprometimento do desenvolvimento. Como prova, lembrou que, na década de 1950, o Cerrado estava intacto e que, já em 2004, dados indicam a existência de apenas 45% de Cerrado remanescente, destacando que São Paulo só possui 7%.

Nesta perspectiva, ela traça um diagnóstico: não fosse o desenvolvimento científico e tecnológico, o Cerrado não teria sido tão degradado e tão rapidamente. Ela lamentou, lembrando que o Cerrado é o celeiro do país. Não obstante, a continuar com o ritmo de ocupação atual, este só restará nas unidades de conservação e nas áreas indígenas. Baseou esta afirmativa no contexto de que a silvicultura ocupa hoje uma área de 48.000 Km<sup>2</sup>, um milhão de Km<sup>2</sup> de vinheiros, agricultura em 100.000 Km<sup>2</sup> e pastagens e gramíneas exóticas em 500.000 Km<sup>2</sup>, num contexto de apenas 33.000 Km<sup>2</sup> de áreas protegidas.

Neste panorama, impõe-se o questionamento: O que fazer, o que queremos com esta extensa área de vinheiros? Pelo código florestal, 30% desta área podem ser retirados, restando, portanto, 700.000 Km<sup>2</sup> com futuro incerto. Se houver expansão da produção, certamente haverá extinção de espécies, degradação do solo, problemas com recursos hídricos, invasão biológica, portanto, ao final, problema de saúde pública.

Daí o grande desafio para ciência: Quais são os limiares? E como crescer sem transpor esses limiares? A palestrante apontou caminhos para a produção sustentável: planejamento para conversão, plantio de culturas menos impactantes e práticas na agricultura menos impactantes.

Nesta perspectiva, os ganhos são com produtividade alta, baixo risco de inversão biológica e planejamento de escoamento da pecuária.

Por outro lado, considerou que, para que haja conservação do ecossistema, necessário é que as boas práticas ocorram tanto em terras públicas quanto privadas. O setor público sabe onde criar as unidades de conservação e dispõe de recursos para tal. Por outro lado, não se tem previsão para subsidiar o setor privado. Ela reiterou a necessidade de o setor privado entrar no contexto da criação das unidades de conservação e que o procedimento legal não pode e não deve ser o de imposição sobre o produtor. Ao contrário, este tem que ter a perspectiva de retorno por parte do governo.

Ao final, ela complementou, traçando o seguinte cenário para o Cerrado:

1. Pode-se manter o cerrado de pé, apesar do desenvolvimento científico e tecnológico? ou
2. Dentro de alguma perspectiva otimista manter o cerrado de pé graças ao desenvolvimento científico e tecnológico?

A palestrante terminou sua palestra com as seguintes recomendações:

- Formar recursos humanos adequados para atividades com o bioma;
- Disseminar conhecimento com apropriação dos tomadores de decisão e legisladores;
- Fazer a diferenciação da relação do proprietário rural com a conservação.

Em seguida, tomou a palavra o Dr. João Flávio, que iniciou a sua fala, relatando o papel da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) no cenário nacional da pesquisa e da agropecuária. Destacou o número importante de unidades de pesquisa espalhados pelo território nacional, incluindo a unidade do Pantanal, bem como o papel desempenhado desde a sua criação no cenário da agropecuária brasileira.

Ressaltou que hoje, para o Cerrado, um grande foco da Embrapa é o das pastagens degradadas, que somam hoje 70% das pastagens cultivadas. Destacou também a questão da adoção da “revolução verde” no sentido de melhorias de insumos e variedades melhoradas de soja, milho e feijão. Adicionalmente, a preocupação com a fertilidade do solo em termos da adubação com destaque para fixação biológica de nitrogênio, o que trouxe diminuição no impacto sobre o meio ambiente pela não mais aplicação de nitrogênio no solo.

Lembrou também que outro ponto de preocupação da Embrapa é o manejo de solos e cultura, o que levou à prática em 80% a 90% de plantio direto. Ademais, a adoção na fruticultura de sistemas anuais e perenes, além do olhar para as plantas nativas do Cerrado no sentido da domesticação com o reflexo na melhoria da qualidade de vida da população adstrita. Em termos da pecuária, ele lembrou que 60% da produção de carne vêm do Cerrado, e que está se dá em 60-70% do Cerrado degradado. Assim, a preocupação é também a de recuperação destas pastagens.

Além de todas estas preocupações, a Embrapa hoje aponta alternativas para o aumento da produtividade animal no Cerrado, o que passa não só pela conservação das pastagens, mas também pelo processo de integração lavoura-pecuária, além da adoção de novas cultivares de forragens. No contexto, ressaltou a importância da integração lavoura-pecuária-floresta como mecanismo adequado para recuperação e integração com o sistema nativo.

Por fim, no contexto de aproveitamento sustentável e com agregação de valor à biodiversidade do Cerrado, ele destacou a necessidade da bioenergia para o Brasil - a macaúba, o dendê do cerrado, representa a grande alternativa como óleo vegetal. Reforçou que esta é uma planta que ocorre em veredas, é resistente a pragas e de alta produtividade - 400 litros/hectare/ano.

O palestrante ressaltou também que o Cerrado enfrenta outra vulnerabilidade em termos do aumento da temperatura e que, em se aumentando em torno de 3° C, corre-se grande risco de impactar os recursos hídricos e, conseqüentemente, o solo.

Ao final, o palestrante recomendou que, para o Cerrado, importante ainda é a realização de estudos que envolvam o conhecimento da biodiversidade. Adicionalmente, importa proceder também estudos relativos à diversificação dos sistemas agrícolas, não esquecendo o contexto da avaliação do efeito global da temperatura com um foco também no melhoramento do sistema-produção.

A seguir, o palestrante enfocou o Pantanal, ressaltando a importância da bacia do Alto Paraguai com a feliz constatação da sua ainda boa preservação. Destacou, no contexto, a necessidade dessa preservação, lembrando medidas já tomadas como a não permissão para introdução da cana-de-açúcar no solo agregado. Por outro lado, lembrou a vulnerabilidade do Pantanal em termos de seu solo frágil e arenoso, onde, por força da ocupação humana, já existe certo compro-

metimento do recurso hídrico com o realce para o rio Taquari. Lembrou também o potencial do Pantanal em termos do turismo, considerando a sua diversidade de flora e de fauna.

Adicionalmente, lembrou o potencial da pecuária do Pantanal, destacando o melhoramento da raça bovina além do pesqueiro, onde a pesca é feita já de maneira não adequada, esportiva e profissional, o que tem resultado em efeito negativo já com a constatação de estoque diminuído.

Como recomendação, destacou a promoção de um sistema de turismo cada vez mais institucionalizado para que os impactos ambientais sejam cada vez mais minimizados. Ainda destacou a demanda de pesquisa e desenvolvimento para o bioma no contexto também da inovação, o que deve se refletir em melhoramento animal e vegetal dentro de um processo de valorização dos recursos naturais e com o envolvimento forte e necessário da população local.

Ao final das apresentações, passou-se às perguntas que, curiosamente foram feitas por pessoas integrantes dos biomas. Merece destaque a que se segue, tendo como base também a objetividade: Como fazer para que a agricultura familiar tenha comercialização legal com maior facilidade?

Como resposta, destacou-se o papel importante das associações, com destaque para o seu fortalecimento, iniciativas para abertura de mercado, promoção da agroindustrialização em casos de produtos perecíveis, além da promoção de selos de conformidade de modo a valorizar o regional.

Foram expressas algumas preocupações como: importância da água do Cerrado para suprir outras bacias; preocupação com a qualidade de vida da população local, como os quilombolas, pantaneiros e ribeirinhos; com o impacto das mudanças climáticas sobre o Pantanal e o Cerrado com reflexo grave e de curto prazo na flora e fauna nativas; impacto ambiental da extensiva produção de cana-de-açúcar no Cerrado sem visualização de equacionamento; sobre a manipulação do zoneamento ecológico econômico (ZEE) já existente com seu consequente descumprimento.

Também foram feitas algumas recomendações como a necessidade de haver por parte do governo uma política de incentivo à produção nativa do Cerrado, necessidade de planejamento diferenciado para o turismo nestes biomas que leve a um ecoturismo sustentável.

A estas preocupações e recomendações, houve a sugestão, por parte dos palestrantes, no que concerne aos produtos nativos dos biomas, e, consequente impacto na qualidade de vida da população local, de que deve haver, por parte do governo, a implantação de subsídio de modo a torná-los competitivos com outros tipos de produção.

Dado o decurso de tempo, a reunião foi encerrada com a reclamação de que houve pouca discussão para o Pantanal.



PARTE 2

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

## Energias alternativas



# Produção sustentável em larga escala de etanol de cana-de-açúcar no Brasil

Marco Aurélio Pinheiro Lima<sup>1</sup>, Manoel Regis Lima Verde Leal<sup>2</sup>, Luís Augusto Barbosa Cortez<sup>3</sup>

---

O Brasil chegou a este ainda início de século XXI tendo montado uma indústria bastante competitiva de biocombustíveis, em particular, no que se refere à produção de etanol de cana-de-açúcar. Isso foi conseguido graças a um esforço conjunto organizado pelo estado brasileiro, que soube estabelecer metas, planejar e investir em C&T, planejar e subsidiar a produção agroindustrial no momento certo, além de fazer um sincronizado esforço do chamado setor produtivo, muitas vezes, tido como conservador, mas que soube reconhecer e aproveitar as oportunidades apresentadas. É importante igualmente reconhecer o papel fundamental exercido pela indústria automobilística, que procurou inicialmente desenvolver o motor a álcool e mais recentemente o motor *flex*, e o papel da Petrobras, que cooperou ativamente na distribuição do álcool em todo o país. Com isso, o Brasil se tornou inquestionavelmente a maior referência mundial em biocombustíveis.

Mesmo com a superação de produção em volume dos EUA com o etanol de milho, o Brasil é reconhecidamente, inclusive pela maioria da comunidade científica internacional, o melhor exemplo de produção sustentável, seja pelos excelentes indicadores ambientais, medidos, por exemplo, pelo potencial de mitigação dos gases do efeito estufa (GEE), seja pela relação de energia renovável produzida pela energia fóssil utilizada. O programa também foi um sucesso, se medido pelos critérios econômicos, que permitem que a produção de etanol ocorra sem subsídios, gerando empregos e riqueza às regiões produtoras, melhorando o padrão técnico da agricultura

---

1 Professor Titular da Universidade Estadual de Campinas – Grupo de Física Atômica e Molecular.

2 Diretor de P&D do Centro de Energias Alternativas e Meio Ambiente.

3 Coordenador de Relações Institucionais e Internacionais da Universidade Estadual de Campinas.

e gerando economia de divisas e petróleo, o que permite ao país ter suas contas mais equilibradas e reduzir nossa vulnerabilidade energética.

Tudo isso, que não é pouco, foi conseguido graças a um esforço e determinação de longo prazo no desenvolvimento de variedades de cana, aplicação de conceitos de reciclagem de resíduos, notadamente da fertirrigação com a vinhaça, ganhos de escala e boa logística, tornando possível a matéria-prima ser produzida a custos decrescentes, impactando positivamente os custos globais e fazendo a chamada “curva de aprendizado do etanol de cana-de-açúcar no Brasil” um caso de verdadeiro sucesso. Hoje a indústria sucroalcooleira cresce e vem (cerca de 8-10% a.a.) melhorando a cada ano sua situação, atraindo investimentos, se renovando e expandindo para novas regiões, sobretudo para o Cerrado brasileiro, onde grandes desafios agora nos esperam.

No entanto, os cenários que se apresentam hoje no contexto mundial colocam para o Brasil uma oportunidade única! Em primeiro lugar, o aumento de demanda por petróleo a custos crescentes, seja pelo esgotamento das maiores reservas, seja pela exploração de recursos mais caros, como o pré-sal, por exemplo. Outro fator fundamental que impulsiona consideravelmente as fontes renováveis de energia, e em particular os biocombustíveis, é a necessidade de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa no mundo. Todos os países importantes têm uma agenda clara de redução dessas emissões, na maioria dos casos fortemente relacionadas ao uso de combustíveis fósseis para fins energéticos. A alternativa de suprimento de larga escala mais provável, o carvão mineral, tem potencial poluidor ainda maior que o petróleo, e as chamadas tecnologias CCS (*Carbon Capture and Storage*) ainda estão num estágio embrionário, embora seja estratégico desenvolvê-las.

Portanto, quando se examinam as alternativas ao petróleo, sobretudo para a substituição de combustíveis líquidos (diesel e gasolina, principalmente), os biocombustíveis e em particular o etanol de cana-de-açúcar revelam-se com um potencial formidável. O etanol de cana merece uma atenção especial da comunidade científica nacional, seja pela produtividade global, medida em litros/ha/ano, seja pelo seu potencial de mitigação dos GEE; seja pelo que já foi alcançado, seja pelas possibilidades futuras. Com mais conhecimento, investimentos e perseverança, o etanol de cana pode se revelar fundamental para o desenvolvimento do país. Há também, é importante ressaltar, outros dois mercados importantes para o uso energético da cana-de-açúcar e com excelentes possibilidades no futuro: a geração de eletricidade e a produção de bioprodutos, como plásticos verdes e todo um leque de produtos da biorrefinaria.

Efetivamente, existem boas chances de mercado futuro para as chamadas energias verdes. No entanto, para que tais potenciais se realizem e o país aproveite as oportunidades, deve-se considerar um aumento significativo da oferta. Esta questão do aumento significativo da produção de cana e etanol aparece revestida de grande importância, notadamente quando se pergunta quais são as implicações deste aumento no Brasil.

## 1. O projeto de substituição de 10% da gasolina no mundo por etanol de cana

Em 2005, o Ministério da Ciência e Tecnologia MCT financiou, por meio do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), um ambicioso estudo (LEITE e colaboradores, 2009) sobre quais seriam os impactos e as implicações de o Brasil vir a produzir suficiente etanol para substituir o equivalente a 10% de toda a gasolina a ser consumida no mundo em 2025, ou seja, pouco mais de 200 bilhões de litros de etanol. Isso equivale a toda gasolina produzida com o petróleo produzido pela Arábia Saudita hoje. Este estudo, coordenado pelo professor Rogério Cezar de Cerqueira Leite, do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE) da Universidade de Campinas (Unicamp), concluiu que, sim, a ambiciosa meta era possível de ser atingida.

Para tanto, foi assumido um modelo de produção concebido com o uso da melhor tecnologia disponível. Também foram consideradas as restrições à Amazônia, ao Pantanal, às terras indígenas, às reservas florestais e à produção de alimentos para o mercado interno e externo. Uma restrição tecnológica também impede ainda hoje o uso das terras com declividade superior a 12%. No modelo de produção proposto no estudo, todas as etapas agrícolas seriam mecanizadas, com cana colhida sem queimar, o etanol seria escoado em alcooldutos, usando a logística da Transpetro, e produzido de forma ambientalmente correta e socialmente justa. Entre os benefícios gerados, destacam-se os quase dez milhões de bons empregos, a interiorização do desenvolvimento, tornando possível imaginar um grande programa de desenvolvimento a partir da produção de etanol e também da eletricidade do bagaço e da palha, com mais energia para a população.

Mas talvez o mais importante resultado das pesquisas realizadas com o apoio do MCT foi ter entendido que todo o esforço para a implantação desse projeto poderia ser bem menor se fosse feito um esforço concentrado em áreas estratégicas de pesquisa de forma a produzir mais com menos recursos financeiros e, sobretudo, com menos recursos naturais. Sem um esforço concentrado, para se atingir a meta dos 10% de substituição, seriam necessários cerca de 35 milhões de hectares adicionais (além dos 6 milhões de hectares cultivados com cana em 2005). No entanto, se recursos financeiros fossem alocados de forma concentrada, como foram, por exemplo, no chamado Projeto Manhattan, a meta poderia ser atingida com cerca de 30% a menos, ou seja, cerca de 22 milhões de hectares. Isso tornava clara a importância de se investir mais em C&T no setor e, sobretudo, em áreas que pudessem impactar favoravelmente a sustentabilidade ambiental, econômica e social da produção de etanol de cana-de-açúcar.

## 2. A criação do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE)

Foi neste cenário que o Ministério de Ciência e Tecnologia, com o apoio do governo federal, resolveu dar toda a prioridade para a criação de um novo centro de pesquisas focado no tema etanol, o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE). O novo centro instalado em Campinas, no *campus* do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) desde dezembro de 2009, tem como objetivo contribuir para o desenvolvimento de ciência e tecnologias que vão permitir ao Brasil manter a liderança científica nesta importante área.

Este novo centro inicia suas atividades, usando os melhores cérebros disponíveis no país e já trabalha de forma concentrada em cinco programas de pesquisa: ciência básica, agricultura de baixo impacto, tecnologias de conversão de segunda geração, biorrefinaria virtual e sustentabilidade. Em síntese, cada programa objetiva dar uma contribuição inovadora que projete o Brasil e nos mantenha na liderança no setor. O CTBE trabalha de forma complementar e não competitiva com os centros existentes. Já começam a surgir as parcerias com as empresas e universidades. Um bom exemplo é a planta piloto do CTBE, que foi desenhada para receber e compartilhar a infraestrutura com empresas privadas e públicas. Todo o público externo é convidado a vir trabalhar de forma cooperativa com este novo centro do MCT. A criação do CTBE é uma ação de Estado e coloca o Brasil no rumo certo para se tornar o grande país que tanto desejamos, pois é fruto do conhecimento, do nosso esforço em construir o desenvolvimento sustentável, ajudando ao mesmo tempo a gerar bons empregos e o mundo a amenizar as emissões dos GEE.

## 3. A estratégia de CT&I do etanol de cana-de-açúcar

Em primeiro lugar, é importante que se considere que a sustentabilidade econômica, social e ambiental de longo prazo deve ser o alicerce desta indústria no futuro. Toda a produção deve ser realizada, considerando-se estes aspectos, imperativos, seja para a própria indústria ter atraentes margens de retorno, condição *si ne qua non* para todo processo produtivo, seja para produzir sem agredir a atmosfera, os recursos hídricos, o solo, a biodiversidade e sobretudo criando uma condição digna para todos aqueles envolvidos direta ou indiretamente na produção.

É da agricultura que vem a matéria-prima do etanol. É também dessa matéria-prima que vêm os maiores custos (60-70% dos custos globais de produção do etanol) e também os maiores gargalos à produção sustentável, portanto deve ser a partir desta análise que deve ser construída uma nova matéria-prima e uma nova agricultura capazes de atender aos exigentes requisitos impostos aos biocombustíveis em geral. Essa nova agricultura deve ser concebida para proteger o

solo, sua maior riqueza. Proteger o solo e usar fertilizantes de forma racional e com um melhor conhecimento da nutrição da cana e da aplicação correta de insumos no campo já são importantes passos. O plantio direto pode colaborar muito! Terá impactos na redução da erosão, na diminuição de uso de corretivos, de fertilizantes e também propiciará melhor desenvolvimento radicular e maior umidade com o *mulching*. Toda uma nova agricultura da cana deve ser construída a partir destes conceitos: mais energia com menor impacto local e global.

Nos processos de conversão, a mesma lógica deve ser perseguida. A partir do momento que a cana é colhida, iniciam-se as perdas. Todos os processos que sucedem a colheita devem ser organizados e planejados de forma a preservar os ganhos obtidos no campo. Isso deve ocorrer desde a colheita, transporte até a usina e posterior processamento. Não se pode conceber ou aceitar processos que reduzam ou limitem os ganhos já conseguidos. Há que se reconhecer que a indústria do etanol é uma indústria de energia e, portanto, pressupõe ser sustentável, também na conversão industrial e em seus desdobramentos até chegar ao consumidor final.

É importante que se reconheça que muitos processos industriais foram concebidos para uma indústria de alimento, o açúcar, e não exatamente para uma indústria de energia, como a do etanol, em que os critérios são outros. No caso, agora, que a indústria do etanol vai se firmando mais como uma indústria energética, esta tem que ter seus subprocessos avaliados de modo a não comprometer a sustentabilidade do conjunto.

Um importante fator a se considerar na estratégia da indústria do etanol brasileiro é a falta de conhecimento em ciências básicas na superação dos gargalos tecnológicos. A começar pela fotossíntese, “reação-mãe da biomassa”, pouco conhecida, pouco dominada ainda pelos cientistas. Os desafios vão também à genômica da cana, aos seus aspectos funcionais. Não sabemos ainda como construir uma cana imune às doenças, tolerante à seca, que use de forma ótima seus insumos. A falta de conhecimento básico passa pelo controle biológico, pela nutrição vegetal e também pelos aspectos de engenharia ligados à produção, como compactação do solo e logística de transporte.

No âmbito industrial, os desafios das ciências básicas não são menos importantes. Faltam sensores em praticamente todos os processos industriais (e também agrícolas). Pouco se sabe sobre o metabolismo de leveduras, sobre a ação das enzimas, sobre o uso eficiente de energia na indústria. Poucas têm sido as inovações que transformaram radicalmente a indústria nas últimas décadas. As melhorias têm sido mais incrementais, como o melhoramento genético que tem propiciado um ganho quantitativo. Há toda uma nova indústria por ser concebida, com modernos processos de conversão, como a gaseificação, pirólise e hidrólise, essências para a indústria do futuro.

## 4. Principais iniciativas de pesquisas em cana e etanol no Brasil

No Brasil, várias são as iniciativas de pesquisa e inovação no campo do etanol de cana. Os mais tradicionais são: Centro de Tecnologia Canavieira (CTC): centro de pesquisas privado; Ridesa: rede público/privada de melhoramento genético de cana; Instituto Agronômico de Campinas (IAC): centro público de pesquisas agrônomicas; universidades públicas; Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro): certificação. Mais recentemente, outras iniciativas prometem muito na superação das questões já abordadas neste texto. As mais importantes são: Laboratório Nacional de C&T do Bioetanol (CTBE/MCT); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa): agroenergia; Programa de Bioenergia da Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp/Bioen).

Além destes, organiza-se nas universidades do estado de São Paulo o Centro Paulista de Bioenergia. Este centro nasce como fruto da cooperação entre o governo do estado, que contribui com recursos para infraestrutura, as três universidades (USP, Unicamp e Unesp), com contratação de novos docentes/pesquisadores, e a Fapesp, que coloca recursos para pesquisa. As áreas de concentração são as mesmas do Bioen:

- Biomassa para bioenergia (com foco em cana-de-açúcar);
- Processo de fabricação de biocombustíveis;
- Biorrefinarias e alcoolquímica;
- Aplicações do etanol para motores automotivos: motores de combustão interna e células-combustível; e
- Pesquisa sobre impactos socioeconômicos, ambientais e uso da terra.

É natural, portanto, que se pergunte o que deve ser feito ou qual deve ser o papel dos órgãos de fomento à pesquisa ou aos próprios pesquisadores envolvidos na pesquisa ligada à cadeia produtiva do etanol de cana-de-açúcar. Somente um esforço combinado entre os órgãos de fomento à pesquisa com o setor privado conseguirá garantir um novo ciclo virtuoso de conhecimento, inovação e riqueza para o etanol de cana no Brasil.

### Referências

FAPESP/Bioen: <http://www.fapesp.br/materia/3254/pesquisa-para-inovacao/programa-fapesp-de-pesquisa-em-bioenergia-bioen-htm>

CORTEZ, L.A.B. (coord.) Bioetanol de Cana-de-Açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. ISBN 978-85-212-0531-9, Editora Blucher, São Paulo, 2010

LEITE, R.C.C. (Coord.) Bioetanol Combustível: uma oportunidade para o Brasil.

LEITE *et al.* 2009. *Energy* 34(2009) 655-661.

# Inserção do Brasil nos biocombustíveis aeronáuticos

Walter Bartels<sup>1</sup>

---

## 1. A aviação civil e o meio ambiente

A preocupação da aviação civil com a sua interação com o meio ambiente, em decorrência da grande visibilidade do referido meio de transporte e características dos seus veículos, começou na metade do século passado, particularmente com a introdução em larga escala dos aviões de transporte aéreo propulsos por motores a jato.

Em decorrência da extensão do tecido urbano das cidades, circundando os aeroportos, em geral localizados inicialmente longe das áreas centrais urbanas, as questões de ruído e de emissão de particulados foram o foco de atenção, determinando o estabelecimento de limitações para diminuição dos efeitos, transformando os padrões adotados em regulamentos internacionais.

A distinção entre os veículos aéreos e os dos transportes terrestres e aquaviários é que os primeiros, exceto que no início e no fim de seu trajeto fazem uso de “superfícies de rolamento” no solo, constroem por meios próprios no espaço as suas “faixas de rolamento” (aliás, sem acostamento), portanto não existem fronteiras físicas no seu deslocamento. Isso determinou a criação, em 1944, de uma agência internacional para tratar dos assuntos da aviação civil, a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI).

---

<sup>1</sup> Diretor Presidente da Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil (AIAB).

Os objetivos principais da OACI são a organização mundial do transporte aéreo por meio de princípios e técnicas comuns de navegação aérea, de certificação de aeronaves e de construção de aeroportos, visando estabelecer padrões internacionais comuns para a segurança, a eficiência, a economia dos serviços aéreos e a diminuição de danos ao meio ambiente.

As atividades da OACI relativas ao meio ambiente são realizadas por um setor da OACI denominado *Council's Committee on Aviation Environmental Protection* (CAEP), constituído por observadores dos países signatários das organizações intergovernamentais e de entidades representativas da indústria aeronáutica, do transporte aéreo regular e não regular, dos provedores de serviços de controle de tráfego aéreo e aeroportuário, o qual coordena em âmbito mundial as questões de ruído de aeronaves e emissões produzidas por motores/turbinas aeronáuticas, entre as quais padrões relativos a NOx, desde 1996.

Por ocasião do acordo de Kyoto, considerando que o referido tratado responsabiliza somente os países a OACI, foi nele designada como responsável para tratar das emissões extra-fronteiras relativas ao efeito estufa do transporte aéreo internacional.

Do ponto de vista de emissões de CO<sub>2</sub>, o transporte mundial participa com 2% (base 2005). Entretanto, fazendo uma projeção de seu crescimento até 2050, congelando a situação presente (o que não tem ocorrido, como será evidenciado em seguida), sua participação seria de aproximadamente 5%.

A citada particularidade de aviação enfatiza a enorme interação entre os fornecedores das aeronaves, dos serviços aéreos, dos serviços de controle de tráfego aéreo e os de serviços aeroportuários para oferecer em primeiro lugar a segurança, o mínimo de dano ambiental e a eficiência do transporte aéreo, hoje ferramenta essencial e indispensável para o crescimento da economia mundial.

## 2. Aviação civil – emissões e condicionantes do seu veículo

A emissão de CO<sub>2</sub> no transporte aéreo decorre do consumo de combustível pelas aeronaves e no passado razões de mercado voltadas ao aumento da eficiência do uso de energia utilizada determinaram a diminuição na última metade do século passado, em 70%, do combustível gasto por assento disponível nos aviões comerciais. A inclusão de aeronaves cada vez mais modernas baixou o consumo de 8 litros por passageiro/100 km, em 1985, para 3 litros por passageiro/100 km, em 2010, como mostrado na Figura 1, eficiência similar à de carros de passeio, porém a velocidade dez vezes maior.

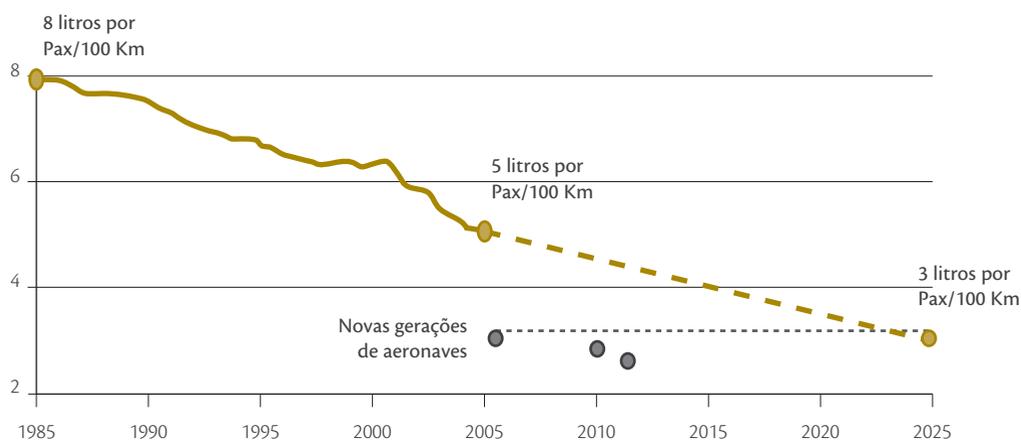


Figura 1. Consumo de combustível por passageiro

A elevada sofisticação tecnológica necessária para aumentar a segurança e a eficiência energética das aeronaves implica longo ciclo de desenvolvimento e elevado custo próprio intrínseco da respectiva tecnologia, tornando as aeronaves um bem de capital de custo extremamente elevado, o que exige uma longa vida útil para a rentabilidade do respectivo investimento. Em termos simples, a unidade do produto oferecido pelas empresas aéreas aos seus clientes: um assento disponível custa cerca de US\$ 300 a 400 mil, em termos de capital investido. A linha de produção de um tipo de avião estende-se por 20 anos e acrescenta-se a isso uma vida útil de 30 anos, o que permite que a frota (e sua tecnologia) tenha uma permanência de aproximadamente 50 anos no mercado.

A consequência dessa condicionante implica que o combustível hoje usado em todo o mundo é único: querosene de aviação (origem fóssil), consagrado pelas suas qualidades e disponibilidade mundial. Assim, hoje não é possível ou previsto sua substituição por outro tipo de combustível.

### 3. Ações da aviação civil mundial referente ao meio ambiente

As entidades mundiais que representam os quatro componentes da aviação civil e que são interdependentes no processo que visa melhorar a eficiência do uso de combustíveis são: *International Air Transport Association* (IATA), que representa a indústria de transporte aéreo; *International Coordinating Council of Aerospace Industries Associations* (ICCAIA), que representa as

associações de indústrias aeroespaciais; *Airports Council International* (ACI), que representa os aeroportos internacionais; *Civil Air Navigation Service Organisation* (CANSO), que representa os fornecedores de serviços de controle de tráfego aéreo. Em coordenação com a OACI, apresentaram oficialmente, em 2009, o seguinte compromisso:

- Uma abordagem setorial global para um problema global;
- A OACI responsável pela liderança na gestão das emissões da aviação;
- Comprometimento da Indústria da Aviação Civil mundial:
  - Melhoria média 1,5 % por ano em termos de eficiência energética até 2020;
  - Obrigação de crescimento neutro de carbono (CO<sub>2</sub>) a partir de 2020;
  - Redução absoluta em 50% das emissões de CO<sub>2</sub> em 2050, em comparação com os níveis de 2005, do qual cabe destacar dois princípios fundamentais: a não existência de decisões unilaterais por países / regiões e a liderança da OACI no processo.

Para visualização do referido compromisso, a Figura 2 apresenta os *roadmaps* (caminhos) que a aviação civil aplicará para alcançar seus objetivos.

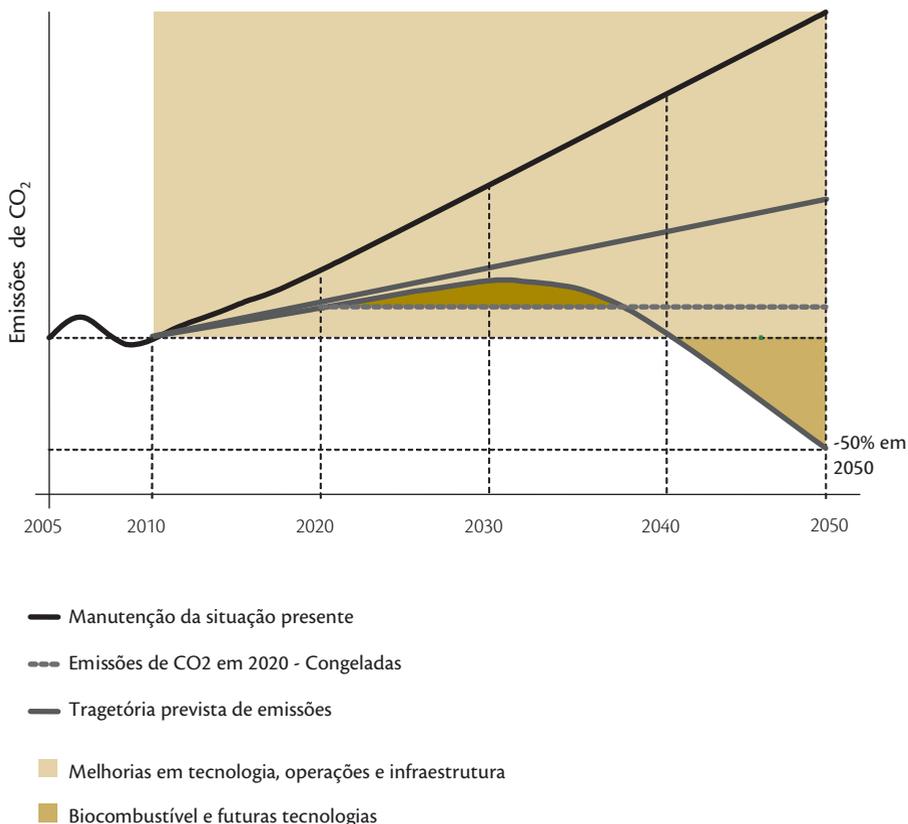


Figura 2. Roadmap da aviação civil para redução de emissões

Da referida figura, cabe destacar dois pontos:

- O primeiro ganho, a partir de 2010, em emissões será o uso de novas tecnologias já desenvolvidas para os aviões, a substituição de aviões antigos e ineficientes e melhorias no tráfego aéreo e na operação de aeroportos;
- O segundo ganho, a partir de 2020, será o uso de biocombustíveis: no caso, bioquerosene, ou seja, querosene obtido de biomassas, origem renovável, que deverá ter as mesmas características do querosene fóssil e poderá lhe ser misturado; e, a inclusão de futuras tecnologias aeronáuticas, o que permitirá, em 2050, o equivalente à diminuição de emissões CO<sub>2</sub> em 50%, comparado com o ano de 2005.

A confiança na mistura de 50% de bioquerosene com querosene fóssil é baseada em cinco voos de demonstração, já realizada, usando diferentes aviões comerciais e diversas fontes de biomassas (misturadas ou isoladas): babaçu, coco, pinhão manso (*jatropha*), algas e camelina, todos com sucesso, evidenciando a viabilidade.

Entretanto, resta um longo percurso para transformar a escala de produção laboratorial para as indústrias, a emissão das normas para certificação de bioquerosene em si e da sua mesclagem com querosene fóssil e os respectivos ensaios e testes de qualificação.

A indústria aeronáutica está perseguindo outros alvos em relação ao meio ambiente para aviões a serem produzidos a partir da terceira década do presente século, com previsão de uma redução de NOx maior que 75%, e de ruído maior que 50%.

#### 4. Ações da aviação civil brasileira – biocombustíveis

O Brasil é reconhecido mundialmente como país precursor do desenvolvimento e uso em larga escala do bioetanol em veículos terrestres e sua adição à gasolina para diminuição de poluentes. É também o pioneiro do uso com certificação pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), do bioetanol em motores a pistão aeronáuticos, caso do avião agrícola Ipanema da Embraer.

A Política do Desenvolvimento Produtivo – Indústria Aeronáutica selecionou várias áreas estratégicas para pesquisa, desenvolvimento e inovação para o referido, entre os quais combustíveis alternativos para a aviação.

O Congresso Brasileiro, por sua vez, acolheu o Projeto de Lei nº 3213/2009, proposto pelo presidente da Frente Parlamentar em Defesa da Indústria Aeronáutica Brasileira, Exmo. Sr. Deputado Federal Marcelo Ortiz, que: “Dispõe sobre a criação do Programa Nacional de Bioquerosene como incentivo à sustentabilidade ambiental da aviação brasileira e dá outras providências”.

Duas empresas aéreas brasileiras farão, entre 2010 e 2011, voos de demonstração de viabilidade técnica do uso de mistura de 50% de bioquerosene desenvolvido no Brasil, a saber:

TAM Linhas Aéreas S/A

- Aviões Airbus A 320, motores CFM56-5B: mistura de bioquerosene obtido do pinhão manso (*Jatropha*).

Azul Linhas Aéreas Brasileiras

- Avião Embraer E190, motor CF34-10E: mistura 50% de bioquerosene de cana-de-açúcar obtido por fermentação.

Em 7 de maio de 2010, foi formada a Aliança Brasileira para Biocombustíveis de Aviação (Abraba), composta por empresas aéreas, fabricantes de aeronaves, entidades de pesquisa de biocombustíveis e produtores de biomassas (ABPPM, AIAB, ALGAE, Amyris, Azul, Embraer, Gol, Tam, Trip e Única).

Sua proposição é que “a utilização de biocombustíveis sustentáveis produzidos a partir de biomassas é fundamental para manter o crescimento da indústria de aviação em uma economia de baixa emissão de carbono. A reconhecida capacidade do Brasil em desenvolver fontes energéticas alternativas, aliada ao conhecimento das tecnologias aeronáuticas, resultará em um significativo ganho para o meio ambiente, minimizando o impacto sobre o desenvolvimento econômico”.

## 5. Conclusão

O Brasil é reconhecido mundialmente como país precursor no desenvolvimento e uso em larga escala de biocombustíveis: bioetanol (inclusive na aviação geral) e biodiesel. A solução primordial escolhida pela aviação civil mundial, visando reduzir em 50% de uma forma absoluta suas emissões de carbono em 2050, é o uso de bioquerosene (*drop-in*), devidamente certificado, produzido a partir de biomassas diversas.

Em decorrência, nosso país não pode prescindir de uma presença forte na área de biocombustíveis aeronáuticos, sob pena de, no futuro, tornar-se dependente de importações, pois o seu uso será uma exigência mundial. A AIAB, em nome da Abraba, vem, portanto, colocar em foco por ocasião da 4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação a questão da necessidade brasileira de desenvolvimento de tecnologias próprias para bioquerosene, obtido a partir da grande diversidade de biomassas existentes no país, similarmente ao que está sendo realizado em países desenvolvidos.



# Relatório da sessão “Energias alternativas e potencial da energia solar fotovoltaica no Brasil”

*Ricardo Rüther<sup>1</sup>*

---

## 1. Introdução

A energia é um dos principais pilares de sustentação do padrão de vida das sociedades industriais. Na medida em que a população mundial cresce e os cidadãos almejam uma maior qualidade de vida, as quantidades de energia necessárias à manutenção dos serviços associados a estes padrões de consumo tendem a crescer. A disponibilidade de recursos não renováveis, em particular dos combustíveis líquidos, tende ao esgotamento, ao mesmo tempo em que aspectos ambientais questionam o uso crescente destes insumos.

Neste contexto, a utilização de agrocombustíveis ou biocombustíveis tem sido apresentada como solução que pode atender, ao menos no futuro próximo, tanto aos aspectos relacionados à depleção quanto das emissões relacionadas aos combustíveis fósseis. No entanto, as projeções de crescimento do consumo de combustíveis líquidos para a propulsão veicular evidenciam que a solução dos agrocombustíveis deve ser considerada como excelente tecnologia de transição, adequada somente para um curto período da história da humanidade, e que uma mudança de paradigma se faz necessária para que os padrões de utilização ora em voga se possam manter.

Esta sessão temática apresentou a matriz energética brasileira e mundial, os agrocombustíveis para a propulsão veicular e aeronáutica e a geração solar fotovoltaica e suas implicações na geração de energia elétrica para atender edificações e também para a propulsão de veículos elétricos

---

<sup>1</sup> Professor do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

em um futuro próximo. Estas tecnologias têm recebido investimentos consideráveis em pesquisa e desenvolvimento que devem se intensificar ao longo dos próximos anos e o desafio passa a ser então a redução de custos, associada à produção em massa. Ambas as tecnologias demonstraram sua viabilidade técnica e têm potencial de competitividade econômica com as tecnologias tradicionais se produzidas em grande escala.

Em termos de manancial, a resposta definitiva para os problemas energéticos da humanidade nasce todas as manhãs e para todos: em menos de uma hora incide sobre nosso planeta mais energia proveniente do Sol do que todo o consumo anual de energia de toda a humanidade. A produção de agrocombustíveis é uma das formas atuais de aproveitamento deste gigantesco manancial e a geração de eletricidade solar se apresenta como uma das formas mais elegantes e promissoras de produção de energia elétrica em larga escala no futuro próximo. Nesta sessão, foram apresentados os vários aspectos relacionados ao uso destas fontes alternativas e benignas em grande escala.

A sessão teve início às 17h05 com uma audiência superior à capacidade de lugares sentados da sala (100 lugares), indicando que o tema despertou um interesse maior do que o previsto pela organização do evento. Antes do início da sessão, o coordenador, professor Luiz Augusto Barbosa Cortez, solicitou aos demais membros da mesa sugestões de encaminhamento e ficou decidido que a ordem das apresentações seria alterada. Por representar o Ministério de Minas e Energia (MME), que coordena ações estratégicas e de planejamento no âmbito de todas as fontes renováveis de energia, a primeira apresentação ficou ao cargo do Secretário de Planejamento do MME, Sr. Altino Ventura, falando sobre a política energética brasileira; em seguida, falou o professor Cortez, discursando sobre o tema etanol no Brasil; o terceiro palestrante foi o Sr. Walter Bartels, com o tema biocombustíveis alternativos, e a última apresentação foi feita pelo professor Rütther, que abordou o tema energia solar fotovoltaica e veículos elétricos.

Com a sala completamente lotada, a sessão foi conduzida com as quatro apresentações feitas em sequência ininterrupta e, ao final, a sessão foi aberta para questionamentos do público participante e recomendações. Pode-se dizer que a sessão foi um grande sucesso, pois a plateia participou ativamente com muitos questionamentos e, por falta de tempo, ao final da sessão, os questionamentos tiveram que ser dirigidos aos palestrantes de maneira individual.

Percebe-se que o tema energias renováveis ou alternativas passa a despertar um interesse cada vez maior do público em geral, pois o nível de informação que chega à população com relação aos impactos ambientais das fontes convencionais de energia vem levando a uma conscientização crescente de todos. Os questionamentos acerca da sustentabilidade *versus* viabilidade econômica do modelo atual e das projeções futuras para as fontes renováveis e alternativas passam a fazer parte das discussões em diversos níveis, e o público busca informação fidedig-

na em fontes com a envergadura e reputação da 4ª CNCTI. A seguir é apresentada uma síntese das quatro palestras desta sessão temática e, ao final deste relatório, são comentados alguns dos questionamentos apresentados pelo público participante.

## 2. Altino Ventura (MME) – A política energética brasileira e as fontes energéticas alternativas e renováveis

O Sr. Ventura iniciou a palestra, apresentando uma contextualização e a composição das matrizes energéticas mundial e nacional, passando em seguida a falar da expansão da economia e do setor energético nacional e concluindo com a apresentação das políticas energéticas e da evolução da matriz energética brasileira. As matrizes mundial e brasileira são fundamentalmente distintas em sua composição, sendo a composição brasileira uma “matriz energeticamente civilizada”, dado o seu grande conteúdo renovável, devido principalmente à forte contribuição da hidroeletricidade. O palestrante mencionou repetidas vezes o Plano Nacional de Energia (PNE 2030), que prevê o desenvolvimento das diversas formas de energia no Brasil no horizonte de 2030, afirmando que as políticas de incentivo apontam tendências e não imposições do governo à sociedade, portanto, são passíveis de alteração ao longo dos anos. O Brasil quer atender às suas necessidades com energia nacional e ser um exportador de energia com grande ênfase no uso das energias renováveis, afirmou o palestrante. O MME quer diferenciar a matriz e não pretende que esta seja uma matriz definitiva. Um aspecto fundamental de qualquer política de incentivo apoiada pelo MME, no entanto, é a modicidade tarifária, princípio que leva o ministério a ter por missão incentivar as fontes de menor custo de geração possível e, conseqüentemente, que resultem na menor tarifa possível ao consumidor final.

A aplicação indistinta deste conceito de modicidade tarifária, que por natureza é muito dinâmico, no sentido de que não se pode garantir que a fonte de geração de menor custo no presente venha a se manter como a de mais baixo custo no médio e longo prazo, pode por vezes inibir iniciativas de desenvolvimento de fontes com grande potencial, razão pela qual o planejamento energético deve atentar sempre para os potenciais de redução de custos em função de economias de escala das diversas alternativas energéticas.

As características regionais de disponibilidade por fonte são um fator importante e deve ser respeitadas. O esgotamento do potencial hidráulico deve abrir grandes perspectivas, inicialmente, para uma aceleração do programa térmico e, em seguida, para fontes alternativas, como a eólica, que começa a ocupar espaço na matriz nacional. A fonte solar foi muito brevemente mencionada pelo palestrante, informando ao público que as tecnologias de aquecimento solar já são largamente utilizadas e vêm crescendo em aplicação a cada ano e que, na

área da energia solar fotovoltaica, programas pilotos serão apoiados pelo ministério. Adicionalmente, o palestrante declarou que é preciso mencionar e reconhecer o grande potencial de programas de eficiência energética.

Ao final da sessão, ficou evidente que planejar e projetar para 2030 o horizonte de matriz energética de um país como o Brasil, com a abundância de alternativas energéticas disponíveis, é tarefa complexa e carregada de grande incerteza. Se por um lado parece tímida a participação das fontes renováveis e alternativas de energia no planejamento oficial, percebe-se que existe abertura para correções de rumo na medida em que uma ou outra fonte demonstre sua viabilidade econômica. O desenvolvimento científico e o tecnológico, associados à inovação e à redução de custos, definirão os rumos e a composição da matriz energética brasileira nos próximos anos.

### 3. Luiz Augusto Barbosa Cortez (Unicamp) – Energias alternativas: o etanol de cana-de-açúcar no Brasil

O professor Cortez deu início à sua palestra, mencionando os motivos do sucesso do programa de etanol no Brasil e, em função da palestra anterior, declarou avaliar como tímido o Plano Nacional de Energia (PNE 2030), no que se refere ao uso da biomassa/produção de etanol. O palestrante informou que se estabeleceu no Brasil uma relação dinâmica entre a pesquisa e a produção, principalmente após 1975, com o envolvimento do governo e do setor privado em função das altas nos preços do petróleo. Dentre as alternativas para a produção de etanol, a cana-de-açúcar se revelou como uma excelente cultura energética, sendo assim criado o modelo brasileiro que combina a produção eficiente de açúcar e etanol. Acerca da questão do dilema competição entre produção de alimentos e produção do energético etanol, o palestrante informou que o Brasil aumentou a produção de etanol ao mesmo tempo em que aumentou a produção de açúcar. Após discorrer sobre as fases do programa de etanol no Brasil, com a primeira fase do Pró-Álcool, em 1975 (mistura obrigatória na gasolina e subsídios diretos na produção), a segunda fase no período 1978-1979 (incentivos fiscais e isenções de impostos para a produção do combustível e dos automóveis movidos 100% a álcool) e a crise do etanol no final dos anos 1980, o professor Cortez exaltou os esforços dos setores envolvidos na viabilização da tecnologia automotora dos veículos chamados *flex fuel* a partir do ano 2003.

Na sequência de sua apresentação, destacou a ocupação de áreas agriculturáveis para a produção de energia, informando que a cana para a produção de etanol ocupa 0,5% da área total do país. Em seguida, o palestrante discorreu sobre a expansão da produção de etanol, avaliando questões como: Que quantidade de etanol sustentável o Brasil pode produzir? Quais são os limites de ocupação sem que se toque na Amazônia e outros santuários ecológicos? Qual pode ser a

contribuição do etanol de cana para a diminuição das emissões dos gases de efeito estufa? Quais pesquisas devemos fazer para reduzir os custos e melhorar os indicadores de sustentabilidade?

A seguir, o professor Cortez apresentou um projeto coordenado pela Unicamp, cujos objetivos específicos estão relacionados ao desenvolvimento da pesquisa em etanol de cana-de-açúcar, como segue:

- OE1: Tecnologia atual e melhoramentos possíveis;
- OE2: Identificação de novas tecnologias;
- OE3: Seleção de áreas adequadas para a produção de cana-de-açúcar no Brasil;
- OE4: Infraestrutura existente e necessidade de melhoria e expansão;
- OE5: Identificação de impactos socioeconômicos;
- OE6: Construção de cenários de impactos socioeconômicos na produção de etanol;
- OE7: Identificação de impactos ambientais associados à produção de etanol de cana-de-açúcar;
- OE8: Legislação e políticas públicas em diversos países produtores e consumidores.

A proposta enfoca os desafios na substituição em todo o mundo de 5% da gasolina por etanol até o ano 2025, envolvendo plantio com e sem irrigação, quantidade e disponibilidade de água para este fim e evolução dos ganhos de produtividade esperados. Neste contexto, espera-se que a produtividade passe de 6.000 litros de etanol por hectare/ano, em 2005, para 8.200, em 2015, e 10.400, em 2025. A conclusão do estudo é que é possível produzir no Brasil o equivalente a 5% ou até 10% da gasolina consumida em todo o mundo até 2025. Entretanto, com maiores investimentos em CT&I isso pode ser conseguido com uma utilização muito menor de área e recursos, portanto, é importante que seja desenvolvida uma estratégia de longo prazo para a pesquisa e o desenvolvimento nesta área e que seja simultânea à expansão da produção de etanol no país. Para concentrar estes esforços, é sugerida a criação de um Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).

Com relação aos estudos sobre a sustentabilidade do etanol, o palestrante apresentou o questionamento sobre qual pode ser um bom critério para esta estratégia, afirmando que a expansão da produção de etanol no Brasil deverá se dar basicamente em terras com pasto, portanto, é essencial a organização da ocupação das atividades agrícolas e o bioetanol de cana pode ajudar a otimizar o uso da terra no Brasil, reduzindo o pasto, mantendo a produção de carne e expandindo a produção de biocombustíveis.

O palestrante, em seguida, discursou sobre a produção combinada de alimentos e bioetanol – o modelo atual prioriza a produção de açúcar e etanol; florestas nativas e plantadas; frutas nas áreas com alta declividade e horticultura moderna com a utilização de estufas anexas às usinas para a produção de energia elétrica a partir da queima de bagaço. Adicionalmente, na palha da cana há um potencial de 80 Mton a ser recuperado, que pode imediatamente gerar energia elétrica, por isso se constitui como uma nova fronteira.

A mecanização e a colheita sem queima foram também apresentadas, tendo sido informado que atualmente 55% da colheita vêm sendo feitas sem queima. Por fim, foi apresentada a proposta do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar no Brasil, onde limites territoriais são propostos para a expansão no cultivo da cana. Foi apresentada uma síntese das áreas aptas para a expansão do cultivo da cana-de-açúcar no país, considerando as classes de aptidão agrícola e os tipos de uso da terra.

A conclusão da apresentação foi que o Brasil tem excelente oportunidade de manter a liderança na produção de etanol de cana-de-açúcar, focando nas exportações e criando novas oportunidades de emprego e diversificação na produção de energia. O governo brasileiro está totalmente comprometido com o esforço mundial de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa e as pesquisas em etanol de cana são parte dessa estratégia. As estratégias de pesquisa e desenvolvimento estão focadas em redução de custos e indicadores de sustentabilidade. O Brasil deve dar mais atenção a esta questão e, para tanto, deve criar um novo modelo agroindustrial para a cana inteira (integral), e um esforço adicional deve ser feito para produzir recursos humanos em todos os níveis.

#### 4. Walter Bartels (Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil) – Inserção do Brasil nos biocombustíveis aeronáuticos

A aviação civil responde por cerca de 3,5% das emissões de gases de efeito estufa em todo o mundo, com expectativa de dobrar esta contribuição até 2020. Neste contexto, a utilização de combustíveis alternativos, especialmente os biocombustíveis ou o bioquerosene de aviação, começa a despertar o interesse, com vários testes em andamento por todo o mundo. Uma característica importante nesta utilização é a compatibilidade com o querosene de aviação tradicional, uma vez que, pela natureza desta aplicação, este combustível deve ter as mesmas características em todo o mundo. Portanto, o bioquerosene de aviação deve ser desenvolvido com diversidade de biomassa, o que requer investimentos em capacitação de laboratórios e de recursos humanos.

O Sr. Bartels deu início à sua palestra com a apresentação da Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil (AIAB), que é a entidade de classe nacional que congrega as empresas nacionais do setor aeroespacial brasileiro (aeronáutica, espaço e defesa). Fundada em 18 de março de 1993, com sede em São José dos Campos - SP, opera de forma similar às organizações congêneres de outros países. É membro do *International Coordinating Council of Aerospace Industries Associations* (ICCAIA), juntamente com suas congêneres do Canadá, dos Estados Unidos, da Europa e do Japão. A apresentação foi centrada no tema aviação civil e meio ambiente, e o palestrante apresentou a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), que é uma agência especializada das Nações Unidas, criada em 1944, com 190 países membros, cujos principais objetivos são o estabelecimento dos princípios e técnicas de navegação aérea internacional e da organização do transporte aéreo, de modo a favorecer a segurança, a eficiência, a economia e o desenvolvimento dos serviços aéreos e, por força do acordo de Kyoto, das questões da aviação civil e meio ambiente.

A aviação civil é um sistema integrado e complexo, composto de serviços aéreos, fabricantes de aeronaves, provedores de serviços de controle de tráfego aéreo e aeroportos, todos com foco rigoroso na segurança oferecida aos seus usuários. Questões ambientais sempre estiveram no foco da OACI. Como parte do histórico e dos resultados alcançados pelas iniciativas de redução de emissões, foi apresentada a redução de consumo de combustível (consumo específico e consumo por assento) da aviação civil, que atingiu uma redução de 70% do final dos anos 1950 até o presente.

O palestrante destacou a necessidade de uma abordagem setorial para um problema global, indicando que a OACI é a responsável pela liderança na gestão das emissões da aviação. Existe um comprometimento da indústria da aviação civil mundial de melhoria média de 1,5% por ano em termos de eficiência energética até 2020, bem como uma obrigação de crescimento neutro de carbono a partir de 2020, com redução absoluta em 50% das emissões de CO<sub>2</sub>, em 2050, em comparação aos níveis de 2005. Na sequência, o Sr. Bartels apresentou um *roadmap* da aviação civil para redução das emissões, com várias ações programadas na aviação civil internacional, relacionadas a testes com biocombustíveis. Com relação a ações brasileiras nesta área, foi relatado o Projeto de Lei nº 3.213/2009, do deputado Marcelo Ortiz, Presidente da Frente Parlamentar em Defesa da Indústria Aeronáutica Brasileira, que: “Dispõe sobre a criação do Programa Nacional do Bioquerosene como incentivo à sustentabilidade ambiental da aviação brasileira, e dá outras providências.”

Por fim, o Sr. Bartels apresentou as iniciativas brasileiras relacionadas a testes com o bioquerosene produzido a partir do pinhão manso e da cana-de-açúcar. As empresas TAM e AZUL programam para os próximos meses testes com 50% de bioquerosene em aeronaves Airbus A-320 e Embraer E-190. Na aviação agrícola, existem testes com a aeronave Ipanema utilizando bioetanol.

## 5. Ricardo Rütther (Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC e Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas na América Latina – IDEAL) – O potencial da energia solar fotovoltaica no Brasil e projetos vitrines: estádios solares e aeroportos solares

A palestra do professor Rütther apresentou uma das mais recentes e promissoras aplicações da tecnologia fotovoltaica: a integração de painéis solares ao entorno construído, de forma descentralizada e com interligação da instalação geradora à rede elétrica. Por meio do efeito fotovoltaico, células solares convertem diretamente a energia do Sol em energia elétrica de forma estática, silenciosa, não poluente e renovável.

Uma característica fundamental de sistemas fotovoltaicos instalados no meio urbano é principalmente a possibilidade de interligação à rede elétrica pública, dispensando assim os bancos de baterias necessários em sistemas do tipo autônomo e os elevados custos de manutenção decorrentes.

Na configuração mais comum, estes sistemas são instalados de tal maneira que, quando o gerador solar fornece mais energia do que a necessária para o atendimento da instalação consumidora, o excesso é injetado na rede elétrica: a instalação consumidora acumula um crédito energético (o relógio contador típico é bidirecional e neste caso anda para trás). Por outro lado, quando o sistema solar gera menos energia do que a demandada pela instalação consumidora, o déficit é suprido pela rede elétrica. Perdas por transmissão e distribuição, comuns ao sistema tradicional de geração centralizada, são assim minimizados. Outra vantagem destes sistemas é o fato de representarem usinas descentralizadas que não ocupam área extra, pois estão integradas ao envelope das edificações urbanas.

O professor trouxe para o público uma grande quantidade de informações acerca do potencial e disponibilidade de radiação solar no Brasil e no mundo, mostrando que diariamente incide sobre a superfície da Terra mais energia vinda do Sol do que a demanda total de todos os habitantes de nosso planeta em todo um ano. Dentre as diversas aplicações da energia solar, a geração direta de eletricidade por meio do efeito fotovoltaico se apresenta como uma das mais elegantes formas de gerar potência elétrica.

Desde o surgimento das primeiras células solares fotovoltaicas, de elevado custo e utilizadas na geração de energia elétrica para os satélites que orbitam nosso planeta, as tecnologias de produção evoluíram a tal ponto que se tornou economicamente viável em muitos casos a sua utilização em aplicações terrestres e no fornecimento de energia elétrica em locais onde a rede elétrica

pública não foi estendida. Tais sistemas, ditos remotos ou autônomos, necessitam quase sempre de um meio de acumulação da energia gerada, normalmente um banco de baterias, para suprir a demanda em períodos em que a geração solar é insuficiente ou à noite. Mais recentemente, sistemas solares fotovoltaicos vêm sendo utilizados de forma interligada à rede elétrica pública, como usinas geradoras em paralelo às grandes centrais geradoras elétricas convencionais. Dessa forma, fica dispensado o sistema acumulador (baterias), seu elevado custo e manutenção envolvidos, já que a bateria da instalação solar fotovoltaica interligada à rede elétrica é a própria rede elétrica, como será visto em maior detalhe a seguir.

Instalações solares fotovoltaicas interligadas à rede elétrica pública podem apresentar duas configurações distintas: podem ser instaladas (i) de forma integrada a uma edificação (no telhado ou na fachada de um prédio e, portanto, junto ao ponto de consumo); ou (ii) de forma centralizada como em uma usina central geradora convencional, neste caso normalmente a certa distância do ponto de consumo. Neste último caso, existe, como na geração centralizada convencional, a necessidade dos complexos sistemas de transmissão e distribuição (T&D) tradicionais e dos custos envolvidos. A apresentação do professor Rütther se concentrou nos aspectos técnicos do primeiro tipo de configuração. Entre as vantagens deste tipo de instalação, pode-se destacar: (i) não requer área extra e pode, portanto, ser utilizada no meio urbano, próximo ao ponto de consumo, o que leva a (ii) eliminar perdas por T&D da energia elétrica como ocorre com usinas geradoras centralizadas, além de (iii) não requerer instalações de infraestrutura adicionais; os painéis fotovoltaicos podem ser também (iv) considerados como um material de revestimento arquitetônico (redução de custos), dando à edificação uma (v) aparência estética inovadora e *high tech*, além de trazer uma (vi) imagem ecológica associada ao projeto, já que produz energia limpa e de fonte virtualmente inesgotável.

Neste contexto, o professor Rütther apresentou os projetos vitrines Estádios Solares para a Copa do Mundo de 2014 e Aeroportos Solares, que têm por objetivo demonstrar a tecnologia solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e conectada à rede elétrica pública. A Copa do Mundo de Futebol de 2014, que será sediada pelo Brasil, é uma oportunidade inédita para divulgar a tecnologia solar, que tem previsão de redução de custos para atingir viabilidade econômica ao longo da presente década. Juntamente com a integração de geradores solares em aeroportos, este projeto objetiva trazer para o dia a dia do povo brasileiro esta tecnologia que deverá integrar a matriz energética nacional no futuro próximo.

Passando ao tema dos veículos elétricos, o professor Rütther comentou que, na avaliação da utilização de biocombustíveis para a propulsão de veículos automotores, as principais questões envolvem o uso de grandes extensões de terra, a sustentabilidade deste manejo e as relações de trabalho envolvidas, bem como a competição da produção de combustíveis X alimentos e suas consequências no preço destes produtos. Neste contexto, os veículos elétricos e a geração solar

de eletricidade se apresentam como alternativas importantes a serem consideradas, principalmente frente aos novos desenvolvimentos tecnológicos e às questões ambientais. A utilização de veículos elétricos e da energia solar fotovoltaica poderá vir a desempenhar papel importante no mundo e no Brasil no futuro próximo, tanto na redução da poluição associada à concentração da utilização de veículos em grandes centros urbanos quanto na sustentabilidade da produção e uso do insumo energia elétrica, o combustível desta alternativa.

Mais recentemente, as questões climáticas associadas ao aumento acentuado dos preços dos combustíveis fósseis e também dos biocombustíveis, bem como a necessidade de várias nações desenvolvidas de reduzir sua dependência de insumos importados, ressuscitaram o interesse pelos veículos elétricos, que se apresentam como uma alternativa promissora nas próximas décadas. Os veículos elétricos, apesar de apresentarem um maior custo inicial de investimento, levam a um menor custo por quilômetro rodado e também a um menor custo de manutenção. Outra característica importante dos veículos elétricos é a menor flutuação de preços do insumo energético, questão que deverá ser determinante em alguns mercados.

Apesar de apresentarem grandes vantagens em relação aos veículos dotados de motores a combustão interna, veículos elétricos que armazenam energia elétrica em baterias ou supercapacitores, ou até mesmo células a combustível, não podem ser apresentados como uma solução imediata na substituição de todos os veículos alimentados por combustíveis fósseis ou biocombustíveis. Existem questões relacionadas a algumas limitações atuais de infraestrutura e necessidades de desenvolvimento tecnológico que somente ocorrerão em um futuro próximo, se houver estímulo para sua adoção. A autonomia limita a utilização atual dos veículos elétricos puros a trajetos urbanos de algumas dezenas até poucas centenas de quilômetros. Esta limitação estimulou o aparecimento da tecnologia dos veículos elétricos *plug-in* híbridos. Por outro lado, grande parte dos veículos de passeio percorre trajetos diários que podem ser perfeitamente compatíveis com a autonomia dos veículos elétricos puros presentemente disponíveis no mercado internacional. A velocidade de recarga da bateria de um veículo elétrico puro também limita a sua utilização presente aos deslocamentos urbanos.

Se por um lado os veículos elétricos não apresentam emissões diretas de poluentes ou gases de qualquer natureza durante sua operação, a sua utilização implica uma maior demanda por geração de energia elétrica. A produção de combustíveis líquidos e de energia elétrica está em setores distintos da economia, com distintas eficiências e impactos ambientais, mas ambas contribuem com emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. As emissões relacionadas à produção de energia para os veículos elétricos são em qualquer caso menores do que as associadas aos veículos convencionais, mas a intensidade das emissões que deve ser atribuída aos veículos elétricos está diretamente relacionada à intensidade da tecnologia e infraestrutura de produção e distribuição de energia elétrica existente. Em uma economia em que a geração de eletricidade esteja sendo

atendida completamente por geração termelétrica a carvão mineral, o nível de emissões associado a um veículo elétrico, neste caso 200 g de CO<sub>2</sub> por km rodado, seria somente um pouco menor do que no caso de um veículo convencional, que emite cerca de 250 g de CO<sub>2</sub> por km rodado. Isso levanta a questão da necessidade de que a geração de energia elétrica seja feita também de modo sustentável e com baixas emissões para que toda a argumentação a favor dos veículos elétricos possa ser considerada uma alternativa viável.

A combinação da utilização de veículos elétricos e geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e conectada à rede elétrica pública pode ser considerada uma aplicação ótima de duas tecnologias que hoje se fazem possíveis graças a modernos conceitos e técnicas de tecnologia da informação (TI). A área necessária para a produção dos biocombustíveis é tema de muito debate e um aspecto frágil da argumentação a favor dos biocombustíveis como solução de substituição aos combustíveis fósseis. Pode-se demonstrar que a adoção do uso de biocombustíveis para a propulsão de veículos automotores em escala mundial apresenta sérios problemas de sustentabilidade e de disponibilidade de área. Neste aspecto, a utilização de veículos elétricos pode ser mais bem contextualizada ao se comparar a área requerida no plantio de cana em relação à mesma área quando coberta por geradores solares fotovoltaicos para a produção de energia elétrica. Um exemplo ilustrativo da relação entre a demanda por área plantada na produção de etanol e a disponibilidade de energia solar em nosso país. O cultivo de cana-de-açúcar em um hectare pode chegar a render no Brasil cerca de 5.500 litros de álcool por ano, levando o automóvel *flex* típico a poder rodar cerca de 44 mil km por hectare plantado por ano (admitindo um consumo médio de 8 km por litro). Se neste mesmo hectare for instalado um gerador solar fotovoltaico, é possível gerar de 1.300 kWh a mais de 1.500 MWh de energia elétrica anualmente, dependendo da região do país. Um veículo elétrico de tamanho médio com a tecnologia atual roda um pouco mais de 6 km por kWh de energia elétrica. Assim, um gerador solar fotovoltaico que ocupe uma área de um hectare pode gerar energia para levar um veículo elétrico médio a rodar de 8 a 9 milhões de km anualmente. Fica demonstrado, portanto, que em termos de necessidades de área para a produção de energia, a conversão de energia solar em energia elétrica (fotovoltaica) é mais de 200 vezes mais eficiente na propulsão veicular do que a conversão fotossintética de energia solar (fotossíntese).

Esta argumentação deve ser analisada sob várias perspectivas. Inicialmente, ao contrário da situação do cultivo agrícola, faz muito mais sentido espalhar este gerador solar fotovoltaico de um hectare pelos telhados e coberturas das edificações urbanas, evitando assim a ocupação de qualquer área adicional para a geração desta energia e produzindo a energia junto ao ponto onde ela será consumida. Neste sentido, é ilustrativo fazer mais uma comparação: muitos veículos no Brasil rodam cerca de 1.000 km por mês. Esta é certamente uma situação frequente para o segundo veículo de uma família típica da classe média brasileira. O veículo elétrico médio mencionado anteriormente necessita de um gerador solar fotovoltaico que vai ocupar de 13 a 15 m<sup>2</sup> do

telhado da residência desta família para gerar energia suficiente para um deslocamento médio de 1.000 km por mês. As residências unifamiliares típicas da classe média brasileira podem facilmente acomodar vários destes geradores, produzindo energia *in loco* em telhados solares fotovoltaicos para o atendimento de veículos elétricos, bem como para o consumo de energia elétrica de toda a residência, disponibilizando eventuais excedentes de energia para a rede elétrica pública e auxiliando na diversificação da matriz elétrica brasileira.

O professor Rütther concluiu sua apresentação e em seguida o professor Cortez abriu a sessão de questionamentos.

## 6. Sessão de questionamentos do público participante

Em vista do grande interesse do público participante desta sessão, um grande número de perguntas foi formulado por escrito e levado à mesa. Talvez pelo interesse nos rumos e encaminhamentos do MME para a questão energética nacional nas próximas décadas e pela novidade do tema energia solar fotovoltaica para este público, os questionamentos foram dirigidos exclusivamente para o Sr. Altino Ventura, do MME, e para o professor Ricardo Rütther, da UFSC.

A discussão e os questionamentos para o MME tiveram foco nas preocupações com os rumos que vêm tomando as iniciativas do governo no direcionamento da matriz energética brasileira, principalmente no que tange às mudanças climáticas e aos impactos ambientais relacionados à construção de grandes usinas hidrelétricas na Amazônia. A estas questões, o Sr. Altino Ventura respondeu que, por um lado, o governo necessita garantir o fornecimento de energia para a população com uma taxa de crescimento de aproximadamente 4% ao ano e nenhuma das fontes renováveis/alternativas em seus estágios atuais pode suprir esta demanda no presente. O MME reconhece o potencial destas fontes e vai apoiar todas as alternativas, cada uma ao seu momento, quando tiverem atingido um nível de maturação tecnológica e de custos que as torne competitivas com as fontes convencionais.

A apresentação do professor Rütther provocou um grande número de perguntas com os mais variados enfoques, desde indagações sobre detalhes funcionais da tecnologia solar fotovoltaica até questões mais práticas sobre como se poderia acelerar a inserção desta tecnologia na matriz brasileira. Uma constatação que se pode fazer de forma geral nos questionamentos se relaciona à necessidade de estimular a pesquisa e o desenvolvimento nesta área do conhecimento, para que o Brasil, com todo o seu potencial solar, possa fazer bom uso desta tecnologia, não somente utilizando a energia do Sol, mas fazendo-o com equipamentos e dispositivos desenvolvidos e fabricados em território nacional, para que a nação brasileira possa fazer uso pleno dos benefícios associados a esta tecnologia. Uma questão levantada pelo professor

Rüther em face de todos os questionamentos apresentados está relacionada ao aspecto da dependência tecnológica e ao desafio à ciência, tecnologia e inovação nesta área no Brasil: mais cedo ou mais tarde, a energia solar fotovoltaica deverá ser utilizada no Brasil em grande escala. Cabe à estrutura de CT&I nacional catalisar o processo para que esta utilização aconteça o mais cedo possível. Cabe também à sociedade brasileira tomar as providências para que isto ocorra de forma plena, com estímulos ao desenvolvimento das capacitações nacionais para que a produção nacional dos equipamentos relacionados a este aproveitamento possa ocorrer de forma competitiva, para que o país não seja um mero importador das soluções tecnológicas desenvolvidas ultramar.



PARTE 2

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

## Bionergia



# Bioenergia

*Luiz Augusto Horta Nogueira<sup>1</sup>*

---

## 1. Introdução

A moderna bioenergia constitui um tema estratégico para a C&T no Brasil, por conta do desenvolvimento já alcançado na produção de etanol de cana-de-açúcar e biodiesel, bem como das potencialidades existentes para o incremento dessa produção e a introdução de novos processos.

Nesta sessão, foi apresentado e discutido o quadro atual de produção de biocombustíveis líquidos, analisando com maior detalhe os aspectos relativos à sustentabilidade da produção de etanol e as perspectivas para as tecnologias veiculares de interesse para esse biocombustível.

Houve uma boa participação do público, que ampliou a discussão para outros biocombustíveis e aspectos da bioenergia. As notas a seguir procuram sintetizar a sessão e apresentar recomendações para o estabelecimento de uma agenda de P&D em bioenergia, abrangente e voltada para a sustentabilidade das cadeias energéticas.

---

<sup>1</sup> Professor do Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá (Unifei).

## 2. Apresentações

Cumprindo o programa definido pelos organizadores da Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (CNCTI), durante esta sessão, foram efetuadas três apresentações, cobrindo diferentes aspectos dos biocombustíveis líquidos, com ênfase no etanol.

A primeira apresentação ficou a cargo de Ricardo de Gusmão Dornelles, diretor do Departamento de Biocombustíveis do Ministério de Minas e Energia, que discorreu sobre a evolução nos últimos anos da produção de etanol e biodiesel no Brasil, com uma significativa expansão da capacidade instalada em unidades produtoras e ampliação do volume produzido, consolidando a participação da bioenergia na matriz energética nacional e proporcionando as bases para uma plataforma de exportação de biocombustíveis, cujo desenvolvimento ainda depende, essencialmente, da superação de barreiras comerciais nos países potenciais consumidores.

Em seguida, Suani Teixeira Coelho, coordenadora do Centro Nacional de Referência em Bioenergia (Cenbio), da Universidade de São Paulo, abordou a sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar. Os dados relativos a essa agroindústria são expressivos no Brasil: na última safra, em uma área de 8,9 milhões de hectares, foram colhidos e processados 569 milhões de toneladas, parcialmente utilizados para uma produção de 27,5 bilhões de litros de etanol. Explorando as diferentes vertentes da sustentabilidade (econômica, social e ambiental), Suani Coelho apresentou: a) os significativos ganhos de produtividade agrícola e industrial, decorrentes principalmente da agregação de conhecimento nas diversas etapas produtivas da cana e do etanol, que permitiram uma relevante redução de custos, com a efetiva competitividade do etanol frente aos combustíveis convencionais; b) o elevado número de empregos gerados, mesmo com a intensa mecanização das operações de colheita adotada nos últimos anos, que promove a redução da demanda de trabalhadores menos qualificados e melhora a qualidade do emprego nessa agroindústria e c) os diferentes benefícios ambientais do etanol, em particular a baixa intensidade na demanda de terras (devido à alta produtividade), praticamente sem impacto na produção de alimentos, o baixo uso de agroquímicos e a limitada emissão de poluentes locais e gases de efeito estufa. Foi também apresentado o zoneamento agroambiental específico para a cultura canavieira, desenvolvido para São Paulo e Brasil, que orienta o desenvolvimento em bases sustentáveis dessa cultura.

Concluindo as apresentações, Joseph Henry, diretor técnico da Associação Nacional de Fabricantes de Veículos (Anfavea), mostrou como a tecnologia veicular avançou nos últimos anos, em especial as alterações que permitiram o uso de etanol nos motores em misturas com gasolina ou puro, e mais recentemente em motores flexíveis, cujas gerações mais recentes permitem a operação totalmente independente de gasolina, com a partida apenas com etanol, mesmo em dias mais frios. Foram ainda comentadas as perspectivas em médio prazo, que incluem os veículos elétricos híbridos e a bateria, uma tecnologia complementar aos biocombustíveis.

### 3. Comentários e recomendações

A audiência participou ativamente da sessão, procurando esclarecimentos sobre os temas apresentados pelos conferencistas e contribuindo com novos elementos de interesse para a bioenergia. Foram apresentadas mais de 20 perguntas e observações, em particular relacionadas aos aspectos tecnológicos e sociais (como geração de emprego e informação aos consumidores) da bioenergia, que os conferencistas responderam e comentaram. Uma constatação recorrente foi que a bioenergia é complexa e diversificada em suas formas de produção e uso, incluindo uma ampla gama de possibilidades e escalas produtivas, desde lenha para uso doméstico ou produção de carvão vegetal, até os biocombustíveis líquidos, como o etanol e o biodiesel, passando pelo biogás e o gás de pirólise de materiais ligno-celulósicos, cabendo oportunamente incluir essas rotas nas análises e perspectivas da bioenergia no Brasil.

Também foi destacada a grande importância de que as políticas públicas para o desenvolvimento da bioenergia em um marco de sustentabilidade reconheçam o papel essencial da formação de recursos humanos nessa área, que nos temas da fronteira do conhecimento exigem de forma crescente a aplicação de técnicas sofisticadas, como a genômica aplicada a processos fermentativos e a modelagem avançada de processos térmicos.

A seguir, apresentam-se algumas recomendações para as políticas públicas no âmbito da pesquisa, desenvolvimento e inovação em bioenergia, considerando não apenas os biocombustíveis líquidos e particularmente o etanol, tema central desta sessão:

1. Valorizar a formação de recursos humanos nos aspectos fundamentais e aplicados da bioenergia, considerada de forma ampla, em nível de graduação e pós-graduação;
2. Incrementar a eficiência das cadeias produtivas em bioenergia, mediante a integração dos processos e a valorização do uso de subprodutos, privilegiando a adoção de rotas produtivas com baixa demanda de recursos naturais, elevada produtividade e boa relação produção/insumo de energia;
3. Promover a difusão de tecnologias de produção e uso de biocombustíveis líquidos eficientes em países com condições edafoclimáticas adequadas e suficiente disponibilidade de solo cultivável, como ocorre em diversos países da região latino-americana;
4. Ampliar a presença do Estado na organização da produção bioenergética baseada em madeira, particularmente procurando monitorar os fluxos energéticos nesse contexto, promovendo a produção sustentável de lenha e a adoção de tecnologias sustentáveis, sobretudo para uso industrial e nas aplicações siderúrgicas.

Por sua história, sua dotação de recursos naturais e principalmente por suas perspectivas e demandas na construção de um futuro desejável, o Brasil deve considerar de forma crescente a bioenergia em sua matriz energética. No entanto, é imperativo que a contribuição dos vetores bioenergéticos se desenvolva de forma sustentável, nas etapas de produção e no uso, o que pode ser alcançado apenas com a permanente aplicação de conhecimento científico e inovador.

# Relatório da sessão “Bioenergia”

*Ricardo de Gusmão Dornelles<sup>1</sup>*

---

A abertura dos trabalhos foi feita pelo coordenador da sessão, professor Luiz Augusto Horta Nogueira, que apresentou cada um dos integrantes da mesa: Dra. Suani Teixeira (palestrante), Henry Joseph Jr. (palestrante) e Dr. Ricardo de Gusmão Dornelles (relator). Em função dos atrasos decorrentes das atividades realizadas pela manhã, o coordenador fez uma breve descrição do conteúdo da sessão e a ordem dos trabalhos.

A primeira intervenção do painel foi feita pelo relator, Dr. Ricardo Dornelles, diretor do Departamento de Combustíveis Renováveis do Ministério de Minas e Energia. Dornelles procurou destacar a visão do governo para o setor de bioenergia, a importância da inovação e os desafios a enfrentar. Citando a recente publicação do relatório do Plano Decenal de Energia (PDE) para o período de 2010 a 2019, comentou a importância do planejamento, fazendo breve histórico da retomada das atividades de planejamento energético pelo governo federal após longo período em que a estrutura administrativa e a crise do Estado impediram que o Poder Executivo pudesse produzir estudos para o setor seja para o médio ou longo prazos.

Historicamente, o planejamento sempre foi centralizado no Brasil e, a partir do processo de privatização, percebeu-se um vácuo em relação às entidades de fato incumbidas dessa atividade na administração federal.

A partir de 2003, com a reestruturação do Ministério de Minas e Energia, o setor passou a contar com a participação mais atuante do governo federal na condução do planejamento energético. Dornelles destacou as duas principais publicações do Ministério de Minas e Energia: o Plano

---

<sup>1</sup> Departamento de Combustíveis Renováveis do Ministério de Minas e Energia (MME).

Nacional de Energia (PNE 2030), que apresenta a visão de governo para o longo prazo, publicado em novembro de 2007, e o Plano Decenal de Energia (PDE), que cobre o horizonte dos próximos dez anos e que é atualizado e publicado anualmente.

O PDE 2010-2019 tem foco na análise da demanda energética no país para todas as fontes de energia primária. Para atender o mercado, de acordo com o relatório, o Brasil continuará a privilegiar as fontes renováveis de energia, em especial a bioenergia. O estudo mostra que, em 2019, 48% da energia consumida no Brasil serão renováveis. As duas principais fontes renováveis do Brasil continuarão a ser a hidroeletricidade e os derivados da cana-de-açúcar. Esta, segundo o PDE, responderá por 21,5% da oferta interna de energia em 2019, aumentando ainda mais sua participação em relação à oferta de energia hidráulica, que em 2019 será de 12,7%.

Em termos relativos, o país manterá a proporção de 48% de energia renovável na sua matriz energética. No entanto, essa manutenção não significa que não haverá crescimento da oferta de energia renovável ou ainda que não será necessário um grande esforço nesse sentido. Manter a participação de 48% de energia renovável em sua matriz, para um país como o Brasil, significa enfrentar um grande desafio na expansão da oferta. No horizonte decenal, o Brasil vai agregar uma população equivalente à do Chile, ou cerca de 14,2 milhões de habitantes, além de crescer a sua economia, o que aumenta significativamente a demanda por energia. Por isso, apenas para manter o percentual de 48%, citado anteriormente, a produção de etanol crescerá 36% e a produção de bioeletricidade, 37% no período de 2010 a 2019.

Segundo Dornelles, nesse horizonte, é grande o desafio que se coloca para a bioenergia no país e, para corresponder a esse desafio, conta-se com a inovação em ciência e tecnologia. O desafio, de acordo com o diretor, torna-se ainda maior porque o Brasil, embora tenha expertise na área, não tem a mesma infraestrutura laboratorial de ponta, no governo ou na iniciativa privada, como os países desenvolvidos, notadamente os EUA.

Dornelles citou ainda o caráter renovável da energia da biomassa, oriunda em última análise da energia solar, citando o fato de o Brasil ainda ter regiões isoladas com falta de acesso à energia. Por isso, considerar o país como um todo é de extrema importância nesse setor, no qual se lida com grandes disparidades regionais.

Quando se fala em bioenergia, a inclusão social pode e deve ser considerada no desenho das políticas públicas. Pequenos produtores podem ser incluídos na oferta de matérias-primas para a produção de bioenergia, no entanto é importante buscar sempre ganhos de produtividade. A pequena escala de produção é possível, desde que feita com bons índices de produtividade. Arranjos produtivos locais podem ser concebidos de modo a proporcionar ganhos de eficiência

de processos e técnicas de produção. Incentivos para isso devem ser considerados e o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, o PNPB, é exemplo disso.

No caso do biodiesel, Dornelles enfatizou a importância da inclusão de pequenos agricultores na produção de matérias-primas por meio do Selo Combustível Social.

Com frequência, o governo e a iniciativa privada no Brasil recebem missões estrangeiras e no debate internacional percebemos que os países desenvolvidos não aceitam a inovação que lhes retira vantagens competitivas, por isso o desafio de quebrar barreiras é permanente.

Dornelles citou ainda que é comum verificar que publicações científicas internacionais na área de biocombustíveis, mesmo sobre o caso do Brasil, são feitas em sua maioria por pesquisadores estrangeiros.

Nessa área, da bioenergia, Dornelles citou a estratégica participação do Brasil no grupo dedicado à bioenergia no âmbito da Agência Internacional de Energia (AIE). A AIE é uma organização intergovernamental, fundada no contexto do primeiro choque do petróleo em 1973 e uma organização vinculada à Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Atua como consultor em política energética para os 28 países membros no seu esforço para assegurar o abastecimento de energia em nível global. O Brasil não é país membro da agência, é país convidado, integrante do comitê executivo.

A agência publica regularmente trabalhos que contêm uma vasta abordagem nos assuntos referentes à energia, que contribuem para a disseminação de boas práticas com análise das principais políticas adotadas em todo o mundo.

O Brasil, por sua reconhecida capacidade na produção e uso da bioenergia, foi convidado a participar do esforço na AIE para disseminar a bioenergia. O chamado *Implementing Agreement* de bioenergia agrega 13 grupos de trabalho dos quais o Brasil participa em quatro.

O Brasil reconhece que existe viés contrário aos interesses dos países em desenvolvimento no que se refere ao conteúdo e à forma com que a agência trata a bioenergia em suas publicações. O governo tem feito gestões no mais alto nível na AIE para reverter isso, e a participação ativa dos centros dedicados à pesquisa e inovação no setor de bioenergia será fundamental nesse processo.

Ao concluir, Dornelles apontou o que, em seu entendimento, constitui o conjunto dos principais desafios de inovação para a bioenergia no Brasil:

1. O desenvolvimento do mercado de biocombustíveis, com cadeias produtivas e mercados bem estruturados, é uma condição indispensável para assegurar a viabilidade da pesquisa e desenvolvimento no setor;
2. Não é possível obter eficiência no processo de conversão da biomassa sem enfrentar os desafios de promover a inovação em todos os elos da cadeia produtiva;
3. A diversificação das matérias-primas, no caso do biodiesel, é o mais importante desafio de inovação. A sustentabilidade da cadeia de produção depende de ganhos de produtividade compatíveis com a dimensão do mercado de energia;
4. Promoção de tecnologias capazes de viabilizar a redução do conteúdo de carbono das fontes energéticas;
5. Gestão dos recursos empregados com redução de energia fóssil no processo produtivo, aumento da produtividade por hectare, maximizando assim os ganhos de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE);
6. Desenvolvimento em escala comercial dos biocombustíveis derivados da biomassa celulósica.

A segunda intervenção da sessão de bioenergia foi feita pela primeira palestrante, professora Suani Coelho. A apresentação da professora Suani Coelho, intitulada Sustentabilidade do Etanol de Cana-de-Açúcar, destacou a certificação dos biocombustíveis como exigência dos países industrializados para aceitar a sua introdução em seus mercados. Citou ainda a realidade de diversos países da América Latina, África e Ásia que não têm condições de cumprir integralmente o nível de exigência que tem sido discutido nos fóruns internacionais que têm discutido o tema.

Para introduzir a discussão sobre sustentabilidade, a professora Suani apresentou os números da produção e do uso do etanol no Brasil. Em seguida, abordou detidamente os três pilares que definem a sustentabilidade.

Na dimensão econômica, a competitividade do etanol brasileiro em relação à gasolina foi destacada. Para isso, contribuem, na opinião da pesquisadora, os ganhos de produtividade de 3,8% ao ano, durante o período de 1975 a 2005, obtidos na produção e que incorporam tecnologia tanto na fase agrícola quanto na fase industrial. Apresentou o desempenho da produtividade da cana-de-açúcar por hectare comparando outras culturas energéticas (beterraba, milho e trigo) e o balanço energético, que no caso do etanol da cana-de-açúcar tem desempenho significativamente superior, de 9,3 unidades de energia produzidas para cada unidade de energia fóssil consumida no processo.

Na dimensão social, o setor de etanol destaca-se com a geração de 700 mil empregos diretos, o que garante uma relação de 150 para 1 em comparação com o setor de petróleo. Outro aspecto importante ressaltado pela pesquisadora foi o nível de remuneração do setor, que perde apenas para a soja. Citou também o número de trabalhadores com carteira assinada cujos números no setor de cana-de-açúcar não têm paralelo no setor agrícola no Brasil.

Um aspecto negativo destacado pela professora Suani na dimensão social foi a questão do fluxo migratório de trabalhadores da região Nordeste para a região Sudeste. A evolução da mecanização tenderia a reduzir o fluxo de trabalhadores, mas coloca ao mesmo tempo o desafio da requalificação dos trabalhadores. Ao citar a mecanização da colheita de cana-de-açúcar, a pesquisadora ressaltou a necessidade de se negociar um período de carência para países pobres que se dispuserem a produzir cana-de-açúcar e que não podem fazer frente a esses investimentos na fase agrícola.

Os aspectos ambientais compõem a terceira dimensão da sustentabilidade. A professora Suani enfatizou os números do uso da terra no Brasil, com destaque para as áreas de pastagens. Resaltou também a importância de se aumentar a produtividade nessas áreas e seu potencial para disponibilizar 60 milhões de hectares.

A mudança no uso do solo e as emissões evitadas pela substituição de áreas de pastagens por cultivos de cana-de-açúcar são destacados pelos estudos de Soares *et. al.*, citados na apresentação, juntamente com o protocolo assinado entre os produtores e o governo do estado de São Paulo para o banimento das queimadas. Isso contribui para evidenciar os ganhos adicionais de redução de emissão de GEE.

A questão da biodiversidade, traduzida em reserva legal, matas ciliares e preservação da fauna, é parte importante do debate. Para tratar dessa questão, o zoneamento agroecológico proposto pelo governo federal desempenhará papel fundamental para orientar a expansão da produção ao limitar a concessão de licenças ambientais. De acordo com a pesquisadora, o governo federal fez o dever de casa porque a certificação da produção é o principal item da pauta internacional no que concerne a biocombustíveis. Nesse sentido, a pesquisadora concluiu sua palestra, afirmando que o Brasil poderá servir de exemplo para demais países que queiram iniciar ou expandir a sua produção.

A terceira intervenção na sessão de bioenergia foi feita pelo engenheiro Henry Joseph Jr., representante da Anfavea, que discorreu sobre as perspectivas tecnológicas no uso dos biocombustíveis.

O representante da Anfavea destacou o uso dos biocombustíveis como combustíveis veiculares e a sua importância para os desafios da indústria automobilística no país. Henry Joseph ressal-

tuou que a evolução tecnológica dos motores sempre segue a evolução e a tendência de uso dos combustíveis. Há 100 anos, a indústria automobilística contribuiu para o desenvolvimento da indústria de combustíveis derivados de petróleo do mesmo modo como a indústria do petróleo contribuiu para o desenvolvimento dos automóveis *pari passu*.

O advento dos veículos *flex fuel* no Brasil foi desenvolvido com base na possibilidade de o usuário poder escolher entre usar a gasolina ou etanol hidratado puro e proporcionou a volta do uso de etanol em larga escala no país. Por isso, o Brasil torna-se protagonista e referência para a utilização dos biocombustíveis em todo o mundo na indústria automobilística.

Em seguida, o palestrante apresentou a tendência da indústria em função dos desafios impostos pelas questões ambiental e energética: os motores elétricos que poderão utilizar a rota tecnológica que viabilizará a utilização de hidrogênio por meio de células a combustível ou ainda que privilegiem o uso de geração externa (base hídrica, térmica, solar, etc.).

Foi destacado que, para os veículos elétricos, a portabilidade da energia elétrica continua sendo a grande questão com a qual a indústria deverá apresentar soluções tecnológicas compatíveis com a escala de utilização no setor de transporte.

Segundo o palestrante, os veículos chamados híbridos terão papel fundamental nesse processo de desenvolvimento de novas plataformas veiculares que privilegiarão os veículos elétricos. Nesse sentido, questionou o papel dos biocombustíveis nesse processo, buscando responder se haveria espaço para os biocombustíveis e como se daria esse avanço.

Os principais biocombustíveis veiculares utilizados atualmente são:

1. Etanol: puro ou em misturas;
2. Biodiesel: puro ou em misturas; e
3. Biogás: puro, comprimido ou GTL/BTL.

De acordo com Henry Joseph Jr., somente o etanol puro ou o biogás puro, comprimido, terá aplicações no futuro por meio da utilização de células a combustível.

Finalmente, o palestrante concluiu sua intervenção fazendo um resumo dos números dos veículos movidos a etanol e os veículos *flex fuel* na evolução do mercado brasileiro.

A primeira fase da utilização do etanol no Brasil em plataformas movidas exclusivamente a etanol hidratado resultou na fabricação de 5,4 milhões de veículos dedicados. A segunda fase, com

o advento do veículo bicompostível mobilizou 11 montadoras e 78 modelos de veículos e resultou na fabricação de 10,6 milhões de veículos até o momento. Segundo Henry Joseph Jr., os veículos *flex fuel* no Brasil já estão em sua quarta geração tecnológica.

Os próximos passos serão dados em direção a avanços na eficiência dos motores, no curto prazo, e no desenvolvimento de veículos híbridos bicompostíveis, que serão disponibilizados no médio prazo ao consumidor brasileiro.

A quarta intervenção na sessão de bioenergia foi feita pelo professor Luiz Augusto Horta Nogueira. O coordenador da mesa ressaltou a importância do evento para fazer um balanço do último período de governo e apresentar uma proposta de agenda para os próximos anos.

Para concluir, destacou ainda que o Brasil é o país da bioenergia com enormes alternativas de recursos bioenergéticas por meio de diversas rotas tecnológicas. No entanto, registrou ser imprescindível valorizar a formação de recursos humanos na área da bioenergia, considerada de forma ampla, em nível de graduação e pós-graduação. Na opinião do professor, quatro pontos devem ser considerados nessa agenda:

1. Eficiência da produção de bioenergia: em relação ao etanol, as tecnologias e alternativas estão definidas e amadurecidas; em relação ao biodiesel, ainda há um grande caminho a percorrer na busca pela produtividade e sustentabilidade. A produção de palma nas franjas da Amazônia será importante;
2. Biomassa sólida: o aproveitamento adequado deve ser priorizado;
3. Processos de conversão: novas fronteiras devem ser perseguidas com o apoio de novos centros de pesquisa. Os biocompostíveis de segunda geração não são necessariamente prioridade para o Brasil porque ainda somos competitivos na primeira geração. A segunda geração é a única alternativa para os países ricos;
4. Presença na nossa região e nos trópicos: conhecimento e disseminação da informação são importantes no âmbito da cooperação internacional. Existem diversos países tropicais que já produzem açúcar e não conseguem avançar na produção de biocompostíveis.

Concluída a etapa de exposições, o coordenador iniciou a sessão de perguntas encaminhadas pela plateia do evento. A partir de questões separadas por temas, iniciou a rodada passando a palavra para o diretor do Departamento de Combustíveis Renováveis do Ministério de Minas e Energia, Dr. Ricardo Dornelles.

O Dr. Dornelles respondeu questionamento sobre o Programa de Biodiesel. De acordo com a pergunta apresentada, o programa de biodiesel estaria caminhando a passos lentos enquanto que, à época do Proálcool, o governo teria cogitado implementar o programa Proóleo, projeto que teria sido abandonado. O Dr. Dornelles respondeu, ressaltando que o biodiesel no caso brasileiro avançou bastante e já chegou, em menos de cinco anos, ao mesmo nível dos principais produtores mundiais. Admitiu que existem grandes desafios pela frente que incluem a diversificação das matérias-primas e aumento da produtividade, mas que muito já se fez no setor.

Em outros questionamentos apresentados, o representante do governo ressaltou que, no mundo, a participação dos biocombustíveis é de apenas 2,5%. Existe enorme potencial para os países tropicais e só o Programa de Palma, lançado pelo governo no Brasil, identificou 29 milhões de hectares aptos para o plantio de palma em terras degradadas na Região Amazônica. Caso o Brasil plantasse cerca de 10 milhões de hectares de palma para produção de biodiesel, o país seria capaz de substituir todo o diesel que consome anualmente.

A partir de outro questionamento, o Dr. Dornelles respondeu que, em sua opinião, os carros elétricos puros são alternativa apenas para países ricos.

A uma questão específica sobre a utilização de óleos vegetais puros em veículos diesel, ressaltou que um projeto de lei tramitou diversas vezes nos últimos anos em relação a essa possibilidade e que, tal como apresentado, não conta com o apoio do governo.

Finalmente, respondendo a questionamento sobre o abastecimento de etanol, ressaltou que o dilema do produtor industrial, açúcar *versus* etanol, existe, porém sem a mesma importância do passado, uma vez que, embora haja flexibilidade na produção de um ou de outro, essa flexibilidade é relativa e, na situação de 2009, condições climáticas adversas foram mais importantes para a restrição da oferta de produto. Concluiu, ressaltando que contratos de longo prazo são importantes para garantir o abastecimento e contribuir para a previsibilidade dos mercados.

O segundo grupo de perguntas, direcionado para a professora Suani Coelho, respondeu a questionamentos sobre a competição por alimentos, que segundo a pesquisadora foi solucionado por meio da política de zoneamento agrícola no país e que tem a convicção de que a produção simultânea de alimentos e biocombustíveis é perfeitamente possível não só no Brasil.

Com relação ao possível aproveitamento energético da mandioca para a produção de etanol, ressaltou que o principal problema reside no balanço energético desfavorável em relação à cana-de-açúcar.

Sobre a produção de biocombustíveis na África, ressaltou que a mecanização da colheita encontra barreiras na infraestrutura dos países desse continente e que o que é mais crítico nessa região

é a geração de emprego e renda no campo. Em aparte concedido pela professora Suani Coelho, o Dr. Dornelles concordou com a pesquisadora e enfatizou que o conceito de sustentabilidade é formado por três pilares: econômico, ambiental e social. Segundo o diretor, cada um tem importância relativa para cada país ou região do globo e que, nesse sentido, cada caso é diferenciado.

O terceiro bloco de perguntas foi destinado ao engenheiro Henry Joseph Jr., representante da Anfavea, que respondeu questionamentos sobre emissões de veículos a etanol, sobre a perspectiva de mercado dos carros elétricos, sobre a utilização de óleos vegetais em motores e sobre a viabilidade de células a combustível a etanol.

Em resposta à primeira pergunta, Henry Joseph ressaltou que os veículos *flex fuel* estão cada vez mais aprimorando o rendimento de seus motores e que a questão das emissões é importante para garantir o sucesso tanto do combustível quanto dos veículos ofertados no mercado. Sobre a perspectiva de mercado para os carros elétricos, informou que a indústria na Europa estima que 4% dos veículos vendidos no mercado em 2020 sejam elétricos.

Sobre a utilização de óleos vegetais em motores diesel, foi enfaticamente contra e afirmou que somente veículos devidamente adaptados poderiam utilizar esse produto como combustível. Destacou ainda que, para que a utilização do óleo vegetal seja considerada, o preço do óleo deve ser competitivo.

Sobre a viabilidade da utilização do etanol em células a combustível, respondeu que a indústria no Brasil acredita nessa possibilidade e que esse desenvolvimento será feito, certamente, pelo Brasil.

Para encerrar a sessão, o professor Luiz Horta teceu comentários finais, destacando que o Brasil tem desafios importantes para a inovação no campo da bioenergia, principalmente no Semiárido e na Amazônia. A utilização eficiente da bioenergia em pequena escala é desafio e campo de trabalho em todo o país.



PARTE 2

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

## Combustíveis fósseis



# Desafios tecnológicos para a indústria do petróleo e gás

*Segen Farid Estefen<sup>1</sup>*

---

## 1. Desafios tecnológicos para a indústria do petróleo e gás

A descoberta de significativas reservas de petróleo e gás no Brasil no último ano terá, se a indústria conseguir desenvolvê-las de forma sustentável, um impacto extremamente importante no país na vida de todos os brasileiros. Os combustíveis fósseis continuarão nas próximas décadas sendo a mais importante fonte de energia do mundo. O seu consumo vai crescer especialmente nos países com desenvolvimento acelerado, como China e Índia, mas também continuarão sendo vitais para a segurança energética e economia de países desenvolvidos, como os Estados Unidos e os da União Europeia, altamente dependentes de sua importação.

Com o decréscimo de produção de campos maduros do Golfo do México, Mar do Norte e outras regiões, associado ao aumento da demanda, será necessário desenvolver outros campos e descobrir novos nas próximas décadas.

O papel do pré-sal brasileiro extrapola a questão de fornecimento interno. Ao se tornar detentor de grandes reservas, o Brasil deverá desenvolver um planejamento energético que considere a agregação de valor ao petróleo bruto, beneficiando-se da escassez mundial a partir das próximas décadas. Portanto, o papel do pré-sal é muito maior que simplesmente a garantia da segurança

---

<sup>1</sup> Professor Titular do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE/UFRJ).

energética brasileira, que atualmente encontra-se bem estruturada num portfólio diversificado de fontes energéticas.

A grande importância do desenvolvimento sustentável desta indústria e o seu enorme potencial econômico justificam a necessidade de investimentos robustos em C&T para os enormes desafios tecnológicos dessa nova fronteira exploratória de grande complexidade nas suas fases de exploração e produção. Deve ser enfatizado que o desenvolvimento de toda a cadeia da indústria brasileira de petróleo e gás só foi possível pelos investimentos contínuos em CT&I e pela capacitação de recursos humanos ao longo de mais de três décadas, em particular no campo da engenharia *offshore*, na qual o Brasil, por meio da Petrobras, é reconhecidamente o líder mundial.

O atual acidente do Golfo do México, ocorrido na fase de perfuração de um poço a mais de 1.500 m de profundidade da lâmina d'água, que causou a explosão da plataforma e o consequente vazamento de grande quantidade de óleo, enquadra-se em um dos maiores acidentes da história da indústria do petróleo, levantando questões cruciais quanto à segurança das operações e planos efetivos de contingenciamento em águas ultraprofundas. A tecnologia até então empregada se mostrou vulnerável quanto às barreiras de prevenção representadas pelo BOP (*blow out preventer*) e às ações de emergência para estancar o vazamento em tempo de evitar a catástrofe decorrente de mais de dois meses de produção descontrolada.

Nos campos do pré-sal, as profundidades da lâmina d'água atingem valores da ordem de 50% superiores e a perfuração abaixo do solo marinho é complicada pela espessura adicional da camada de sal, com cerca de 2.000 m. Os riscos inerentes às atividades de perfuração e produção são consequentemente superiores, devido às maiores pressões externa e interna atuantes nos equipamentos, a maior complexidade das intervenções de emergência, a logística dificultada pelas distâncias da costa superiores a 250 km e as solicitações ambientais mais severas, principalmente quanto às ondas. Outro desafio tecnológico a considerar é a ocorrência de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S.

Em alguns campos com conteúdo excessivo de CO<sub>2</sub>, será necessário o emprego de técnicas de separação e armazenamento. Trata-se de tecnologia relativamente nova que terá o desafio de ser adaptada para as operações *offshore*, onde os espaços disponíveis nas plataformas são reduzidos. O outro desafio é definir a melhor forma de estocar o CO<sub>2</sub>, buscando compatibilizar a estocagem com o aumento da pressão no reservatório e consequente acréscimo da recuperação do petróleo, compensando parte dos gastos envolvidos.

A ocorrência do H<sub>2</sub>S leva à necessidade de pesquisas avançadas na área dos materiais a serem empregados no pré-sal, visando garantir a integridade dos equipamentos e, com isso, induzindo o desenvolvimento de tecnologias específicas de revestimento e proteção. O desenvolvimento de produtos e serviços específicos para esse tipo de operação trarão vantagens competitivas nos

mercados internacionais de produção em águas ultraprofundas, capacitando a indústria nacional para o fornecimento internacional de produtos e serviços.

O fortalecimento das atividades de P&D e capacitação de pessoal passam a ser vitais para a estruturação da cadeia produtiva. A gestão do conhecimento do pré-sal, de forma independente, via a criação de um instituto nacional estratégico de C&T do pré-sal, ancorado nas universidades e centros de pesquisa com reconhecida capacitação no tema, deve ser considerada como uma das prioridades nas ações a serem empreendidas em curto prazo.

As ações em PD&I na área do petróleo devem ser focadas no apoio ao desenvolvimento das reservas e na produção dos reservatórios do pré-sal. Os seguintes tópicos devem ser priorizados:

1. Criação do instituto nacional estratégico de C&T do pré-sal;
2. Identificação de riscos e avaliação da confiabilidade nas operações *offshore*, nas fases de exploração, produção e transporte, com proposição de tecnologias e procedimentos para a prevenção de acidentes;
3. Integração de tecnologias já existentes e desenvolvimento de outras necessárias para a proposição de planos de contingência robustos;
4. Ampliação dos esforços de C&T para tratamento e armazenamento de CO<sub>2</sub> e para o desenvolvimento de materiais para resistir e proteger os equipamentos da ação do H<sub>2</sub>S;
5. Avaliação de alternativas e proposição de soluções para o armazenamento e transporte do gás natural;
6. Integração das ações de CT&I desenvolvidas pela comunidade científica com os fornecedores de produtos e serviços da cadeia de suprimentos.



# Relatório da sessão “Combustíveis fósseis” (petróleo, gás e carvão mineral)

*Fernando Luiz Zancan<sup>1</sup>*

---

## 1. Desafios tecnológicos para a indústria do petróleo e gás

A descoberta de significativas reservas de petróleo e gás no Brasil no último ano terá, se a indústria conseguir desenvolvê-las de forma sustentável, um impacto extremamente importante no país na vida de todos brasileiros. Os combustíveis fósseis continuarão nas próximas décadas sendo a mais importante fonte de energia do mundo. O seu consumo vai crescer, especialmente nos países com desenvolvimento acelerado, como China e Índia, mas também continuarão sendo vitais para a segurança energética e econômica de países desenvolvidos como os Estados Unidos e os da União Europeia, altamente dependentes de sua importação.

Com o decréscimo de produção de campos maduros do Golfo do México, Mar do Norte e outras regiões, associado ao aumento da demanda, será necessário desenvolver outros campos e descobrir novos nas próximas décadas.

O papel do pré-sal brasileiro extrapola a questão de fornecimento interno. Ao se tornar detentor de grandes reservas, o Brasil deverá desenvolver um planejamento energético que considere a agregação de valor ao petróleo bruto. Portanto, o papel do pré-sal é muito maior que simplesmente a garantia da segurança energética brasileira, que já se encontra bem estruturada com um portfólio diversificado de fontes energéticas.

---

<sup>1</sup> Presidente da Associação Brasileira de Carvão Mineral (ABCM).

A grande importância do desenvolvimento sustentável desta indústria e o seu enorme potencial econômico justificam a necessidade de investimentos robustos em CT&I para os enormes desafios tecnológicos dessa nova fronteira exploratória de grande complexidade nas suas fases de exploração e produção. Deve ser enfatizado que o desenvolvimento de toda a cadeia da indústria brasileira de petróleo e gás só foi possível pelos investimentos contínuos em CT&I e pela capacitação de recursos humanos ao longo de mais de três décadas, em particular no campo da engenharia *offshore*, na qual o Brasil, por meio da Petrobras, é reconhecidamente o líder mundial.

O atual acidente do Golfo do México, ocorrido na fase de perfuração de um poço a mais de 1.500 m de profundidade da lâmina d'água, que causou a explosão da plataforma e o consequente vazamento de grande quantidade de óleo, enquadra-se em um dos maiores acidentes da história da indústria do petróleo, levantando questões cruciais quanto à segurança das operações e planos efetivos de contingenciamento em águas ultraprofundas.

Apesar de ainda não sabermos as reais causas do acidente, procedimentos serão alterados, levando a indústria do petróleo a desenvolver novas tecnologias para minimizar os riscos desta operação como já foi feito, com sucesso, em outras ocasiões. A tecnologia empregada e os procedimentos adotados até então mostraram-se insuficientes para evitar a catástrofe decorrente de mais de dois meses de produção descontrolada, principalmente no que se refere às ações que buscavam controlar este vazamento.

Nos campos do pré-sal, as profundidades da lâmina d'água atingem valores da ordem de 50% superiores e a perfuração abaixo do solo marinho é complicada pela espessura adicional da camada de sal, com cerca de 2.000 m. Os riscos inerentes às atividades de perfuração e produção poderão ser superiores, devido às maiores pressões externa e interna atuantes nos equipamentos, a maior complexidade das intervenções de emergência, a logística dificultada pelas distâncias da costa superiores a 250 km e as solicitações ambientais mais severas, principalmente quanto às ondas. Outro desafio tecnológico a considerar é a ocorrência de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S. Em alguns campos com maior conteúdo de CO<sub>2</sub>, será necessário o emprego de técnicas de captura e armazenamento de CO<sub>2</sub>. Trata-se de tecnologia relativamente nova que terá o desafio de ser adaptada para as operações *offshore*, onde os espaços disponíveis nas plataformas são reduzidos. O outro desafio é definir a melhor forma de estocar o CO<sub>2</sub>, buscando compatibilizar a armazenagem com o aumento da pressão no reservatório e consequente acréscimo da recuperação do petróleo, compensando parte dos gastos envolvidos.

Uma eventual ocorrência do H<sub>2</sub>S levaria à necessidade de pesquisas avançadas na área dos materiais a serem empregados no pré-sal, visando garantir a integridade dos equipamentos e, com isso, induzindo o desenvolvimento de tecnologias específicas de revestimento e proteção. O desenvolvimento de produtos e serviços específicos para esse tipo de operação trará vantagens

competitivas nos mercados internacionais de produção em águas ultraprofundas, capacitando a indústria nacional para o fornecimento internacional de produtos e serviços.

O fortalecimento das atividades de P&D voltadas para o desenvolvimento da cadeia doméstica de fornecedores para o pré-sal e a capacitação de pessoal passam a ser vitais para a estruturação da cadeia produtiva. Nesse sentido, é necessário organizar e gerir a inteligência de pesquisa e desenvolvimento da indústria de petróleo. A criação de um instituto nacional do pré-sal, ancorado nas universidades e nos centros de pesquisa com reconhecida capacitação no tema, deve ser considerada.

## 2. Desafios tecnológicos da indústria do carvão mineral

A indústria do carvão mineral brasileiro, embora sendo pequena em termos de produção e consumo, tem nos seus recursos ora conhecidos um potencial enorme para contribuir, via diversificação, com a segurança energética brasileira. Hoje o carvão metalúrgico importado para a siderurgia a coque representa o principal item da pauta de importação do Brasil.

O carvão brasileiro esteve ausente, por decisão governamental, da pauta para ações de desenvolvimento tecnológico ao longo de duas décadas. Depois de um esforço de usá-lo na década de 1970 e meados de 1980, foi relegado à sua sorte, o que fez com que cientistas e pesquisadores deixassem de atuar na cadeia produtiva de carvão, restando alguns núcleos com poucos recursos para PD&I. Ao mesmo tempo, por falta de perspectiva de mercado, não houve a entrada de novos cientistas e pesquisadores. Considerado como um carvão de baixa qualidade e localizado no sul do Brasil, não foi contemplado nos planos de ciência e tecnologia dos estados e do governo federal. Os centros de pesquisa que foram criados para desenvolver tecnologias para o carvão nacional com suas características específicas tiveram que diversificar sua atuação, deixando de investir inclusive em reequipamento e manutenção dos equipamentos existentes.

Tanto a siderurgia nacional a coque quanto a geração de energia elétrica precisam crescer para atender a demanda. A geração de energia elétrica, principal vocação do carvão nacional, deverá crescer a taxas de 6% a.a., gerando uma necessidade de incorporar cerca de 6 mil MW de capacidade nova nos próximos dez anos, portanto, volta-se a atenção para as formas de energia que podem suprir essa necessidade. No sistema hidrotérmico brasileiro, em que a geração hidráulica, principal fonte a ser usada, devido ao seu potencial, enfrenta problemas ambientais na sua utilização, levando a uma redução na capacidade dos seus reservatórios, é necessário que um percentual de geração térmica venha a ser incorporado para a garantia da segurança do sistema, o que foi referendado no Plano Nacional de Energia 2030, inclusive por estarmos dependentes do sistema hidrológico. Estudos recentes mostram que as mudanças climáticas poderão, ao afetar

esse regime, reduzir a energia firme do sistema brasileiro. O aumento da demanda de energia nos centros de carga leva à necessidade de gerar energia elétrica, o que evitaria sobrecarga no sistema de transmissão e aumentaria a segurança energética do sistema elétrico brasileiro. Além do mais, após 2030, o potencial hidráulico do Brasil estará comprometido e o país necessitará de usinas térmicas. O carvão será um dos candidatos a combustível. Portanto, existe um espaço para o crescimento do uso do carvão mineral, não só na geração de energia elétrica, mas também na siderurgia a coque. Do carvão mineral, via os processos de gasificação, podem-se obter vários produtos (diesel de baixo enxofre, lubrificantes, fertilizantes, etc.). O processo de gasificação, já usado na indústria cerâmica de Santa Catarina, foi substituído pelo gás natural na década de 1990. Devido ao aumento do preço do gás e de problemas de suprimento, existe hoje um espaço para desenvolver a gasificação de carvão de alta cinza no Brasil, como já é feito na Índia. A gasificação de carvão com biomassa deve ser avaliada para produzir produtos de alto valor agregado como o dimetil éter (DME).

Por outro lado, tecnologias como gasificação *in situ*, em que o reator é a própria camada de carvão, estão em franco desenvolvimento no mundo, utilizando tecnologias da indústria do petróleo. A avaliação desta tecnologia, que deverá estar madura em dez anos, deve ser feita no Brasil.

Na geologia, na mineração e no beneficiamento de carvão, há necessidade de desenvolvimento tecnológico, pois os processos e serviços devem ser customizados para as condições geológicas e de qualidade do carvão nacional. A introdução de novas tecnologias importadas – minerador contínuo – tem levado a indústria da mineração subterrânea a buscar tecnologias que minimizem os impactos negativos da falta de customização. É necessário desenvolvimento tecnológico para que as operações de lavra e beneficiamento de carvão tenham seu impacto ambiental minimizado e também para que a redução de passivos ambientais seja feita com o maior custo benefício.

Mas o maior desafio da cadeia produtiva do carvão mineral é a sua preparação para uma economia de baixo carbono. Como as usinas geradoras de energia elétrica a carvão emitem  $\text{CO}_2$ , é necessário acompanhar o desenvolvimento de tecnologias de baixo carbono, como a captura e o armazenamento geológico do  $\text{CO}_2$ . Visando verificar as melhores alternativas tecnológicas e os seus desenvolvimentos ao longo dos anos, devemos estabelecer um mapa do caminho do desenvolvimento tecnológico (*roadmap*) que vise desenvolver a cadeia produtiva sob a ótica de uma economia de baixo carbono e de baixo custo, com isso tornado-a sustentável no longo prazo.

Como as camadas de carvão são um dos possíveis sumidouros de  $\text{CO}_2$ , passa a ser necessário estudar o processo de estocagem e ao mesmo tempo avaliar a possibilidade de extrair o metano contido na camada, visando reduzir o custo de todo processo com a venda do gás. Por outro lado, existe o interesse do governo de viabilizar a produção de metano no sul do Brasil para aliviar o gasoduto Brasil/Bolívia e aumentar a segurança do sistema. Portanto, as tecnologias de

produção de metano, dependentes da geologia, estão integradas com a mineração, gaseificação *in situ* e estocagem de CO<sub>2</sub>, o que deve ser avaliado de uma forma integrada.

A incorporação de novas usinas a carvão na matriz energética, duplicando a capacidade de geração a carvão no Brasil até 2013, leva à necessidade de olhar a cadeia de suprimento de produtos e serviços para atendimento da operação deste parque, já que todas as usinas são totalmente importadas. Portanto, o apoio tecnológico a essa cadeia é fundamental. Os acordos internacionais devem ser estabelecidos e reforçados, visando ao apoio tecnológico para que tenhamos maior velocidade no desenvolvimento tecnológico de toda cadeia produtiva. Para que possamos gerenciar todo o conhecimento tecnológico, é necessário dar continuidade no projeto do Centro de Tecnologia de Carvão Limpo em Santa Catarina, ora em construção, e reforçar os centros existentes que deverão trabalhar integrados junto com a Rede de Pesquisa de Carvão gerenciada pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). A formação de recursos humanos, por meio de mestrados profissionais em carvão e mestrados/doutorados em universidades que desejem atuar no carvão mineral, é fundamental para aumentar a massa crítica. Portanto, uma formatação de um plano de PD&I baseado num planejamento – *roadmap* – é a base inicial para estruturar todas as ações para a próxima década, transformando a cadeia produtiva do carvão em uma atividade sustentável e importante para a segurança energética do Brasil.

### 3. Integração dos combustíveis fósseis

Os combustíveis fósseis têm desafios e oportunidades comuns, portanto é necessário aumentar a sinergia e estruturar programas de PD&I que estejam integrados, tanto na área de geologia, exploração, uso e captura e armazenamento de CO<sub>2</sub>. Para tanto, os investimentos e os fundos de PD&I devem ser usados para combustíveis fósseis, evitando restrições legais hoje impostas ao Fundo Setorial de Petróleo e Gás (CT-Petro), que restringem fundos a um dos importantes combustíveis fósseis – o carvão mineral. Inclusive, o citado *roadmap* de baixo carbono deveria integrar todos os combustíveis fósseis, o que maximizaria os recursos e aceleraria o processo de PD&I.

### 4. Recomendações estratégicas

- Criação de um instituto nacional de CT&I do pré-sal, com foco em desenvolvimento de tecnologias requeridas principalmente pelos fornecedores de bens e serviços nacionais da cadeia produtiva de petróleo e gás;

- Em relação à tecnologia, entende-se que são prioritários os seguintes pontos:
  - Identificação de riscos e avaliação da confiabilidade nas operações *offshore*, nas fases de exploração, produção e transporte, com proposição de tecnologias e procedimentos para a prevenção de acidentes;
  - Integração de tecnologias já existentes e desenvolvimento de outras necessárias para a proposição de planos de contingência robustos;
  - Ampliação dos esforços de CT&I para tratamento e armazenamento de CO<sub>2</sub> e para o desenvolvimento de materiais para resistir e proteger os equipamentos da ação dos fluidos corrosivos que serão produzidos;
  - Avaliação de alternativas e proposição de soluções para o armazenamento e transporte do gás natural.
  
- Integração das ações de CT&I desenvolvidas pela comunidade científica com os fornecedores de produtos e serviços da cadeia de suprimentos;
- Realização de um *roadmap* para PD&I para os combustíveis fósseis;
- Alteração do marco legal para incorporar o carvão mineral no CT-Petro, transformando o fundo em Fundo de Combustíveis fósseis.

PARTE 2

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

## Mar e ambientes costeiros



# O ambiente marinho: uma visão da marinha – a “Amazônia Azul”

*Ilques Barbosa Junior<sup>1</sup>, Paulo Renato Pimentel Nogueira<sup>2</sup>*

---

## 1. Cenário

O Brasil nasceu com vocação marítima, não só por ter sido descoberto e colonizado por uma nação marítima, mas também por ter sofrido suas primeiras invasões e ter consolidado sua independência pelo mar. O mar sempre foi elemento de fundamental importância no desenvolvimento, na manutenção da sobrevivência, na busca da prosperidade e no exercício do poder das nações.

Desde épocas mais remotas, o mar vem sendo usado, não apenas como via de transporte, mas também como importante fonte para a alimentação. Mais recentemente, com o desenvolvimento da tecnologia marinha, a comunidade científica internacional se deu conta de que o mar, tanto nas águas fecundas quanto no seu rico solo e subsolo, dispõe de recursos naturais vivos e não vivos de importância capital para a humanidade.

Neste século XXI, o Brasil tem uma tarefa de grande dimensão que está a exigir um trabalho inadiável: incorporar ao nosso território o mar que nos pertence e promover o uso sustentado de seus recursos naturais.

A nossa extensão atlântica projeta-se para além do litoral e das ilhas oceânicas, onde existe um tesouro escondido no fundo do mar, repleto de riquezas minerais e biológicas espalhadas por

---

<sup>1</sup> Secretaria de Ciência e Tecnologia da Marinha.

<sup>2</sup> Secretaria de Ciência e Tecnologia da Marinha.

mais de 4 milhões de quilômetros quadrados. Esta área corresponde a cerca de metade da superfície do Brasil e hoje é conhecida como “Amazônia Azul”, um patrimônio nacional ainda desconhecido por boa parte dos brasileiros. Esta nova “Amazônia” de desafios vem pautando novos planos, programas e projetos de pesquisa, levando a academia brasileira a seguir, cada vez mais, na direção do oceano, em benefício de toda a sociedade. Também vem apontando aos condutores do país a necessidade de manter sempre forte nossa Marinha, que tem a seu encargo a imensa responsabilidade de defender esse patrimônio da cobiça de aventureiros, preservar o ambiente marinho e, mais importante, manter a soberania nacional.

Dessa maneira, este breve ensaio pretende aguçar a visão de que, no ambiente político, econômico e ecológico que caracteriza os dias de hoje, uma pressão crescente vem sendo exercida no sentido de gerenciar e controlar as atividades nos espaços marítimos adjacentes ao litoral dos estados costeiros. Os países tecnologicamente mais bem-sucedidos já adotaram algumas iniciativas concretas. No entanto, o trabalho de gerenciar e controlar áreas marítimas é multidisciplinar, e apenas um segmento da nação não dispõe de capacidade para tanto. É preciso que toda a sociedade brasileira desenvolva esforços para que o país consiga, de fato, tomar posse desse imenso mar que nos pertence, a nossa “Amazônia Azul”.

Compreendendo a magnitude das relações das dimensões do extenso litoral do Brasil com suas pretensões econômicas, políticas e militares e imensas demandas sociais, será possível conhecer os desafios que este país enfrentará para consolidar, perante a comunidade internacional, a sua soberania sobre os espaços marítimos.

Dentre esses desafios, destaca-se a eventual cobiça pelos recursos advindos da imensa área marítima definida na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), que envolve a delimitação da nossa plataforma continental.

Como sabemos, nas relações internacionais, acordos e tratados são realizados visando, entre outros importantes temas, à defesa da soberania sobre as águas contíguas, solo e subsolo; à definição das responsabilidades de socorro e salvamento; à cartografia da plataforma continental; à preservação do meio ambiente marinho; e a outras resoluções que envolvem o nosso espaço marítimo, a “Amazônia Azul”.

Os interesses nacionais envolvem os direitos do povo brasileiro no mar, o que contempla a segurança e o controle dos meios de transporte aquaviário autorizados a trafegarem pelo mar territorial brasileiro, assim como as atividades pesqueiras, o lazer, o esporte, o petróleo, dentre outros.

Militarmente, um país deve ter uma dimensão compatível com o tamanho do seu litoral e da sua plataforma continental, a fim de assegurar os interesses nacionais. As dificuldades para a

vigilância da extensa área que compreende a “Amazônia Azul” são incrementadas pelo avanço científico-tecnológico das plataformas de prospecção do petróleo a grandes profundidades, pela atividade pesqueira clandestina, pela escassez de recursos em outros países e pelas riquezas ainda incógnitas, assim como pela presença crescente em águas de interesse do Brasil de países com elevada capacidade de CT&I.

Além disso, como essas atividades são estratégicas, necessitam de constante acompanhamento nos momentos de crise que atingem os Estados que, como o Brasil, buscam ser soberanos diante de uma nova geopolítica mundial, baseada na incerteza de crises econômicas, solução de controvérsias e definição de áreas marítimas de domínio e responsabilidade.

## 2. Desafios

A expressão “Amazônia Azul” denomina um amplo conceito político-estratégico associado com diversas áreas do conhecimento humano, que têm o desenvolvimento sustentável como moldura das profundas vinculações do destino brasileiro com os espaços oceânicos. O entendimento da importância da “Amazônia Azul” para o futuro do Brasil, além de estar em sintonia com o sentimento mundial de promover a segurança no mar e a preservação do ambiente marinho, envolve diversos planos e programas de CT&I, dentre os quais temos o Plano Setorial para os Recursos do Mar, coordenado pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), que ilustra, em seus fundamentos legais, toda a extensão do trabalho feito para afirmar, junto às demais nações, os interesses do Brasil nos domínios do mar territorial (MT), da zona econômica exclusiva (ZEE) e da plataforma continental (PC).

Dessa maneira, é dever sagrado dos brasileiros conhecer e desenvolver as capacidades necessárias para o pleno exercício dos nossos direitos, assim como cumprir nossos deveres, na ZEE e na PC que nos cabem pelos tratados internacionais vigentes. São essas áreas que dimensionam a “Amazônia Azul”.

Estamos atuando no campo diplomático, no desenvolvimento dos conhecimentos científicos sobre o mar e na construção da capacidade tecnológica, necessários ao uso e à exploração do mar que nos pertence.

É nossa a tarefa de usar e proteger o nosso mar e aqueles que o usam; é nossa a tarefa de prevenir a degradação do nosso oceano; e é nosso, ainda, o dever de defender o que nos pertence, no esforço que for necessário, espiritual e material, mental e militar, impondo, da forma que a história nos indicar, a nossa soberania absoluta sobre esse legado.

O momento nos impõe a tarefa de usar, com critério e consciência, em benefício do povo e de sua sobrevivência e prosperidade, as riquezas do nosso mar, e a “Amazônia Azul” é o caminho da mobilização intelectual, política e social apropriada. São muitos os desafios a vencer.

Apesar da relevância atribuída à “Amazônia Azul” na Estratégia Nacional de Defesa e na Política de Defesa Nacional, e de ambas reconhecerem a inexistência, no momento, de meios suficientes para defendê-la de eventuais ameaças, faz-se mister reconhecer que não se trata de tarefa fácil reequipar as Forças Armadas, especialmente a Marinha. A construção de um navio de guerra é uma tarefa complexa e dispendiosa e, ainda, os seus equipamentos e sistemas de armas, atualmente, são provenientes do exterior.

Assim, os assuntos inerentes à defesa nacional também afetam todos os brasileiros e não devem se restringir aos militares. Sem a compreensão, pela sociedade, do valor do mar para o país, torna-se mais difícil o provisionamento dos recursos necessários para a segurança da “Amazônia Azul”. Além do desconhecimento da extensão das nossas águas jurisdicionais, a população brasileira também pouco sabe sobre o significado estratégico e econômico do imenso mar que nos cerca.

É importante realçar que o poder nacional deve ser capaz de prover os meios requeridos para a defesa de nossa soberania, sem depender de países estrangeiros para isso. Todas as grandes potências mundiais, sem exceção, consideram que a defesa nacional deve ser atendida por meio de esforço próprio, ou seja, o parque industrial deve ser capaz de produzir os meios necessários à defesa.

Da mesma forma que a integração nacional foi formulada pelo Estado brasileiro como uma política permanente, também permanente deve ser a política para desenvolver as capacidades existentes, tanto humanas quanto materiais, no contexto de um país com vocação marítima, como o Brasil.

Na área marítima, ampliar o pessoal empregado, aparelhar instalações e escolas, desenvolver pesquisas e incentivar o desenvolvimento e a adaptação de tecnologias próprias de fins múltiplos é o caminho fundamental para uma integração soberana, justa e próspera do Brasil.

Ainda não conhecemos os segredos dos oceanos e seus problemas. É preciso aperfeiçoar a discussão dos desafios a serem enfrentados com relação à saúde do mar.

Campanhas têm sido elaboradas, em diversos países, visando à limpeza dos mares. Para esse fim, apelam para que sejam implementadas ações nacionais e regionais com metas de saneamento, que deverão ser acompanhadas pelo desenvolvimento de indicadores de qualidade de vida e de gerenciamento confiável.

O alcance dessas metas deve levar em conta aspectos como a conscientização sobre práticas de higiene e de despejo adequado do esgoto, inclusive com reutilização do esgoto tratado como adubo natural.

Tais metas, para serem alcançadas, necessitarão de investimentos em tecnologia, no desenvolvimento de infraestrutura para a adaptação aos padrões ambientais e em gerenciamento participativo, tanto público como empresarial. Dessa forma, o novo paradigma ambiental será encarar a regulamentação como oportunidade de melhoria, até mesmo como oportunidade de novos negócios.

Nesse sentido, percebe-se que a falta de pessoal qualificado e especializado, em face das características das atividades, e a morosidade decorrente da desarticulação das ações públicas acabam constituindo forte entrave ao desenvolvimento sustentável e ao controle da poluição marinha.

Por tudo isso, podemos afirmar que o investimento na educação ambiental, em paralelo com a educação voltada para o trabalho, é decisivo, quer em nível gerencial, quer em nível dos atores no exercício de suas profissões. Também é fato que a mobilização comunitária deve ser a força propulsora dos projetos de prevenção e preservação do ambiente, ou seja, o envolvimento da sociedade, nas suas diferentes formas de organização, é por demais necessário e relevante na luta contra a poluição do mar que nos pertence.

Ao pensar na dimensão do mar brasileiro, é assustador o que ignoramos dele, apesar das iniciativas existentes para o seu conhecimento.

O exercício da soberania no mar que nos pertence, a “Amazônia Azul”, só será pleno quando o conhecermos. Não se protege e não se defende o que não se conhece.

Essa discussão deve ser fortalecida nos ambientes acadêmicos, nos centros de pesquisa de excelência, nas federações das indústrias e de comércio e em outros segmentos ligados ao desenvolvimento científico-tecnológico e socioeconômico, bem como junto à população urbana situada na faixa terrestre da zona costeira, todos potenciais utilizadores e beneficiários dos novos conhecimentos e processos da pesquisa oceanográfica e marinha.

Ao se falar em pesquisa oceanográfica e marinha, convém ressaltar que as novas tecnologias disponíveis e as suas modelagens não excluem a necessidade de obtenção de dados *in situ*, pois deles dependem a calibração, a verificação de resultados e o aprofundamento do entendimento dos fenômenos que ocorrem nos mares e oceanos.

A obtenção desses dados passa, obrigatoriamente, pelo emprego de navios, que podem ser considerados o instrumento de pesquisa oceanográfica mais importante.

Hoje, o Brasil conta com uma frota bem mais significativa que há dez anos. A parceria Marinha do Brasil – Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) nos proporcionou equipar a frota brasileira de pesquisa com mais um navio polar, o “Almirante Maximiano”, um navio de pesquisa oceanográfica, o “Cruzeiro do Sul” e um aviso de pesquisa oceanográfica, o “Aspirante Moura”, todos adquiridos com recursos da Marinha e da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) do MCT. Eles, juntamente com os outros existentes, têm contribuído, em muito, para as pesquisas da comunidade científica brasileira, que mantém convênios de universidades com a Marinha para a exploração e estudos dos recursos e fenômenos marinhos.

Mas as dimensões da nossa costa, as responsabilidades assumidas com a CNUDM e o desenvolvimento nas águas jurisdicionais brasileiras evidenciam que o país ainda tem uma frota de pesquisa modesta, necessitando que os segmentos governamentais e privados envolvidos na pesquisa do mar e oceano se unam para compartilhar o aporte de recursos necessários para aquisição, operação e manutenção de uma frota condizente com o tamanho da nação.

É inquestionável o potencial econômico que representa a “Amazônia Azul” para o Brasil. Muito foi feito e há muito por fazer para que o país atinja a eficácia na exploração da “Amazônia Azul” em prol do desenvolvimento socioeconômico.

Os institutos de pesquisa, os centros de excelência acadêmica e as indústrias pesqueiras precisam de incentivos para continuarem os seus processos de evolução.

É mister a realização de um planejamento estratégico da matriz de transporte que potencialize o modal marítimo na busca da necessária redução do custo Brasil.

Também, o segmento lazer tem elevado potencial de fomento no Brasil. A vasta e diversificada costa brasileira, aliando beleza e bom clima em quase toda a sua extensão, é um paraíso para os esportes náuticos. A diversidade cultural soma-se a esses fatores como importante atrativo para o turismo marítimo.

Temos que atuar no transporte marítimo de cargas e passageiros, em turismo e lazer no mar, no uso de ilhas e rochedos e, ainda, encarar o desafio de conhecer e desenvolver capacidade competitiva de exploração de fontes de alimentos oriundas da pesca e da aquicultura.

Para um país como o nosso, que dispõe de um litoral com 7.368 quilômetros e uma grande rede hidroviária interior (55 mil km), é necessária a priorização adequada para a exploração do transporte marítimo e fluvial.

Temos 16 portos de boa capacidade operacional. Modernizar o sistema, fazendo-o crescer, é difícil, mas não impossível. Sabendo-se que o número de empregos gerados por esse

crescimento seria fator determinante para a diminuição da pobreza, tal imperativo logístico se impõe. Quantos novos postos de trabalho seriam criados com a ampliação da indústria naval, com o aumento do transporte marítimo, com o incremento da fiscalização e do controle, com a indústria de peças e com a maior demanda de mão-de-obra nos portos? É uma verdadeira bola de neve que não iria parar tão cedo.

Tudo isso depende não só do investimento financeiro, mas também do investimento no desenvolvimento tecnológico. Citando um exemplo, o renascimento da indústria naval brasileira, praticamente parada desde 1996, enfrenta um problema: a defasagem tecnológica; enquanto os nossos estaleiros projetam prazos de construção de grandes navios que vão de 24 a 30 meses, os concorrentes, principalmente asiáticos, entregam tais embarcações em 8 ou 10 meses. Os investimentos em modernização, em tecnologia e em capacitação de pessoal, exigidos pelo mercado, são fundamentais para que tais objetivos sejam alcançados.

Também devemos admitir que, em face dos recursos e potenciais existentes na “Amazônia Azul”, existe um risco considerável de tais recursos e potenciais serem alvo de contestações e disputas num futuro próximo, assim que a tecnologia vier a possibilitar o desbravamento por menorizado dessa extensa área.

A simples existência de um submarino nuclear de ataque amplia exponencialmente o nosso poder dissuasório. Portanto, é imprescindível persistir no projeto até sua conclusão, a despeito dos óbices envolvidos. A relevância do empreendimento é muito maior do que a simples obtenção de um novo meio naval; trata-se de um projeto nacional com impactos positivos em vários setores da indústria nacional e que trará, por arrastamento tecnológico, significativa contribuição para o desenvolvimento nacional.

Mas não são somente os meios de combate permitirão a defesa de nossos interesses no mar. É necessário que eles tenham o preciso conhecimento do posicionamento das ameaças, e isto só será possível se tivermos um monitoramento eficiente sobre a área a ser defendida.

O Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz), ora em desenvolvimento pela Marinha, se apresenta como a ferramenta potencial para o monitoramento e o controle das águas de interesse do Brasil.

Para a implantação do SisGAAz, muitos desafios se apresentam, tais como o desenvolvimento da vigilância de curto, médio e longo alcances baseada em terra, o sensoriamento remoto por satélite e a aviação de vigilância marítima, dentre outros.

É um projeto de alto custo e, à semelhança do Sistema de Proteção da Amazônia (Sipam) (), deve se tornar um projeto nacional, com a sua consequente inserção na agenda nacional e a contrapartida financeira para o seu pleno desenvolvimento.

### 3. Propostas

Especificamente nas prioridades estratégicas relacionadas à pesquisa, desenvolvimento e inovação em áreas estratégicas, à vista do que foi apresentado, propõe-se a criação, na política de CT&I, de uma linha de ação intitulada “Amazônia Azul”, com as seguintes ações a empreender:

- a. Apoiar o fortalecimento da mentalidade marítima, em especial nos setores governamentais e privados, de forma a apresentar o significado estratégico e econômico dos espaços oceânicos, despertando o interesse na produção das necessidades para a exploração, monitoramento, controle e defesa dos interesses do país na “Amazônia Azul”;
- b. Apoiar as ações de investimentos nacionais e regionais em tecnologia, em infraestrutura e em formação de recursos humanos para a adaptação, tanto pública quanto empresarial, aos padrões ambientais e em gerenciamento participativo com vistas ao desenvolvimento sustentável e ao controle da poluição na “Amazônia Azul”;
- c. Capacitar o país para desenvolver e utilizar tecnologias de pesquisas no estudo e exploração dos recursos e fenômenos presentes na “Amazônia Azul”, com potencial para contribuir com o desenvolvimento sustentável do país;
- d. Apoiar o estabelecimento da infraestrutura e a capacitação de recursos humanos necessários à modernização tecnológica dos portos e aperfeiçoamento do transporte marítimo e multimodal brasileiro, em busca da redução do custo Brasil;
- e. Apoiar o estabelecimento da infraestrutura tecnológica necessária à implementação do Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz), voltada para o monitoramento e controle desse espaço marítimo;
- f. Fortalecer a implementação das ações propostas no Programa Nuclear Brasileiro, em particular as inerentes ao estabelecimento da infraestrutura tecnológica de apoio ao Programa de Construção do Submarino Brasileiro de Propulsão Nuclear.

# Subsídios para o estabelecimento de um plano estratégico para o desenvolvimento sustentado dos recursos minerais da Plataforma Continental Jurídica Brasileira e Área Internacional do Atlântico Sul e Equatorial

*Kaiser Gonçalves de Souza<sup>1</sup>*

---

## 1. Introdução

Durante o desenvolvimento do “Estudo sobre Mar e Zona Costeira”, auspiciado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2007), foram discutidos com representantes da comunidade científica e empresarial, por meio de reuniões e questionários, aspectos relativos a fatos portadores de futuro, prioridades, projetos estruturantes e horizontes temporais para os recursos minerais marinhos da plataforma continental jurídica brasileira e áreas oceânicas adjacentes, procurando estabelecer uma agenda de prioridades a ser aplicada no médio e longo prazo. Este estudo foi completado por outro estudo do CGEE, realizado em 2010, que deu ênfase aos recursos minerais do Atlântico Sul e Equatorial, situados além das 200 minhas náuticas (CGEE, 2010 - em preparação).

O presente artigo sintetiza estes dois estudos do CGEE e propõe subsídios para a elaboração de um plano estratégico com horizontes temporais em consonância com o Projeto Brasil 3 Tempos (Caderno NAE 01, 2004).

Em análise sobre a utilização dos recursos minerais da plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes, Souza & Pereira (2007) estabeleceram dois tipos distintos de bens minerais caracterizados segundo níveis de aplicação em:

---

<sup>1</sup> Chefe da Divisão de Geologia |Marinha – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (MME).

- a. Socioeconômicos, ocorrentes na plataforma continental como granulados litoclásticos, granulados bioclásticos (carbonatos), placeres (ouro, diamante, platina, cromita, ilmenita, rutilo, zircão entre outros), fosforitas, evaporitos, enxofre, carvão e hidratos, que movimentam a economia e geram empregos no curto e médio prazo;
- b. Político-estratégicos, que mais que o valor econômico de sua exploração, apresentam acentuada importância estratégica, garantindo o predomínio brasileiro em áreas internacionais adjacentes à jurisdição nacional, que incluem crostas cobaltíferas, sulfetos e nódulos polimetálicos.

## 2. Fatos portadores de futuro

Os fatos portadores de futuro são aqueles sobre os quais ainda não se detem controle e que determinarão uma situação inevitável em função da qual providências deverão ser tomadas para minimizar seus efeitos perversos. Os fatos portadores de futuro considerados de relevância para este estudo são elencados a seguir:

1. Corrida internacional para a requisição de sítios de exploração mineral na área – nas últimas décadas, dezenas de empresas de mineração envolveram-se diretamente na prospecção de nódulos polimetálicos no leito marinho. Até o presente momento, quase 2.000.000km<sup>2</sup> de áreas de títulos de mineração já foram emitidos no Oceano Pacífico e no Oceano Índico para a exploração desses recursos. Outras áreas já estão sendo requisitadas no Oceano Índico para exploração de sulfetos polimetálicos. Tão logo a autoridade conclua a elaboração de regulamentos internacionais para a exploração de crostas cobaltíferas, outras áreas de mineração também poderão ser requisitadas para a exploração desses recursos, aí se incluindo áreas do Atlântico Sul, situadas em frente à plataforma continental brasileira. Cabe ao Brasil tomar a iniciativa, de forma a garantir que os recursos minerais da área adjacente à plataforma continental jurídica brasileira possam vir a constituir uma reserva estratégica para as futuras gerações brasileiras;
2. Crescente exploração em águas cada vez mais profundas – o desenvolvimento de tecnologia marinha tem possibilitado a exploração dos oceanos em áreas cada vez mais profundas. Esse fato é apontado como portador de futuro por representar, nos âmbitos regional e internacional, um componente político-estratégico importante para os países que queiram ampliar sua influência na área internacional dos oceanos. A cooperação

com os países que detêm tecnologia mais avançada, que já realizam estudos em áreas profundas, é extremamente recomendável;

3. Erosão costeira – a erosão costeira trará uma série de danos à zona costeira do Brasil, razão pela qual é necessário considerar, dentro dos fatos portadores de futuro, a reconstrução praial. Nesses estudos, estarão incluídos não somente a identificação, o dimensionamento e o uso dos granulados, como também o impacto ambiental produzido pela extração e pela consequente verificação da durabilidade da obra em cada região onde esta for executada;
4. Exaustão das reservas continentais e restrições ambientais para a mineração de agregados – a areia e o cascalho dragados dos fundos marinhos poderão se constituir em uma importante contribuição à demanda nacional de agregados, o que já ocorre em vários países, substituindo materiais extraídos de fontes continentais e reduzindo a extração em áreas de importância para a agricultura, o turismo ou a conservação ambiental. A maioria das regiões metropolitanas brasileiras encontra-se na zona costeira, e as reservas de agregados localizadas dentro ou nas proximidades desses centros urbanos já estão praticamente exauridas, além de estarem submetidas a exigências ambientais cada vez maiores. Os materiais marinhos podem ser retirados e desembarcados em áreas localizadas nas regiões metropolitanas, o que pode ser um benefício adicional, de vez que evita longas distâncias de transporte terrestre;
5. Crescente dependência nacional dos fertilizantes importados – futuramente, esse aspecto poderá se constituir em um entrave ao desenvolvimento do agronegócio. O aproveitamento dos depósitos marinhos de granulados bioclásticos, fosforita, sais de potássio e outros insumos poderá reduzir significativamente as importações ou, quem sabe, tornar o Brasil autossuficiente em fertilizantes. No caso dos granulados bioclásticos, que totalizam 94% das áreas requeridas para a pesquisa mineral marinha, as pesquisas sobre o cultivo de soja indicaram que esses granulados podem substituir 40% do NPK, com ganhos de 20% em produtividade.

### 3. Prioridades estabelecidas

#### 3.1. Socioeconômicas

Com base na consulta efetuada junto a vários especialistas, entre os recursos minerais de valor socioeconômico da plataforma continental brasileira, figura em primeiro plano a extração co-

mercado de agregados (areias e cascalhos). Esses bens minerais têm especial importância na recuperação de praias erodidas, um problema ambiental constante na linha de costa brasileira, além de se constituírem em importante insumo à indústria da construção civil.

Em alguns países, como o Reino Unido, os agregados de mar aberto já são explorados para utilização na construção civil, representando mais de 15% da produção total, sendo significativa também a produção da Holanda e do Japão. Os projetos a serem desenvolvidos nesse campo devem estar voltados para a localização e a delimitação destes depósitos, suas respectivas potencialidades em termos de volume, o impacto potencial da mineração sobre o ambiente e a influência sobre os processos costeiros, o que envolve estudos biológicos (MARTINS *et al.*, 1999).

O calcário bioclástico também representa um recurso prioritário face à importância de sua utilização como fertilizante, componente de rações animais, complemento alimentar, implante em cirurgias ósseas, indústria cosmética e tratamento de água, esgotos domésticos e industriais. O exemplo de utilização mais intensa desses agregados bioclásticos vem da França, com o uso do chamado *mäerl*.

Os placeres de minerais pesados – cassiterita, ouro, diamante, ilmenita, rutilo, zircão, monazita e magnetita, entre outros – foram indicados na mesma ordem de prioridade pela comunidade, apesar de serem considerados menos urgentes do que os precedentes. As ocorrências de placeres desses minerais são numerosas no Brasil, com algumas plantas de extração em operação.

Por sua importância como fertilizante, as rochas fosfáticas (fosforitas) e sais de potássio fecham o ciclo de prioridade 1. A fosforita, produto autigênico que difere essencialmente dos anteriores, nitidamente detritais, ocorre associada a zonas de formação de carbonatos e fenômenos de ressurgência. Tais condições são encontradas unicamente na plataforma continental externa, no talude superior e nos platôs marginais. Os sais de potássio ocorrem associados aos diápiros da margem continental leste brasileira.

Ingressando de forma significativa, em uma ordem de prioridades limitada pelo tempo que decorrerá antes de seu efetivo uso como recurso energético, o carvão e os hidratos de gás despertam o interesse de cientistas, órgãos públicos e iniciativa privada. A partir de 2015, a prioridade desse mineral poderá subir de forma acentuada.

Outros depósitos categorizados no mesmo patamar incluem o enxofre e o potássio, que demandam ainda estudos complementares, apesar do conhecimento já obtido por meio de projetos desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

### 3.2. Político-estratégicas

Dentre os recursos minerais da área internacional dos oceanos que apresentam valor político-estratégico, destacam-se, em ordem de prioridade, as crostas cobaltíferas, os sulfetos polimetálicos e os nódulos polimetálicos.

As crostas cobaltíferas são apontadas como prioridade 1 por serem abundantes na área da elevação do Rio Grande, região contígua ao limite externo da plataforma continental brasileira (MARTINS & NUNES, 2006) e que já vem atraindo o interesse de outros países para o desenvolvimento de pesquisas e de futuras explorações.

A escolha dos sulfetos polimetálicos como prioridade 2 é decorrente do fato de que tais recursos ocorrem associados a organismos de interesse biotecnológico de alto valor comercial. Portanto, a pesquisa simultânea dos dois recursos seria mais atrativa para as agências financiadoras.

Os Quadros 1 e 2 resumem as prioridades discutidas pelos autores, com relação aos minerais de valor socioeconômico e minerais de valor político-estratégico.

**Quadro 1.** Minerais de valor socioeconômico

Tema	Recurso Mineral	Urgência	Importância	Valor agregado	Prioridade
Recuperação de praias	Areias e cascalhos	Alta	Alta	Alto	1
Suprimentos à construção civil	Areias e cascalhos	Alta	Alta	Alto	1
Fertilizantes e indústria em geral	Granulados bioclásticos (carbonatos)	Alta	Alta	Alto	1
Fertilizantes e indústria química	Fosfatos e sais de potássio	Alta	Alta	Alto	1
Diversos (placers)	Minerais pesados	Média	Alta	Alto	2
Energia	Carvão	Média	Alta	Alto	2
	Hidratos de gás	Baixa	Alta	Alto	3
Fertilizantes e química	Enxofre	Média	Alta	Médio	3
Alimentação e cloroquímica	Sal gema	Baixa	Média	Alto	4

Quadro 2. Minerais de valor político-estratégico

Tema	Mineral	Urgência	Importância	Valor Estratégico	Prioridade
Minerais político-estratégicos	Crostras Cobaltíferas	Alta	Alta	Alto	1
Minerais político-estratégicos (biotecnologia)	Sulfetos polimetálicos	Média	Alta	Alto	2
Minerais político-estratégicos	Nódulos polimetálicos	Baixa	Alta	Intermediário	3

#### 4. Áreas prioritárias

Por concentrar maior variedade de recursos minerais, *a priori* mais susceptíveis de exploração, a agenda de prioridades das áreas é liderada pela plataforma continental interna. Em realidade, há uma tendência predominante, e até mesmo uma tradição, dos vários centros e equipes nacionais de concentrar os estudos de geologia marinha em águas rasas.

Ressalta-se, desde logo, a existência de dois domínios governados pelo tipo dominante de sedimentação que, por sua vez, geraram duas variedades de recursos de águas rasas extremamente importantes – granulados siliciclásticos e carbonáticos. As duas áreas de ocorrência apresentam idêntica pontuação quanto à prioridade e como limite geográfico, a região de Cabo Frio (ao norte, carbonáticos; e ao sul, siliciclásticos).

Outro ponto na indicação da plataforma continental como prioridade 2 é a ocorrência de concentrações de minerais pesados (placeres) que, juntamente com os ocorrentes na zona costeira, constituem recursos de grande valor econômico, usualmente associados a vales fluviais afogados e antigas linhas de praia.

Nessa sequência, em direção a mar aberto e já em águas mais profundas, ficariam a zona externa da plataforma, o talude superior e os platôs marginais, que abrigam as ocorrências de fosforitas. Entretanto, ainda há aspectos não equacionados sobre a origem dessas fosforitas na margem continental brasileira. Os poucos trabalhos existentes sobre o assunto divergem quanto a essa origem: detrital, calcário fosfatizado ou diagênico nas regiões de ressurgência. Os dados divulgados pelo IFREMER MARMIN *Data Base* (LENOBLE *et al.*, 1995) classificam esse tipo de depósito na categoria *phosphorite upwelling* para as seis ocorrências cadastradas até 1995. Em 2003,

foi registrada junto ao MARMIN (MARTINS *et al.*, 2003) a existência de nódulos e concreções fosfáticas na margem continental do Rio Grande do Sul, com projeto de estudo detalhado a ser implementado. A citada contribuição incluiu também o registro das ocorrências de minerais pesados na região de Bujuru, os granulados siliciclásticos da plataforma interna e os agregados carbonáticos do Albardão e Carpinteiro, todos ocorrentes na zona costeira e plataforma continental do Rio Grande do Sul.

A área prioritária 3 encontra-se intensamente ligada ao crescente interesse pelos hidratos de gás e à sua ocorrência na plataforma continental brasileira nos cones do Amazonas e do Rio Grande. Finalmente, existe o nível classificado como intermediário, representado pelo carvão – plataformas continentais do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina –, pelo enxofre e pelo potássio (associados às bacias marginais brasileiras norte e leste), avaliados por estudos desenvolvidos pela CPRM na década de 1970 e que, apesar de sua importância, não prosseguiram ao longo dos anos posteriores.

De acordo com Borges (2007), a importância econômica dos recursos minerais da plataforma continental brasileira está diretamente relacionada ao que a mineração representa para a economia e à competitividade desses recursos frente a outras fontes de suprimento disponíveis. A contribuição da mineração para a economia é indiscutível, seja como produtora de riquezas, seja como geradora de insumos e infraestrutura para outros segmentos da economia. No tocante à competitividade, a importância dos recursos minerais marinhos será tanto maior quanto mais escassos forem as outras fontes e mais avançada for a tecnologia para viabilização de sua exploração em bases sustentáveis e ambientalmente seguras. De uma maneira geral, a escassez é a força propulsora do progresso tecnológico e é avaliada pela relação entre a demanda e a oferta de bens necessários aos padrões de qualidade de vida das pessoas.

Segundo Souza (2006), são três as diferentes regiões consideradas como ponto de partida para a pesquisa de recursos minerais no oceano profundo:

- A primeira compreende a zona econômica exclusiva e a plataforma continental do Arquipélago São Pedro e São Paulo que, situado a 1.100 km da costa do estado do Rio Grande do Norte, é parte integrante do território brasileiro. Essa região é o único lugar sob jurisdição brasileira onde existe cordilheira mesoceânica e, conseqüentemente, a possibilidade de ocorrências de sulfetos polimetálicos. Atividades de pesquisa desses recursos nessa região podem reforçar os princípios do Programa Arquipélago, desenvolvido pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), com o objetivo de estudar e de ocupar essa distante parte do território brasileiro, assegurando a soberania nacional;
- A segunda região compreende a elevação do Rio Grande. Esta é, sem sombra de dúvida, por onde a pesquisa de crostas cobaltíferas deveria começar, sem esquecer todos os

montes submarinos que ocorrem na margem continental central brasileira e também os montes submarinos da Cadeia Vitória – Trindade;

- A terceira região inclui a zona econômica exclusiva e a plataforma continental da Ilha de Trindade e regiões oceânicas adjacentes, que parece ser um bom ponto de partida para a pesquisa de nódulos polimetálicos. Essa atividade também deverá reforçar as ações desenvolvidas pelo programa Pró-Trindade, criado pela CIRM.

## 5. Projetos estruturantes

Projetos estruturantes são aqueles que, realizados no presente, terão grande impacto no futuro. Conforme mencionado ao longo deste capítulo, alguns projetos estruturantes de grande interesse para o desenvolvimento das atividades de pesquisa e exploração de recursos minerais da plataforma jurídica e áreas oceânicas adjacentes são arrolados a seguir:

1. Ampliação e fortalecimento de redes de cooperação em pesquisa marinha, de forma a viabilizar a avaliação do potencial mineral marinho da plataforma continental brasileira e áreas oceânicas do Atlântico Sul e Equatorial e realizar a caracterização tecnológica dos recursos minerais de interesse socioeconômico;
2. Criação de um centro nacional de gestão de meios flutuantes e equipamentos oceanográficos e de geologia e geofísica marinha, com vistas à otimização e à viabilização de infraestrutura básica de pesquisa marinha;
3. Sistematização e integração de informações geológicas e geofísicas da plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes, por meio da construção de um banco de dados georreferenciados, associado a um sistema de informações geográficas e à elaboração de normativas para o levantamento e o armazenamento das informações geológicas e geofísicas;
4. Levantamentos sistemáticos voltados à identificação das características geológicas e geomorfológicas do fundo marinho e do subsolo da plataforma continental brasileira, de modo a identificar as diferentes feições geológicas que a caracterizam;
5. Identificação de áreas de ocorrência de novos recursos minerais e levantamento de informações geológicas de base, para o manejo e a gestão integrada da plataforma continental brasileira e da zona costeira a ela associada;

6. Estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental, para subsidiar a política de planejamento e gestão da plataforma continental e da zona costeira e das entidades reguladoras, por meio da definição de critérios técnicos para a exploração desses recursos minerais;
7. Fortalecimento das instituições de pesquisa do país, incluindo um programa de formação e capacitação de recursos humanos na área de ciência e tecnologia;
8. Pesquisa e lavra mineral de placeres e granulados siliciclásticos e carbonáticos na plataforma continental brasileira;
9. Recuperação da costa brasileira, com base em inventário da potencialidade de areia da plataforma continental interna;
10. Avaliação e adequação da legislação mineral e ambiental, com vista a sistematizar, racionalizar e modernizar o marco legal dessa atividade, levando em conta as especificidades dos recursos minerais marinhos;
11. Pesquisa mineral na área internacional dos oceanos e requisição de sítios de exploração à Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos (ONU) em regiões adjacentes à plataforma continental brasileira;
12. Cooperações internacionais e regionais que fortaleçam a presença do Brasil no Atlântico Sul e Equatorial, tanto no que diz respeito à pesquisa de conhecimento do ambiente marinho quanto no que concerne à pesquisa mineral;
13. Geração e/ou adaptação de novas tecnologias de pesquisa mineral e lavra, alicerçadas na sustentabilidade ambiental, social e econômica da atividade.

## 6. Horizontes temporais

Os horizontes temporais propostos nesse estudo estão em consonância com o Projeto Brasil 3 Tempos (Caderno NAE 01, 2004), em que os objetivos nacionais estratégicos seriam implementados progressivamente a partir de instrumentos interativos entre o governo e a nação, com metas estabelecidas para três marcos temporais: em 2011, terá início um novo governo; em 2015, o Brasil deverá ter cumprido as Metas do Milênio estabelecidas pela ONU; em 2022, espera-se que a nação brasileira possa comemorar 200 anos de independência num contexto de máximo bem-estar social e desenvolvimento econômico possível. A meta de 2030 foi estabelecida visto que vinte anos é o tempo médio em que as atividades de mineração, incluindo formação de recursos

humanos, desenvolvimento de infraestrutura, pesquisa mineral, desenvolvimento tecnológico e lavra possam se tornar realidade.

## 7. Horizonte temporal de 2011

- Ampliação e fortalecimento da rede de pesquisa dos programas brasileiros Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (Remplac) e Prospecção e Exploração de Recursos Minerais da Área Internacional do Atlântico Sul e Equatorial (Proarea) de forma a nortear o desenvolvimento das atividades de pesquisa e lavra de recursos minerais marinhos;
- Gestão integrada dos recursos minerais marinhos, sob o comando do Ministério de Minas e Energia e órgãos vinculados, como DNPM e CPRM, e parcerias com a CIRM e seus ministérios associados;
- Avaliação e adequação da legislação mineral e ambiental com vistas a sistematizar, racionalizar e modernizar o marco legal dessa atividade, levando em conta as especificidades dos recursos minerais marinhos;
- Mapeamento e diagnóstico da infraestrutura básica, logística e de apoio à pesquisa e lavra dos recursos minerais marinhos e elaboração de um plano de implantação de infraestrutura que possibilite o desenvolvimento da atividade;
- Avaliação do potencial mineral do mar territorial, plataforma continental e zona econômica exclusiva e caracterização tecnológica dos recursos minerais de interesse socioeconômico, como, por exemplo, fosforitas marinhas para uso como fertilizante na agricultura;
- Sistematização e integração das informações geológicas e geofísicas da plataforma continental jurídica brasileira, por meio da construção de um banco de dados georreferenciados associado a um sistema de informações geográficas e pela elaboração de normativas para o levantamento e armazenamento das informações geológicas e geofísicas;
- Realização de levantamentos sistemáticos, visando identificar as características geológicas e geomorfológicas do fundo marinho e do subsolo da plataforma jurídica; identificar as diferentes feições geológicas que a caracterizam; identificar áreas de ocorrências de novos recursos minerais; levantar informações geológicas de base para o manejo e gestão integrada da plataforma continental e zona costeira associada.
- Realização de levantamentos temáticos, visando à avaliação da potencialidade dos recursos minerais específicos da plataforma jurídica, objetivando o aumento da oferta de bens minerais para a indústria;

- Realização de estudos de viabilidade técnica, econômica, ambiental para subsidiar a política de planejamento e gestão da plataforma continental e zona costeira e as entidades reguladoras por meio da definição de critérios técnicos para a exploração destes recursos minerais;
- Criação de grupo de trabalho para discutir e propor uma legislação sobre mineração no fundo marinho em águas sob jurisdição brasileira, no âmbito do Ministério de Minas e Energia, formado por representantes da SECIRM, DNPM, Ibama, CPRM, Marinha e outros órgãos e entidades interessadas, sob a coordenação do primeiro, para que este disciplinamento possa anteceder uma maior demanda por essas áreas;
- Promoção de uma maior integração entre as instituições envolvidas na fiscalização, ou seja, Ibama e DNPM, de forma a minimizar problemas existentes, principalmente com relação à falta de pessoal especializado e recursos materiais para as atividades de fiscalização no mar;
- Elaboração e implementação de um plano de fortalecimento das instituições de pesquisa do país, incluindo um programa de formação e capacitação de recursos humanos na área de ciência e tecnologia;
- Criação de mecanismos de financiamento de pesquisa organizados de forma a gerar conhecimento para atender as necessidades de demandas socioeconômicas, mantendo e ampliando editais para grandes projetos;
- Ampliação das atividades de pesquisa e início das atividades de lavra mineral de placeres e granulados siliciclásticos e carbonáticos na plataforma jurídica;
- Ampliação das atividades de recuperação da costa brasileira, com base em inventário da potencialidade de areia da plataforma continental interna às 200 milhas marítimas;
- Início da pesquisa mineral na área e requisição de sítios de exploração à autoridade em regiões adjacentes à plataforma jurídica com o objetivo de ocupá-las antes que sejam requisitadas por outros países, colocando em risco a segurança de nossa soberania;
- Estabelecimento de cooperações internacionais e regionais que fortaleçam a presença do Brasil no Atlântico Sul e Equatorial, tanto no que diz respeito à pesquisa de conhecimento do ambiente marinho quanto à pesquisa mineral;
- Elaboração de um estudo de viabilidades para o desenvolvimento de um centro nacional de gestão de meios flutuantes e equipamentos de pesquisa marinha.

## 8. Horizonte temporal de 2015

- Implementação de um modelo de gestão integrada e interinstitucional para o setor mineral marinho, com uma legislação normativa moderna, clara e bem organizada, que facilite o desenvolvimento do setor, o qual deverá ser montado a partir do desenvolvimento no horizonte temporal anterior;
- Implementação de um plano de fiscalização estruturado para a atividade de pesquisa mineral e lavra, contemplando meios logísticos e recursos humanos em quantidade e qualidade adequados, com a participação efetiva de órgãos governamentais, como Ibama e DNPM;
- Atualização da base de dados sobre informações geológicas, geofísicas e de dados de produção mineral da plataforma jurídica; manutenção do banco de dados georreferenciados associado a um sistema de informações geográficas;
- Ampliação e modernização da infraestrutura de pesquisa e lavra de recursos minerais marinhos de forma a atender as demandas do setor produtivo;
- Geração e/ou adaptação de novas tecnologias de pesquisa mineral e lavra, alicerçados na sustentabilidade ambiental, social e econômica da atividade;
- Otimização e viabilização de uma infraestrutura básica de pesquisa mineral em oceano profundo;
- Integração, ampliação e fortalecimento do Programa Remplac, com ênfase em levantamentos temáticos e estudos de viabilidade econômica e técnica;
- Consolidação da exploração de granulados e placeres marinhos ao longo de toda a costa brasileira, desenvolvendo-se de forma sustentável, com a geração de divisas, emprego e renda, para as comunidades locais e regionais;
- Início da pesquisa mineral de carvão, fosforita, evaporitos, enxofre e hidratos de gás na plataforma jurídica e zona econômica exclusiva, com a quantificação e qualificação das reservas minerais;
- Manutenção e ampliação das regiões requisitadas na área, e realização de estudos para desenvolvimento de tecnologias de exploração sustentável em águas profundas;
- Consolidação da cooperação internacional e regional e formação de parcerias para aprofundamento da pesquisa e aproveitamento dos recursos minerais da área;
- Manutenção das linhas de costa recuperadas dos processos erosionais;
- Criação de um centro nacional de gestão de meios flutuantes e equipamentos de pesquisa marinha.

## 9. Horizonte temporal de 2022

- Validação, fortalecimento e monitoramento do modelo de gestão da mineração marinha no Brasil e de suas principais ações elencadas no horizonte temporal de 2015;
- Aperfeiçoamento do processo de gestão do setor fundamentado no melhor conhecimento científico e tecnológico disponível;
- Continuidade dos estudos, manutenção e ampliação das regiões requisitadas na área;
- Continuidade e ampliação das cooperações internacionais e regionais e das parcerias para aprofundamento da pesquisa e aproveitamento dos recursos minerais da área, consolidando nossa presença no Atlântico Sul e Equatorial;
- Consolidação do setor mineral marinho, alicerçado sobre uma base produtiva social, econômica e ambientalmente sustentável, realizando uma exploração mineral plena e adequadamente ordenada, com base em modernos instrumentos de gestão, transparentes e participativos, incluindo a utilização de áreas marinhas protegidas e com uma estrutura de fiscalização ágil e eficiente;
- Consolidação do centro nacional de gestão de meios flutuantes e equipamentos de pesquisa marinha.

## 10. Horizonte temporal de 2030

- Validação, fortalecimento e monitoramento das ações elencadas nos horizontes temporais de 2015 e 2022;
- Consolidação de uma indústria de aproveitamento de recursos minerais marinhos que garanta a ocupação efetiva do mar brasileiro e ampliação da presença brasileira no Atlântico Sul e Equatorial, de forma racional e sustentável, nos planos regional, nacional e internacional.

## 11. Considerações finais

Estabelecer um plano estratégico para o desenvolvimento racional e sustentável de recursos minerais marinhos de forma a garantir a ampliação da presença brasileira no Atlântico Sul e Equatorial não é uma tarefa simples.

Para dar a devida importância aos diferentes tipos de recursos minerais, estes foram subdivididos em socioeconômicos, por terem a possibilidade de movimentar a economia e gerar empregos

no curto e médio prazo; e em político-estratégicos, pois sua identificação e requisição para exploração em áreas internacionais adjacentes à plataforma continental brasileira tem especial interesse para a soberania nacional.

No momento atual, em que o desenvolvimento tecnológico possibilita a exploração sustentável dos recursos minerais dos oceanos, em regiões cada vez mais profundas, e em que as atividades de exploração desses recursos têm movimentado de forma espetacular a economia de vários países e gerado milhares de emprego, o Brasil, país de grande tradição mineradora, não pode ficar de fora.

O estudo também tentou mostrar que o espaço marinho brasileiro não se limita aos seus 4.500.000 de quilômetros quadrados de mar territorial, zona econômica exclusiva e plataforma continental. Caso o Brasil venha a requisitar áreas para exploração de recursos minerais em zonas internacionais dos oceanos, estas também podem ser consideradas como fazendo parte do espaço marinho brasileiro. Diga-se de passagem que o Brasil é um país de dimensões continentais graças à busca de recursos naturais que ocorreu desde os primórdios de seu descobrimento. Assim como nossos antepassados nos garantiram as riquezas naturais que desfrutamos atualmente, também temos que garantir às gerações futuras riquezas naturais que hoje se colocam como estratégicas para um futuro não muito distante. É importante que atentemos para estas questões.

## Referências

- BORGES, L. 2007. Aspectos Econômicos dos Recursos Minerais Marinhos. In: Estudo do Mar: importância econômica, política e estratégica dos recursos minerais da plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes. Revista Parcerias Estratégicas, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE. Número 24. Agosto 2007, p. 191-230 - Brasília, Brasil.
- CGEE, 2007. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Estudos do Mar. Revista Parcerias Estratégicas, Número 24. Agosto 2007, p.11-40 - Brasília, Brasil.
- CGEE, 2010. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Recursos Minerais Além das 200 milhas Náuticas. Revista Parcerias Estratégicas, em preparação.
- LENOBLE, S.P.; AUGRIS, C.; CAMBON, R.; SAGET, P. 1995  
Marine Mineral Occurrences and Deposits of the Economic Exclusive Zones. MARMIN Data Base. Editions IFREMER, 28,p, 274 occurrences, Plouzané Cedex, França.
- MARTINS, L.R.; MARTINS, I.R.; WOLFF, I.M. 1999  
Sand Deposits along Rio Grande do Sul (Brazil) Inner Continental Shelf. In: L.R. MARTINS & C.I. SANTANA, editors) Non-Living Resources of the Southern Brazilian Coastal Zone and Continental Margin. OAS/IOC-UNESCO/MCT Special Publication:26-38, Porto Alegre, Brasil.
- MARTINS, L.R.; BARBOZA, E.G.; CARUSO Jr., F. 2003  
Southern Brazilian Marine Minerals Occurrences and Deposits (Contribution to IFREMER MARMIN Data Base). Revista Gravel, vol.1:25-39, Porto Alegre, Brasil.
- MARTINS, L.R.; NUNES, S. 2006  
Aplicações de Imagens de Satélites Altimétricos na Identificação de Feições do Fundo Marinho. Revista Gravel, vol.4:119-124. Porto Alegre, Brasil.
- MARTINS, L.R. 2007  
Aspectos Científicos dos Recursos Minerais Marinhos. In: Estudo do Mar: importância econômica, política e estratégica dos recursos minerais da plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes. Revista Parcerias Estratégicas, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE. Número 24. Agosto 2007, p. 115-136 - Brasília, Brasil.
- SOUZA, K.G. 2006  
Recursos Minerais Marinhos além das Jurisdições Nacionais: interesse econômico, político e estratégico. Revista Parcerias Estratégicas, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE. Número 23. Dezembro 2006, p.269-288 - Brasília, Brasil.

SOUZA, K.G.; PEREIRA, C.V. 2007

Minerais do Fundo do Mar. Avanços e Retrocessos das Negociações Internacionais da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. In: Estudos do Mar: importância econômica, política e estratégica dos recursos minerais da plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes. Revista Parcerias Estratégicas, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE. Número 24. Agosto 2007, p.11-40 - Brasília, Brasil.

# Relatório da sessão “Mar e ambientes costeiros”

*Fábio H. Viera Hazin<sup>1</sup>*

---

## 1. Contribuições/institucionalidade – integração de instrumentos

1. Fortalecer o sistema nacional de ciência e tecnologia do mar, com base no conceito de redes de conhecimento, integrando todas as instituições que trabalham com ciência e tecnologia do mar no país, numa rede virtual que possibilite a ampliação do contato entre pesquisadores, alunos e a sociedade em geral. Tal rede fomentaria a formação e a consolidação de parcerias institucionais e de grupos de pesquisa para o estudo integrado de processos oceanográficos, dos recursos minerais, em áreas marinhas, e dos recursos vivos do mar;
2. Apoiar o fortalecimento da mentalidade marítima, em especial nos setores governamentais e privados, de forma a apresentar e divulgar o significado estratégico e econômico dos espaços oceânicos, despertando o interesse na exploração, monitoramento, controle e defesa dos interesses do país na “Amazônia Azul”;

---

<sup>1</sup> Diretor do Departamento de Pesca e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

### 1.1. Meta específica

Elaborar e implementar um plano de fortalecimento das instituições de pesquisa do país, com vocação na área de ciências do mar, a partir da criação de uma rede integrada.

## 2. Contribuições/formação, capacitação e fixação de RH

1. Promover a capacitação de recursos humanos no país, na área de ciências do mar;
2. Apoiar a implantação da infraestrutura e a capacitação de recursos humanos necessários à modernização tecnológica dos portos e aperfeiçoamento do transporte marítimo e multimodal brasileiro, em busca da redução do custo Brasil;
3. Apoiar as ações nacionais e regionais de investimento em tecnologia, em infraestrutura e em formação de recursos humanos para a adaptação, tanto pública como empresarial, aos padrões ambientais e em gerenciamento participativo com vistas ao desenvolvimento sustentável e ao controle da poluição na “Amazônia Azul”.

### 2.1. Meta específica

Criar um instituto nacional de pesquisa pesqueira e oceanográfica, dotado dos meios flutuantes necessários para realização de pesquisa e formação de pessoal na área de ciências do mar (engenheiros de pesca, oceanógrafos, biólogos marinhos, etc.).

## 3. Contribuições/ infraestrutura e fomento à pesquisa

1. Capacitar o país para desenvolver e utilizar tecnologias de pesquisa no estudo e exploração dos recursos e fenômenos presentes na “Amazônia Azul”, com potencial para contribuir com o desenvolvimento sustentável do país;
2. Apoiar as ações nacionais e regionais de investimento em tecnologia, em infraestrutura e em formação de recursos humanos para a adaptação, tanto pública como empresarial, aos padrões ambientais e em gerenciamento participativo com vistas ao desenvolvimento sustentável e ao controle da poluição na “Amazônia Azul”;

3. Adquirir, operar e manter uma frota de pesquisa pesqueira e oceanográfica, condizente com o tamanho da nação;
4. Criar um centro nacional de gestão de meios flutuantes e equipamentos oceanográficos, na forma de um instituto nacional de pesquisa pesqueira e oceanográfica, dotado dos meios flutuantes necessários para realização de pesquisa e formação de pessoal na área de ciências do mar (engenheiros de pesca, oceanógrafos, biólogos marinhos, etc.);
5. Ampliar as atividades de pesquisa mineral no mar, realizando levantamentos sistemáticos dos recursos minerais presentes em áreas marítimas sob jurisdição nacional e identificando áreas de ocorrência de novos recursos;
6. Realizar estudos de viabilidade técnica, econômica, e ambiental para a exploração dos recursos minerais presentes nas áreas marítimas sob jurisdição nacional;
7. Promover a pesquisa mineral na área internacional dos oceanos e requisitar sítios de exploração à Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos (ONU), inclusive por meio de cooperações internacionais e regionais;
8. Promover o desenvolvimento de novas tecnologias de pesquisa mineral e lavra;
9. Promover a geração de dados estatísticos que permitam estimar e monitorar o potencial de captura sustentável dos diferentes estoques, assim como do esforço de pesca incidente sobre os mesmos (Programa Ação para a Avaliação do Potencial Sustentável e Monitoramento dos Recursos Vivos Marinhos);
10. Promover a realização de estudos sobre modelos de gestão pesqueira que incluam, além dos elementos necessários à conservação dos estoques alvo (quotas de captura, limitação do esforço de pesca, definição da capacidade pesqueira, tamanho mínimo de captura, etc.), aspectos relativos ao ecossistema marinho (impactos sobre espécies capturadas não intencionalmente, degradação dos *habitats* de fundo, utilização de reservas marinhas, áreas de exclusão de pesca, recifes e atratores artificiais, como estratégia de manejo, etc.);
11. Promover o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias de captura que permitam a exploração sustentável de novos estoques, particularmente na região de talude e áreas oceânicas, diminuindo as capturas da fauna acompanhante e aumentando, ao mesmo tempo, a eficiência de captura das espécies alvo das pescarias;
12. Promover o desenvolvimento de técnicas de manipulação e conservação do pescado a bordo e em terra, incluindo técnicas de beneficiamento que permitam a agregação de

valor ao produto, diversificando os produtos pesqueiros e oferecendo ao consumidor produtos ainda não disponíveis no mercado;

13. Promover a realização de pesquisas sobre aquicultura, abordando, de forma prioritária, as seguintes áreas: a) avaliação do potencial de utilização de espécies nativas para o cultivo; b) levantamento das áreas potencialmente utilizáveis para a atividade de maricultura (PLDM); c) desenvolvimento de tecnologias de cultivo e sistemas de produção, particularmente voltadas ao cultivo em águas profundas; d) monitoramento, manejo e conservação dos ecossistemas aquáticos cultivados; e) patologia e sanidade; f) nutrição e alimentação; g) reprodução e melhoramento genético; h) larvicultura e produção de formas jovens; i) desenvolvimento de programas de repovoamento de recursos pesqueiros; e j) avaliação do impacto socioambiental da maricultura e do potencial de conflito com outras atividades;
14. Promover o desenvolvimento de pesquisas multidisciplinares sobre a dinâmica do ecossistema marinho, incluindo o padrão de circulação em algumas regiões ainda muito pouco estudadas;
15. Incrementar as atividades de oceanografia operacional no país, incluindo a manutenção e ampliação de redes de observação oceanográficas e a implementação de modelos matemáticos numéricos para a previsão do estado do mar em toda a ZEE e no Atlântico Sul e Equatorial em geral;
16. Desenvolver a oceanografia operacional no país, a partir, principalmente, do aumento na disponibilidade de meios flutuantes e de sistemas de monitoramento oceanográfico permanente, a exemplo do sistema de bóias do projeto Pirata (*Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic*) e do Programa Nacional de Boias (PNBOIA), integrantes do Programa *Global Ocean Observing System* (GOOS Brasil);
17. Fortalecer a implementação das ações propostas no Programa Nuclear Brasileiro, em particular aquelas inerentes ao estabelecimento da infraestrutura tecnológica de apoio ao Programa de Construção do Submarino Brasileiro de Propulsão Nuclear;
18. Desenvolver e implantar o Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz), voltado para o monitoramento e controle desse espaço marítimo.

### 3.1. Metas específicas (2 a 3)

1. Criar o instituto nacional de pesquisa pesqueira e oceanográfica, dotado dos meios flutuantes necessários para realização de pesquisa e formação de pessoal na área de ciências do mar (engenheiros de pesca, oceanógrafos, biólogos marinhos, etc.);
2. Promover a realização de pesquisas voltadas para a exploração sustentável dos recursos minerais presentes nas áreas marítimas sob jurisdição nacional e em áreas internacionais, e dos recursos vivos do mar, tanto pela pesca extrativa (em particular, com a implementação do Programa Revimar), como pela aquicultura;
3. Promover o desenvolvimento da oceanografia operacional no país, a partir, principalmente, do aumento na disponibilidade de meios flutuantes e de sistemas de monitoramento oceanográfico permanente;
4. Desenvolver o Programa de Construção do Submarino Brasileiro de Propulsão Nuclear;
5. Desenvolver e implantar o Sistema de Gerenciamento da Amazônia Azul (SisGAAz), voltado para o monitoramento e controle desse espaço marítimo.

## 4. Contribuições/ financiamento à empresa (reembolsável e não reembolsável)

Item não contemplado

### 4.1. Metas específicas (2 a 3)

Item não contemplado

## 5. Contribuições/ marco regulatório

Avaliar e adequar a legislação mineral e ambiental, relativa à mineração em áreas marinhas, a fim de permitir o desenvolvimento da pesquisa e da lavra mineral, de forma sustentável.

## 6. Desafios

1. Assegurar o monitoramento, o controle, e a defesa das águas jurisdicionais brasileiras, incluindo o mar territorial, a plataforma continental e a zona econômica exclusiva (“Amazônia Azul”);
2. Promover a utilização sustentável dos recursos vivos e não vivos presentes na “Amazônia Azul” brasileira;
  - 2.1. Recursos não vivos
    - 2.1.1. Promover a utilização sustentável dos recursos minerais prioritários, de valor socioeconômico, presentes nas áreas marítimas sob jurisdição nacional, com destaque para os agregados, entre eles areias, cascalhos e carbonatos; os placeres de minerais pesados (cassiterita, ouro, diamante, ilmenita, rutilo, zircão, monazita, magnetita, entre outros); e as rochas fosfáticas (fosforitas), por sua importância como fertilizante; além dos recursos energéticos, como o petróleo, o carvão e os hidratos de gás, buscando, com este fim, resolver ou mitigar os principais problemas incidentes sobre a atividade de mineração no Brasil, entre os quais se destacam: (a) a exaustão das reservas e restrições ambientais para a mineração de recursos minerais continentais; (b) a crescente exploração mineral em águas cada vez mais profundas; (c) a erosão costeira; (d) a crescente dependência nacional dos fertilizantes importados;
    - 2.1.2. Promover a utilização sustentável, pelo país, dos recursos minerais presentes na área internacional dos oceanos que apresentam um valor político-estratégico, com destaque para as crostas cobaltíferas, os sulfetos polimetálicos e os nódulos polimetálicos, levando-se em conta, particularmente, a corrida internacional para requisição de sítios de exploração mineral na área internacional dos oceanos.
  - 2.2. Recursos vivos
    - 2.2.1. Promover a utilização sustentável dos recursos vivos presentes nas águas jurisdicionais brasileiras, pela pesca extrativa, buscando resolver ou mitigar os principais problemas incidentes sobre a atividade pesqueira, entre os quais se destacam: a) sobredimensionamento dos meios de produção; b) abundância relativamente baixa dos recursos pesqueiros marinhos; c) reduzida produtividade do mar brasileiro; d) degradação ambiental dos ambientes costeiros em decorrência da ação antrópica, particularmente da poluição (urbana, agrícola e industrial) nas áreas mais próximas aos grandes centros urbanos; e) esforço de pesca excessivo e concentrado sobre um pequeno grupo de recursos tradicionalmente

pescados; f) utilização de métodos de pesca inadequados e, muitas vezes, predatórios; g) potencial produtivo, características biológicas básicas de vários recursos pesqueiros simplesmente desconhecidos; h) grave deficiência de dados estatísticos de produção e esforço de pesca que permita monitorar a condição dos estoques explorados; i) setor produtivo com baixo nível de conscientização dos limites naturais da exploração sustentável;

- 2.2.2. Promover o desenvolvimento da aquicultura sustentável no país, buscando resolver ou mitigar os principais problemas incidentes sobre a atividade aquícola, entre os quais se destacam: a) baixa qualidade da água nos ambientes costeiros e estuarinos; b) atividade limitada aos ambientes costeiros (águas rasas) devido à carência de tecnologia para cultivo em águas profundas; c) elevado potencial de conflito entre produtores de pescado e outros grupos de interesse setorial, como o turismo, os esportes náuticos, o transporte marítimo, etc.; d) inadequada delimitação das áreas onde a atividade possa ser implementada com sustentabilidade ambiental e ecológica; e) carência de estudos científicos que permitam avaliar, de forma mais aprofundada, o desempenho econômico da atividade e o verdadeiro impacto ambiental e social; f) falta de tradição e conscientização associativista das comunidades litorâneas tradicionais; g) aspectos legais, relativos à maricultura, anacrônicos, complexos e difusos; h) insuficiência de sistemas de informação e dados estatísticos; i) dificuldade de acesso às linhas de crédito disponíveis para o financiamento da cadeia produtiva da maricultura; j) graves deficiências tecnológicas em todas as etapas da cadeia produtiva; k) grande déficit de mão de obra qualificada e carência de programas de capacitação profissional; l) elevado custo de produção, principalmente devido ao preço da ração; m) deficiência de infraestrutura de apoio à conservação, escoamento e comercialização da produção.
3. Cumprir com as obrigações internacionais e responsabilidades assumidas pelo país, no âmbito da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM) e decorrentes das necessidades de desenvolvimento nas águas jurisdicionais brasileiras;
4. Alcançar uma compreensão adequada da influência do ambiente oceânico e dos fenômenos oceanográficos na dinâmica atmosférica, fator essencial, entre outras coisas, para a geração de modelos de previsão meteorológica de imensa utilidade prática e significação econômica, como na previsão do regime de chuvas, enchentes, secas, safras agrícolas, etc.;
5. Gerar séries temporais acuradas de dados oceanográficos essenciais para o entendimento dos processos climáticos de longo prazo, como no caso do aquecimento global, do possível aumento no nível do mar e da provável acidificação dos oceanos em decorrência do aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera pela queima de combustíveis fósseis.

## 7. Programas

1. Plano Setorial para os Recursos do Mar, coordenado pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM);
2. Criação, na política de CT&I, de uma linha de ação intitulada “Amazônia Azul”;
3. Programa de Construção do Submarino Brasileiro de Propulsão Nuclear;
4. Programa Ação para a Avaliação do Potencial Sustentável e Monitoramento dos Recursos Vivos Marinhos (Revimar);
5. Programa *Global Ocean Observing System* (GOOS Brasil) e Programa Nacional de Boias (PNBOIA).

**PARTE 2**

**DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

## Recursos hídricos e minerais



# Desafios regionais, territoriais e ambientais

*Claudio Scliar<sup>1</sup>*

---

## 1. Breve diagnóstico sobre a situação brasileira e internacional quanto aos recursos minerais

Os recursos minerais são amplamente utilizados pela sociedade humana desde os seus primórdios. Inclusive alguns dos períodos mais antigos da nossa civilização foram denominados de Idade da Pedra, Idade do Ferro e Idade do Cobre. A evolução das artes, das ciências e das tecnologias ampliou o rol das substâncias minerais aproveitadas para a construção do mundo artificial onde vivemos e diversas comparações podem ser feitas para mostrar a estreita relação entre o uso dos bens minerais metálicos, não metálicos e energéticos com o grau de desenvolvimento humano.

As substâncias minerais são constituintes originais das rochas e dos solos distribuídos em todo o planeta. Em alguns casos ocorreram eventos físicos e químicos que viabilizaram a concentração em alguns locais dessas substâncias, tornando-as economicamente passíveis de serem exploradas. Essa condição de presença somente em alguns locais coloca a necessidade de bem aproveitar os jazimentos conhecidos para ampliar seu tempo de vida, ao mesmo tempo em que exige o desenvolvimento de estudos geológicos para a descoberta de novas minas.

O desenvolvimento capitalista intensificou o uso dos bens minerais e nos países centrais parcela significativa dos jazimentos foram exauridos ou se tornaram economicamente inviáveis. As

---

<sup>1</sup> Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral do Ministério de Minas e Energia (MME).

estatísticas relativas ao uso dos bens minerais são significativas tanto por demonstrar a razão do esgotamento das minas conhecidas nos países que primeiro se industrializaram quanto pela necessidade de os povos dos países em desenvolvimento e pobres terem as infraestruturas, edificações e produtos que contribuam para a melhora da qualidade de vida. Segundo publicação da SGM/MME (Perspectiva Mineral 1), nos anos 1900-1920, o consumo nos EUA de aço, em quilos *per capita*, foi de 120 e de cimento 220, respectivamente. No Brasil, em 2009, o consumo em quilos *per capita* de aço e cimento foi, respectivamente, de 138 e 270. Isso revela a demanda reprimida por estradas, pontes, portos, residências e outros produtos.

O Brasil, país de dimensões continentais na sua área emersa (8.514,88 mil.km<sup>2</sup>) e imersa (3.500 mil km<sup>2</sup>), apresenta uma história geológica que permitiu desde o século XIX a descoberta de grandes jazimentos de minério de ferro. Após mapeamentos geológicos, foram encontradas minas de classe internacional de nióbio, bauxita, cassiterita e caulim. Nos últimos anos, jazidas de cobre e níquel estão sendo viabilizadas. Ao lado desses bens minerais que o Brasil tem em quantidade, inclusive com grandes excedentes exportáveis, se alinham outros que não foram encontrados e/ou cuja extração ainda não foi viabilizada, tais como o potássio e o carvão mineral.

Parcela significativa da produção mineral brasileira (em especial o minério de ferro) é exportada de forma bruta ou semielaborada, o que acarreta a transferência da geração de empregos e rendas nas fases subsequentes para outros países. Assim, o desenvolvimento de CT&I para a agregação de valor se mostra como fundamental para o aproveitamento sustentável dos recursos minerais do país.

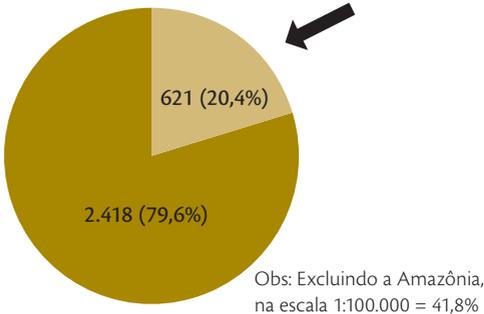
Em todas as fases da atividade de aproveitamento mineral, a PD&I é fundamental, pois somente ampliando a capacidade laboratorial e com recursos humanos qualificados teremos condições de consolidar o desenvolvimento sustentável do país.

## 2. Principais desafios para o aproveitamento com sustentabilidade dos recursos minerais

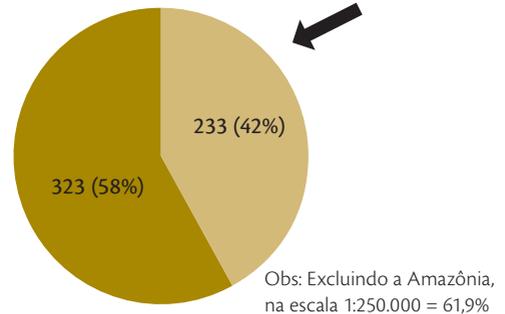
O conhecimento geológico do território nacional, emerso e imerso, é a base para a descoberta de novos jazimentos minerais, além de servir como fundamento para o ordenamento territorial do país. Os mapeamentos geológicos e os levantamentos aerogeofísicos contribuem para a determinação dos ambientes metalogenéticos onde se desenvolverão as pesquisas de detalhe para confirmar, ou não, a existência de concentração de bens minerais.

Conforme a Figura 1, o Brasil tem hoje 42% do seu território conhecido na escala 1:250.000 e 20,4% na escala 1:100.000.

1:100.00 - Total Brasil: 3.039 folhas



1:250.00 - Total Brasil: 556 folhas



- Folhas não mapeadas
- Total de folhas mapeadas / em mapeamento

Figura 1. Percentual folhas geológicas mapeadas no Brasil (16/04/10).

Fonte: SGM e Relatórios Anuais CPRM

O grande desafio será completar o mapeamento geológico na escala 1:100.000, tanto no território emerso quanto na plataforma continental, contribuindo para a alocação de investimentos em pesquisa mineral e viabilizando aos governos federal, estaduais e municipais realizar políticas de territorialização, conhecendo a geodiversidade dos seus territórios.

### 3. Rede Geochronos

A Rede de Estudos Geodinâmicos, Geocronológicos e Ambientais (Rede Geochronos) foi criada em 2004 por iniciativa do Ministério de Minas e Energia (MME), juntamente com a Petrobras, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), o Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade de Brasília (UnB), a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS) e a Universidade Federal do Pará (UFPA).

A Rede, por intermédio de seus laboratórios e projetos de desenvolvimento tecnológico, tem potencial para a geração de dados para pesquisa mineral e geológica, assim como para a solução de problemas ambientais. A rede possui também um amplo projeto de capacitação de pesquisadores e técnicos, que tem atraído para o país cientistas, possibilitando, desta forma, a formação de pesquisadores brasileiros de alto nível.

O projeto de concepção da rede teve por base o suporte a pesquisas em petróleo com ênfase em estudos geoquímicos e geodinâmicos; o suporte a estudos e projetos de geologia regional e de metalogenia, principalmente estudos geocronológicos, e o suporte aos estudos e projetos de hidrogeologia com foco em ambiental. Os laboratórios já operam em suas rotinas.

Nesse mesmo período, outros laboratórios e instituições do país foram agregados à rede, sendo contemplados com recursos provenientes do Fundo Mineral/MCT. O desafio é fortalecer a Rede Geochronos como instrumento de apoio e fomento à análise de substâncias minerais, garantindo recursos que suportem projetos nacionais conjuntos dos diversos laboratórios.

#### 4. Instituições de pesquisa universitárias

Além do papel de formação de profissionais para o mercado e de professores/pesquisadores, a universidade agrega capacitação laboratorial para desenvolver pesquisas científicas e tecnológicas nas áreas de pesquisa, lavra, beneficiamento e transformação dos bens minerais. O desafio é dar continuidade ao apoio e fomento a essas atividades, além de fortalecer a articulação entre os diversos grupos de pesquisadores, de maneira a melhor contribuir para a construção do desenvolvimento sustentável do país.

Outros centros de pesquisa estão vinculados ao MCT, ao MME e a instituições públicas e privadas, sendo fundamental o apoio e fomento das atividades de PD&I que reforcem as políticas nacionais de aproveitamento sustentável dos recursos minerais.

#### 5. Fundo CT-Mineral/MCT

Os recursos do Fundo CT-Mineral provêm de 2% do recolhimento da Compensação Financeira pela Extração Mineral (CFEM), que é paga pelos produtores de bens minerais do país. Em 2009, o recolhimento da CFEM foi de R\$ 742 milhões, sendo encaminhado para o Fundo CT Mineral em torno de R\$ 15 milhões. Esse valor está longe de ser suficiente para atender às demandas do setor, tornando-se praticamente impossível cumprir os objetivos do fundo. Nesse sentido, o aumento dos valores direcionados ao Fundo CT-Mineral é um dos grandes desafios para o desenvolvimento da PD&I no setor mineral.

## 6. Segmento empresarial

As empresas brasileiras de mineração pouco investem em pesquisa mineral. As empresas multinacionais que possuem minas no país trazem suas tecnologias de outros países e as empresas de capital nacional têm como prática a compra de pacotes tecnológicos para resolver questões de PD&I nas diversas fases da produção mineral. Dois exemplos são meritórios nesse contexto. A CBMM, nos últimos 20 anos, viabilizou a produção e, principalmente, o beneficiamento e a fabricação de ligas de nióbio com forte investimento em PD&I. Da mesma forma, a Vale, além dos investimentos realizados para análises padrão do seu minério, organizou, nos últimos anos, um setor na empresa para apoiar e fomentar ações de PD&I.

Assim, o grande desafio é conseguir fortalecer as ações de PD&I pelo setor privado nacional e internacional que atua no país, de maneira a multiplicar a capacitação laboratorial e de recursos humanos na solução de problemas e na descoberta de novos caminhos em toda a cadeia produtiva do setor mineral.

## 7. Recomendações para política CT&I para os próximos anos

- Apoio ao desenvolvimento de estudos sobre as características geológicas, geofísicas e hidrogeológicas do território nacional emerso e imerso;
- Apoio para o desenvolvimento de tecnologias para pesquisa, lavra, beneficiamento e transformação mineral;
- Fortalecimento do Fundo CT-Mineral/MCT, viabilizando o aporte de outros recursos, além do percentual da CFEM;
- Apoio e fomento à formação de profissionais de nível médio e superior;
- Apoio e fomento à Rede Geochronos que articula laboratórios de análises minerais nas universidades;
- Apoio e fomento ao fortalecimento laboratorial do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), que tem como missão o estudo geológico, geofísico e hidrogeológico do país;
- Apoio e fomento a políticas de PD&I para agregação de valor nos produtos resultantes do aproveitamento de bens minerais;
- Apoio e fomento a estudos e pesquisas que aprofundem o conhecimento do aproveitamento dos bens minerais;

- Apoio e fomento a ações que contribuam para a resolução de problemas estruturais na cadeia produtiva dos bens minerais, tais como: maximização do aproveitamento dos rejeitos; construção de alternativas econômicas após o fechamento das minas; apoio a PD&I relativas ao fechamento das minas em atividade; apoio a políticas relativas às minas órfãs e abandonadas; apoio de PD&I para a construção de melhores condições de saúde e segurança na minas;
- Apoio aos estudos sobre cadeias produtivas de bens minerais, com vistas à agregação de valor e adição de conteúdos tecnológicos aos bens minerais;
- Normatização que facilite a captação de recursos públicos e privados pelas universidades e centros de pesquisa;
- Criação de um fundo setorial para a transformação mineral, que é a etapa onde é maior a geração de empregos e atividades econômicas a jusante.

PARTE 2

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

## Novos padrões de agricultura sustentável



# Integração lavoura-pecuária e agrossilvopastoril

*Alysson Paolinelli<sup>1</sup>*

---

O que é a integração lavoura-pecuária? É a diversificação e rotação das atividades de agricultura e de pecuária e, em certos casos, até silvicultura, dentro de uma propriedade, numa mesma área, num mesmo ano, constituindo um mesmo sistema em benefício de ambas as atividades e principalmente para o produtor e para a sustentabilidade de seus recursos naturais.

O que vem ocorrendo nos sistemas tradicionais de exploração das fazendas? Onde é pasto, sempre foi pasto e será pasto. Onde é lavoura, sempre foi lavoura e será lavoura. Quase sempre isso resulta em degradação do solo, das pastagens e das lavouras.

Por que isso ocorre? Porque os sistemas tradicionais de uso da terra não evitam as perdas e extração dos nutrientes e da fertilidade do solo pelas culturas e pastagens. Em uma lavoura de milho onde se colhem 6.000 kg de grãos por hectare, retiram-se por ano e por hectare nada menos que 136 kg de nitrogênio, 28 kg de fósforo, 39 kg de potássio. Se for milho para silagem, onde se tiram 32 toneladas de matéria seca por hectare, a retirada de nitrogênio é de 224 kg, a de fósforo é de 90 kg e a de potássio é de 275 kg em cada hectare. No caso do pastoreio direto, onde se tiram normalmente 30 toneladas de matéria seca por hectare e por ano, o problema é mais grave ainda, pois se retiram, com ele, 451 kg de nitrogênio, 45 kg de fósforo e 600 kg de potássio. É em consequência disso que temos a degradação das pastagens e do solo.

Uma pastagem sem reposição das perdas em três ou quatro anos estará em fase real de degradação. É importante que se diga que, com os atuais preços dos produtos pecuários normalmente produzidos no Brasil, não é possível a reposição da fertilização das pastagens sem que haja

---

<sup>1</sup> Confederação Nacional da Agricultura.

prejuízo. É por isso que a integração apresenta a sua primeira vantagem: a fertilidade do solo corrigida durante os cultivos anuais recupera as pastagens e estas promovem a melhoria dos solos física e biologicamente, além de trazer de volta, via seu sistema radicular profundo, todas as perdas que normalmente ocorrem nas lavouras tradicionais.

Como surgiu esse sistema integrado de uso do solo? Em um trabalho realizado em Tocantins, inicialmente com os pesquisadores João K. e Aidar, que desenvolveram, na Fazenda Barreirão, um sistema de formação de pastagens com o plantio de grãos, como arroz, milho, sorgo, soja e outros, plantando junto à lavoura, no plantio direto ou na cobertura de nitrogênio, a semente da pastagem. Com isso, forma-se o pasto com a vantagem de se tirar grande parte dos custos com a colheita da lavoura concomitante. Os mesmos pesquisadores, ainda em Tocantins, agora na Fazenda Santa Fé, fizeram o consórcio de uma cultura produtora de grãos ou silagem com uma forrageira para produzir pasto. E deu certo. Tão certo, que batizaram os dois sistemas integrados de Barreirão e de Santa Fé, respectivamente.

A introdução de silvicultura nesta integração teve seu impulso com o engenheiro agrônomo Luciano Magalhães, da Votorantim, em Vazante, Minas Gerais. Além da integração lavoura e da pecuária, colocou o eucalipto em espaçamento maior, de nove a dez metros entre fila e de dois a três metros na fila, com resultados excelentes para todos.

De lá para cá, vários pesquisadores, profissionais e produtores vêm adotando essa inovadora tecnologia, com um sucesso cada vez maior e com resultados surpreendentes. Por que estão usando esse sistema? Para recuperar ou reformar pastagens degradadas; reduzir degradação do solo e quebrar ciclo da monocultura, de pragas e doenças; produzir pasto, forragem conservada e grãos para a alimentação animal na estação seca e palha para o plantio direto; diminuir a dependência de insumos externos; aumentar a estabilidade da renda do produtor e reduzir os custos tanto da atividade agrícola quanto da pecuária, obtendo com isso o aumento do seu rebanho bovino, o aumento anual na produção de grãos, recuperando as suas pastagens degradadas, com a sustentabilidade no uso dos seus recursos naturais e ainda reduzindo a pressão para a abertura de novas áreas. Temos ainda de considerar a tremenda redução do uso de agrotóxicos, da erosão, melhor aproveitamento dos fertilizantes usados e principalmente a melhoria da quantidade e qualidade da água. Como impacto social, no uso dessa tecnologia, temos a melhoria da renda, fixação do homem no campo, aumento da oferta de empregos e de alimentos, estímulo à qualificação profissional e melhoria da qualidade de vida no campo.

É uma tecnologia em evolução e por isso mesmo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) está fazendo o monitoramento do sistema e realizando um *feed back* tecnológico para garantir a perfeita evolução de uma das maiores inovações surgidas no século passado, mas que, sem dúvidas, vai revolucionar o sistema de manejo dos nossos recursos naturais nestes

próximos anos e permitir que o Brasil mantenha a sua liderança e competitividade no agronegócio no futuro. O uso desta tecnologia, além de um perfeito planejamento em cada propriedade, exige uma verdadeira mudança nos conceitos tanto dos produtores de grãos quanto dos pecuaristas. Os resultados são tão evidentes que as mudanças virão.

A tecnologia, em princípio, é muito simples. Eu diria mesmo uma tecnologia “tupiniquim”, pois na realidade é uma adaptação do plantio direto, cuja palha é o próprio pasto, com o uso do cultivo mínimo, sem aração ou gradagem. Faz-se a correção do solo jogando o corretivo apropriado por cima do pasto, que deverá ter sido usado até uma altura de 10 a 14 cm. Depois de brotado, faz-se uma aplicação de uma subdosagem de um secante apropriado para uma parcial secagem (palha) da pastagem, que permanecerá seca por 60 dias, tempo suficiente para se plantar a lavoura desejada com a tecnologia recomendada e obter-se, neste espaço de tempo, a completa cobertura do solo e da palha do pasto seco pela planta escolhida. Depois de brotado, o pasto não terá luz suficiente para concorrer com a cultura plantada. Esta pastagem fica estiolada até que a cultura escolhida complete o seu ciclo sem a indesejável concorrência do pasto. Com a secagem das folhas da lavoura no fim de seu ciclo, a luz vai penetrar no solo e o pasto inicia o seu novo ciclo, devendo-se colher rapidamente a lavoura e permitir que o pasto, agora renovado, tenha o seu novo ciclo e, entre 30 e 45 dias, esteja em excelentes condições, suportando de três a cinco unidades animais por hectare. Com isso, o produtor tem cerca de cinco meses de uso do solo com a lavoura (milho, arroz, sorgo, soja, algodão etc.) e sete meses com seus pastos renovados e em perfeitas condições de uso. A operação pode ser repetida anualmente, na mesma área, ou pode-se programar, em sua propriedade, uma rotação de área suficiente para manter a perfeita excelência de suas pastagens graças à integração com as lavouras que escolher.

Os resultados vão aparecer, eu garanto.



# Relatório da sessão “Novos padrões de agricultura sustentável”

*José Oswaldo Siqueira*

---

## 1. Sobre as apresentações

A sessão iniciou com a apresentação do Dr. Paolinelli, que fez uma abordagem histórica sobre o desenvolvimento da agricultura brasileira, comentando ser esta “única” porque não existia conhecimento sobre agricultura tropical quando iniciamos o desenvolvimento do setor no início do século passado. Cronologicamente, menciona que nosso desenvolvimento se iniciou nas escolas pioneiras de agronomia, como a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), a Universidade Federal de Viçosa (UFV) e a Escola Superior de Agronomia de Lavras (ESAL), atualmente, UFLA, destacando a enorme influência destas na formação de recursos humanos. Salientou que importávamos o conhecimento e tecnologias especialmente dos Estados Unidos, pois todas estas instituições sofriam grandes influências da escola americana pelo fato de seus principais dirigentes ou professores líderes serem daquele país.

À época, o Brasil concentrava seu interesse nas culturas de exportação como café, cana e borracha, que tinham alto valor de mercado e assim gerava recursos suficientes para importar os alimentos de que precisamos. Na verdade, a demanda por alimentos não era muito grande, pois a maioria dos brasileiros vivia no campo e produzia o suficiente para seu consumo, um cenário que mudou muito a partir da década de 1970.

As terras de boa qualidade, a maioria de áreas desmatadas, acabaram, vieram as crises econômica e do petróleo, ocorreu o início da revolução industrial e do êxodo rural e o país não podia

mais continuar importando alimentos. Fomos forçados a buscar conhecimentos próprios e desenvolver nossa tecnologia própria, como de fato fizemos e com muito sucesso. O país ampliou as escolas agrícolas, investiu na formação de recursos humanos no país e no exterior e definiu por uma política específica para o desenvolvimento agrícola. Ampliamos nosso conhecimento sobre os recursos naturais e aprendemos a manejá-los, iniciando um novo ciclo para o setor que, no final do século passado, passou a enfrentar novos desafios, dentre os quais a necessidade de se produzir de modo sustentável, diante das novas realidades nacional e global.

O palestrante demonstrou vários dos avanços recentes no manejo agrícola, os quais conservam os recursos naturais e integram a produção.

Dr. Clemente Lucio abordou a questão da sustentabilidade no contexto do desenvolvimento econômico e social, colocando a produção agrícola no centro dinâmico da dimensão da atividade agropecuária. Salientou discordar frontalmente do modelo atual que prioriza a produção para a economia internacional e não para o mercado local, sugerindo que o papel do estado nesta política de produção é equivocada e que esta não enfatiza sustentabilidade e sim uma economia de mercado que se mostra eficaz para criar desigualdades. Alega que o modo de produção e acumulação de riqueza é incompatível com o consumo e que a visão do movimento sindical em relação ao agronegócio passa pela pequena produção e conclui este raciocínio dizendo que “é preciso abordar a sustentabilidade em uma dimensão social e usar a ciência com estética, moral e ética de modo a socializar as tecnologias e o conhecimento”. Enfatizou que as estratégias de investimento no campo precisam ser feitas de modo a recuperar a relação entre o homem e a natureza, de modo a *produzir com a natureza e não dominá-la, permitindo a inclusão de insumo cognitivo ao processo produtivo*.

Buscar atividades econômicas que agreguem valor social é uma necessidade urgente para o Brasil. Dr. Clemente destacou a importância do Conselho do Desenvolvimento Social e enfatizou que, em seu discurso, este conselho deve defender “*a terra como um bem social e público e que cabe ao estado regular seu uso e propriedade*”. Portanto, deixou clara a posição de insatisfação da representação sindical quanto ao modelo de desenvolvimento agroindustrial adotado pelo país e cobrou ações da política pública neste sentido.

Dr. Euclides-Filho fez uma apresentação bem direcionada a uma visão de agricultura para além da produção propriamente dita, enfatizando a busca de inovações nos sistemas de produção e novos padrões de eficiência alinhados à questão das mudanças na sociedade e no mercado consumidor e como estas se relacionam com a sustentabilidade. Abordou, questões de futuro no contexto da demanda de alimentos pelos consumidores na era da informação e aspectos mais específicos como: a crescente urbanização; a estrutura e os hábitos das famílias, como preocupação crescente com a saúde, higiene e meio ambiente; estrutura etária (envelhecimento);

nível de educação; renda e etnias. Destacou como certas mudanças, como o bem-estar e a saúde, a segurança dos alimentos, o aumento da renda e a percepção de produtos (corretos X incorretos) orgânicos e transgênicos podem influenciar nas cadeias produtivas e de comercialização, exigindo mais controle, transparência e rastreabilidade e preocupação socioambiental, aspectos que apresentam forte aderência à concepção mais ampla da produção sustentável.

O palestrante também destacou a necessidade de abordagem mais ampla e integrada de todos os componentes e fatores de produção e as demandas de uma sociedade mais informada que valoriza questões estruturais como: conservação ambiental; manutenção da biodiversidade e oferta, qualidade e segurança dos alimentos. Além do contexto da produção sustentável no campo, outros aspectos envolvendo os consumidores, deverão ser observados, levando-se em conta as tendências da vida moderna, como: alimentação rápida, bem-estar do consumidor, conveniência, aspectos sensoriais e prazer sem culpa. Concluiu, mencionando a necessidade de uma nova agricultura, que, aliás, já começou a ser praticada no Brasil. Esta exigiria a oferta de produtos que atendam as exigências ambientais, sociais e econômicas. Para se consolidar plenamente, esta nova agricultura dependerá de esforço integrado da ciência e da tecnologia, projetos em redes, capacidade de promover inovação, mecanismos de cooperação público-privado e mais integração universidade-empresa.

## 2. Sessão de perguntas

Na sessão de perguntas, alguns aspectos interessantes foram levantados como: o desperdício de água na irrigação, o preço mais alto dos produtos orgânicos, as tecnologias atuais não são apropriadas para pequenos produtores. Todas as perguntas foram abordadas pelos conferencistas. Respondendo em um contexto mais amplo um conjunto de questões, Dr. Alysson mencionou que, no governo JK, o custo da alimentação consumia mais de 40% da renda das pessoas; atualmente, esta fração é cerca da metade, o que evidencia a importância social do nosso modelo de produção e que ainda gera grande superávit no balanço de pagamentos com as exportações, contribuindo efetivamente para o desenvolvimento e a estabilidade econômica do país.

No encerramento, Daniel Maia fez comentários sobre o panorama da agricultura familiar no país e destacou as políticas do governo para este segmento, apontando mais recursos e investindo em estratégias para levar mais conhecimento e recursos aos pequenos produtores.

### 3. Comentários do relator ouvinte (J. Siqueira)

Na opinião deste relator, ficou evidente a necessidade de esforços e ações do governo para estruturar e viabilizar um novo padrão de agricultura sustentável para o Brasil. De fato, é inconteste o imenso progresso que fizemos neste setor, o que nos coloca em situação privilegiada na produção e exportação agrícola, e também no contexto da sustentabilidade. Desenvolvemos ou adequamos tecnologias extremamente conservadoras de recursos naturais e eficientes que colocam a agricultura brasileira como uma das mais “verdes” do planeta. Entretanto, temos de preparar nossos recursos humanos e nossa pesquisa para ênfase as novas tendências científicas e possibilidades de incorporação e aplicação de novos conhecimentos na ciência e tecnologia aplicada ao campo. Algumas das tendências e novos conhecimentos que precisam ser incorporados à ciência aplicada ao campo são apresentados a seguir:

- Biologia celular e molecular;
- Genômica e Proteômica;
- Nanociência e ciência digital;
- Biossegurança e Bioterrorismo;
- Barreiras sanitárias;
- Agricultura orgânica e agricultura familiar;
- Agricultura de precisão;
- Agricultura irrigada e automação agrícola;
- Agricultura conservacionista;
- Plantio direto e integração lavoura-pecuária;
- Intensificação do uso da terra;
- Impactos globais e mitigação;
- Recursos hídricos e energia;
- Biodiversidade e domesticação;
- Reflorestamento com nativas;
- Reciclagem e disposição no solo;
- Contaminação do meio ambiente;
- Certificação e qualidade (globalização).

Só com a incorporação de conhecimentos novos à ciência da produção poderemos enfrentar os desafios que a agricultura mundial, e em particular a brasileira, tem a enfrentar. Os desafios que temos pela frente são muitos e de natureza variável, envolvendo questões técnicas, de marco regulatório e controle de mercado nacional e internacional e de caráter social, como apresentados abaixo:

- Limitação das terras e conflitos pela posse;
- Desenvolvimento rural desequilibrado;
- Água e fosfatos insuficientes (criação da OPEC do P);
- Evolução das atuais pragas e doenças;
- Novas pragas e doenças: vigilância sanitária e controle de pragas;
- Os benefícios e riscos da biotecnologia;
- Impacto das mudanças climáticas e perdas na biodiversidade;
- Sistemas de produção e cultivos transgênicos;
- As novas fronteiras agrícolas: impactos e limites;
- Diversificação e ampliação da base de produção;
- Mercado e tratados internacionais;
- Regulamentação e padrões (certificação);
- Direitos de propriedade Intelectual;
- Extensão dos impactos e *Life Cycle Assessment*;
- Mitigação dos impactos da agropecuária: mecanismos de desenvolvimento limpo;
- Rentabilidade e endividamento do setor agropecuário;
- Dependência externa em insumos e tecnologia;
- Imposições da legislação ambiental restritivas.

Dentre os desafios de ordem social, quero destacar a situação de um país de vocação agrícola histórica, mas que tem um grande passivo social no campo e uma sociedade extremamente urbanizada. Em poucos anos, menos de 10% dos brasileiros estarão vivendo no campo. Isto tem várias razões, dentre as quais a falta de atenção aos pequenos produtores, o acelerado processo de inovação, o incentivo à industrialização, a legislação trabalhista inadequada para o campo, o que favorece a mecanização. Merece destaque especial o analfabetismo no campo, que atinge 80% da população rural. Temos um desenvolvimento rural muito desequilibrado e precisamos inovar em modelos de produção e desenvolvimento que sejam menos excludentes aos pequenos

produtores. É essencial garantir aporte intelectual e tecnológico e definição de política adequada ao complexo agroindustrial brasileiro, para que o desenvolvimento sustentado seja alcançado na dimensão técnica, econômica, social e ambiental.

Produzir de modo sustentável é um grande desafio, pois os limites, índices e padrões de sustentabilidade são difíceis de serem estabelecidos e sofrem grande influência da mídia e de uma sociedade urbanizada muito exigente, que não entende a complexidade dos agrossistemas e não valoriza a atividade agrícola. Esta situação exige a revitalização da pesquisa agrícola, que deve ser estruturada em uma visão holística e interdisciplinar e que aborde de modo mais enfático e integrado: a) uso racional dos recursos naturais (solo, água e biodiversidade), que devem ser explorados de modo a minimizar as perdas da capacidade produtiva por erosão, salinização, exaustão nutricional, contaminação e infestação com pragas; b) proteção da biosfera com ênfase no fluxo hídrico e de nutrientes e na redução na emissão de gases; c) qualidade, segurança e padrões comerciais dos produtos agrícolas; d) aspectos éticos, estéticos, econômicos e equidade social.

Precisamos criar competência para aplicar novas ferramentas na avaliação da eficiência de uso dos fatores de produção, especialmente daqueles escassos ou onerosos, como terra, água, nutrientes na chamada “economia da produção” e para avaliar o potencial de impacto ambiental da cadeia produtiva e produtos por meio do Life Cycle Assessment, que permitirá análises comparativas da sustentabilidade dos sistemas brasileiros de produção em relação aos países competidores do Brasil.

No contexto da sustentabilidade, deve-se levar em conta o papel do Brasil na produção e exportação de alimentos para o mundo, um fato incontestável quando se considera que somos o terceiro maior exportador agrícola do mundo com possibilidades de assumir em breve a liderança na exportação agrícola. Para isso, precisamos continuar na vanguarda da geração e aplicação do conhecimento ao campo.

Para atender a demanda crescente da população, a produção agrícola mundial precisará aumentar em cerca de 100% em relação ao nível atual e, segundo a FAO, pelo menos 70% deste aumento deverá resultar de ganhos de eficiência dos sistemas produtivos, pois as oportunidades de expansão já esbarram nos limites da disponibilidade de recursos naturais, como terra agricultável, água e reservas de nutrientes, como fosfatos, que podem se esgotar antes que as de petróleo. Também uma legislação ambiental cada vez mais restritiva impõe sérios limites à extensão da agricultura como se verifica no caso do Brasil.

A finitude dos recursos naturais é outro aspecto essencial na abordagem da sustentabilidade. O número crescente de pessoas que demandam alimentos, habitação, moradia e serviços ecológicos, a restrição territorial e os limites de novos parâmetros ambientais representam fatores que comprometem a sustentabilidade agrícola do planeta e certamente da agricultura brasileira. Esta

questão mereceu a atenção da UK Royal Society, que coordenou uma série de estudos que culminaram na publicação do relatório *Reaping the Benefits*, que aborda a gravidade da situação da segurança alimentar no mundo e propõe ações para continuar aumentando a produção com o mínimo de impactos negativos ao meio ambiente e ao homem.

Uma destas proposições é o que autores chamaram de *Sustainable Intensification*, que é uma abordagem nova que consiste em maior integração do conhecimento em ciências biológicas aos sistemas de produção para tornar as culturas mais resistentes às pragas e aos estresses ambientais, promover produção consistente e com maior imput de fatores renováveis, evitar o esgotamento dos minerais do solo, causar menor impacto sobre a biodiversidade e sobre o capital natural, ao mesmo tempo em que protege os serviços dos ecossistemas. Trata-se, assim, de uma agricultura intensiva, mas que respeita os limites naturais e ecológicos de cada ecossistema. O Brasil é um major player no mercado agrícola global e, embora o país disponha de grande competência científica, tecnológica e gerencial, seu pujante agronegócio enfrenta uma série de desafios, os quais foram já listados.

No que se refere à sustentabilidade, é preciso encontrar soluções urgentes para algumas vulnerabilidades que comprometem a agricultura brasileira como: a baixa rentabilidade e o grau de endividamento do setor agrícola, a insegurança jurídica em relação à legislação ambiental, os movimentos políticos invasores de propriedades agrícolas país afora e a elevada dependência em insumos manufaturados, como fertilizantes e defensivos, cujo mercado é dominado por oligopólios transnacionais. Também como o setor agrícola é responsável por quase um terço do PIB nacional e por mais de US\$ 50 bilhões por ano em superávit das exportações, a solidez da macroeconomia depende marcadamente deste setor, que, tendo qualquer sinal de insustentabilidade, gera instabilidade econômica para o país e o coloca sob grande risco. Portanto, a busca contínua da sustentabilidade da produção agrícola nacional significa buscar sustentabilidade econômica e social para o país.



PARTE 2

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

## Sistemas urbanos e regionais sustentáveis



# Ciência, tecnologia e inovação e a dimensão territorial do desenvolvimento no Brasil

*Antonio Carlos F. Galvão<sup>1</sup>*

---

A história do século passado é pródiga de exemplos em que a economia brasileira esteve prestes a romper a lógica do subdesenvolvimento, mas teve o processo sustado. Exploramos todos os ciclos de crédito, mas terminamos encilhados pelo endividamento, incapazes que fomos de gestar as condições de saída do círculo vicioso da pobreza. A premissa de que crescimento não é desenvolvimento – debate há muito vencido nas salas de aula de Economia – é por certo válida para o caso brasileiro.

Ao longo de toda sua trajetória invejável de crescimento no século XX, o Brasil deparou-se com o problema das desigualdades sociais e regionais. Nos ciclos dinâmicos, as desigualdades reduziam o impacto do aumento da produtividade sobre as estruturas de produção e impediam a extensão dos padrões de consumo a todas as camadas da população. Por essa via, esterilizaram-se as possibilidades de sustentação dos impulsos derivados do nosso crescimento econômico. Hoje, aprendemos a não repetir essa experiência.

No Brasil, as desigualdades sociais, de vários matizes, ainda alcançam níveis alarmantes. No plano pessoal, o índice de Gini de 0,532 (2005) coloca-nos só pouco à frente dos países mais desiguais do mundo. Já a distância de mais de oito vezes que separa os produtos internos brutos por habitante (2007) da unidade da federação mais abastada (o Distrito Federal) e da mais pobre (o Piauí) dá conta de outra importante dimensão do problema, a territorial.

As desigualdades valorizam o significado do território como uma referência insubstituível na formulação e condução das políticas públicas. E o território engendra as condições, melhores ou

---

<sup>1</sup> Diretor do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).

piores, para que o desenvolvimento se manifeste em suas múltiplas dimensões e formas. Não é o território que, por si, dá pleno conteúdo ao desenvolvimento. Mas ele é, em si mesmo, parte integrante dessa construção social, que tem no meio urbano seu espaço vital.

Somos muito mal distribuídos no território nacional. A organização territorial da sociedade brasileira é, em grande medida, irracional, pois grandes concentrações humanas em megalópoles com oferta de serviços sofisticados contrastam com vastas áreas onde não há atividade econômica, nem sequer oferta mínima de serviços essenciais à população. Ocupamos extensiva e perdulariamente grandes regiões do interior do país, devastando recursos naturais e degradando o meio ambiente. No entanto, 45% da população vivem numa estreita faixa de até 50 km do litoral.

As diferenças nas dotações de infraestrutura também são enormes: enquanto um cidadão que mora em Campinas/São Paulo tem à sua disposição várias rodovias alternativas para seu deslocamento às cidades e regiões vizinhas, um habitante de uma capital dos estados do Norte ou Nordeste tem, quando muito, uma ou duas alternativas, muitas vezes em condições precárias. As conexões com a internet, outro exemplo, não alcançam a Região Norte na velocidade com que operam na maioria das demais regiões do país.

No que respeita à ciência, tecnologia e inovação, as diferenças tendem a ser ainda mais expressivas, reforçando as desigualdades socioeconômicas. A Região Norte ainda conta com menos de 2% dos doutores disponíveis no Brasil e possui relativamente algumas poucas instituições de pesquisa, de que são exemplos as notórias exceções do Museu Emílio Goeldi (Belém do Pará) ou do Instituto de Nacional de Pesquisas da Amazônia (Manaus).

As estatísticas corroboram a enorme liderança da Região Sudeste, particularmente do estado de São Paulo. O estado formou 55% dos doutores do país entre 1996 e 2008 e a Universidade de São Paulo (USP), sozinha, 27%. Em 2008, o estado ainda concentrava 45% dos programas de doutorado existentes, embora venha perdendo posição relativa em ritmo acelerado. Em todo o país, mais de 50% das empresas industriais que declararam ter realizado atividades internas de P&D entre 2003 e 2005 localizavam-se no estado de São Paulo. Outros núcleos do Sudeste e de outras regiões do país apresentam base técnico-científica de certa expressão, mas a concentração dessas atividades, especialmente quando buscamos nos aproximar das questões associadas à inovação, é muito grande.

Dada a importância das atividades de CT&I para o desenvolvimento, cada vez mais atrelado ao conhecimento e à capacidade de aprendizagem, os conjuntos socioterritoriais mais bem preparados nesse campo têm mais chance de alcançar sucesso econômico e aumentar a qualidade de vida de sua população. Ser capaz de atuar com desenvoltura na CT&I é uma condição necessária para lograr bons resultados no terreno da competição global.

Um país como o Brasil, preocupado com a superação das desigualdades, não pode ser furtar a tratar objetivamente das diferenças de oportunidade que as regiões apresentam a partir de suas distintas capacidades técnico-científicas. Superar esse quadro de desníveis é também uma condição para construir uma nação multipolar, mais equânime e equilibrada. E isso reforça a orientação de apoiar com políticas públicas ativas a formação de competências em alguns núcleos urbanos do país. Há três razões principais pelas quais se deve levar em conta o território nas diversas iniciativas de política pública: 1) enfrentamento das desigualdades sociais e regionais; 2) ativação dos potenciais de desenvolvimento das regiões; e 3) satisfação dos requisitos do desenvolvimento sustentável.

A esse respeito, o governo atual deu passos importantes. Retomou a política urbana, com a criação do Ministério das Cidades. Recuperou espaços para uma política regional. Priorizou a redução das desigualdades e a inclusão social, avançando também no diálogo federativo e com diversos grupos sociais. Ao promover iniciativas sub-regionais e locais, abriu perspectivas de explorar as virtudes das interações mais próximas entre os atores sociais, mais favoráveis à troca de conhecimentos. A inovação exige contato direto, face a face, de seus agentes, tornando atraentes os ambientes que oferecem melhores condições para isso.

É a partir das cidades que se comanda o território e nelas se reproduzem os elementos necessários ao desenvolvimento. É lá que se conformam os ambientes favoráveis à inovação. Por isso, a abordagem de sistemas territoriais requer integrar os campos do desenvolvimento urbano e regional e assim aumentar a inteligência com que lidamos com o território. O tradicional planejamento territorial se recria na idéia de sistemas regionais e urbanos sustentáveis, mas com bases renovadas pelos atuais desafios sociais, econômicos e ambientais. A CT&I pode contribuir decididamente para isso de duas maneiras, seja criando instrumentos e meios de aperfeiçoar as políticas e práticas de gestão, seja concebendo inovações capazes de modificar o estado da arte de tecnologias e outros condicionantes do desenvolvimento.

O exemplo da acessibilidade, importante tanto no plano intraurbano como no interurbano, ajuda a esclarecer o significado da contribuição da CT&I.

No primeiro âmbito, os sistemas de transporte público coletivo precisam ganhar espaço rapidamente sob pena de enfrentarmos um colapso dos principais centros urbanos, pois não é mais viável seguir inundando as vias de veículos que pesam mais de uma tonelada e transportam muitas vezes um único cidadão de 90 kg. Certamente, repensar a lógica de constituição da cidade requer uma revolução nos meios de transportes, com expansão de certos modais, que estimule a circulação ágil dos cidadãos em sua vida cotidiana. Envolve também regular os níveis de emissão de gases pelos veículos e construir veículos mais eficientes e menos poluidores.

A mesma deficiência na acessibilidade urbana se transpõe para o âmbito regional, desnudando diferenças territoriais gritantes associadas à debilidade das infraestruturas de transporte. As ligações entre cidades providas por modernos meios de transporte, como os trens, auto-estradas ou aviação aérea regional são praticamente inexistentes fora do núcleo mais dinâmico da economia do país. Inexistem ali, em escala mínima compatível, transportes ferroviários. E a rede de transporte aéreo regional é incredivelmente reduzida para um país de dimensões continentais. Mesmo as ligações rodoviárias prestam serviços de baixa qualidade e os trajetos são, em sua maioria, ofertados em situação quase monopólica, com tarifas exorbitantes; talvez nasça aí o atual avanço da demanda por transporte aéreo.

A estruturação de sistemas regionais e urbanos sustentáveis cobra dessa forma ações mais diretas e imediatas da CT&I. Algumas das sugestões são as seguintes:

1. Ampliar e fortalecer iniciativas e movimentos de interiorização da infraestrutura técnico-científica (universidades, IFET, institutos de pesquisa e outros), bem como estimular o intercâmbio de quadros técnico-científicos pelo território;
2. Fortalecer os cursos de planejamento urbano e regional, ciências ambientais e outros semelhantes que dialogam com as questões territoriais; isso será especialmente relevante para se avançar na formação de quadros preparados;
3. Conceber e operar um fundo de apoio a implementação de pesquisas e iniciativas de agendas regionais de CT&I voltadas à redução das desigualdades, à ativação dos potenciais de desenvolvimento e ao patrocínio do desenvolvimento sustentável das regiões;
4. Prover ferramentas adequadas de planejamento e gestão, como na organização e desenvolvimento de sistemas georreferenciados de informação, capazes de prover dados em tempo real para a sociedade e, em especial, os tomadores de decisão;
5. Desenvolver bases conceituais, métodos e técnicas de aferição das desigualdades, bem como apoiar a definição de parâmetros e referências para as iniciativas de política e a regulação das ações sociais privadas;
6. Desenvolver modelos organizacionais para a estruturação e condução de núcleos de inteligência voltados à gestão dos sistemas, com base na cooperação federativa e no monitoramento constante das transformações.

# Sistemas urbanos e regionais sustentáveis

Clélio Campolina Diniz<sup>1</sup>

---

## 1. Fundamentos conceituais e históricos

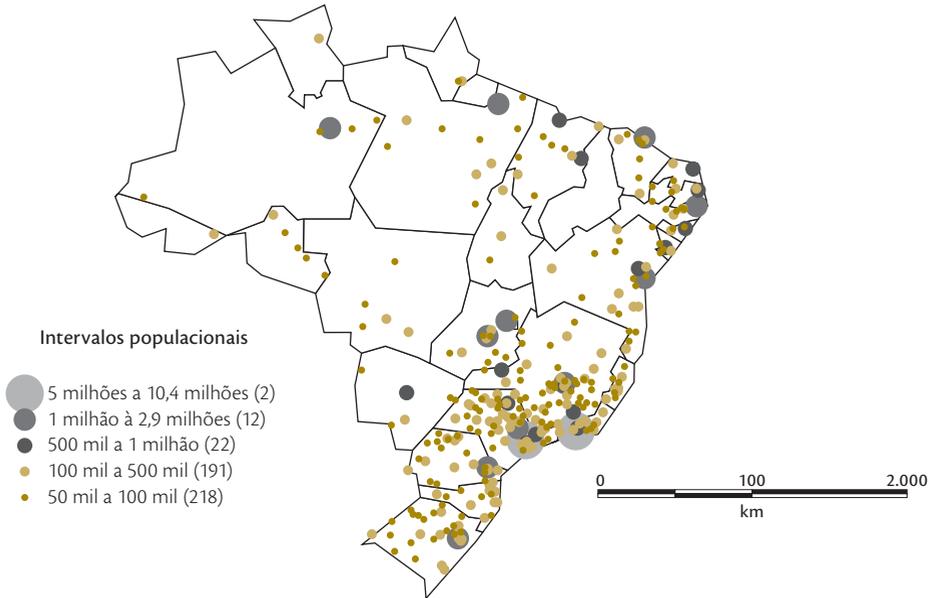
O processo de desenvolvimento é, por natureza, desequilibrado no território, como está historicamente comprovado e como atestam os clássicos da economia regional e da teoria do desenvolvimento econômico (PERROUX, 1967; HIRSCHMAN, 1958; CEPAL, 1950). Essas características do processo de desenvolvimento decorrem dos atributos que cada território contém (históricos, naturais, humanos, institucionais etc.) e da capacidade de inovação de seus agentes. Assim, além dos atributos do território, as vantagens que um país, região ou localidade adquirem estão relacionadas à sua capacidade de aprendizado e inovação, em função da forma que interagem pesquisa, experiência prática e ação. A luta competitiva e o processo de inovação inerente abrem “janelas de oportunidade” que são também “janelas locacionais”, pois o processo de aprendizado é altamente localizado (DINIZ, SANTOS e CROCCO, 2006).

Pela história de sua ocupação e por suas características naturais, o Brasil apresenta uma forte desigualdade na forma em que está distribuída a população, a infraestrutura, a produção e a rede urbana em seu território. Como consequência, a população está predominantemente na grande faixa litorânea, com uma maior penetração na chamada região centro-sul, que coincide com a rede das maiores cidades e, também, da produção industrial. Essas características podem ser sintetizadas pela visualização do Mapa 1, da rede urbana com mais de 50 mil pessoas, segundo

---

<sup>1</sup> Professor da UFMG/Cedeplar.

a Contagem Populacional de 2007, e que tem forte similaridade com o mapa da distribuição das áreas industriais com mais de 5.000 empregos.



**Figura 1.** Rede urbana com mais de 50 mil pessoas em 2007

A partir da segunda metade do século XX, em função da mudança da capital para Brasília, da orientação e desenvolvimento do sistema de transportes rodoviário, da incorporação produtiva dos cerrados e a consequente expansão da fronteira agrícola, dos projetos de irrigação, das novas províncias minerais, das novas usinas hidrelétricas, da expansão e das novas tecnologias de telecomunicações, dos incentivos fiscais e dos processos migratórios, vem ocorrendo um processo de forte urbanização e de expansão da produção em uma ampla faixa do território brasileiro. Esse processo não foi capaz, no entanto, de frear a mega concentração urbana em grandes metrópoles, reforçando algumas das já existentes e criando outras, a exemplo de Brasília, Goiânia, Belém e Manaus. Segundo a Contagem Populacional de 2007, havia no Brasil 20 aglomerações urbanas com mais de 1 milhão de habitantes cada, lideradas pela RMSP com quase 20 milhões e, se considerada a região de comutação diária de grandes contingentes populacionais, por via terrestre, poderá alcançar 30 milhões de habitantes.

Ao lado da forte concentração urbana e da metropolização, que trazem graves problemas ambientais, a expansão produtiva vem ampliando a antropização do país, com destruição da flora e da fauna, com fortes efeitos sobre o solo, os recursos hídricos, as condições climáticas e atmosféricas.

À luz dessas condições e tendências, cabe repensar o padrão de desenvolvimento do país de forma a combinar os benefícios do crescimento com a sustentabilidade e com um melhor ordenamento de seu território. Nessa perspectiva, entende-se que os sistemas urbanos e regionais precisam ser tratados em uma perspectiva de inovação e sustentabilidade.

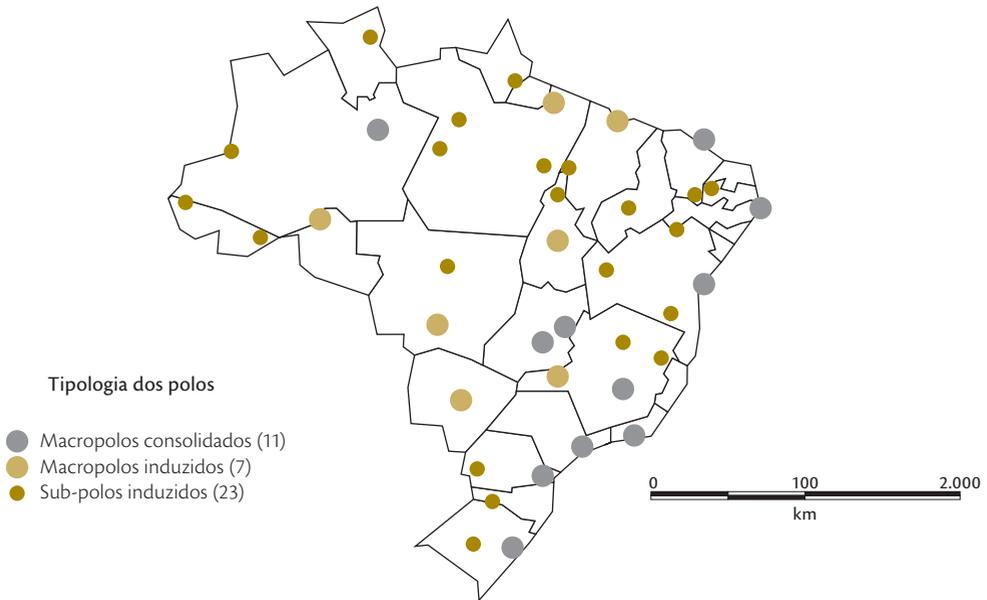
## 2. A busca de caminhos para a construção de um sistema urbano e regional sustentável

As cidades e a infraestrutura de acessibilidade, principalmente o sistema de transportes, estruturam e comandam o conjunto do território. Essa perspectiva foi, originalmente, desenvolvida por Chistaller (1934:1966) ao procurar definir as leis gerais que explicam como se forma a rede de cidades, por meio do entendimento do número, do tamanho e da distribuição destas. Desenvolveu o conceito de “lugar central”, demonstrando que, pela necessidade de os agentes (pessoas e organizações produtivas) interagirem, eles se localizam de forma centralizada, dando origem à cidade. Entenda-se a cidade como centro de produção de bens e serviços que atende a si mesma e a um determinado território, por ele denominado de “região complementar”. Esse fenômeno foi, também, analisado por Losch (1954) que, pela sua concepção de área de mercado, procurou explicar os padrões locacionais em função do crescimento dos custos de transporte com a distância. O tamanho e a sofisticação da estrutura produtiva de cada cidade estabelecem uma hierarquia da rede urbana, denominada por Chistaller de “sistema de lugares”. Posteriormente, análises sobre o papel e a função das cidades demonstraram que estas são também os centros de geração e difusão de conhecimento e, portanto, o lócus privilegiado da inovação (JACOBS, 1975).

Dentro da concepção de “lugar central” e “região complementar”, havia certa separação entre a cidade e o campo. No entanto, com a crescente concentração da população nas cidades e com a melhoria das comunicações, o urbano e o regional passaram a ser indissociáveis, o que levou à interpretação de que a urbanização contemporânea é extensiva e, portanto, que o campo está urbanizado (MONTEMÓR, 2005).

A combinação do desenvolvimento regional e urbano com a sustentabilidade, dentro de uma perspectiva de fomento e estímulo à inovação, deve ser pensada a partir do reordenamento do território brasileiro, por meio da indução de novas centralidades urbanas e do correspondente sistema de acessibilidade, especialmente transportes. Além de outros equipamentos, as cidades selecionadas devem ser dotadas de infraestrutura de ciência e tecnologia como base para a pesquisa e a inovação.

Dentro dessa linha, o recente trabalho realizado pela equipe do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional de Minas Gerais (Cedeplar), sob a coordenação do autor, formalizou uma proposta para a construção do Brasil Policêntrico que parte da análise da estrutura espacial brasileira, dos critérios de polarização, considerando a diversidade ambiental e cultural, das intenções geográficas e geopolíticas para seleção de um conjunto de sete novos macropolos e vinte e dois subpolos estruturadores do território (Figura 2).



**Figura 2.** Cenário do Brasil policêntrico

Considerada a diversidade natural e a história de cada região, cada uma deveria se especializar naquilo em que apresenta potencial produtivo efetivo, pela combinação da sua base produtiva, de seus atributos naturais e de sua capacidade de criar vantagens comparativas construídas, por meio da inovação, sendo inovação, sustentabilidade e centralidades urbanas e infraestrutura os fundamentos para a coesão territorial, econômica, social e política da nação.

Menção especial deve ser feita para o caso da Amazônia. Sua rede urbana a ser induzida foi pensada de forma a servir de base para a geração de conhecimento novo, na perspectiva de uma revolução científico-tecnológica para a região. Revolução científico-tecnológica que crie as condições para a geração de conhecimento novo que permitisse a identificação de um novo padrão produtivo que fosse capaz de gerar riqueza, renda e emprego a partir do aproveitamento da biodiversidade da região, sem sua antropização.

## Referências

- CEPAL (1950) *Estudio económico de América Latina, 1949*, New York, ONU
- CHRISTALLER, W. *Central Places in Southern Germany* (19 ), New Jersey, Prentice-Hall, 1966.
- DINIZ, C.C., SANTOS, F. e CROCCO, M. Conhecimento, inovação e desenvolvimento regional/local, in DINIZ, C.C. e CROCCO, M. *Economia regional e urbana: contribuições teóricas recentes*, Belo Horizonte, Editora da UFMG, 2006
- HIRSCHMAN, A. *The Strategy of Economic Development*. New Haven: Yale University, 1958.
- JACOBS, J. *the economy of cities*, New York, Random House, 1968
- LOSCH, A. *The economics of location* (1933), New Haven, Yale University, 1954.
- MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. *Estudo da dimensão territorial para o planejamento, Regiões de referência, III*, Brasília, 2008.
- MONTE-MÓR, R.L. A questão urbana e o planejamento urbano regional no Brasil contemporâneo, in Diniz, C.C. e Lemos, M.B. *Economia e Território*, Belo Horizonte, editora da UFMG, 2005
- PERROUX, F. *A Economia do Século XX*. Porto: Herder, 1967.



# Os desafios das metrópoles à política de ciência, tecnologia e inovação

Luiz Cesar de Queiroz Ribeiro<sup>1</sup>

---

## 1. Introdução: as metrópoles e o desenvolvimento nacional

O destino das metrópoles está no centro dos dilemas das sociedades contemporâneas. As transformações tecnológicas, sociais e econômicas em curso desde a segunda metade dos anos 1970, em especial as decorrentes da globalização e da reestruturação socioprodutiva, aprofundaram a dissociação engendrada pelo capitalismo industrial entre progresso material e urbanização. Segundo previsões de organismos internacionais, em 2015, teremos 33 aglomerados urbanos do porte de megalópoles, entre as quais 27 estarão localizadas em países em desenvolvimento, sendo que apenas Tóquio será a grande cidade do mundo rico. Por outro lado, enquanto boa parte das metrópoles do Hemisfério Sul continuará a conhecer taxas explosivas de crescimento demográfico, desprovido do necessário progresso material, aquelas que concentram as funções de direção, comando e coordenação dos fluxos econômicos mundiais encolherão relativamente de tamanho. Teremos então duas condições urbanas: a gerada pela vertiginosa concentração populacional em grandes cidades nos países que estão conhecendo o processo de *des-ruralização* induzido pela incorporação do campo à expansão das fronteiras mundiais do espaço de circulação do capital, e a condição urbana decorrente da concentração do capital, do poder e dos recursos de bem-estar social.

Ao mesmo tempo, apesar do aumento das assimetrias, as metrópoles vêm intensificando seu papel indutor do desenvolvimento econômico em função da exacerbação do conhecido papel das

---

<sup>1</sup> Coordenador do Observatório das Metrópoles da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

grandes cidades na inovação social e tecnológica, como já mostraram trabalhos clássicos como de J. Jacobs (1969), Bairoch (1988) e pesquisas recentes sobre a relação entre globalização e as metrópoles (VELTZ, 1996; 2002; STORPER e VENABLES, 2005). Para que as metrópoles sejam mais do que meras plataformas de atração de capitais, mas, ao contrário, constituam-se em territórios capazes de reterritorializar a economia e de impedir o aprofundamento da disjunção entre Estado e Nação, é necessário que contenham os elementos requeridos pela nova economia de aglomeração da fase pós-fordista, entre os quais se destacam os relacionados aos meios sociais germinadores da inovação, confiança e da coesão social. De fato, a redução dos custos da distância e das vantagens pecuniárias – produto da revolução dos meios de transportes e comunicação e dos novos sistemas de gestão empresariais – contam hoje menos do que os efeitos de aglomeração decorrentes da densificação das relações sociais, intelectuais e culturais. Veltz (2008) menciona que as novas exigências competitivas são os *recursos relacionais* e menos o estoque de recursos materiais de baixo custo. Para os setores dinâmicos da economia globalizada, importa que as grandes metrópoles contenham o que Veltz chama de *ecossistema relacional*, tanto na organização interna da empresa quanto nas suas relações com fornecedores, profissionais, consumidores, etc. Estudos mostram, com efeito, que as metrópoles onde prevalecem menores índices de dualização e de polarização do tecido social são as que têm levado vantagens na competição pela atração dos fluxos econômicos, ou seja, as que recusaram a lógica da competição buscando oferecer apenas governos locais empreendedores e as virtudes da mercantilização da cidade.

As metrópoles devem, portanto, constituírem-se em meios sociais capazes de promover a inovação, a confiança e a coesão social, tornando-se veículos da junção entre Estado e Nação.

## 2. A realidade metropolitana brasileira: ativos e passivos

Apesar de seus desequilíbrios, o sistema urbano brasileiro constitui importante ativo para o desenvolvimento nacional. Ele é composto por 37 grandes aglomerados urbanos onde residem aproximadamente 45% da população (76 milhões de pessoas) e se concentram 61% da renda nacional. Entre os 37 grandes aglomerados urbanos, temos 15 metrópoles<sup>2</sup>, isto é, aglomerados que apresentem características próprias das novas funções de coordenação, comando e direção das grandes cidades na economia em rede. Isto é: concentração populacional, capacidade de centralidade, grau de inserção na economia de serviços produtivos e poder de direção medida pela localização das sedes das 500 maiores empresas do país, pelo volume total das operações bancárias/financeiras e pela massa de rendimento mensal (OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES, 2009a).

---

2 São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Vitória, Salvador, Recife, Fortaleza, Belém, Manaus, Brasília, Goiânia, Campinas, Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre.

Os 15 espaços considerados metropolitanos têm enorme importância na concentração das forças produtivas nacionais. Eles centralizam 62% da capacidade tecnológica do país, medida pelo número de patentes, artigos científicos, população com mais de 12 anos de estudos e valor bruto da transformação industrial (VTI) das empresas que inovam em produtos e processos. Essas 15 metrópoles reúnem, também, 55% do valor de transformação industrial das empresas que exportam. Temos, portanto, um sistema urbano que pode ser considerado importante ativo para um projeto de desenvolvimento nacional, frente às novas tendências de transformação do capitalismo. (OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES, 2009b)

Mas, ao mesmo tempo, nestas aglomerações, estão concentrados também os grandes desafios a serem enfrentados, na forma de passivos resultantes de um modelo de urbanização organizado essencialmente pela combinação entre as forças de mercado e um Estado historicamente permissivo com todas as formas de apropriação privatistas das cidades, gerando uma urbanização caótica. Em consequência, o intenso e acelerado processo de urbanização transferiu do campo cerca de 39 milhões de pessoas entre 1950 e 1970 e gerou grandes cidades improvisadas e inacabadas, despreparadas, material, social e institucionalmente, para o crescimento econômico baseado na dinâmica da inovação, na economia do conhecimento e na mobilização dos recursos relacionais mencionadas anteriormente. Três aspectos merecem destaques.

## 2.1. Obstáculos metropolitanos à diminuição sustentável das desigualdades sociais.

Os resultados dos pesquisadores do Observatório das Metrópoles, em consonância com a literatura internacional, vêm evidenciando empiricamente os nexos entre os fenômenos de segmentação territorial e segregação residencial incidentes nas metrópoles e a reprodução das desigualdades sociais em três dimensões: condições socioambientais, oportunidades (emprego, renda e escolarização) e custo urbano de vida<sup>3</sup>. O que está sendo conquistado na diminuição das desigualdades sociais via formalização do emprego, aumento do salário mínimo e políticas de transferência de renda não vem se traduzindo em melhoria efetiva do bem-estar social e na democratização das oportunidades em razão dos problemas acumulados nas grandes metrópoles. (OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES, 2009c, 2009d e 2009e).

---

3 As Pesquisas de Orçamento Familiar (POF) realizadas pelo IBGE mostram a crescente participação dos itens Habitação e Transportes nos custos das famílias moradoras em cidades. Em 2009 representavam 36,4% e 19,5% respectivamente, enquanto alimentação 19%.

## 2.2. Nexos entre organização social do território e a crise de coesão social.

Ao mesmo tempo, os resultados dos trabalhos do Observatório sobre a forte concentração nas metrópoles do fenômeno da criminalidade violenta têm colocado em discussão os nexos entre os processos de distanciamento territorial, social e simbólico entre as classes e grupos sociais, decorrentes dos processos de segmentação territorial e segregação residencial, e a fragilização dos mecanismos de coesão social nas metrópoles e seus impactos na dimensão societária. (MACHADO, 2004).

## 2.3. Inexistência de instituições de governança das metrópoles.

Não obstante a relevância econômica e social das metrópoles, podemos dizer que são territórios *à deriva*, pois inexistem instituições públicas investidas de capacidade real de governabilidade. Apesar da instituição formal de inúmeras regiões metropolitanas, os organismos criados não possuem autoridade pública com legitimidade e capacidade técnica necessárias a empreender ações cooperativas de gestão territorial. A sociedade brasileira está confrontada à incontornável tarefa de *institution building*, para a qual será imperioso produzir conhecimento, gerar inovação e mobilizar as forças políticas para encontrar o caminho da necessária reforma da organização federativa do território nacional<sup>4</sup>.

# 3. Desafios para a política de ciência, tecnologia e inovação

Os desafios mencionados anteriormente demandam a adoção de relevante estratégia da política de desenvolvimento científico, tecnológico e inovação. Quatro pontos são fundamentais. O primeiro diz respeito à necessidade de superação da extrema fragmentação da organização das áreas e subáreas de conhecimentos do sistema de CT&I, traduzida em 41 subáreas de pesquisa envolvidas com temas relacionados à problemática metropolitana, cuja compreensão exige o necessário enfoque transdisciplinar. O segundo ponto refere-se à não consideração do tema metropolitano como estratégico na Política de CT&I, devendo, conseqüentemente, ser objeto de ações de indução. Como já mencionado anteriormente, hoje mais do que no passado, a grande cidade é o lócus privilegiado da criatividade social que fundamenta as inovações tecnológicas que impulsionam o progresso material da sociedade. O terceiro decorre da necessidade de superar o entendimento do território como variável dependente, como apenas continente de processos econômicos, sociais e políticos. Com efeito, a prática científica no campo dos estudos urbanos e regionais ainda não incorporou a necessária compreensão das novas relações entre so-

4 Ver dossiê sobre o tema publicado no número 23 dos Cadernos Metrôpoles. [www.observatoriodasmetrolopes.net/cadernos](http://www.observatoriodasmetrolopes.net/cadernos).

cidade e território surgidas com a revolução tecnológica informacional-comunicacional, como propõe Manuel Castells, cujo traço principal é a compressão espaço-temporal. Estas mudanças incidem sobre o trabalho, a empresa e o Estado, tornando estratégico pensar de maneira multiescalar para compreender os desafios do desenvolvimento, bem como para desenhar as políticas públicas. Por fim, o quarto decorre da necessidade constitucional e legal (Estatuto das Cidades) de considerar na pesquisa, no planejamento e na gestão metropolitana a efetivação do princípio do direito à cidade, o que significa ter estratégias que considerem as metrópoles, simultaneamente, na dupla função de indutoras do crescimento econômicas e de promotoras da justiça distributiva de bem-estar, renda e oportunidades.

Estes quatro pontos se materializam no desafio da Política CT&I em emular o campo científico na direção da produção de um saber urbano, multidisciplinar e transescalar, que aumente o nosso estoque de conhecimentos sobre os seguintes temas:

- Metrópole, rede urbana e o desenvolvimento nacional;
- Metrópole, território e desenvolvimento social;
- Metrópole, geração e difusão de inovação;
- Metrópole, território e a sustentabilidade socioambiental;
- Metrópole, governança urbana e relações federativas;
- Metrópole, governança urbana e cidadania;

## Referência

- BAIROCH, P. Cities and Economic Development. From the Dawn of History to the Present, The University of Chicago, Chicago, 1988.
- JACOBS, J. (1969). La economía de las ciudades. Barcelona Ediciones Península. 1969.
- MACHADO, L. A. Sociabilidade violenta: por uma interpretação da criminalidade contemporânea no Brasil urbano, In Ribeiro, L.C.R (org.) Metrôpoles. Entre a coesão e a fragmentação, a cooperação e conflito, Rio de Janeiro, Editora Revan/Observatório das Metrôpoles/FASE, 2004.
- OBSERVATÓRIO DAS METRÓPOLES. Hierarquização e identificação dos espaços urbanos. In Coletânea Conjuntura urbana. RIBEIRO, L. C. Q. (Org) vol.1. Letra Capital: Observatório das Metrôpoles, 2009a. Disponível online em [http://www.observatoriodasmetrosoles.ufrj.br/Vol1\\_hierarquizacao\\_identificacao\\_espacos\\_urbanos.pdf](http://www.observatoriodasmetrosoles.ufrj.br/Vol1_hierarquizacao_identificacao_espacos_urbanos.pdf)
- \_\_\_\_\_. Estrutura e dinâmica espaço-temporal das metrôpoles brasileiras. RUIZ, R. M. ; PEREIRA, Fernando Batista . 1. ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2009b. v. 1. 143 p. Disponível online em <http://web.observatoriodasmetrosoles.net>
- \_\_\_\_\_. Status, cor e desigualdades socioespaciais nos grandes espaços urbanos brasileiros. RIBEIRO, L. C. Q. ; RODRIGUES, J. M. ; CORRÊA, F. S. . Observatório das Metrôpoles/Letra Capital: Rio de Janeiro, 2009c. Disponível online em <http://web.observatoriodasmetrosoles.net>
- \_\_\_\_\_. Segregação residencial e mercado de trabalho nos grandes espaços urbanos brasileiros. RIBEIRO, L. C. Q. ; RODRIGUES, J. M. ; CORRÊA, F. S. Observatório das Metrôpoles/Letra Capital: Rio de Janeiro, 2009d. Disponível online em <http://web.observatoriodasmetrosoles.net>
- \_\_\_\_\_. Vulnerabilidade socioambiental das regiões metropolitanas brasileiras. DESCHAMPS, M. V.; DELGADO, P.R.; CINTRA, Anael; IGNÁCIO, Sergio A. ; SUGAMOSTO, M. . Observatorio das Metrôpoles/Letra Capital, 2009e. Disponível online em <http://web.observatoriodasmetrosoles.net>
- STORPER, M. & VENABLES. O burburinho: a força econômica da cidade, IN DINIZ, C.C. & LEMOS, M.B. Economia e Território, Editora UFMG, Belo Horizonte, 2005.
- VELTZ, P. (1996). Mondialization. Villes et territoires. L'économie d'archipel. Paris, Presses Universitaires de France. 1996.
- VELTZ, P. (2002). Firmes et territoires. Je t'aime moi non plus. Seminario Entrepreneurs, Villes et Territoires. Paris, École de Paris du Management, 2002. Disponível em [http://www.ecole.org/seminaires/FS4/EV\\_03/EV\\_090102.pdf](http://www.ecole.org/seminaires/FS4/EV_03/EV_090102.pdf)

# Relatório da sessão “Sistemas urbanos e regionais sustentáveis”

*Celso Santos Carvalho<sup>1</sup>, Renata Helena da Silva*

---

## 1. Introdução

O debate sobre sistemas urbanos e regionais sustentáveis objetivou levantar os principais desafios enfrentados pela sociedade brasileira para construir sistemas de cidades que contribuam efetivamente para o desenvolvimento nacional sustentável e, a partir desse debate, levantar e debater propostas a respeito do papel que o nosso sistema de ciência, tecnologia e inovação pode jogar nessa construção.

Das exposições emergem três aspectos básicos para o debate:

- Uma vez que cada cidade insere-se numa realidade regional específica e que essa inserção regional condiciona suas possibilidades de desenvolvimento, o retrato da realidade regional brasileira precisa necessariamente ser considerado na construção de uma proposta de desenvolvimento nacional sustentável;
- Tendo em vista a importância da presença das regiões metropolitanas e aglomerações urbanas na realidade regional brasileira, a questão da integração, não só dos sistemas urbanos, mas também da governança democrática no território metropolitano é um desafio relevante para o país;
- Dada a segregação social e espacial que caracteriza as cidades brasileiras, a construção de sistemas urbanos e regionais sustentáveis deve necessariamente superar o fosso que

---

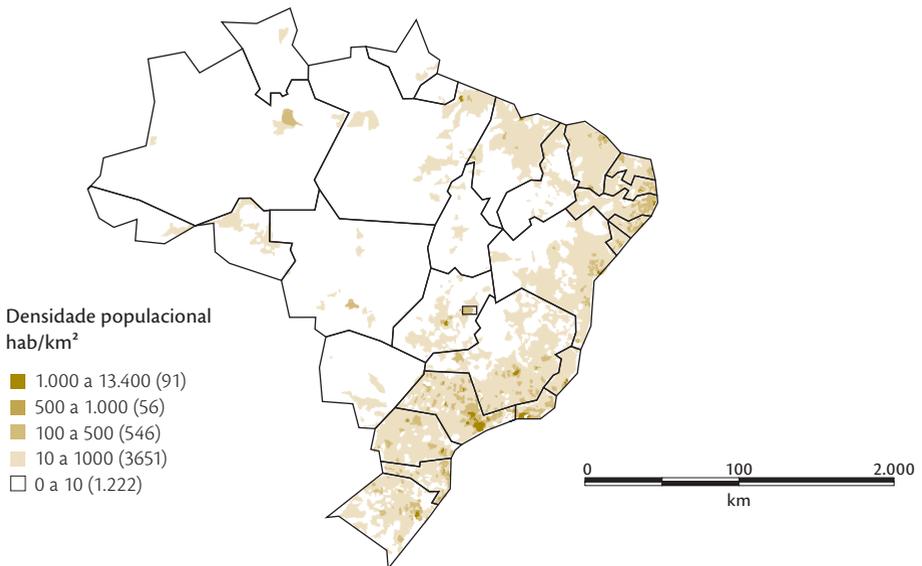
<sup>1</sup> Secretário Nacional de Habitação do Ministério das Cidades.

separa a “cidade dos ricos” – dotada de infraestrutura e serviços urbanos, de cultura e lazer, da “cidade dos pobres”, implantada em áreas de riscos ou de proteção ambiental, sem acesso aos serviços, infraestrutura e equipamentos urbanos, ou então, situada nas periferias distantes das fontes de emprego e oportunidades de renda, cultura e lazer.

## 2. A necessidade de um Brasil policêntrico

O processo de desenvolvimento e as vantagens que uma região adquire estão relacionados à sua capacidade de aprendizagem e inovação. Uma vez que a capacidade de gerar novos conhecimentos (elemento central no processo de produção, competição e crescimento) está enraizada nas condições locais, posto que cada território tem uma história, atributos, atores e identidade econômica, cultural e política, o desenvolvimento é por natureza concentrado e relacionado à realidade regional.

O Brasil caracteriza-se pelas desigualdades espaciais socioeconômicas - inclusive de dotação de infraestrutura de conhecimento e inovação entre as regiões - como pode ser evidenciado pelas figuras abaixo, em que se apresentam cartogramas da densidade demográfica, da rede urbana com mais de 50 mil pessoas e das microrregiões com mais de 5 mil empregos industriais.



**Figura 1.** Densidade demográfica brasileira - 2007.

Fonte: IBGE; Elaboração: Cedeplar/UFMG

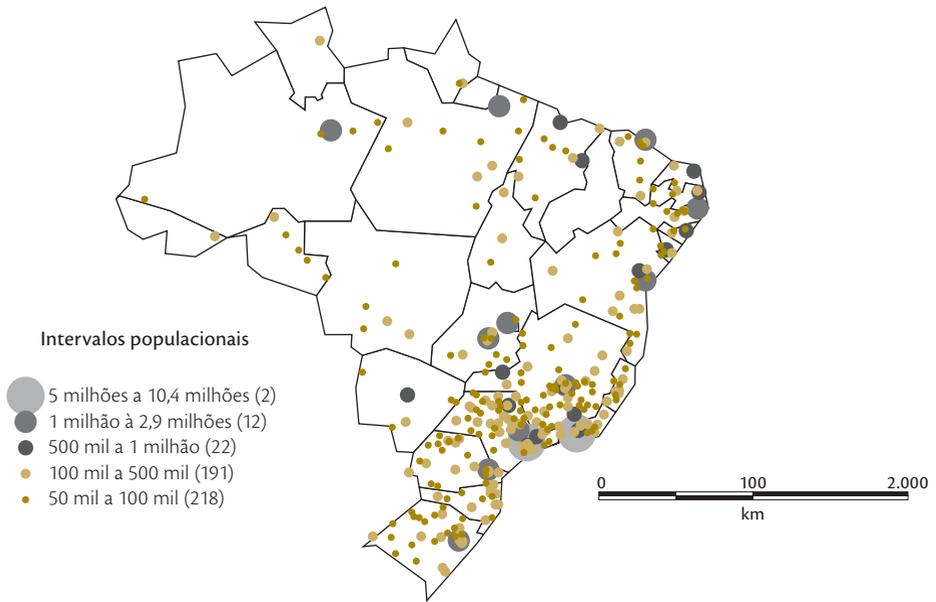
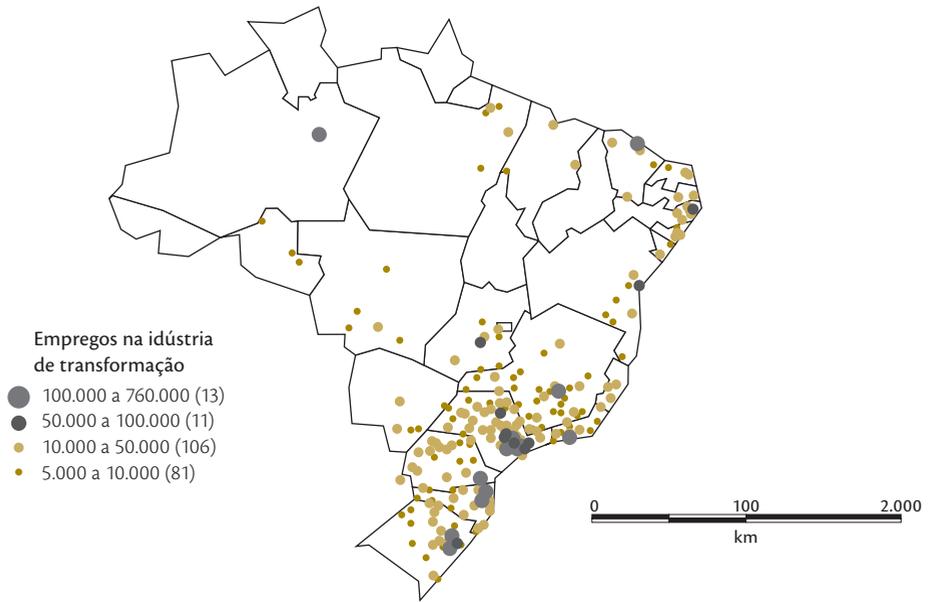


Figura 2. Rede urbana com mais de 50 mil pessoas – 2007.

Fonte: IBGE; Elaboração: Cedeplar/UFMG

Nos mapas apresentados, observa-se claramente que o país apresenta uma faixa de concentração de oportunidades econômicas que abrange os três estados do Sul e se estende para o Sudeste e Nordeste numa estreita faixa de território que jamais se afasta da costa. Nas regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste, fora da estreita faixa próxima do litoral, a rede apresenta cidades menores, com dinâmica econômica mais fragilizada.



**Figura 3.** Microrregiões geográficas com mais de 5 mil empregos industriais – 2007.

Fonte: IBGE; Elaboração: Cedeplar/UFMG

Uma proposta de desenvolvimento sustentável para o país não pode prescindir, portanto, da alteração do desequilíbrio regional que caracteriza nossa rede de cidades. É necessário fortalecer os polos econômicos no interior do país, o que passa pelo entendimento de que as especializações regionais são o caminho para a inovação e o desenvolvimento. Cada região precisa se especializar naquilo para o qual apresenta potencial produtivo efetivo, compreendendo a base de recursos naturais, capacidade de criar vantagens comparativas, etc.

Considerando que as cidades se constituem em agentes ativos de desenvolvimento e geração de conhecimento, a proposta é buscar a construção de um país policêntrico, com o fortalecimento dos polos regionais do interior, como base para a integração territorial, econômica, social e política, tanto do país quanto da América do Sul.

### 3. A necessidade de gestão e governança metropolitanas

Luiz Cesar de Queiroz Ribeiro trouxe ao debate outro desafio que se coloca para a construção de sistemas urbanos e regionais sustentáveis, representado pelo fato de o Brasil ser um país urbano metropolitano.

De fato, contamos com 13 cidades com mais de 1 milhão de habitantes (sendo que apenas 10 países no mundo têm um número maior de cidades desse porte), 2 megacidades (São Paulo e Rio de Janeiro) e 35 regiões metropolitanas em 19 estados. Estas grandes cidades, aglomerações urbanas e regiões metropolitanas abrigam 48% da população, mais da metade do PIB, 75% das 500 maiores empresas e mais de 60% da capacidade tecnológica do país.

Dada a ausência de mecanismos de integração social, as cidades inseridas nas aglomerações constituem territórios sem política nem governabilidade, o que impede a atuação pública para reduzir as desigualdades de renda, bem-estar e oportunidades ou superar os impactos na sustentabilidade social e ambiental. Em síntese, a ausência de um sistema de governança democrática que atue sobre o conjunto do território compartilhado pelas cidades impede a concretização da função social da cidade e gera grande dificuldade para compatibilizar e integrar os interesses entre os municípios, gerando uma competição intrametropolitana ou intra-regional, a qual muitas vezes dificulta o desenvolvimento.

Este quadro representa um grande desafio para o sistema de ciência, tecnologia e inovação do país. É preciso fundar um conhecimento sobre o urbano-regional brasileiro que seja pluridisciplinar, transescalar e transversal, que supere a nossa realidade de um sistema de competências fragmentado, composto por 42 subáreas na área de ciências sociais aplicadas e 3 subáreas na área de ciências humanas.

Para isso, a proposta que se coloca é o incentivo à pesquisa e a difusão das tecnologias de análise social, gestão pública e controle cidadão do território que consigam apontar para mecanismos de governança democrática capazes de superar os limites de cada município.

## 4. A concretização do direito à moradia

Uma das principais características das cidades brasileiras é a segregação socioespacial: para as moradias dos pobres, são destinadas as áreas periféricas, situadas distantes das fontes de emprego e geração de renda; ou as áreas irregulares, como encostas de morros, várzeas de rios, margens de mangues; ou áreas que deveriam ser destinadas à proteção ambiental<sup>2</sup>.

Este padrão de ocupação urbana é perverso e injusto, pois submete a parcela mais pobre da população aos efeitos dos deslizamentos de encostas e enchentes por ocasião das chuvas intensas, à precariedade do acesso à infraestrutura e aos serviços e equipamentos urbanos e/ou a longas horas de viagem no trajeto cotidiano entre residência e trabalho. Além disso, contribui para a degradação ambiental da cidade, na medida em que a precariedade da coleta e tratamento dos esgotos e resíduos sólidos nas áreas irregulares impacta as fontes de abastecimento de água, a ocupação das áreas de proteção e preservação ambiental gera a expansão das ilhas de calor e a degradação dos mananciais, as distâncias entre moradia e fontes de renda impõem uma demanda ao sistema de transporte coletivo com efeitos sobre os enormes congestionamentos de trânsito e a poluição atmosférica.

A construção de cidades ambientalmente sustentáveis passa, portanto, pela resolução do problema da moradia dos mais pobres. Por um lado, é preciso avançar na urbanização e regularização fundiária dos assentamentos precários, provendo as ocupações de infraestrutura urbana básica e promovendo a segurança jurídica das posses, estendendo os serviços urbanos a todas as áreas da cidade. Por outro lado, é preciso investir fortemente na produção de moradias para essa camada da população, o que pressupõe, além de recursos públicos para a construção habitacional, a intervenção pública no mercado fundiário urbano, com o aumento da oferta de lotes urbanizados localizados em áreas centrais ou dotadas de fontes de emprego e geração de renda.

A implantação de uma nova política de desenvolvimento urbano também gera demandas para o sistema de ciência, tecnologia e inovação. Além de um esforço de análise sobre a questão fundiária urbana, o sistema pode contribuir efetivamente com o monitoramento das políticas públicas de regularização fundiária e implantação dos planos diretores municipais, bem como com a difusão de conhecimentos sobre os instrumentos do Estatuto da Cidade (Lei 10.257 de 2001) que possibilitam concretizar a função social da propriedade urbana e o direito à moradia, como forma de empoderamento do poder público municipal e do movimento social.

---

2 Exemplo clássico são as áreas de proteção de mananciais dos reservatórios Billings e Guarapiranga na Região Metropolitana de São Paulo, que se encontram ocupadas de forma irregular por mais de 1,5 milhão de pessoas.

## 5. Considerações finais

O avanço em direção à construção de sistemas urbanos e regionais sustentáveis é um desafio para toda a sociedade e implica a implantação de políticas públicas voltadas para o fortalecimento de polos urbanos no interior do país, da governança metropolitana e do direito à moradia e à cidade. Tal desafio gera, para o sistema de ciência, tecnologia e inovação, uma demanda de estudos e análises que considerem a articulação da escala urbana com a escala regional e a interdisciplinaridade, além de uma demanda de difusão do conhecimento que atenda às necessidades dos formuladores de políticas públicas e dos movimentos sociais. Em síntese, ampliar a inteligência com que somos capazes de analisar, propor soluções e gerir esses os sistemas urbanos-regionais constitui demanda urgente para o sistema de CT&I. Algumas propostas objetivas nessa direção são:

- Apoiar a formação de quadros, com o fortalecimento dos cursos de planejamento urbano e regional, ciências ambientais e outros que dialogam com as questões territoriais, facilitando e promovendo ampla integração disciplinar nas áreas afins;
- Prover ferramentas para o planejamento e gestão, a exemplo do desenvolvimento de sistemas de informação georreferenciados, capazes de prover dados em tempo real para a sociedade e, em especial, os tomadores de decisão;
- Ampliar e fortalecer iniciativas de interiorização da infraestrutura técnico-científica (universidades, centro de P&D, IFET, institutos de pesquisa e outros);
- Criar fundo de apoio à implementação de agendas de CT&I voltadas aos sistemas regionais e urbanos sustentáveis.

