



Parcerias Estratégicas

Volume 20 - Número 40 - Junho 2015

CGEE na FTA

- Uma metodologia de análise de portfólio e *foresight* para políticas de inovação
- Monitoramento do ambiente externo e construção de cenários prospectivos: desenvolvimento de novos cenários ou uso de estudos de cenários existentes?
- FTA como diligência prévia para uma era de rápida interdição pelo *Duo Algoritmo - Big Data*
- Foresight energético, cenários e políticas para energias renováveis no Brasil
- Análise de redes e FTA para uma avaliação estratégica dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia
- Cenários globais e *roadmapping* estratégico para o desenvolvimento da indústria de terras raras no Brasil
- Desenvolvendo uma estratégia de negócios transformadora por meio da combinação do *Design Thinking* e *Futures Literacy*

Memória

- A Conferência *Future-Oriented Technology Analysis (FTA)*

Parcerias Estratégicas

v. 20, n. 40, junho de 2015, Brasília-DF

ISSN 1413-9375

Parc. Estrat. | Brasília - DF | v. 20 | n. 40 | p. 188 | jan-jun 2015

Parcerias Estratégicas – v.20 – n.40 – junho 2015

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. Disponível eletronicamente em: <http://www.cgee.org.br/parcerias>.

Editora

Maisa Cardoso

Conselho editorial

Adriano Batista Dias (Fundaj)

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 (Consultor)

Projeto gráfico

Núcleo de Design Gráfico CGEE

Capa e diagramação

Eduardo Oliveira

Gráficos e figuras

Carla Dionata, Inara Magalhães e Larissa Ferreira

Endereço para correspondência

SCS Q. 9, Lote C, Torre C, salas 401 a 405, Ed. Parque Cidade Corporate

Brasília DF, CEP 70308-200, telefone: (61) 3424-9600

E-mail: 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 – Vol. 1, n.1 (maio 1996) • Brasília: CGEE, 2002–

Semestral

De 1996 a 2001 editada pelo Centro de Estudos Estratégicos (CEE/MCT).

ISSN1413-9375

1. Ciência e Tecnologia – Periódicos 2. Inovação tecnológica – Brasil I. CGEE.

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, Tecnologia e Inovação (MCTI). 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.

Presidente

Mariano Francisco Laplane

Diretor executivo

Marcio de Miranda Santos

Diretores

Antonio Carlos Filgueira Galvão

Gerson Gomes

Conselho de Administração CGEE

Membros natos

Eduardo Moacyr Krieger – ABC (Presidente do Conselho)

Alysson Paulinelli – CNA

Helena Bonciani Nader – SBPC

Helena Tenório Veiga de Almeida – BNDES

Énio Duarte Pinto – Sebrae

Emília Maria Silva Ribeiro Curi – MCTI

Marcos Vinicius de Souza – MDIC

Hernan Chaimovich Guralnik – CNPq

Luis Manuel Rebelo Fernandes – Finep

Carlos Afonso Nobre – MEC

Rafael Lucchesi – CNI

Membros eleitos

Claudio Aparecido Violato – Abipti

Evando Mirra de Paula e Silva –

Representante dos Associados

Guilherme Marco de Lima – Anpei

Isac Almeida de Medeiros – Foprop

Jorge Luís Nicolas Audy – Anprotec

Mario Neto Borges – Confap

Nelson de Chyery Karam – Dieese

Pedro Wongtschowski – Representante do

Empresariado Nacional

Francilene Procópio Garcia – Consect

Esta edição da revista Parcerias Estratégicas corresponde a uma das metas do Contrato de Gestão CGEE/MCTI/2015.

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

Tiragem: 800 unidades. Impresso em 2015. Athalaia Gráfica e Editora Ltda.

Sumário

05 Aos leitores

Seção 1 CGEE na FTA

09 Uma metodologia de análise de portfólio e *foresight* para políticas de inovação
Eduardo do Couto e Silva, Richard Silbergliitt, Lucas Chiaregatti Machado, Jackson Max Furtunato Maia e Cristiano Hugo Cagnin

31 Monitoramento do ambiente externo e construção de cenários prospectivos: desenvolvimento de novos cenários ou uso de estudos de cenários existentes?
Maria Fatima Ludovico de Almeida e Carlos Augusto Caldas de Moraes

59 FTA como diligência prévia para uma era de rápida interdição pelo *Duo Algoritmo - Big Data*
Denis Loveridge e Cristiano Hugo Cagnin

83 *Foresight* energético, cenários e políticas para energias renováveis no Brasil
Nathaniel Horner, Antonio de Paula-Oliveira, Richard Silbergliitt, Barbara Rocha e Marcelo Poppe

101 Análise de redes e FTA para uma avaliação estratégica dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia
Jackson Max Furtunato Maia, Ana Victória Gruginski de Carvalho Ladeira, Cristiano Hugo Cagnin e Adriana Badaró de Carvalho Villela

125 Cenários globais e *roadmapping* estratégico para o desenvolvimento da indústria de terras raras no Brasil

Maria Fatima Ludovico de Almeida e Carlos Augusto Caldas de Moraes

147 Desenvolvendo uma estratégia de negócios transformadora por meio da combinação do *Design Thinking* e *Futures Literacy*

Cristiano Hugo Cagnin

Seção 2 Memória

179 A Conferência *Future-Oriented Technology Analysis* (FTA)

Cristiano Hugo Cagnin

Aos leitores

Este número da revista *Parcerias Estratégicas* reúne os conteúdos expostos e debatidos por representantes do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) na última edição da Conferência Internacional *Future-Oriented Technology Analysis* (FTA), realizada em Bruxelas, capital da Bélgica, nos dias 27 e 28 de novembro de 2014.

Os objetivos principais desse evento são buscar um entendimento comum do estado da arte nos seus temas centrais e na sua interseção – *foresight, forecasting e technology assessment* – e construir uma ponte entre o mundo científico e tomadores de decisão. A Conferência FTA tornou-se o evento de maior importância global para o encontro entre os que atuam nesse campo, incluindo FTA *practitioners*, especialistas no tema, acadêmicos, representantes de instituições não governamentais ou da sociedade civil e tomadores de decisão, com a finalidade de promover a troca de ideias e de conhecimento, bem como o compartilhamento de inovações, em um ambiente altamente interativo.

Em razão desse caráter estratégico, o CGEE vem buscando ter uma atuação mais relevante nesse evento, dado o seu potencial para alavancar a visibilidade desta instituição como um centro de excelência, podendo gerar, assim, novas oportunidades de articulação e colaboração. Como resultado dessa evolução, o CGEE teve umas das presenças institucionais mais marcantes na última edição da Conferência FTA, onde apresentou seis artigos e um pôster. As versões desses seis artigos e do pôster, que também foi transformado em um artigo, são expostas na presente edição da *Parcerias Estratégicas*.

Por meio dessa divulgação, o CGEE dá continuidade a uma das suas iniciativas no sentido de subsidiar o trabalho de tomadores de decisão no planejamento e na implementação de políticas públicas.

A versão original dos conteúdos expostos na Conferência FTA e que foram tratados e adaptados para esta revista pode ser acessada no endereço eletrônico <https://ec.europa.eu/jrc/en/event/site/fta2014>.

O Centro quer explicitamente agradecer à Comissão Europeia, detentora dos direitos autorais do material apresentado na Conferência FTA 2014, pela permissão concedida para que os artigos desenvolvidos pelo CGEE fossem traduzidos e disponibilizados por este meio para o público brasileiro.

Boa leitura!

SEÇÃO 1

CGEE NA FTA

Uma metodologia de análise de portfólio e
foresight para políticas de inovação

Monitoramento do ambiente externo e
construção de cenários prospectivos: desenvolvimento de
novos cenários ou uso de estudos de cenários existentes?

FTA como diligência prévia para uma era de
rápida interdição pelo *Duo Algoritmo - Big Data*

Foresight energético, cenários e
políticas para energias renováveis no Brasil

Análise de redes e FTA para uma avaliação estratégica dos
Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia

Cenários globais e *roadmapping* estratégico para o
desenvolvimento da indústria de terras raras no Brasil

Desenvolvendo uma estratégia de negócios
transformadora por meio da combinação do
Design Thinking e *Futures Literacy*

Uma metodologia de análise de portfólio e *foresight* para políticas de inovação

Eduardo do Couto e Silva¹, Richard Silbergli², Lucas Chieregatti Machado³,
Jackson Max Furtunato Maia⁴ e Cristiano Hugo Cagnin⁵

Resumo

Este artigo descreve um novo método para combinar *foresight* de inovação, índices de inovação de um país e análise de decisão para avaliar prioridades em portfólios de investimentos, com vistas a melhorar sistemas nacionais de inovação, usando o Brasil como exemplo. Esses resultados serão usados em um estudo de *foresight*, em andamento no CGEE,

Abstract

This paper describes a new method for combining innovation foresight, country's innovation indices, and decision analysis to identify the best combination of investments to improve national innovation systems, using Brazil as the example. These results will be used for an on-going CGEE foresight study aimed at improving the national

- 1 Ph.D. em Física. Foi pesquisador do SLAC National Accelerator Laboratory, CA, EUA; Chefe de Departamento de Pesquisa do Kavli Institute for Particle Astrophysics and Cosmology, Stanford University, CA; vice-diretor do Centro de Operações Científicas do telescópio principal do Observatório Fermi da NASA; e assessor do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Atualmente, é assessor sênior para assuntos internacionais do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM).
- 2 Formado em Física, com doutorado em Física do Estado Sólido pela Universidade da Pensilvânia (EUA). Tem trabalhado na academia, no governo e no setor privado, por mais de 40 anos, com avaliação, gestão de pesquisa e *Foresight* em áreas de tecnologia avançada. Lecionou tecnologias emergentes nos Estados Unidos e na Ásia; foi presidente do Conselho Consultivo Internacional do Centro de Tecnologia da APEC *Foresight*, em Bangkok, Tailândia. Atualmente, é Cientista Sênior da Rand Corporation em Washington-DC, EUA.
- 3 Estudante de Ciências Econômicas na Universidade de Brasília (UnB) e estagiário do CGEE de 2013 a 2015.
- 4 Analista em Ciência e Tecnologia Sênior do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) e assessor do CGEE. Foi coordenador técnico da Coordenação de Apoio à Pesquisa, Desenvolvimento e Aplicações (COAPD) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Coordenação de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da Agência Espacial Brasileira (AEB). É doutor em Ciências (Física) pela Universidade de São Paulo.
- 5 Assessor do CGEE, com PhD pela Universidade de Manchester, Reino Unido, bem como mestrado e graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Atua nas áreas de inovação, estudos de futuro (*foresight*) e sustentabilidade, com vasta experiência em projetos nacionais e internacionais no âmbito da Comissão Europeia e de parcerias com instituições como Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (Unido), Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA/UNEP) e Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).

que almeja melhorar o ecossistema nacional de inovação no Brasil. Os subpilares do critério “fatores humanos para inovação”, do *Global Innovation Index* (CORNELL UNIVERSITY, INSEAD e WIPO, 2014), são utilizados com a finalidade de desenvolver uma matriz de cobertura de *gaps*, que é analisada usando o método PortMan (CHOW *et al.*, 2011), para identificar um portfólio ótimo de investimentos, levando em consideração o nível de investimento de cada programa e qualquer inter-relação entre eles. A metodologia proverá subsídios a um estudo de *foresight* que deverá gerar valores limites para os *gaps* e descrever sua importância relativa. Isso fornecerá um guia explícito e quantitativo para os tomadores de decisão na implementação dos resultados de *foresight*. As implicações do método para as práticas de Future Oriented Technology Assessment (FTA) são também discutidas.

Palavras-chave: Inovação. Otimização de portfólio. *Foresight*.

ecosystem for innovation in Brazil. The sub-pillars for human factors for innovation of the Global Innovation Index (GI) (Cornell University, INSEAD and WIPO, 2014), are used to develop a gap coverage matrix that is analyzed using the PortMan method (Chow et al 2011), to enable the identification of an optimum portfolio of investments, taking into account the level of funding for each program and any interrelationships between them. The methodology will provide inputs to a foresight study that should generate threshold values for the gaps and describe their relative importance. This will provide an explicit and quantitative guide to decision-makers in the implementation of the foresight results. The implications of the method for Future-Oriented Technology Assessment (FTA) practice are discussed.

Keywords: Innovation. Portfolio optimization. *Foresight*.

1. Introdução

Por muitos anos, o *foresight* de inovação (GEORGHIOU, 2007) tem sido um exercício tipicamente circunscrito às áreas de avaliação de tecnologias. Entretanto, o *foresight* se desenvolveu além dos cenários voltados à tecnologia. Mais recentemente, seu foco mudou de alvos econômicos e tecnológicos para um entendimento profundo das maneiras pelas quais se pode operar e interagir em sistemas conhecidos e desconhecidos (MILLER, 2007-2011; LOVERIDGE, 2009). Assim, discussões orientadas ao futuro têm sido baseadas em remodelá-lo para, coletivamente, identificar e criar premissas antecipatórias e fazer escolhas para o presente (MILLER, 2007-2011).

São muitos os desafios na tentativa de caracterizar os ecossistemas de inovação. (CAGNIN *et al.*, 2012) destacaram as contribuições que a o campo da *Future-Oriented Technology Analysis* (FTA) poderia trazer para orientar os sistemas de inovação a grandes desafios, considerando aspectos estruturais e funcionais de uma abordagem de ‘sistemas de inovação’. Isso tem sido o ponto de partida para um exercício de *foresight*, em andamento no CGEE, que almeja o entendimento das dinâmicas do ecossistema de inovação brasileiro e seus indicadores associados. Neste artigo, propomos uma metodologia que fornecerá subsídios para o *foresight* em inovação, a fim de tratar deficiências no ecossistema de inovação brasileiro como um estudo de caso.

O *Global Innovation Index* (GII) considera o desempenho de uma ampla gama de países em sete áreas (“pilares”) críticas para a construção, manutenção e o fortalecimento dos ecossistemas nacionais de inovação. Neste artigo, descrevemos e executamos um exemplo de aplicação de uma metodologia que otimiza um portfólio de investimentos para abordar deficiências de um país em pilares específicos do GII e seus 81 subpilares. O exemplo de aplicação emprega o critério “Fator Humano na Inovação” do GII, para o qual aplicamos nosso método a nove subpilares no Brasil. O portfólio de investimento que consideramos é restrito a 15 programas do Ministério da Educação, para os quais pudemos obter dados suficientes para a análise. Portanto, o portfólio que identificamos no nosso exercício é otimizado somente dentro desses possíveis investimentos e não inclui outros programas igualmente importantes de agências federais, estaduais e locais, mesmo aqueles do Ministério da Educação para os quais não tínhamos dados suficientes para análise. Dada sua incompletude, apresentamos esses resultados somente como uma ilustração do método e não como um subsídio a decisões de investimento.

Para um país visando melhorar seu *ranking* no GII, sua posição em cada pilar e subpilar ilustra as deficiências que precisam ser tratadas no seu ecossistema de inovação. Tratamos essas deficiências, em nosso método, como “*gaps*” a serem preenchidos por um portfólio de investimento e desenvolvemos uma matriz de oferta-demanda, na qual “oferta” representa os investimentos ou programas que visam à melhoria do ecossistema de inovação e os *gaps* representam a “demanda”. Mostramos, então, como obter o valor esperado de cada investimento ou programa para tratar cada *gap*. Usamos, ainda, essa matriz do valor esperado, as estimativas de custo para cada programa e o número de indivíduos que este beneficia para achar um portfólio ótimo para um dado investimento, isto é, o portfólio de investimento que contém o maior valor esperado por indivíduo beneficiado. *Gaps* podem ser estimados tanto em relação a algum objetivo específico quanto para o melhor valor alcançado por outro país.

O ecossistema de inovação de cada país, independente de seu *ranking* no GII, terá suas próprias características, com suas deficiências específicas a serem tratadas. O exercício de *foresight*, levando em consideração o atual estado de inovação e as aspirações do país, é necessário para entender se o preenchimento dos *gaps*, definidos em termos de deficiências dos pilares e subpilares do GII, será suficiente para alcançar tais aspirações. Tal *foresight* pode também ajudar na ponderação do que constitui um *gap* preenchido adequadamente e em quais áreas novos *gaps* precisam ser definidos. Na ausência dessa ponderação, tratamos os *gaps* como de igual importância e usamos como nossa função objetivo para otimização de portfólio o valor total esperado por todos os *gaps*. Entretanto, metodologia foi desenvolvida para ser usada com abordagens de *foresight* e, quando aplicada como apoio à tomada de decisão, irá incorporar ferramentas e resultados de *foresight* com a finalidade de definir limites apropriados para o preenchimento dos *gaps*, como parte integral de sua função objetivo para otimização.

Este artigo é organizado da seguinte maneira: a próxima seção discute a abordagem metodológica, seguida de resultados, discussões e implicações, incluindo suposições e limitações do presente artigo, além de futuras recomendações. A última seção expõe a conclusão.

2. Abordagem metodológica

A metodologia proposta é mostrada na Figura 1. O processo de tomada de decisão PortMan oferece ferramentas para otimizar portfólios e preencher *gaps* (CHOW *et al.*, 2011), que, neste artigo, são as deficiências nos subpilares do GII, isto é, indicadores de inovação. O processo é concluído com recomendações para um exercício de *foresight*, visando a estabelecer limiares para *gaps* e sua importância relativa baseada em cenários de futuro. Como resultado, podem-se propor programas que irão preencher os *gaps* e informar os tomadores de decisão sobre opções otimizadas de portfólios de programas alinhados à estratégia de inovação de um país.

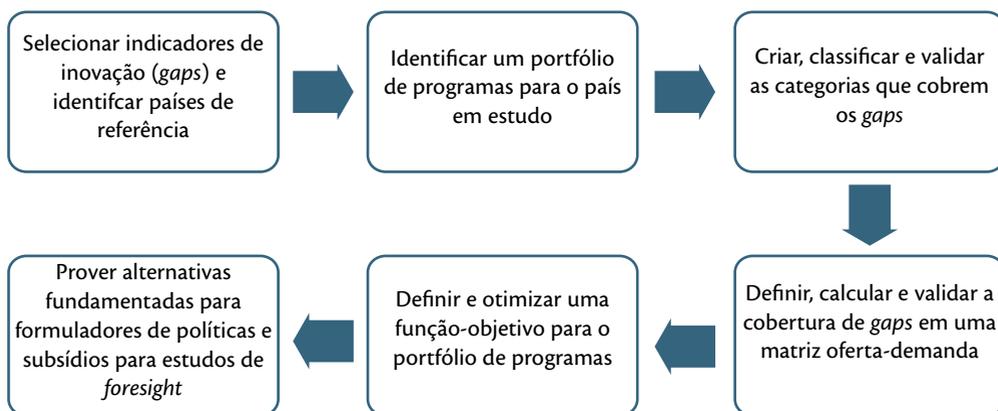


Figura 1. Descrição básica da metodologia proposta.

A fim de selecionar indicadores de inovação e identificar países de referência, deve-se comparar estudos de inovação para identificar métricas comuns e países que se posicionam consistentemente bem a despeito das métricas aplicadas. É comum encontrar indicadores de inovação associados ao Produto Interno Bruto (PIB), mas esses indicadores devem ser removidos do estudo, uma vez que definir e alcançar metas associadas ao PIB é uma decisão central do governo e não objetivos do portfólio de programas sob análise. Uma vez que os indicadores, isto é, os *gaps*, tenham sido identificados, deve-se desenvolver um método para classificar ou categorizar sua importância relativa, considerando que eles podem ser usados como subsídio para estudos de *foresight*.

2.1. Indicadores de inovação e países de referência

Fizemos uma breve comparação de relatórios de inovação, almejando identificar países de referência e indicadores de inovação para o Brasil, país em estudo neste artigo. Os seguintes relatórios foram usados: o *Global Innovation Index* (CORNELL UNIVERSITY, INSEAD e WIPO, 2014), o *Global Competitiveness Report 2013–2014* (SCHWAB *et al.*, 2013), *The Global Innovation Policy Index 2012* (ATKINSON *et al.*, 2012) e *The Innovation Union Scoreboard* (EUROPEAN COMMISSION, 2014). O GII foi o relatório selecionado para o presente estudo de caso. Esse índice tem evoluído continuamente desde 2007 e, em 2011, a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (*World Intellectual Property Organization*) o adotou como referência. Ele contém um dos mais completos estudos, com dados de 143 países, incluindo tendências como sustentabilidade e uma quebra de paradigmas, isto é, o impacto de ideias criativas na economia como parte do cálculo do índice de inovação. Outra vantagem do GII é que a maior parte dos dados é recente (2012-2013); somente 37% vêm de anos anteriores (CORNELL UNIVERSITY, INSEAD e WIPO, 2014). O GII define pilares sob os quais indicadores são agrupados e fornece quatro índices: o subíndice de entrada, o subíndice de saída, a relação de eficiência (saída/entrada) e a pontuação geral do GII (média simples entre os índices de entrada e saída). Ele também contém análise conceitual coerente e estatística para os indicadores compostos (CHERCHYE *et al.*, 2008).

Como o presente estudo foca em uma prova de conceito de uma metodologia, nem todos os indicadores existentes no GII foram usados. A utilização de indicadores relativos a fatores humanos para inovação segue recomendações do relatório de apresentação do GII 2014 e é caracterizada no índice pelos pilares: Capital humano e pesquisa; e sofisticação empresarial. Além disso, há um exercício de *foresight* do ecossistema de inovação em andamento no CGEE, que identificou diversas funções que contribuem para os objetivos de inovação. Uma das funções mais críticas identificadas pelo exercício corresponde ao desenvolvimento e à mobilização dos recursos humanos (isto é, fatores humanos). Por fim, além de Izsák (2013) indicar que há dois tipos de políticas para melhorar as aptidões para inovação - apoio aos recursos humanos para P&D e ensino de aptidões relacionadas à inovação -, um estudo Europeu (HOLLANDERS *et al.*, 2014) aponta recursos humanos como viabilizadores responsáveis pela performance em inovação.

Após a comparação de diversos relatórios sobre inovação, pode-se argumentar que os indicadores do GII selecionados não constituem uma lista abrangente. Por exemplo, para a Europa, outros indicadores têm sido discutidos na literatura (EUROPEAN COMMISSION, 2014): a porcentagem de jovens entre 20-24 anos que têm ao menos ensino médio completo; a porcentagem da população que completou a educação superior; número de estudantes de doutorado não Europeus; número de novos doutorandos; número de copublicações internacionais por milhão; e publicações científicas entre as 10% mais citadas mundialmente, como um percentual do total

de publicações científicas do país. Outros estudos usam o desempenho de P&D nas instituições de educação superior normalizadas pelo PIB e a qualificação de imigrantes (ATKINSON, *et al.*, 2012). Incluem, ainda, qualidade do sistema educacional, qualidade do ensino de matemática e ciências, acesso à internet em escolas, número de matrículas no ensino superior, extensão do treinamento de pessoal, qualidade das instituições de pesquisa científica e a disponibilidade de cientistas e engenheiros (SCHWAB *et al.*, 2013). Essas diferenças não são um problema para nossa metodologia porque ela presume um dado conjunto de indicadores como pré-condição para a análise e é o exercício de *foresight* que, no final do processo, verifica a adequação do conjunto escolhido para um cenário futuro.

2.2. *Gaps*, categorias e programas

Para estimar o impacto dos programas no preenchimento dos *gaps*, usamos o método de cobertura de *gaps* (CHOW *et al.*, 2011). Nessa abordagem, *gaps* ocupam um espaço que pode ser descrito por um conjunto mutuamente exclusivo de categorias que representam as dimensões do espaço de *gaps*. A escolha das categorias é essencial para a metodologia e deve envolver pesquisa bibliográfica e discussão com especialistas, uma vez que formuladores de políticas podem não definir de forma clara quais os problemas que uma política particular está tentando resolver, mas sim focam em ações para solucioná-los. Quando identificadas e validadas, deve-se classificar as categorias para que os programas possam receber pesos apropriados no portfólio.

Para o presente estudo, identificamos nove *gaps* (Tabela 1), cada um representando um indicador de inovação (subpilar do GII). Esses *gaps* são distribuídos entre as seguintes categorias que foram definidas após pesquisa bibliográfica e discussões com especialistas em políticas públicas: (1) educação dos pais; (2) recursos e apoio logístico para estudantes; (3) treinamento e recursos de professores; (4) demanda por trabalho qualificado; (5) padrões internacionais de pesquisa e ensino; e (6) infraestrutura para pesquisa e ensino.

Programas são conectados aos *gaps* pela matriz de cobertura do espaço de *gaps*. Para construir essa matriz, deve-se estimar quais dimensões do espaço, isto é, as categorias, são cobertas por cada programa e quão bem cada programa aborda cada *gap*, isto é, seu potencial técnico para preencher um *gap* (CHOW, *et al.*, 2011). Os valores esperados para a matriz de cobertura de *gaps* são então calculados como mostra a Equação (1), na seção Resultados deste artigo. Em seguida, define-se uma função objetivo baseada no valor total esperado (ponderado pelo número de indivíduos beneficiados), que deve ser maximizada com o orçamento total do portfólio como restrição.

Os indicadores de inovação (*gaps*) usados para este estudo são descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Indicadores de inovação usados como *gaps* para este estudo com sua fonte, data de publicação e descrição.

ID	Gap	Descrição	Fonte Anos
1	Expectativa de anos de escolaridade	Número total de anos de estudo que uma criança de certa idade pode esperar receber no futuro, presumindo que a probabilidade de ser matriculada na escola em uma idade qualquer seja igual à taxa de matrículas para aquela idade.	UNESCO 2012-2014
2	Avaliação em leitura, matemática e ciências	O Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (<i>Program for International Student Assessment</i>) (PISA) desenvolve três pesquisas anuais que examinam o desempenho de estudantes de 15 anos em leitura, matemática e ciências. As pontuações são calculadas em cada ano para que a média seja 500 e o desvio padrão, 100. As pontuações para a China vêm de Xangai; as da Índia vêm de Himachal Pradesh e Tamil Nadu (média); as dos Emirados Árabes Unidos vêm de Dubai; e as da República Bolivariana da Venezuela, de Miranda. Estas pontuações são do relatório GII de 2013.	OECD 2010-2012
3	Proporção aluno-professor, Ensino Médio	O número de alunos matriculados no ensino médio dividido pelo número de professores deste nível (independente da matéria designada). Onde os dados faltaram para alguns países, as proporções para os últimos anos do ensino médio são relatadas; se estas também estão faltando, as proporções para os primeiros anos deste nível são relatadas no lugar.	UNESCO 2013-2014
4	Matrículas no Ensino Superior	A proporção do total de matrículas no ensino superior, independente da idade, pela população do grupo etário que, oficialmente, corresponde ao nível superior de educação. Educação superior, sendo ou não para qualificação em pesquisa avançada, normalmente requer, como uma condição mínima para admissão, o Ensino Médio completo.	UNESCO 2012-2014
5	Graduados em ciências e engenharia	A parcela de todos os graduados da educação superior em produção, engenharia e construção pelo total de alunos do ensino superior.	UNESCO 2012-2014
6	Internacionalização e Mobilidade no Ensino Superior	O número de estudantes estrangeiros estudando em determinado país como uma porcentagem do total de matrículas no ensino superior do país.	UNESCO 2013-2014
7	Pesquisadores	Pesquisadores por milhão/população. Pesquisadores em P&D são profissionais engajados na concepção ou criação do conhecimento de novos produtos, processos, métodos, ou sistemas e na gestão dos projetos relacionados. Estudantes PhD (ISCED97 nível 6) engajados em P&D são incluídos. A série com equivalentes em tempo integral (<i>full-time equivalents</i> – FTE) também existe, mas tem menos cobertura de países.	UNESCO 2012-2014
8	Pontuação média das 3 melhores universidades no QS <i>world ranking</i>	Pontuação média das três melhores universidades por país. Se menos que três universidade estão listadas no QS <i>ranking</i> de um total de 700, a soma das pontuações das universidades listadas são divididas por três, assumindo a pontuação zero para as não listadas.	QS 2013-2014
9	Empresas oferecendo treinamento formal	A porcentagem de empresas oferecendo programas de treinamento formal para seus funcionários permanentes e de tempo integral.	IFC-W/B 2005-2013

Fonte: GII, 2014.

A seleção de um portfólio de programas é complexa por diversas razões. Programas que têm impacto em inovação podem ter origem em diversas esferas governamentais: federal, estadual e

local. Desenvolver uma ampla lista de programas, além de quantificar seus custos e o número de beneficiados por um período de tempo cuidadosamente selecionado, pode ser uma tarefa difícil em razão da indisponibilidade ou inexistência de dados. Além disso, é possível que o(s) idealizador(es) desses programas não os tenham desenvolvido para solucionar diretamente os *gaps* relevantes para inovação. Entretanto, nossa proposta de metodologia permite fornecer opções informadas para os formuladores de políticas, mesmo na ausência de uma ampla lista de programas, com a ressalva de que a análise quantitativa proveniente desse trabalho não deve ser vista como uma recomendação a tais formuladores, mas como uma fonte de informação dentro de um conjunto de alternativas que devem ser consideradas juntamente com os resultados de outros métodos.

3. Resultados, discussão e implicações

Como descrito previamente, seis categorias foram usadas para representar o impacto dos programas nos *gaps*; essas categorias foram definidas de forma independente dos programas e devem representar um conjunto ortogonal necessário para cobrir todos os *gaps*. Essas categorias foram utilizadas em uma análise que usou o método PortMan (CHOW *et al.*, 2011) para obter o valor esperado ($\sum CE_{km}$) de cada programa, como mostrado na Equação (1). O valor esperado para cada programa, EV_i , quantificou sua importância relativa dentro do portfólio e foi normalizado para cada *gap*, como descrito na Equação (1). A soma de todos os valores esperados que contribuíram para um *gap* poderia ser maior que 1 (um) e isto poderia indicar que o portfólio está investindo além do necessário naquele *gap*:

$$EV_i = \sum_{k=1}^{ngaps} \frac{\sum_{n=1}^{ncat} C_{kn} \cdot T_{kn} \cdot CE_n \cdot P_{in}}{\sum_{m=1}^{ncat} CE_{km}} \quad (1),$$

onde i corresponde ao número de programas, k ao número de *gaps*, e m ao número de categorias. O número total de *gaps* e as categorias são caracterizados por $ngaps$ e $ncat$, respectivamente. Se um programa contribui para um *gap* por meio de uma categoria n , então P_{in} assume o valor de um, caso contrário, zero. Se um programa afeta um *gap* k por meio de uma categoria n , então C_{kn} assume o valor de um, caso contrário, zero. O potencial técnico T_{kn} mede o impacto potencial de um programa em tratar um *gap* por meio de uma dada categoria e este pode assumir três valores: baixo (0,33), médio (0,67) ou alto (1). A importância relativa das categorias foi obtida pela construção de uma rede bipartida não dirigida entre categorias e *gaps*, sem considerar os programas. As centralidades de autovetor resultantes foram somadas para gerar a normalização para cada *gap*. Portanto, a soma de CE_{km} inclui somente categorias relevantes para um determinado *gap* e não todas as seis categorias, como mostrado na Tabela 2. O valor

de CE_n no numerador usa os mesmos valores de centralidade de autovetor como pesos para as categorias que contribuem para o *gap*.

Tabela 2. Os pesos de centralidades de autovetor para cada *gap* k e categoria m e suas normalizações CE_{km} correspondentes baseadas no número de categorias relevantes.

	Gap k								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.293	0.293							
2	0.920	0.920		0.920	0.920	0.920		0.920	
3	0.379	0.379	0.379						
4	0.560			0.560	0.560				0.560
5					0.574	0.574	0.574	0.574	
6	1.000		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
$\sum CE_{km}$	3.152	1.592	1.379	2.48	3.054	2.494	1.574	2.494	0.56
Número de categorias relevantes	5	3	2	3	4	3	2	3	1

Os resultados mostrados na Tabela 2 ($\sum CE_{km}$) foram usados na Equação (1) para obter a cobertura de *gaps*, isto é, quantos *gaps* foram cobertos com o portfólio de programas. A Tabela 3 mostra, por programa, como cada categoria contribui (azul escuro) ou não (azul claro) para preencher um *gap*. Note que um único programa pode se referir a mais de um *gap*. Os valores esperados para cada programa são mostrados embaixo do número de programas e os números destacados (preto) indicam categorias que são consideradas importantes para serem preenchidas naquele *gap*. Como consideramos somente o impacto direto dos programas através de categorias, todos os impactos indiretos foram ignorados no cálculo. Um exemplo claro disso pode ser visto nos *gaps* 3 e 8 (vide Tabela 3), os quais não foram diretamente cobertos por nenhum dos programas. Isso não é surpreendente, já que o portfólio de programas do Ministério da Educação (MEC) não foi escolhido para satisfazer os *gaps* identificados como subpilares de inovação no Global Innovation Index, mas por seu potencial de melhoria na educação brasileira, considerando as idiossincrasias do Brasil, e não necessariamente o comparando com outros países. Foi por meio da presente metodologia que se trouxe esses elementos para uma comparação direta.

Tabela 3. Programas e categorias que contribuem (azul escuro=y) ou não (azul claro=n) para um gap. Os valores esperados por programa são mostrados embaixo do número do programa. Os números destacados (preto) indicam as categorias que são consideradas importantes para preencher aquele gap.

	Gap 1	Gap 2	Gap 3	Gap 4	Gap 5	Gap 6	Gap 7	Gap 8	Gap 9
	categorias								
P1 1.84	L n n n n n n n n n y n y n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n y n y n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n
P2 0.26	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n y n n n y n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n
P3 0.66	L n n n n n n n y n n n y n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n
P4 0.57	L n n n n n n n y n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n y n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n
P5 0.12	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n y n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n
P6 0.61	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n y n y n n	H n y n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n
P7 0.56	L n n n n n n n y n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n
P8 1.13	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n y n n
P9 0.56	L n n n n n n n y n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n
P10 0.52	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n y n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n y n n n y n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n
P11 0.52	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n y n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n y n n n y n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n
P12 0.54	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n y y n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n
P13 0.54	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n y y n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n
P14 0.29	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n y n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n
P15 0.29	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n y n n n n n n n n n n n n n n n n	L n n n n n n n n n n n n n n n n n n	M n n n n n n n n n n n n n n n n n n	H n n n n n n n n n n n n n n n n n n

A Figura 2 mostra um gráfico do valor esperado de cada um dos 15 programas do Ministério da Educação, classificados da seguinte forma: programas de 1 a 6 focam na educação superior; programas 7 a 9 são, em sua maioria, dedicados à educação vocacional e profissional, e os programas de 10 a 15 são dedicados à educação básica. Os programas contêm uma composição de políticas que são inerentes às necessidades do Brasil, as quais incluem, entre outros, transporte escolar de estudantes das áreas rurais, acesso à escola para portadores de necessidades especiais e apoio a estudantes em condições vulneráveis. Após análise cuidadosa, ficou claro que não se pode simplesmente avaliar os programas sem considerar o número de pessoas beneficiadas e o custo envolvido. Essas questões serão tratadas posteriormente neste artigo.

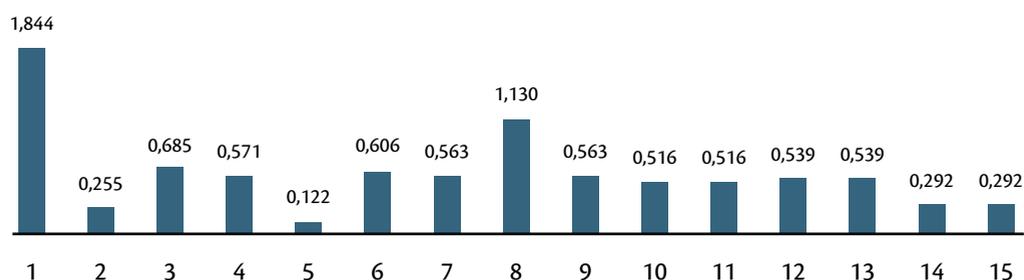


Figura 2. Valor esperado para todos os 15 programas do portfólio.

O impacto do portfólio também pode ser quantificado com respeito aos *gaps*, como mostra a Figura 3. Aparentemente, há uma redundância em tratar os *gaps* 1, 2 e 4, enquanto outros *gaps* não são suficientemente cobertos para tratar os fatores humanos para inovação. O formulador de política deve notar que essa informação quantitativa é uma estimativa preliminar e não uma recomendação de onde investir. Por exemplo, os programas que contribuem para a *gap* 1 incluem elementos importantes do ecossistema brasileiro que têm impacto na expectativa de anos de escolaridade, como: melhorias na infraestrutura; distribuição de livros aos estudantes; acesso para pessoas portadoras de necessidades especiais e em condições vulneráveis. Este exemplo destaca a dificuldade em correlacionar programas que não são diretamente concebidos para desenvolver o capital humano para inovação, mas são importantes para estabelecer um ecossistema saudável para este propósito.

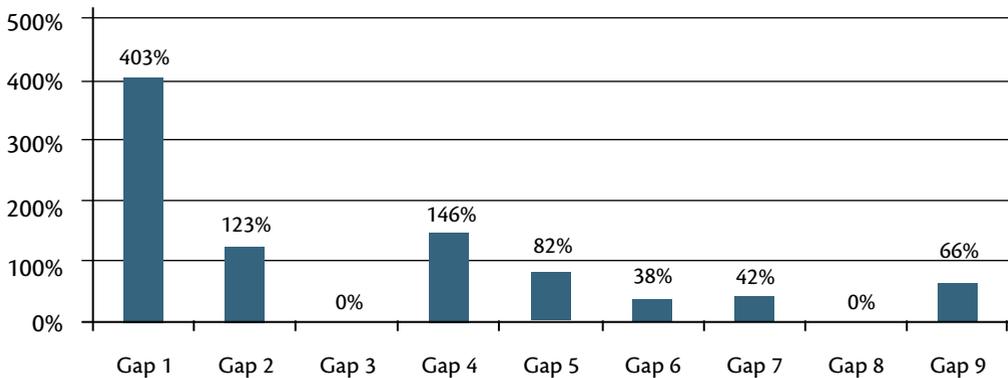


Figura 3. Porcentagem dentro das quais o portfólio de programas cobre cada *gap*.

Para entender a importância desses *gaps*, identificamos os 25 países mais inovadores, pela comparação dos relatórios de inovação previamente citados. Identificamos, para cada *gap* (isto é, um subpilar do *Global Innovation Index*), os 25 países que têm a pontuação mais alta para aquele *gap* em particular. Em seguida, perguntamos quantos dos 25 países mais inovadores estão entre aqueles com as 25 maiores pontuações para aquele *gap*. Esses países foram usados para construir uma rede não dirigida com os países e os *gaps* representados como nós da rede. Os resultados obtidos foram as centralidades de autovetor indicadas na Tabela 4, mostrando a importância relativa dos *gaps*. A Figura 4 indica o número de *gaps* cobertos por cada país, considerando somente os indicadores usados para este estudo (*vide* Tabelas 1 e 4). *A priori*, não existe uma prescrição para o número de *gaps* que um portfólio deve cobrir, mas o presente portfólio claramente possui um impacto maior em três (*gaps* 1, 2 e 4) (*vide* Figura 3) dos seis mais relevantes encontrados pela análise de rede (*vide* Tabela 4): expectativa de tempo de escolaridade; avaliação em leitura, matemática e ciências; e matrículas no nível superior.

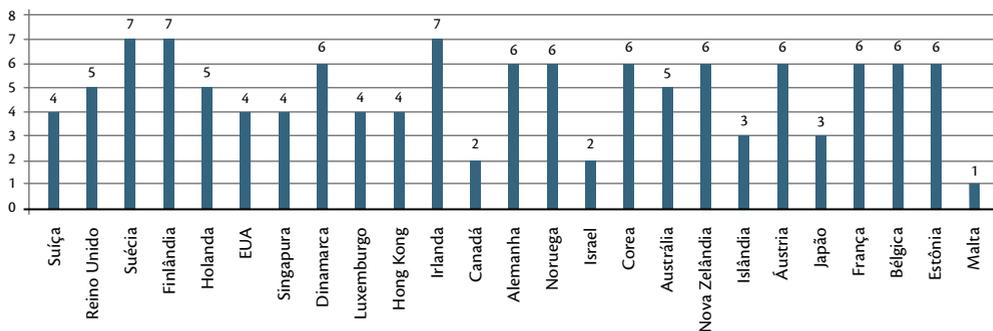


Figura 4. Número de *gaps* cobertos pelos países inovadores para os indicadores usados neste trabalho.

Tabela 4. Importância relativa dos *gaps*, considerando os 25 países mais inovadores para cada *gap*.

Lacunas	Descrição	Posição (classificada por importância)	Centralidade de Autovetor
8	Pontuação média das 3 melhores universidades no QS world ranking	1	1,00
7	Pesquisadores	3	0,99
2	Avaliação em leitura, matemática e ciências	2	0,98
1	Expectativa de vida escolar	4	0,88
6	Internacionalização e Mobilidade no Ensino Superior	5	0,79
4	Matrículas no superior	6	0,77
5	Graduados em ciências e engenharia	7	0,40
3	Proporção aluno-professor no Ensino Médio	8	0,21
9	Empresas oferecendo treinamento formal	9	0,11

O próximo passo da análise envolveu a atribuição de valores para o número de beneficiados e o custo por programa, como demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5. Pesos (3,2,1) usados para a correção dos valores esperados para cada programa, baseados no custo e no número de beneficiados.

Custo		Beneficiados	
3	Mais de R\$ 1bilhão	1	Menos de R\$ 100 mil
2	de R\$ 100 milhões a R\$ 1bilhão	2	de R\$ 100 mil a R\$ 1 milhão
1	Menos de R\$ 100 milhões	3	Mais de R\$ 1milhão

Esses valores devem ser considerados preliminares porque foram estimados por meio de uma combinação de orçamentos planejados e de execução orçamentária, que não necessariamente cobriu todos os anos de todos os programas. O número de beneficiados foi deduzido, em alguns programas, com base no número de instituições favorecidas por aqueles programas, e não no número real de indivíduos atendidos pelo programa. Para o presente artigo, isso não é um problema, uma vez que estamos somente avaliando a relevância da metodologia.

A Tabela 6 mostra os valores esperados, normalizados pelo custo e número de beneficiados. Os Programas 2, 10, 11 e 12 são aqueles cuja proporção de beneficiados pelo custo é mais favorável.

Entretanto, quando este ajuste é usado para calcular o valor esperado (TEV/Custo), os programas 8, 12, 10 e 11 aparentam ser os mais relevantes, enquanto os programas 5 e 14 são os menos relevantes.

Tabela 6. Pesos (3,2,1) usados para a correção dos valores esperados para cada programa, baseados no custo e número de beneficiados.

	EV	Custo	Beneficiado	Beneficiado/ Custo	EV/Custo	TEV (EV x Beneficiados)	TEV/Custo
P1	1.844	3	1	0.3	0.615	1.844	0.615
P2	0.255	1	2	2.0	0.255	0.511	0.511
P3	0.658	3	3	1.0	0.219	1.973	0.658
P4	0.571	3	2	0.7	0.190	1.141	0.380
P5	0.122	1	1	1.0	0.122	0.122	0.122
P6	0.606	2	1	0.5	0.303	0.606	0.303
P7	0.563	1	1	1.0	0.563	0.563	0.563
P8	1.130	3	3	1.0	0.377	3.389	1.130
P9	0.563	2	1	0.5	0.281	0.563	0.281
P10	0.516	2	3	1.5	0.258	1.548	0.774
P11	0.516	2	3	1.5	0.258	1.548	0.774
P12	0.539	2	3	1.5	0.269	1.616	0.808
P13	0.539	3	3	1.0	0.180	1.616	0.539
P14	0.292	3	2	0.7	0.097	0.584	0.195
P15	0.292	3	3	1.0	0.097	0.876	0.292

O número de beneficiados ponderou cada programa e essa quantidade, o valor total esperado (TEV), foi maximizada, levando em consideração os limites orçamentários. A função objetivo (OF) foi definida como:

$$OF = \sum_{j=1}^n TEV_j \cdot P_j \quad (2),$$

onde TEV_j é a soma do valor esperado para o programa P_j em todos os *gaps*, ponderados pelo número de beneficiados, n é o número total de programas e P_j é igual a um quando o programa é incluído no portfólio, caso contrário, é zero. A maximização foi feita usando um algoritmo evolucionário de programação linear onde é imposta a restrição descrita pela equação (3):

$$\sum_{j=1}^n C_j < Total\ Portfolio\ Cost \quad (3),$$

onde C_j é o custo total estimado para o programa P_j , considerando o valor do meio para cada um dos três intervalos dispostos na Tabela 5. A inclusão ou exclusão de programas em um portfólio limitado a um dado orçamento pode variar conforme mudanças na restrição do orçamento. Para testar isto, maximizamos a função objetivo e criamos dezoito cenários de custos (S1 a S18) em ordem crescente de valor. Os resultados mostrados na Tabela 7 sugerem que, para cenários de orçamentos baixos, este portfólio deve conter mais programas de menor custo.

Tabela 7. Resultados obtidos da maximização do valor total esperado, ponderados pelo número de beneficiados para cada programa, usando custo total como restrição. Para detalhes, *vide* texto.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15		
																TEV	
S1							0.56									0.56	
S2		0.51					0.56									1.07	
S3		0.51			0.12		0.56									1.20	
S4												1.62				1.62	
S5		0.51			0.12		0.56					1.62				2.81	
S6												1.62	1.62			3.23	
S7		0.51			0.12		0.56					1.62	1.62			4.43	
S8											1.55	1.55	1.62			4.71	
S9		0.51			0.12		0.56				1.55	1.55	1.62			5.91	
S10		0.51			0.12	0.61	0.56				1.55	1.55	1.62			6.51	
S11		0.51			0.12	0.61	0.56		0.56		1.55	1.55	1.62			7.08	
S12		0.51			0.12	0.61	0.56	3.39	0.56		1.55	1.55	1.62			10.46	
S13		0.51	1.97		0.12	0.61	0.56	3.39	0.56		1.55	1.55	1.62			12.44	
S14	1.84	0.51	1.97		0.12	0.61	0.56	3.39	0.56		1.55	1.55	1.62			14.28	
S15	1.84	0.51	1.97		0.12	0.61	0.56	3.39	0.56		1.55	1.55	1.62	1.62		15.90	
S16	1.84	0.51	1.97	1.14	0.12	0.61	0.56	3.39	0.56		1.55	1.55	1.62	1.62		17.04	
S17	1.84	0.51	1.97	1.14	0.12	0.61	0.56	3.39	0.56		1.55	1.55	1.62	1.62	0.88	17.91	
S18	1.84	0.51	1.97	1.14	0.12	0.61	0.56	3.39	0.56		1.55	1.55	1.62	1.62	0.58	0.88	18.50

A metodologia permite a identificação dos programas, como o P13, que podem ser excluídos de um portfólio em cenários de orçamento médio, mas podem ser incluídos em cenários de baixo ou alto orçamento, não sendo interpretado, portanto, como um programa de alta prioridade. Da análise numérica, pode-se também remover os programas P14 e P15 do portfólio, uma vez que eles são somente justificados quando altos orçamentos estão disponíveis. Os Programas P12, P11 e P10 aparentam ter uma relação custo-benefício favorável, tendo em vista que, uma vez incluídos no portfólio, eles compõem o portfólio nos cenários subsequentes de orçamento.

Outra visualização dos resultados da otimização do portfólio é mostrada na Figura 5, a qual indica que, para um valor total esperado de até 7, programas podem ser inclusos com efeito marginal no orçamento total. Além desse valor, há uma sequência de programas de alto custo que tem uma contribuição importante para o valor total esperado, como no P8 e P3.

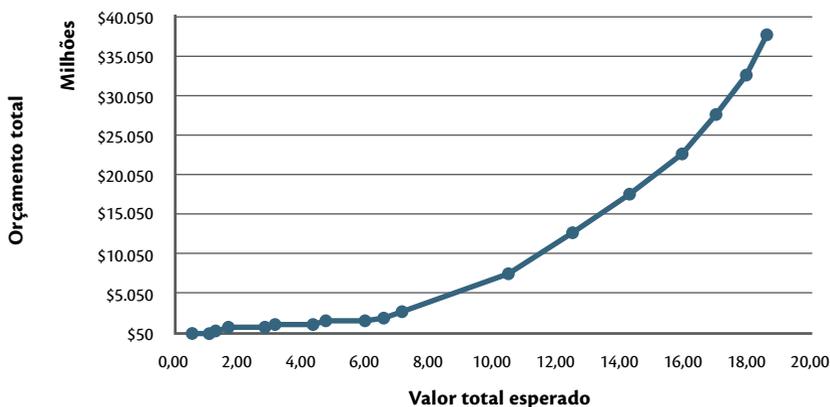


Figura 5. Valor total esperado para o portfólio de programas, baseado na restrição total de um orçamento depois da maximização da função objetivo. Para detalhes, vide texto.

3.1. Discussões e implicações

Essas são ressalvas importantes para a metodologia proposta:

- Os programas não devem ser analisados individualmente, já que avaliações mais seguras podem ser feitas sobre o portfólio de programas, devido a sua interconectividade na análise;
- Nossa análise quantitativa não remove a subjetividade dos indicadores de inovação, mas tem o objetivo de minimizar subjetividade adicional, por meio do uso de julgamentos validados por especialistas;

- Nosso método é sensível a mudanças no potencial técnico dos programas, mas reside na definição adequada e caracterização das categorias que impactam os *gaps*.

Os resultados discutidos neste artigo são subsídios importantes para o exercício de *foresight* do ecossistema de inovação em andamento no CGEE, o qual está, atualmente, terminando sua fase de diagnóstico⁶. As principais questões que atualmente lideram o exercício estão descritas na Tabela 8. A Tabela 9 destaca perguntas adicionais que devem ser respondidas, baseadas nos resultados deste artigo.

Tabela 8. Fases e principais perguntas que direcionam o exercício de *foresight* continuado do CGEE para um ecossistema de inovação.

Diagnóstico	Exploração	Prescrição
<ul style="list-style-type: none"> • Quais são as funções do sistema que representam o Sistema Nacional de Ciências, Tecnologia e Inovação (SNCTI)? • Quais são as atividades CT&I desenvolvidas para cada agente do sistema e quais funções do sistema se relacionam a elas? • Quais são as funções e/ou relações importantes entre agentes faltantes ou mal desenvolvidos e por quê? 	<ul style="list-style-type: none"> • Qual é o futuro da inovação e do SNCTI? • Como pode ser mensurado tal SNCTI futuro em termos de performance? • De quais formas o SNCTI pode ser organizado? • Como o atual SNCTI pode evoluir na direção de diferentes possibilidades? • Quais agentes devem exercer quais papéis? 	<ul style="list-style-type: none"> • Quais critérios devem ser usados para priorizar a organização, medidas de <i>performance</i> e papéis dos agentes do SNCTI? • Quais políticas são requeridas para permitir que o SNCTI evolua na direção desejada? • Quais outras ações (por exemplo, fundos, pesquisa, etc.) são requeridas e como implementá-las a tempo, considerando as inter-relações e a interdependência (isto é, o mapeamento)?

Tabela 9. Novas questões para o exercício de *foresight* de ecossistemas de inovação no CGEE que derivaram dos resultados deste artigo.

Diagnóstico	Exploração	Prescrição
<ul style="list-style-type: none"> • Qual é o estado atual do sistema de inovação do Brasil e como se compara aos países de referência? • Em qual extensão os <i>gaps</i> identificados e os programas existentes cumprem os requisitos para os fatores humanos para inovação? 	<ul style="list-style-type: none"> • Quais são as aspirações do sistema brasileiro de inovação? • Quais fatores de países de referência podem ser adaptados para atender essas aspirações? • Quais são os <i>gaps</i> relevantes para a melhoria dos fatores humanos para inovação no ecossistema brasileiro? • Quais são os limites possíveis apropriados que podem ser aplicados para a análise de cobertura de <i>gaps</i>? 	<ul style="list-style-type: none"> • Como combinar aspirações e países de referências para definir uma visão para o futuro do sistema brasileiro de inovação? • Quais <i>gaps</i>, limites de <i>gaps</i> e programas são mais apropriados para apoiar tal visão?

⁶ Um exercício de *foresight* pode ser tipicamente dividido em três fases principais: diagnóstico, exploração e prescrição (CAGNIN; KÖNNÖLÄ, 2014).

O exercício de *foresight* deve prover um roteiro com os programas existentes e os novos que são necessários para obter os valores limites de cada *gap*, com o intuito de alcançar a visão de futuro do sistema de inovação brasileiro. Devem-se usar programas e *gaps* a partir da análise atual, juntamente com a metodologia de otimização descrita aqui, como alimentação para o mapeamento do apoio à tomada de decisão para os fatores humanos da inovação. Em princípio, a análise atual deve ser repetida para uma ampla lista de pilares (incluindo aqueles do GII), de modo que a visão completa de todo o sistema de inovação possa ser proposta. Assim, este estudo deve ser visto como o primeiro passo em direção a uma nova metodologia para *foresight* de inovação. A seguir, são expostas recomendações para desenvolvimentos futuros:

- expandir a presente análise para incluir o maior número possível de indicadores do GII;
- combinar dados de diferentes relatórios de inovação;
- incluir programas de diferentes ramos do governo;
- incluir estimativas de orçamento e não os gastos efetivos dos programas;
- melhorar a análise de custo e caracterizar os orçamentos por um período de, pelo menos, cinco a sete anos, uma duração média típica de implementação de medidas políticas. Isto permitiria a incorporação de custos para vários anos como uma restrição adicional;
- incluir um amplo conjunto de especialistas para validar todas as categorias, os *gaps* e programas;
- melhorar a otimização de portfólio, usando a abordagem Monte Carlo para lidar com incertezas (para exemplo, *vide* Chow *et al.*, 2011);
- desenvolver ferramentas adequadas para o exercício de *foresight*; e
- adicionar novas dimensões de análise para levar em conta as características especiais do Brasil, como:
 - aspectos regionais de indicadores, tendo em vista que a redução de disparidades é de extrema importância para um país continental como o Brasil;
 - disparidades entre instituições de ensino públicas e privadas;
 - aspectos de vulnerabilidade, gênero e etnia, quando aplicáveis.

4. Conclusões

Este artigo descreve um estudo de caso para um novo método que associa *foresight* de inovação, índices internacionais de inovação e análise de decisão para identificar a melhor combinação de investimentos para melhorar os sistemas nacionais de inovação, usando um conjunto de dados do Brasil como exemplo. As principais implicações do método para a prática de FTA, avaliação e melhorias de outros sistemas de inovações nacionais são: (i) pode-se classificar uma lista de programas não exaustiva e avaliar seu impacto nos indicadores de inovação; (ii) pode-se informar os formuladores de políticas sobre potenciais *gaps* não identificados nas estratégias de inovação; e (iii) pode-se prover subsídios para estudos de *foresight*, visando a melhorar o ecossistema de inovação de um país.

O resultado principal deste artigo é a prova de conceito de uma nova metodologia. Mais estudos são necessários para prover uma melhor avaliação de como os programas no Brasil são ou não adequados para preencher os *gaps* propostos. Especialistas nas áreas de interesse devem validar as matrizes de análises de *gaps* e o trabalho deve ser expandido para incluir todos os indicadores do *Global Innovation Index* e, potencialmente, indicadores de estudos adicionais.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer Steve Berner da RAND Corporation, EUA e Sari Soderlund da Universidade de Turku, Finlândia, por revisarem a versão original deste artigo e proverem comentários úteis.

Referências

- ATKINSON, R.D.; EZELL, S.J.; STEWART, L.A. **The global innovation policy index 2012**: Information Technology and Innovation Foundation and the Kauffman Foundation. 2012.
- CAGNIN, C.; AMANATIDOU, E.; KEENAN, M. Orienting European innovation systems towards grand challenges and the roles that FTA can play. **Science and Public Policy**, v. 39, p. 140–152. 2012.
- CAGNIN, C.; KÖNNÖLÄ, T. Global foresight: Lessons from a scenario and *roadmapping* exercise on manufacturing systems. **Futures**, v. 59, p. 27–38. 2014.
- CHERCHYE, L.; MOESEN, W.; ROGGE, N.; VAN PUYENBROECK, T.; SAISANA, M.; SALTELLI, A.; LISKA, R.; TARANTOLA, S. Creating composite indicators with DEA and robustness analysis: the case of the technology achievement index. **Journal of Operational Research Society**, n.59, p. 239–51. 2008.
- CHOW, B.G.; SILBERGLITT, R.; HIROMOTO, S.; REILLY, C.; PANIS, C. **Toward affordable systems II portfolio management for army science and technology programs under uncertainties**. Santa Monica, Calif.: RAND Corporation MG-979-A. 2011. Disponível em: <http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2011/RAND_MG979.pdf>.
- CORNELL UNIVERSITY, INSEAD, WIPO. **The global innovation index 2014: the human factor in innovation**, Fontainebleau, Ithaca, and Geneva. 2014.
- EUROPEAN COMMISSION, DG ENTERPRISE AND INDUSTRY. **Innovation union scoreboard 2014** – prepared by Hollanders H. and Es-Sadki N., Maastricht Economic and Social Research Institute on Innovation and Technology (UNU-MERIT).
- GEORGHIOU, L. **The future of foresighting for economic development**. In: TECHNOLOGY Foresight SUMMIT 2007 WATER PRODUCTIVITY IN THE INDUSTRY, Budapest, Hungary, 27-29 Sept. 2007. Disponível em: <https://www.unido.org/foresight/rwp/dokums_pres/tf_plenary_georghiou_201.pdf> .
- HOLLANDERS, H.; TARANTOLA, S. **Innovation union scoreboard 2010** – Methodology report.
- IFC-WB 2005-2013 – firms offering formal training - International Finance Corporation and World Bank, Enterprise Surveys (2005–13). <<http://www.enterprisesurveys.org/>>. 2011.
- IZSÁK, K.; MARKIANIDOU, P.; RADOŠEVIĆ, S. Lessons from a decade of innovation policy what can be learnt from the INNO Policy Trend Chart and The Innovation Union Scoreboard. 2013.
- LOVERIDGE, D. **Foresight: the art and science of anticipating the future**. New York and London: Routledge. 2009.
- MILLER, R. Futures literacy: a hybrid strategic scenario method. **Futures: the journal of policy, planning and future studies**, v. 39, Elsevier, p. 341-362, May 2007.

_____. Using the future: a practical approach to embracing complexity. *Ethos – Journal of the Singapore Civil Service, Singapore*, November, 2011a.

_____. Being without existing: the futures community at a turning point – a comment on Jay Ogilvys 'Facing the Fold. *Foresight, Emerald*, v. 13, n. 4, 2011b.

NATIONAL SCIENCE BOARD. **Science and engineering indicators 2014**. Arlington VA: National Science Foundation (NSB 14-01). 2014.

PROGRAMME FOR INTERNATIONAL STUDENT ASSESSMENT – PISA/OECD. (2010–12). **Site**. Disponível em: <<http://www.pisa.oecd.org/>>.

QS QUACQUARELLI Symonds Ltd. **QS world university ranking 2013/2014**, top universities. Disponível em: <<http://www.topuniversities.com/university-rankings/world-universityrankings/2013>>.

SCHWAB, K.; SALA I MARTIN, X. **World economic forum, the global competitiveness report 2013-2014**, World Economic Forum, 09/2013.

UNESCO. Institute for Statistics. **UIS online database (2004–12)**. Disponível em: <<http://stats.uis.unesco.org.br>>.

Monitoramento do ambiente externo e construção de cenários prospectivos: desenvolvimento de novos cenários ou uso de estudos de cenários existentes?

Maria Fatima Ludovico de Almeida¹ e Carlos Augusto Caldas de Moraes²

Resumo

O objetivo deste artigo é examinar a literatura sobre monitoramento do ambiente externo e cenários prospectivos, focando em especial nas implicações relacionadas ao uso de estudos publicados sobre cenários globais como suporte a processos decisórios estratégicos e à formulação de políticas públicas. Uma das questões levantadas na literatura sobre *Future-Oriented Technology Analysis* (FTA) trata da real necessidade de se desenvolver novos cenários globais na fase exploratória de estudos prospectivos, quando é possível utilizar, com adaptações, estudos de cenários existentes. A partir dos resultados de duas experiências realizadas pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), em 2010 e 2013, respectivamente, concluiu-se que foi efetivo aproveitar, em ambos os casos, estudos de cenários globais elaborados anteriormente por

Abstract

The aim of this study is to review the environmental scanning and scenario literature with a particular focus on the implications for reusing existing global scenario studies. One of the questions that have been raised in Future-Oriented Technology Analysis (FTA) literature is whether there is a need to develop new global scenarios if it is possible to re-use and to modify variable trajectories and quantifications from existing scenarios studies.

Initially, this paper presents a review of the environmental scanning and scenario literature, as a conceptual background for answering the above question. Afterwards, it discusses practical implications of re-using existing global scenarios in the exploratory phase of two distinct foresight studies carried at the Center for Strategic Studies and Management (CGEE), in Brazil. On the basis

- 1 Maria Fatima Ludovico de Almeida é doutora em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica (PUC-Rio), M.Sc. pela University of Manchester, DEA pela Université d'Aix-Marseille III e B.Sc. em Engenharia Química pela UFRJ. Atualmente é professora adjunta do Programa de Pós-graduação em Metrologia, Qualidade e Inovação da PUC-Rio e consultora do CGEE e da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco).
- 2 Carlos Augusto Caldas de Moraes é doutor em Engenharia de Produção pela PUC-Rio, mestre em Administração de Empresas pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e em Administração de Empresas pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ). Foi assessor técnico do CGEE e é professor adjunto do Mestrado em Economia e Gestão Empresarial da Universidade Cândido Mendes – RJ.

instituições de reconhecimento internacional nos respectivos campos. Vale ressaltar, no entanto, que, a partir de uma visão abrangente de mundos futuros possíveis para os dois casos aqui reportados, foi possível desenvolver, em uma segunda fase, exercícios focalizados de FTA, com a participação de representantes das diversas partes interessadas em cada contexto.

Palavras-chave: Monitoramento do ambiente externo. Cenários prospectivos. Avaliação de tecnologias emergentes.

of the findings of these two experiences, the paper concludes that it was efficient to build upon existing global scenario studies rather than go through a new process of scenario development. However, in a second phase, having already a comprehensive picture of possible future worlds in both cases, Future-Oriented Technology Analysis (FTA) exercises with stakeholders' engagement were carried out by CGEE with significant achievements.

Keywords: Environmental scanning. Scenario building. Future technology assessment.

1. Introdução

Uma das questões levantadas na literatura sobre *Future-Oriented Technology Analysis* (FTA) trata da real necessidade de se desenvolver novos cenários globais na fase exploratória de estudos prospectivos, quando é possível utilizar, com adaptações, trajetórias e quantificações de variáveis disponíveis em estudos de cenários já existentes.

Na primeira alternativa, novos cenários são construídos coletivamente, segundo um processo *multistakeholder*, envolvendo a participação de representantes de diversas partes interessadas no futuro da questão a ser cenarizada. A principal vantagem desta alternativa é que esse processo de engajamento das partes interessadas promove a legitimidade dos resultados dos exercícios de FTA e a conscientização entre seus futuros usuários, facilitando a aceitação de cenários de referência (normativos) e processos de tomada de decisão estratégica (VAN DIJK, 2012; ALCAMO e HENRICH, 2008).

Já a segunda alternativa – defendida neste artigo – traz as seguintes vantagens na visão de Michiel van Dijk (2012, p. 3):

“[...] recursos que seriam utilizados para o desenvolvimento de novos cenários poderiam ser usados para outros propósitos, como o aprimoramento da visão desenvolvida e os exercícios relacionados ao *roadmapping*; e as equipes de modelagem não teriam que seguir o processo custoso e exigente de quantificação das principais forças motrizes dos novos cenários.”

O objetivo deste artigo é examinar a literatura sobre monitoramento do ambiente externo e cenários prospectivos, com ênfase especial nas implicações relacionadas ao uso de estudos existentes sobre cenários globais em processos de tomada de decisão ou de formulação de políticas públicas.

Inicialmente, apresenta-se uma síntese do referencial teórico sobre monitoramento do ambiente externo e construção de cenários prospectivos. Em seguida, são discutidas as implicações práticas do uso de cenários globais existentes na fase exploratória de dois estudos distintos de *foresight*, realizados sob a coordenação geral do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). O primeiro desses estudos explorou as configurações de indústrias no futuro e o papel das tecnologias emergentes que as influenciariam no horizonte 2010-2030. O segundo estudo, por sua vez, prospectou a produção sustentável de alimentos, ressaltando o papel global do Brasil em dois horizontes temporais – 2012-2022 e 2035-2050. A partir dos resultados dessas duas experiências, concluiu-se que foi efetivo aproveitar estudos existentes de cenários globais ao invés de construir novos cenários, como será discutido ao longo deste artigo. Vale ressaltar, no entanto, que, a partir de uma visão abrangente de mundos futuros possíveis para os dois casos aqui reportados, exercícios de *Future-Oriented Technology Analysis* (FTA) foram desenvolvidos pelo CGEE com a participação de representantes das diversas partes interessadas em cada caso, obtendo-se resultados significativos.

2. Bases conceituais

Inicialmente, apresenta-se nesta seção uma síntese do referencial teórico sobre monitoramento do ambiente externo e construção de cenários prospectivos, como base para a discussão das implicações práticas do uso de cenários globais existentes na fase exploratória de dois estudos distintos de *foresight* realizados pelo CGEE. Busca-se identificar os pontos de convergência entre a meta-análise das forças motrizes (*drivers*) que integram estudos de cenários globais existentes – questão central deste artigo – e a importância do monitoramento sistemático, por parte das organizações, da evolução das variáveis externas de seu contexto socioproductivo (variáveis econômicas, sociais, ambientais, políticas e tecnológicas). Tal monitoramento permite detectar sinais de mudança e incertezas críticas de importância estratégica para essas organizações, apontando para a necessidade de se construir cenários prospectivos ou reutilizar estudos de futuro existentes.

2.1. Monitoramento do ambiente externo (*environmental scanning*)

Brown e Weiner (1985) definem monitoramento do ambiente externo da seguinte forma:

“[...] uma espécie de radar para escanear o mundo de forma sistemática e sinalizar o que é novo, inesperado, e também o que é relevante ou menos importante.” (p. ix).

Aguilar (1967) conceitua monitoramento do ambiente externo como um processo de coleta de informações externas de natureza estratégica, visando a: (i) diminuir a aleatoriedade da informação que alimenta processos decisórios, conferindo objetividade ao processo de coleta e análise dessa informação; e (ii) fornecer aos gestores sinais de alerta relacionados a mudanças no comportamento de variáveis-chave de seu contexto de atuação. Mais especificamente, Coates (1985) formulou um conjunto de objetivos associados a um efetivo sistema de monitoramento do ambiente externo:

- detectar tendências e eventos econômicos, sociais, científicos, tecnológicos e políticos considerados relevantes para a organização;
- definir potenciais ameaças, oportunidades ou mudanças de posicionamento estratégico, a partir da análise das implicações dessas tendências e de eventos sobre a organização;
- promover mudança cultural interna e conscientização dos gestores e das equipes em relação à necessidade de se pensar o futuro e de se analisar sistemicamente o ambiente externo da organização; e
- criar sistema de alerta para os gestores e as equipes, focalizando o comportamento das variáveis externas relevantes para a organização, ou seja, que eventos estão convergindo, divergindo, acelerando, arrefecendo ou interagindo e quais as implicações desses movimentos para a organização.

Choo (2001) aborda monitoramento do ambiente externo como a aquisição e o uso de informação sobre eventos, tendências e relações entre as variáveis-chave do ambiente externo da organização. Essa informação de alto valor agregado apoia gestores em decisões relativas ao futuro da organização e na formulação de suas estratégias. Segundo esse autor, as organizações monitoram seu ambiente externo para entender as forças que moldarão o futuro do ambiente em que atuam e, a partir desse conhecimento, desenvolver respostas efetivas que assegurem ou melhorem seu posicionamento no médio e longo prazos.

Fahey e Narayanan (1986) sugerem que um programa de monitoramento do ambiente externo efetivo deveria gerar inteligência estratégica para os gestores e as equipes, como suporte à formulação da estratégia corporativa ou de negócios. Os benefícios da atividade de monitoramento do ambiente externo incluem um entendimento sistêmico dos efeitos das mudanças na organização, auxiliando, inclusive, na percepção dos impactos potenciais de sinais fracos como suporte à tomada de decisão.

2.2. Construção e classificação dos estudos de cenários prospectivos

Existem diversas abordagens e inúmeros métodos para construir cenários, todos com o objetivo de se obter configurações de futuros alternativos de médio e longo prazo, que poderão ser utilizados como instrumentos particularmente úteis no planejamento em nível macro (países e regiões), em nível setorial (setores da economia) e em nível institucional. (HUSS e HONTON, 1987; WACK, 1985; SCHOEMAKER, 1993; VAN DER HEIJDEN, 1996; SCHWARTZ, 1996; GODET, 2000; VAN NOTTEN, 2003; BÖRJESON *et al.*, 2006; WESTHOEK *et al.*, 2006; E REILLY e WILLENBOCKEL, 2010).

Devido à crescente turbulência e complexidade dos ambientes nos quais as organizações estão inseridas, os métodos de estudos prospectivos, e em particular a construção de cenários, vêm crescendo em importância e uso, tanto em nível internacional, quanto nos países e regiões. De fato, os cenários prospectivos têm sido amplamente utilizados pelas organizações e pelos governos, devido à sua flexibilidade, facilidade operacional e possibilidade de aplicação diversificada a custos relativamente baixos. Dentre os objetivos da construção de cenários, destacam-se:

- enriquecer o debate sobre questões críticas relacionadas ao futuro de um sistema sociotécnico e reduzir as incertezas inerentes ao sistema considerado;
- desenvolver e analisar novas opções de futuro, frente a mudanças do ambiente externo e interno da instituição, do setor ou país;
- tornar as decisões de risco mais transparentes; e
- propiciar uma visão de futuro, que possa ser compartilhada pelos atores envolvidos ou interessados na questão principal ou tema estratégico objeto de cenarização.

Definem-se cenários prospectivos como descrições de futuros qualitativamente distintos para um sistema sociotécnico e seu contexto, e dos caminhos ou trajetórias que os ligam à situação inicial deste sistema e seu contexto. Compreendem a descrição de uma situação de origem e dos acontecimentos que conduzem à situação futura. Esse conjunto de acontecimentos ou “jogo de hipóteses” deve apresentar uma coerência interna.

Um cenário contém cinco componentes principais: (i) filosofia; (ii) variáveis; (iii) atores; (iv) cena; e (v) trajetória, como descrito a seguir:

- filosofia: sintetiza o movimento ou a direção fundamental do sistema considerado. Traduz a ideia-força do cenário, como, por exemplo, desenvolvimento sustentável;
- variáveis: representam aspectos ou elementos relevantes do sistema ou do contexto considerado, face ao objetivo a que se destina o cenário;

- atores: entidades ou grupos de influência, organizações públicas ou privadas, instâncias de decisão, classes sociais, agentes econômicos. Órgãos governamentais, instituições de ciência e tecnologia (ICT), empresas privadas e públicas, organizações não governamentais são exemplos de atores;
- cena: visão da situação considerada em um determinado instante do tempo, descrevendo como estão organizados ou vinculados entre si os atores e as variáveis neste instante; e
- trajetória: percurso ou caminho do sistema considerado no horizonte de tempo considerado. Descreve o movimento ou a dinâmica deste sistema, a partir da cena inicial, até a cena final.

Apresentam-se a seguir as definições referentes aos chamados condicionantes do futuro, que serão foco, mais adiante, das análises sistêmicas de cenários globais relatadas nos itens 4.3 e 5.3, respectivamente. São eles:

- forças motrizes (*drivers*): forças que atuam estruturalmente na realidade e que impactam fortemente a evolução do sistema objeto de estudos de cenários. São variáveis exógenas de grande impacto no sistema, podendo ser: (i) tendências, ou seja, forças sobre as quais se tem uma visão clara de como elas se desdobrarão no futuro; ou (ii) incertezas críticas, que são forças motrizes sobre as quais não se tem clareza sobre seus desdobramentos no futuro.
- fato portador de futuro: é um sinal fraco hoje, porém de impacto potencial muito alto, se ocorrer no horizonte de tempo considerado;
- fato pré-determinado: evento já conhecido e certo, cujas soluções ou cujo controle pelo sistema ainda não se efetivaram;
- invariante: fenômeno ou situação que se mantém constante até o horizonte explorado pelo cenário;
- gargalos: desequilíbrios estruturais do sistema ou contexto, que se traduzem em impasses ou impossibilidades em um intervalo de tempo;
- conflitos e tensões: situações resultantes de conflitos ou disputas acentuadas entre atores relevantes, em um dado sistema ou contexto considerado nos cenários;
- alianças entre atores: representam convergências de interesses e alianças entre dois ou mais atores que influenciam (e influenciarão) o sistema, tendo em vista empreendimentos ou projetos comuns ou defesa conjunta frente a uma situação de ameaça de atores relevantes; e
- estratégia dos atores: é conjunto de ações e recursos utilizados pelos atores que influenciam o sistema para aproveitar oportunidades, realizar seus projetos, superar desafios e neutralizar ameaças.

Quanto à classificação dos métodos de construção de cenários, encontram-se na literatura especializada diversas abordagens metodológicas para construção e uso de cenários, desde métodos mais intuitivos até métodos probabilísticos. Em 1987, Huss e Honton classificaram essas abordagens em três categorias principais: (i) lógica intuitiva (*intuitive logics*); (ii) análise de impacto de tendências (*trend-impact analysis*); e (iii) análise de impactos cruzados (*cross-impact analysis*).

A abordagem da lógica intuitiva (*intuitive logics*) foi descrita originalmente por Wack (1985) e Schoemaker (1993) e vem sendo amplamente praticada pelo *Stanford Research Institute International*, pela *Global Business Network*, pela *Royal Dutch Shell* e por outras organizações em todo o mundo. O desenvolvimento de cenários segundo essa abordagem é fundamentado em lógicas de cenários, segundo as quais são organizados os temas, princípios e as premissas que conferem a cada cenário uma base coerente, consistente, plausível e lógica.

A análise de impacto de tendências (*trend-impact analysis*), utilizada e disseminada pelo *The Futures Group*, pressupõe a identificação das tendências mais importantes e orienta-se pelos efeitos dessas tendências sobre a evolução do sistema (THE FUTURES GROUP, 1984). Essa característica principal a diferencia das alternativas apresentadas anteriormente, que buscam evidenciar ou descobrir o inesperado, ou seja, aquilo que pode ir de encontro às tendências. Sua aplicação começa com a avaliação das tendências do sistema por um grupo de especialistas, adotando-se a técnica *Delphi* (HELMER, 1977; JONES, 1986; DIETZ, 1987; WOUDEBERG, 1991; BREINER, CUHLS e GRUPP, 1994; ADLER e ZIGLIO, 1996; e ROWE e WRIGHT, 2011). A partir do reconhecimento das tendências consolidadas, estrutura-se um núcleo básico de evolução provável do sistema. A esse núcleo, podem ser adicionados fatores de incerteza, antes de se iniciar o desenvolvimento de cenários qualitativamente distintos.

O método da análise de impactos cruzados (*cross-impact analysis*) originou-se nos estudos pioneiros desenvolvidos pela *Rand Corporation* e hoje é um método empregado por muitos especialistas e muitas instituições em nível mundial. A título de ilustração, citam-se as seguintes instituições: (i) *Lipsor*, na etapa de análise estrutural, com suporte da ferramenta MICMAC (GODET, 2000); (ii) *Center for Futures Research*, com o apoio da ferramenta INTERAX (*Interactive Cross-Impact Simulation*); (iii) *Battelle Memorial Institute*, com suporte da ferramenta BASICS (*Battelle Scenario Inputs to Corporate Strategy*). Esse método inter-relaciona as tendências e os pontos significativos identificados nas respostas às questões do estudo prospectivo em foco, sendo que essas inter-relações podem ser mensuradas por um modelo matricial, por meio do qual se atribuem a elas valores numéricos.

Uma tipologia genérica de estudos de cenários, bastante útil para fins das meta-análises apresentadas nos itens 4.3 e 5.3 deste artigo, tem sido mencionada por diversos autores, que

se basearam, por sua vez, em análise de conteúdo das narrativas e das lógicas dos estudos de cenários realizados ao longo das últimas décadas (GODET, 2000; e VAN DIJK, 2012).

Segundo esses autores, define-se qual o tipo de cenário mais adequado de acordo com o objetivo pretendido e as questões a serem respondidas. Os estudos de cenários, em geral, buscam responder questões do tipo “*o que parece estar acontecendo?*”; “*o que pode acontecer?*”; “*quais as implicações para o futuro do sistema em foco?*” e “*qual o futuro que se deseja para esse sistema?*”. As respostas a essas questões correspondem a estados futuros da evolução de um determinado sistema – futuros prováveis, plausíveis ou desejados.

Os cenários extrapolativos descrevem o futuro como um prolongamento do passado e do presente e compreendem duas variantes: “linha de base” e o “*cenários what if?*”. Cenários extrapolativos que descrevem o estado futuro de um sistema sem alterações de políticas e de outros condicionantes são também chamados de “*business as usual*” ou “linha de base”. Essa variante é utilizada, principalmente, como um ponto de referência para analisar as possíveis trajetórias de um determinado sistema, como respostas a suposições do tipo “*what-if?*”, ou seja, “e se alguns dos condicionantes mudassem?”. Cenários classificados nessa categoria envolvem baixo grau de incerteza na sua construção, por serem variações de um único cenário – o da linha de base – que, por sua vez, é gerado a partir da identificação de tendências que deverão se consolidar no horizonte temporal considerado. De acordo com Van Dijk (2012), esse tipo de cenário, normalmente, por não assumir mudanças qualitativas ou de ruptura na estrutura e nas condições de contorno do sistema, pode deixar de captar fatos portadores de futuro importantes para um planejamento de mais longo prazo.

De fato, os cenários extrapolativos são mais utilizados para analisar e avaliar movimentos previsíveis do sistema e os impactos de mudanças políticas, econômicas, tecnológicas e sociais no médio prazo (10 a 20 anos). Muitas vezes, a ênfase recai sobre a quantificação dos resultados, enquanto a narrativa das cenas que compõem possíveis trajetórias futuras do sistema vem em segundo plano nessas situações de planejamento, ao contrário dos cenários exploratórios.

Os cenários exploratórios, por sua vez, como o próprio nome diz, caracterizam futuros do sistema considerado e de seu contexto, mediante a simulação e o desenvolvimento de certas condições iniciais. Pressupõem rupturas nas trajetórias de futuro e traduzem-se em opções plausíveis ou prováveis qualitativamente distintas. Assim como no caso anterior, compreendem duas variantes: (i) cenários exploratórios externos; e (ii) cenários exploratórios estratégicos.

Os cenários exploratórios externos focalizam as forças motrizes (*drivers*) que são exógenas ao sistema e que se encontram fora do controle dos atores para os quais os cenários estão sendo desenvolvidos. Já os cenários exploratórios estratégicos abordam um espectro amplo das

possíveis consequências de políticas e decisões estratégicas para o sistema, ao mesmo tempo em que consideram a evolução das forças motrizes (exógenas ao sistema). Criam imagens qualitativamente distintas para o futuro do sistema e podem ser particularmente úteis para orientar decisões estratégicas de negócios ou reorientar políticas públicas em situações de mudança rápida e irregulares, difíceis de serem previstas em estudos extrapolativos.

Dentre os cenários exploratórios, pode-se selecionar aquele que descreve o futuro considerado como de ocorrência mais provável, também denominado 'cenário de referência'. Nele se deve apostar para efeito de gestão estratégica e formulação de políticas públicas. Os cenários alternativos ao de referência configuram futuros com menor probabilidade de ocorrência, porém ampliam o espectro de possibilidades de futuro.

Finalmente, os cenários normativos configuram futuros desejados, exprimindo sempre o compromisso de um ou mais atores em relação à consecução de determinados objetivos e projetos ou à superação de desafios sociais, econômicos, políticos, tecnológicos ou ambientais. A lógica de construção desses cenários consiste em estabelecer primeiro o futuro desejado (visão de futuro), para depois traçar as trajetórias para alcançá-lo (GODET, 2000). Segundo a tipologia genérica de estudos de cenários, cenários normativos conservadores mostram vias para que o sistema alcance um resultado sem, contudo, passar por uma grande transformação. Alternativamente, os cenários normativos transformadores partem do pressuposto de que as mudanças marcantes no sistema serão necessárias para o alcance dos resultados desejados (visão de futuro).

3. Abordagem metodológica

As duas experiências do CGEE adotaram a mesma metodologia, de forma a permitir a comparação de seus resultados. A metodologia compreendeu: (i) seleção de cenários globais, desenvolvidos em anos recentes por instituições internacionais renomadas e em alinhamento aos objetivos dos estudos prospectivos em questão; (ii) elaboração de um sumário executivo de cada estudo de cenários globais, indicando filosofia, arquétipos, forças motrizes e horizontes temporais considerados; (iii) identificação de tendências, incertezas críticas, fatos portadores de futuro e outros condicionantes globais para os estudos do CGEE; e (iv) identificação das hipóteses convergentes e divergentes baseadas na análise de conteúdo dos distintos estudos de cenários globais.

Para a escolha dos cenários globais de longo prazo para ambos os estudos prospectivos, seguiram-se as abordagens conceituais e metodológicas discutidas na seção anterior. As seleções foram conduzidas com base nos seguintes critérios:

- abrangência global: os estudos de cenários devem fornecer informações sobre a segurança alimentar mundial, segundo diferentes caminhos futuros. Os estudos de cenários que tenham como alvo uma região ou país específico devem ser excluídos;
- conteúdo: estudos de cenários que contenham informações sobre as implicações para a questão principal que será objeto do estudo prospectivo a ser desenvolvido pelo CGEE;
- horizonte de tempo: somente estudos com horizontes temporais de médio e longo prazo devem ser considerados; e
- ano de publicação: somente os estudos que tenham sido publicados de 2000 em diante devem ser considerados.
- originalidade: em alguns casos, as narrativas de cenários e os modelos quantitativos são reutilizados em sucessivas revisões e atualizações dos respectivos estudos. Devem ser considerados somente os casos em que os pressupostos básicos, a abordagem do modelo ou os resultados quantitativos sejam substancialmente distintos daqueles adotados no estudo original.

Com a finalidade de identificar as forças motrizes (*drivers*), tendências, fatos portadores de futuro e incertezas críticas nos diversos estudos de cenários globais, utilizaram-se procedimentos da análise de conteúdo (BARDIN, 2002). As principais fontes de informação foram os relatórios originais dos estudos de cenários selecionados e trabalhos anteriores que contemplaram análises comparativas de estudos de cenários globais (ZUREK, 2006; REILLY e WILLENBOCKEL, 2010; VAN DIJK, 2012; e VAN VUUREN *et al.*, 2012).

A seguir, detalham-se para cada estudo prospectivo: (i) objetivos geral e específicos do estudo; (ii) seleção de estudos de cenários globais existentes; e (iii) síntese da meta-análise dos cenários globais selecionados, conforme a taxonomia de condicionantes do futuro apresentada na seção anterior.

4. Estudo prospectivo “Indústrias do futuro e o papel das tecnologias emergentes”

4.1. Objetivos do estudo

O CGEE desenvolveu, em 2010, o estudo “Indústrias do Futuro e Tecnologias Emergentes”, cujo objetivo geral foi analisar, em caráter exploratório, os potenciais impactos de tecnologias emergentes nas configurações industriais existentes e futuras, considerando-se um horizonte de 20 anos.

A Figura 1 representa o modelo conceitual proposto para o desenvolvimento do estudo exploratório, integrando quatro elementos básicos: (i) situação atual; (ii) difusão das tecnologias emergentes no âmbito de estudos prospectivos globais; (iii) modelos de negócios e configurações industriais na fase de transição; e (iv) modelos de negócios e configurações industriais segundo visão de futuro para 2030.

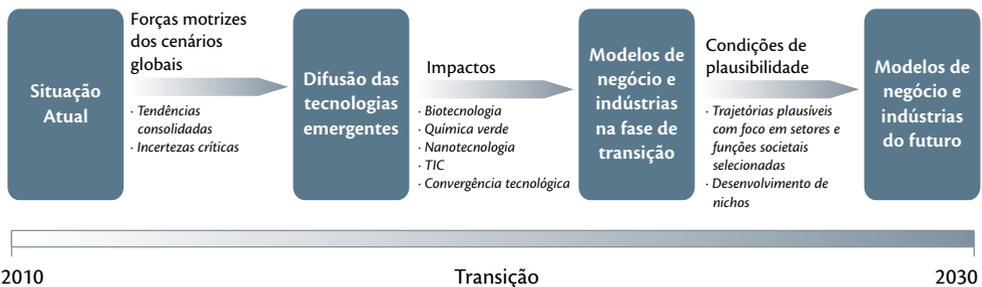


Figura 1. Modelo conceitual proposto para o estudo exploratório

Face à natureza exploratória do estudo em foco, desde o início dos trabalhos, optou-se pela utilização de estudos de cenários globais, desenvolvidos em nível internacional por instituições de renome, visando a:

- mapear as forças motrizes que condicionarão a difusão das tecnologias emergentes e a evolução das configurações industriais no horizonte de 20 anos;
- identificar tendências e incertezas críticas apontadas nos cenários globais selecionados; e
- identificar questões associadas a tecnologias emergentes, novos modelos de negócios e configurações industriais do futuro nesses estudos de cenários globais (ALMEIDA, 2010).

4.2. Seleção de estudos de cenários globais existentes

Para fins do estudo exploratório em questão, selecionaram-se três estudos que descrevem cenários globais múltiplos, adotando-se critérios semelhantes aos recomendados posteriormente por Van Dijk (2012). Os estudos de cenários globais selecionados foram:

- *Mapping the Global Future 2020*: estudo elaborado pelo *National Intelligence Council* dos EUA em 2002;
- *Global Scenarios 2025*: cenários globais elaborados pela Shell em 2005;
- *Global Scenarios 2065*: propostos pelo *Global Scenario Group* em 2002;

Com o especial propósito de fornecer um conjunto robusto de questões referentes a tecnologias emergentes e a novos modelos de negócios e configurações industriais do futuro, buscou-se complementar as alternativas de futuro descritas nos cenários múltiplos acima com a análise de dois cenários normativos associados a visões de “futuros desejados”, compatíveis entre si. São eles:

- “*The Great Transition*”: cenário normativo publicado pelo Global Scenario Group em 2002, como resultante da análise dos cenários globais “*Global Scenarios 2065*”;
- “*Vision 2050*”: cenários focalizando setores societais, publicados pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), no início de 2010.

A Figura 2 destaca a contribuição dos estudos prospectivos globais para o estudo exploratório “Indústrias do Futuro e Tecnologias Emergentes” (CGEE, 2010).

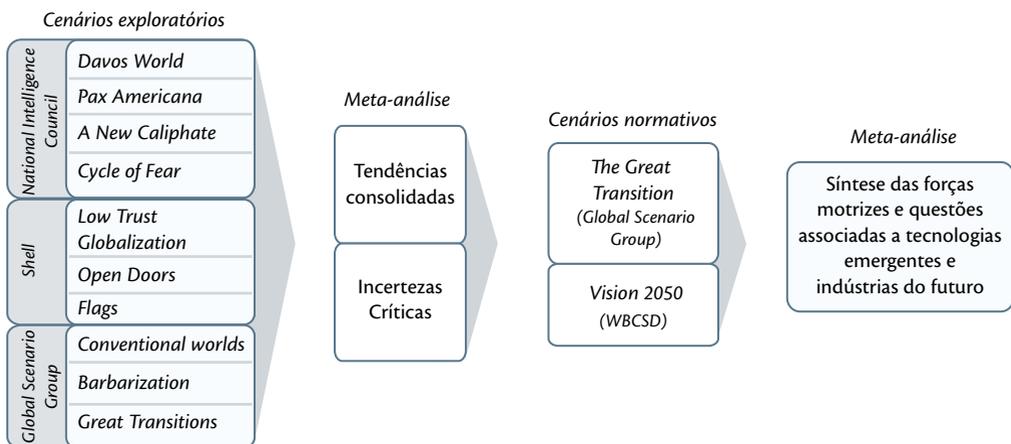


Figura 2. Visão geral dos estudos de cenários globais selecionados para o estudo “Indústrias do Futuro e Tecnologias Emergentes”

4.3. Síntese da meta-análise dos cenários globais selecionados

4.3.1. Tendências consolidadas

A partir da análise de conteúdo dos cenários múltiplos apresentados nos estudos publicados pelo National Intelligence Council, Shell e Global Scenario Group, identificaram-se as principais tendências que refletem os pontos de convergência desses estudos, destacando-se as seguintes:

- A população mundial irá aumentar dos atuais 6,8 bilhões para mais de 9 bilhões até 2050. A quase totalidade desse crescimento populacional ocorrerá nos países emergentes e em desenvolvimento, onde a expansão econômica viabilizará a disseminação do padrão de consumo das classes médias, com elevação da demanda por habitação, carros, eletrodomésticos e outros bens, o que implicará na ampliação do consumo per capita dos recursos naturais;
- Surgirão novos atores na arena mundial, prevendo-se que, em 2030, a China e a Índia serão “os centros produtores mundiais”. Nesses dois países, a mão de obra continuará barata, os mercados se expandirão e haverá rápida modernização tecnológica com a difusão das tecnologias hoje emergentes. A China emergirá como potência mundial em 2030;
- Permanecerá a sensação de insegurança mundial, com disputas políticas que gerarão a criação de movimentos “antiglobalização” em algumas regiões. Haverá conflitos internos localizados e a expansão e politização de grupos radicais islâmicos;
- Se nada for feito para romper com a inércia e degradação ambiental, o mundo sofrerá com desastres climáticos cada vez mais frequentes e mais dramáticos. A manutenção do status quo e do padrão habitual dos negócios e de consumo terá consequências devastadoras em termos da escassez de água e de alimentos, associadas a mudanças climáticas e à deterioração dos ecossistemas, o que resultará em crescente estresse social;
- Quanto aos novos desafios de governança, o islamismo político exercerá um proeminente papel na arena política internacional e a sociedade será cada vez mais multiétnica e multirracial;
- Ocorrerá envelhecimento da população mundial de uma forma geral e aumento de fluxos migratórios para os países desenvolvidos;
- Consolidar-se-á a economia do conhecimento como nova força motriz da economia mundial e haverá transformações importantes nos setores industriais, cujas configurações serão impactadas pela difusão das novas tecnologias. Os setores serão cada vez mais intensivos em tecnologia e conhecimento;

- Haverá também mudanças de relevo no mercado de trabalho com a valorização crescente de ativos intangíveis em relação aos ativos físicos;
- Quanto à difusão das tecnologias emergentes, os avanços tecnológicos alcançados nos campos da biotecnologia, da nanotecnologia, da química ambiental e das tecnologias de informação e comunicação terão aplicações nos mais diversos setores, havendo necessidade de regulamentação desses novos mercados em nível internacional e local;
- Permanecerão as pressões e preocupações em relação à preservação do meio ambiente e às mudanças climáticas. A China será o maior produtor em 2030, mas também o país que mais poluirá;
- A demanda mundial por energia continuará crescente, mas será intensificada a busca por fontes energéticas limpas. No horizonte de 2030, a matriz energética mundial terá ainda a predominância dos combustíveis fósseis.

4.3.2. Incertezas críticas

As incertezas críticas foram identificadas a partir da análise dos pontos de divergência dos estudos selecionados e foram enunciadas como questões, para as quais são endereçadas propostas de evolução em dois cenários normativos – “*The Great Transition*” e “*Vision 2050*”. Do conjunto inicial de incertezas críticas, selecionaram-se três como as questões centrais do estudo exploratório “Indústrias do Futuro e Tecnologias Emergentes”. São elas:

- as tecnologias emergentes estarão direcionadas para soluções inovadoras radicais que gerarão novos modelos de negócios e novas indústrias em ritmo relativamente acelerado? Ou a difusão das descobertas tecnológicas avançadas se dará de forma mais lenta e simultânea à introdução de inovações incrementais, mais voltadas para o aperfeiçoamento de tecnologias e modelos de negócios já existentes?
- que novas configurações industriais surgirão e como evoluirão as configurações existentes em função da difusão dos avanços da biotecnologia, da nanotecnologia, da química ambiental e das tecnologias de informação e comunicação, em um cenário de desenvolvimento sustentável? Ou os padrões, modelos de negócios e as configurações industriais de hoje experimentarão mudanças incrementais com a introdução das novas tecnologias?
- em que medida as tecnologias emergentes criarão ou resolverão dilemas éticos?

A visão panorâmica de estudos prospectivos globais de longo prazo forneceu os elementos fundamentais para a contextualização da difusão de tecnologias emergentes e seus impactos no desenho de novos modelos de negócio e configurações industriais do futuro – focos do estudo exploratório “Indústrias do Futuro e Tecnologias Emergentes”.

A Tabela 1 apresenta a síntese do mapeamento das forças motrizes que condicionarão as configurações das indústrias do futuro com base na difusão das chamadas tecnologias emergentes.

Tabela 1. Forças motrizes dos cenários múltiplos e normativos selecionados

Estudo	Autoria	Forças motrizes
"Davos"; "Pax Americana", "A New Caliphate" e "Cycle of Fear"	National Intelligence Council	<ul style="list-style-type: none"> • surgimento de novos atores globais; • impactos da globalização; • novos desafios de governança; • insegurança pervasiva; • transmutação do terrorismo internacional.
"Low Trust Globalisation", "Open Doors" e "Flags"	Shell	<ul style="list-style-type: none"> • leis de mercado; • exigências sociais; • regulação e controle do Estado.
"Conventional Worlds" "Barbarization" e "Great Transitions"	Global Scenario Group	<ul style="list-style-type: none"> • população; • economia; • meio ambiente; • equidade social; • tecnologia; • conflitos (governança global).
"The Great Transition"	Global Scenario Group	<ul style="list-style-type: none"> • valores e conhecimento; • demografia e mudanças sociais; • economia e governança global; • mudanças tecnológicas e preservação do meio ambiente.
"Vision 2050"	World Business Council for Sustainable Development	<ul style="list-style-type: none"> • desenvolvimento humano, com baixos impactos ecológicos; • valores e comportamentos; • economia; • mudanças em setores econômicos: agricultura; florestas; energia; construção; mobilidade; e materiais.

A partir da definição das incertezas críticas, buscou-se levantar, nos cinco estudos prospectivos globais, as principais questões diretamente associadas a tecnologias emergentes e seus impactos nas configurações das indústrias do futuro, com destaque para as seguintes:

- ocorrerá rápida difusão dos avanços tecnológicos em escala global aliada à convergência tecnológica das chamadas tecnologias emergentes – biotecnologia, nanotecnologia, tecnologias de informação e comunicação e neurociências, com importantes impactos nos mais diversos setores (NATIONAL INTELLIGENCE COUNCIL, 2002);

- emergirão novos valores que enfatizarão a qualidade de vida, o uso consciente de recursos naturais, a solidariedade humana, equidade social e sustentabilidade ambiental. Nesse cenário, as tecnologias emergentes serão adotadas, visando a alcançar tais objetivos (NATIONAL INTELLIGENCE COUNCIL, 2002).
- consolidar-se-á a economia do conhecimento como nova força motriz da economia mundial e haverá transformações importantes nos setores industriais, cujas configurações serão impactadas pela difusão das novas tecnologias. Os setores serão cada vez mais intensivos em tecnologia e conhecimento (SHELL, 2005);
- a transição tecnológica deverá reduzir drasticamente as pegadas ambientais. Os três pilares da transição tecnológica serão: (i) uso eficiente de recursos naturais; (ii) desenvolvimento e utilização de fontes renováveis; e (iii) ecologia industrial. O uso eficiente de recursos naturais significará reduzir radicalmente os insumos por unidade de produção e consumo (RASKIN *et al.*, 2002);
- a difusão das tecnologias emergentes será voltada para a materialização das propostas de evolução de setores como: agricultura, energia, construção, mobilidade, materiais, saúde e educação (WBCSD, 2010);
- novos modelos de negócios irão surgir e prosperar, com a renovação institucional e mudanças significativas nos sistemas de produção. A redução da espiral de utilização dos recursos materiais criará novas oportunidades de negócios. As tecnologias inovadoras, o conhecimento e as soluções financeiras desenvolvidas e disseminadas pelo setor privado ajudarão a aumentar a bioprodutividade global, permitindo a renovação dos recursos necessários à vida humana e a absorção dos seus resíduos, sobretudo mediante a compensação do carbono associado ao uso da energia (WBCSD, 2010);
- a produção industrial e o consumo sofrerão importantes transformações para se adequar aos limites dos recursos não renováveis do planeta. A reciclagem de materiais será prática corrente nos negócios, tornando obsoleto o conceito de desperdício (WBCSD, 2010);
- atender à demanda por energia limpa e segura exigirá novas tecnologias, colaboração entre muitos fornecedores, mecanismos de distribuição, soluções locais relevantes, o que abrirá inúmeras oportunidades de negócios (WBCSD, 2010).

5. Estudo prospectivo “Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos: o papel do Brasil no cenário global”

5.1. Objetivo geral

O estudo prospectivo “Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos: o papel do Brasil no cenário global” foi desenvolvido pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Seu objetivo foi o de identificar ações que pudessem fortalecer a atuação proativa do País na sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos, na perspectiva de garantir a presença do Brasil no contexto global, com ênfase nos aspectos científicos, tecnológicos e de inovação, e considerando os horizontes temporais 2012-2022 e 2035-2050.

Durante sua execução, foi percebida a necessidade de complementar, com uma visão sistêmica de cenários globais de longo prazo, os estudos específicos que vinham sendo conduzidos na primeira fase do desenvolvimento do estudo prospectivo CGEE/Embrapa (ALMEIDA, 2013). Como resultado, previa-se, na ocasião, a definição de um cenário global de referência para o estudo prospectivo CGEE/Embrapa, como pano de fundo para a análise do papel do Brasil nesse cenário de referência (segunda fase do desenvolvimento do estudo prospectivo em foco).

5.2. Seleção de estudos de cenários globais existentes

Tendo como ponto de partida um conjunto de 26 estudos globais sugeridos inicialmente pelo Comitê Gestor do estudo prospectivo em foco, buscou-se selecionar aqueles que deveriam ser objeto da análise sistêmica de cenários globais, adotando-se os critérios recomendados por Van Dijk (2012) e definidos na seção 3 do presente artigo. No total, foram escolhidos nove estudos, que geraram 30 cenários, a saber:

- Seis cenários extrapolativos do tipo linha de base, incluindo “*World Agriculture Towards*”, publicado pela *Food and Agriculture Organization (FAO)*;
- Nove cenários extrapolativos do tipo “*what if*”, como, por exemplo, os cenários IAASTD e CAW;
- Dois híbridos extrapolativos/exploratórios (IMPACT 2050 otimista e IMPACT 2050 pessimista);

- Nove cenários exploratórios (“Sustainability”; “Middle of the Road”; “Fragmentation”; “Inequality” e “Conventional Development”; “Global Orchestration”; “Techno Garden”; “Adapting Mosaic”; e “Order from Strength”);
- Quatro cenários normativos (“Agrimonde 1”, “Sustainable worlds”; “Vision 2050”; e “Comprehensive assessment scenario”).

A Figura 3 representa sinopticamente os nove estudos selecionados.

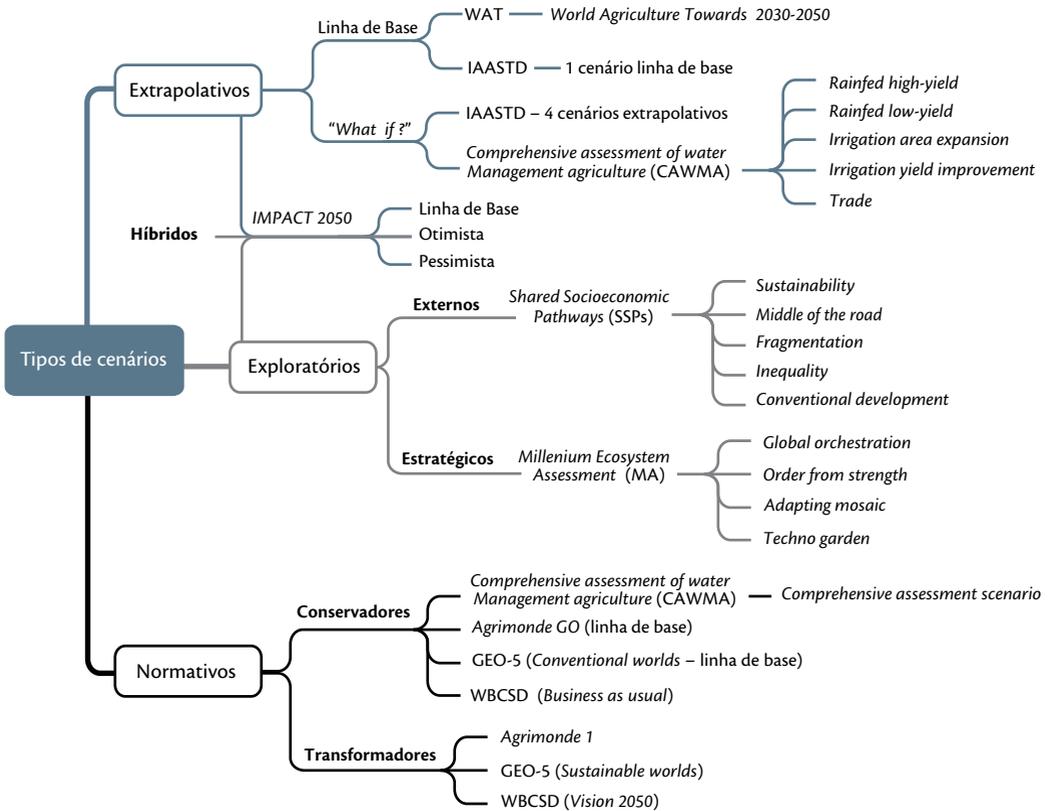


Figura 3. Visão geral dos estudos de cenários globais selecionados

Fonte: Adaptado de Börjeson et al. (2006); Reilly e Willenbockel (2010).

5.3. Síntese da meta-análise dos cenários globais selecionados

Inicia-se com uma descrição das características principais dos nove estudos em foco, com a indicação dos horizontes temporais. Na sequência, descrevem-se as filosofias dos cenários em cada estudo, destacando-se as forças motrizes (*drivers*), que direcionaram as respectivas narrativas e as principais variáveis-chave endógenas.

Quanto ao processo de construção dos cenários, a maioria dos estudos adotou a modalidade *multistakeholder*, como recomendado fortemente pelos autores de prospectiva mencionados na seção 2 deste artigo. O horizonte temporal de 2050 foi considerado em oito dos nove estudos, sendo, portanto, compatível com o horizonte do estudo prospectivo CGEE/Embrapa. A exceção foi o estudo intitulado “*Shared Socioeconomic Pathways*” (SSPs), que deverá definir horizonte temporal além de 2050.

A Tabela 2 expõe um quadro-síntese dos nove estudos selecionados e respectivos cenários, buscando-se, ao final de cada descrição, destacar pontos de interesse para a análise sistêmica, cujos resultados também serão apresentados ao final deste item (Tabela 2).

Particularmente, a Tabela 3 apresenta as filosofias que sintetizam os respectivos movimentos ou as direções fundamentais dos sistemas considerados em cada um dos estudos de cenários abordados, conforme Van Dijk (2012).

O coração de um exercício de construção de cenários consiste nas premissas de evolução das forças motrizes que impulsionam a trajetória do sistema em foco em um determinado horizonte temporal (GODET, 2000). A Tabela 4 resume as forças motrizes, variáveis-chave endógenas e os métodos quantitativos que foram identificados durante a análise de conteúdo dos estudos de cenários globais selecionados.

Tabela 2. Síntese dos estudos de cenários globais selecionados

Estudo	Ano	Foco principal	Tipos de cenários	Processo de construção	Cenários gerados	Horizonte
WAT 2030/2050	2006/2009	Alimentos e agricultura	Extrapolativo: linha de base	Interno	Linha de base.	2050
IAASTD	2006	CT&I em agricultura e alimentos	Extrapolativo: linha de base e; "what if".	Modelo <i>multistakeholder</i>	Linha de base; 4 cenários "what if"	2050
CAWMA	2007	Água e agricultura	Extrapolativos: "what if" Normativo: ênfase na preservação	Modelo <i>multistakeholder</i>	Linha de base; 5 cenários "what if"; 1 cenário normativo.	2050
IMPACT 2050	2010	Segurança alimentar e mudanças climáticas	Híbrido: extrapolativo Exploratório: estratégico	Interno	Linha de base; 2 cenários extrapolativos: pessimista e otimista.	2050
SSPs	2013	Mudanças climáticas	Exploratório: externo	Comunidade científica	SSP1, SSP2, SSP3, SSP4 e SSP5.	Além de 2050
MA	2005	Ecosistemas e serviços	Exploratório: estratégico	Modelo <i>multistakeholder</i>	<i>Global orchestration;</i> <i>Order from strength;</i> <i>Adapting mosaic;</i> <i>Technogarden.</i>	2050
Agrimonde	2009	Alimentos e agricultura	Extrapolativo: linha de base Normativo: transformador	Modelo <i>multistakeholder</i>	<i>Agrimonde GO</i> (linha de base); <i>Agrimonde 1.</i>	2050
GEO-5	2012	Meio ambiente e sociedade	Extrapolativo: linha de base Normativo: transformador	Modelo <i>multistakeholder</i>	<i>Conventional Worlds;</i> <i>Sustainable Worlds.</i>	2050
Vision 2050	2010	Negócios sustentáveis em setores chave: agricultura e alimentos como um dos setores chave.	Extrapolativo: linha de base Normativo: transformador	29 grandes empresas globais. Envolvimento de centenas de especialistas e empresas de 20 países.	<i>Business as usual;</i> <i>Vision 2050.</i>	2050

Tabela 3. Filosofias dos cenários globais nos estudos analisados

Estudo	Filosofias					
	Otimismo econômico	Reforma de mercados	Desenvolvimento sustentável global	Competição regional	Desenvolvimento sustentável regional	“Business as usual”
WAT 2030/2050						Linha de base
IAASTD			High AKST High, High AKST	Low AKST Low, low AKST		Linha de base
CAWMA	Trade		Rainfed High Yield; Rainfed Low Yield; Irrigation Area Expansion; Irrigation Yield Improvement.			
IMPACT 2050	Otimista			Pessimista		Linha de base
SSPs	Conventional Development (SSP5)		Sustainability (SSP1)	Fragmentation (SSP3) Inequality (SSP4)		Middle of the Road (SSP2)
MA		Global Orchestration	Technogarden	Order from Strength	Adapting Mosaic	
Agrimonde		Agrimonde AGO	Agrimonde 1 (AG1)			
GEO -5			Sustainable Worlds			Conventional Worlds
WBCSD			Vision 2050			Business as Usual

Fonte: Van Dijk (2012).

Tabela 4. Forças motrizes e modelos quantitativos adotados nos cenários analisados

Estudo	Principais forças motrizes exógenas	Principais variáveis-chave endógenas	Modelo quantitativo
WAT 2050	Crescimento demográfico; PIB mundial.	Produção agrícola; produtividade agrícola; demanda, preços e comércio de alimentos.	FAO <i>World Food Model</i> combinado com conhecimento de especialistas.
IAASTD	Crescimento demográfico; PIB mundial e comércio internacional; contexto sociopolítico; Ciência & Tecnologia; e ambiente biogeofísico.	Consumo e demanda de alimentos; disponibilidade e gestão de recursos naturais; uso da terra; produtividade agrícola; mudanças climáticas; energia; e trabalho.	<i>Impact-Water</i> SLAM <i>Image 2.4</i> GTEM <i>Watersim</i> Globio3 Eco-Ocean
CAWMA	Crescimento demográfico; PIB mundial; mudanças tecnológicas/produtividade agrícola; dieta alimentar.	Produção agrícola; demanda, preço e comércio de alimentos; uso de recursos hídricos.	<i>Watersim</i>
Impact 2050	Crescimento demográfico; PIB mundial; mudanças tecnológicas/produtividade agrícola.	Produção agrícola; demanda, preço e comércio de alimentos; subnutrição infantil.	<i>Impact-Water</i>
SSPs	Crescimento demográfico; PIB mundial; urbanização.	Mudanças climáticas; energia; uso da terra; tecnologia.	IIASA OECD PIK NCAR.
MA	Demográficas, econômicas, Sociopolíticas, científicas e tecnológicas e culturais e religiosas.	As variáveis-chave endógenas dos ecossistemas são principalmente físicas, químicas e biológicas, como, por exemplo, mudanças na ocupação do solo, mudanças climáticas, poluição do ar e da água, irrigação; uso de fertilizantes e a existência de espécies exóticas invasivas.	<i>Image 2.2</i> AIM <i>Impact</i> <i>Watergap</i> <i>Ecopath/Ecosim</i>
Agrimonde	Crescimento demográfico; PIB mundial; mudanças tecnológicas/produtividade agrícola.	Dieta alimentar humana por região; áreas cultivadas; pastagens e florestas; águas marítimas e continentais; produção de biomassa; distribuição dos usos de biomassa; evolução dos rendimentos agrícolas; balanço recursos <i>versus</i> usos de biomassa; comércio internacional de alimentos e produtos agrícolas.	<i>Agrobiom</i>
GEO -5	Crescimento demográfico; PIB mundial; mudanças tecnológicas/ produtividade agrícola.	Produção agrícola; demanda, preço e comércio de alimentos; subnutrição infantil.	<i>Impact-Water</i>
WBCSD	Crescimento econômico; crescimento demográfico; desenvolvimento humano (IDH); mudanças de valores e comportamentos.	Mudanças em setores econômicos na direção da sustentabilidade: agricultura e alimentos; florestas; saúde; energia; construção; mobilidade; e materiais.	Modelo quantitativo da <i>PricewaterhouseCoopers</i>

Fonte: Elaboração própria, a partir de análise de conteúdo dos estudos de cenários globais selecionados.

Como pode ser observado na Tabela 4, apesar de terem sido identificadas diversas forças motrizes (*drivers*) no decorrer da análise de conteúdo dos cenários globais que integram os nove estudos selecionados, prevaleceram as seguintes: (i) crescimento demográfico; (ii) crescimento econômico (PIB mundial); e (iii) mudanças tecnológicas, visando ao aumento da produtividade agrícola.

Em relação às mudanças tecnológicas, as premissas associadas ao aumento de produtividade são as mais relevantes na perspectiva de segurança alimentar. Além disso, e por razões semelhantes, destaca-se aqui o uso da terra, particularmente a expansão anual da área cultivada (uma das principais variáveis endógenas). Em todos os estudos, o crescimento demográfico e o crescimento econômico são considerados forças motrizes exógenas, cujos dados básicos e informações são, em geral, levantados nos estudos e projeções da ONU e do *World Bank*.

Assim, tendo como foco o estudo “Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos: o papel do Brasil no cenário global”, por ocasião do desenvolvimento do estudo CGEE/Embrapa, sugeriu-se a seguinte composição:

- seis forças motrizes exógenas (*drivers*), a saber: (i) crescimento demográfico; (ii) crescimento econômico (PIB mundial); (iii) mudanças tecnológicas, visando ao aumento da produtividade agrícola; (iv) urbanização; (v) mudanças climáticas; e (vi) mudanças de valores e comportamentos;
- variáveis-chave endógenas: todas as demais variáveis mencionadas na Tabela 3, diretamente relacionadas à produção sustentável de alimentos e à segurança alimentar;
- 18 tendências identificadas nos cenários “linha de base” e extrapolativos;
- 14 fatos portadores de futuro identificados preponderantemente nos cenários exploratórios e nos cenários normativos, uma vez que os cenários extrapolativos, por definição, são tendenciais, retratando o futuro como uma continuação lógica dos eventos e tendências observadas no presente.

6. Considerações finais

Este artigo buscou demonstrar as vantagens de se utilizar estudos de cenários globais existentes para identificação de tendências, forças motrizes, fatos portadores de futuro e incertezas críticas associadas às variáveis exógenas, no macroambiente de estudos prospectivos em geral. A partir dos resultados de duas experiências realizadas pelo CGEE, em 2010 e 2013, respectivamente, buscou-se responder a uma das questões levantadas na literatura sobre *Future-Oriented Technology Analysis* (FTA), qual seja:

“[...] é possível utilizar de forma efetiva, na fase exploratória de estudos prospectivos, estudos de cenários globais já existentes, ao invés de desenvolver novos cenários globais segundo a modalidade *multistakeholder*?”.

Como demonstrado neste artigo, pelos resultados das experiências do CGEE, a resposta é sim. Pode-se identificar um número de estudos de cenários que apresentam uma imagem abrangente dos possíveis mundos futuros para ambos os estudos prospectivos – “Indústrias do Futuro e Tecnologias Emergentes” e “Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos: o papel do Brasil no cenário global”. Em ambos os contextos, um novo exercício de construção de cenários globais não resultaria em visões radicalmente distintas das apresentadas neste artigo, segundo a percepção das equipes envolvidas.

Particularmente, para o primeiro estudo, a meta-análise de estudos prospectivos globais de longo prazo forneceu os elementos fundamentais para a contextualização da difusão de tecnologias emergentes e de seus impactos no desenho de novos modelos de negócio e configurações industriais do futuro – focos do estudo exploratório desenvolvido pelo CGEE em 2010. Segundo a percepção da equipe de coordenação desse estudo, o entendimento das forças motrizes que condicionarão a difusão das tecnologias emergentes e a evolução das configurações industriais no horizonte de 20 anos foi considerado etapa crítica do desenvolvimento do estudo, especialmente pela sua natureza exploratória. Pela meta-análise de cinco estudos de cenários globais, foi possível: (i) mapear as forças motrizes que condicionarão a difusão das tecnologias emergentes e a evolução das configurações industriais no horizonte de 20 anos; (ii) identificar tendências e incertezas críticas apontadas nos cenários globais selecionados; e (iii) identificar questões associadas a tecnologias emergentes, novos modelos de negócios e configurações industriais do futuro, nesses estudos de cenários globais.

Com relação ao segundo estudo prospectivo – “Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos: o papel do Brasil no cenário global” – a análise sistêmica dos estudos de cenários globais permitiu identificar as variáveis-chave endógenas e as forças motrizes (*drivers*) exógenas,

possibilitando aos participantes do estudo prospectivo CGEE/Embrapa criar uma grade analítica geral e consistente, que facilitou a consolidação e harmonização dos estudos específicos em curso.

Foi possível também identificar os modelos e as premissas quantitativas e qualitativas adotadas na maioria dos estudos de cenários globais. Essas premissas foram discutidas pela equipe de coordenação CGEE/Embrapa, com o objetivo de estabelecer o conjunto de hipóteses que deveriam ser adotadas para as projeções que seriam elaboradas no âmbito do estudo em foco.

Os horizontes temporais escolhidos para o estudo “Sustentabilidade e Sustentação da Produção de Alimentos - o Papel do Brasil no Cenário Global” foram compatíveis com aqueles estabelecidos nos estudos analisados.

Finalmente, a partir dos resultados das duas experiências realizadas pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), em 2010 e 2013, respectivamente, concluiu-se que foi efetivo utilizar estudos existentes de cenários globais em ambas os casos, gerando-se os benefícios apresentados na introdução deste artigo. Vale ressaltar, no entanto, que, a partir de uma visão abrangente de mundos futuros possíveis para os dois casos aqui reportados, foram desenvolvidos, em uma segunda fase, exercícios focalizados de FTA, segundo o modelo *multistakeholder*, que vem sendo amplamente adotado na construção de cenários em geral.

Referências

- ADLER, M.; ZIGLIO, E. **Gazing into the oracle**. Bristol, PA.: Jessica Kingsley Publishers, 1996.
- ALCAMO, J.; HENRICH, T. Towards guidelines for environmental scenario analysis. In: ALCAMO, J. (Ed.) **Environmental futures: the practice of environmental scenario analysis**. Elsevier. 2008.
- ALMEIDA, M.F.L. **Análise de estudos de cenários selecionados**. Projeto CGEE/Embrapa Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos: o papel do Brasil no cenário global. Mimeo. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília, janeiro de 2013.
- _____. **Visão panorâmica de estudos prospectivos globais de longo prazo**. Sub-ação 51.46.1 – Indústrias do Futuro e Tecnologias Emergentes. Mimeo. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília, abril de 2010.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70. 2002.
- BÖRJESON, L. et al. Scenario types and techniques: Towards a users guide. **Futures**, v. 38. n.7, p.723 - 739. 2006.
- BREINER, S.; CUHLS, K. GRUPP, H. Technology foresight using a Delphi approach: a Japanese-German cooperation. **R&D Management**, v. 24, p.34-38, 1994.
- CHOO, C.W. **Information management for the intelligent organization: the art of scanning the environment**. 3rd ed. Medford, NJ: Information Today, Inc. 2001.
- DIETZ, T. Methods for analyzing data from Delphi panels: some evidence from a forecasting study. **Technological Forecasting and Social Change**, v.31, n. 1, p. 79-85, 1987.
- GODET, M. The art of scenarios and strategic planning: tools and pitfalls. **Technological Forecasting and Social Change**, v.65, n. 3, p. 3-22, 2000.
- HELMER, O. Problems in futures research: Delphi and causal cross-impact analysis. **Futures**, Feb. 1977, p. 17-31.1977.
- HUSS, W. R.; HONTON, E. J. Scenario planning: what style should you use? **Long Range Planning**, v.20, n.4, p. 21-29. 1987.
- JONES, H. **Previsão tecnológica para decisões de planejamento**. Rio de Janeiro: Zahar, 1986.
- NATIONAL INTELLIGENCE COUNCIL. **Mapping the global future 2020**. Washington: National Intelligence Council, 2002.
- RASKIN, P. et al. **Great transition: the promise and lure of the times ahead**, Global Scenario Group. 2002.
- REILLY, M.; WILLENBOCKEL, D. Managing uncertainty: a review of food system scenario analysis and modelling. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 365, n. 1554, p. 3049–3063. 2010.

- RINGLAND, G. The role of scenarios in strategic foresight. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n.9, p.1493 – 1498. 2010.
- ROWE, G.; WRIGHT, G.; BOLGER, F. The Delphi technique: past, present, and future prospects. **Technological Forecasting and Social Change**, n.78, p. 1487–1490, 2011.
- SCHOEMAKER, P. J. H. Multiple scenario development: its conceptual and behavioral foundation. **Strategic Management Journal**, v. 14, p. 193 – 213, 1993.
- SCHWARTZ, P. **The art of the long view: planning for the future in an uncertain world**. New York: Doubleday Currency, 1996.
- SHELL. **Global Scenarios 2025**. 2005. Disponível em: <<http://www.shell.com>>. 14 out. 2014.
- THE FUTURES GROUP. TIA. **Trend impact analysis**, Version 5.0. Glastonbury, CT: The Futures Group (self-published). 1984.
- UNEP. **Global Environmental Outlook GEO 5: environment for the future we want**, Valletta, Malta: United Nations Environment Programme. 2012. Disponível em: <http://www.unep.org/geo/pdfs/geos/GEO5_report_full_en.pdf>. Acesso em: 14 out. 2014.
- VAN DER HEIJDEN, K. **Scenarios: the art of strategic conversation**. 2.ed. West Sussex: John Wiley & Sons. 2005.
- VAN DIJK, M. **A review of global scenario exercises for food security analysis: assumptions and results**. 2012. FOODSECURE Working Paper no. 2. September 2012. Disponível em: <<http://www.foodsecure.eu>>. Acesso em: 14 out. 2014.
- VAN NOTTEN, P.W. et al. An updated scenario typology. **Futures**, v. 35, n.5, p.423- 443. 2003.
- VAN VUUREN, D. et al. Scenarios in global environmental assessments: key characteristics and lessons for future use. **Global Environmental Change**, v. 22, p. 884-895. 2012.
- WACK, P. Scenarios: uncharted waters ahead. **Harvard Business Review**, 63, pp.72–89. 1985.
- WESTHOEK, H.; VAN DEN BERG, M.; BAKKES, J.A. Scenario development to explore the future of Europe's rural areas. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 114, n.1, p.7–20. 2006.
- WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. WBSCSD. CEBDS. **Visão Brasil 2050: no rumo da mudança**. Rio de Janeiro: Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. CEBDS. 2012.
- WLOUDENBERG, F. An evaluation of Delphi. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 40, n.2, p.131-150, Sept 1991.
- ZUREK, M.B. **A short review of global scenarios for food systems analysis**. GECAFS Working Paper 1. GECAFS International Project Office. NERC Centre for Ecology & Hydrology. Wallingford, UK 2006.
- ZUREK, M.B.; HENRICHS, T. Linking scenarios across geographical scales in international environmental assessments. **Technological Forecasting & Social Change**, v.74, p. 1282–1295, 2007.

FTA como diligência prévia para uma era de rápida interdição pelo Duo Algoritmo – *Big Data*

Denis Loveridge¹ e Cristiano Hugo Cagnin²

Resumo

No contexto da “revolução digital” e sua ampla penetração em todos os aspectos da vida cotidiana, a FTA precisa de novas abordagens e habilidades para poder lidar com um mundo novo. Sugere-se uma abordagem baseada na “diligência prévia” (*due diligence*), adaptada do mundo dos negócios. O artigo relaciona o mundo digital a um duo algoritmo - *big data*, onde a computação é preferível ao julgamento humano e sua bagagem comportamental e intuitiva para a formulação de políticas. O artigo de Turing, de 1936, abriu caminho para a evolução dos computadores digitais capazes de usar algoritmos complexos para trabalhar com grande volume de dados, contendo componentes de incerteza. A preferência atual em favor da computação destaca a necessidade de que a FTA seja baseada na apreciação de situações dinâmicas que considerem toda a vida na Terra,

Abstract

In the face of the 'digital revolution' and its wide penetration of all aspects of life FTA needs to consider new approaches and skills to enable it to cope with a 'new' world. An approach based on 'due diligence,' adapted from the business world, is suggested. The paper links the digital world to an algorithm – big data duo, where computation is preferred to human judgment, with its behavioural and intuitive 'baggage', in policy formulation. Turing's 1936 paper enabled the evolution of digital computers capable of using complex algorithms to work with large and uncertain data-sets. The current favouring of computation highlights the need for FTA to be based on an appreciation of dynamic situations that face all life on Earth replacing silo-based problem solving. To cope with these situations new skills are needed based on excellence in breadth and depth using due diligence concepts that can build a bridge between

-
- ¹ É professor visitante honorário da Universidade de Manchester. Em 1991, tornou-se integrante do *Manchester Institute of Innovation Research (MIoIR)*, depois de trabalhar por mais de 20 anos na indústria Pilkington. Liderou o primeiro Programa de *Foresight Tecnológico* do Reino Unido.
 - ² Assessor do CGEE, com PhD pela Universidade de Manchester, Reino Unido, bem como mestrado e graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina. Atua nas áreas de inovação, estudos de futuro (*foresight*) e sustentabilidade, com vasta experiência em projetos nacionais e internacionais, no âmbito da Comissão Europeia e de parcerias com instituições como UNIDO, UNEP e OCDE.

ao invés de soluções de problemas isolados ou de silos decisórios. Para lidar com essas situações, são necessárias habilidades baseadas na excelência, amplitude e profundidade, usando conceitos de diligência prévia que podem construir uma ponte entre a FTA e os formuladores de política, garantindo o alcance da qualidade e da habilidade de incorporar a ignorância.

Palavras-chave: Algoritmos, *big data*. Desconhecimento, existência, extinção, emergência. Habilidades FTA.

FTA and policy makers to ensure both quality and the ability to embrace ignorance are coped with.

Keywords: *Algorithms, big data. Ignorance, existence, extinction. Emergence. FTA skills.*

1. Introdução

Huddle (1972) definiu Análise Tecnológica (AT) inicialmente, que depois ganhou forma sob um movimento de protesto, antes de sua institucionalização junto à Secretaria de Análise Tecnológica dos Estados Unidos e à Unidade de Análise de Programas no Reino Unido, sendo ambas as secretarias já extintas. Até 1996, a situação havia mudado e uma definição revisitada enfatizou a incerteza (DALE & LOVERIDGE, 1996). Desde 1996, as características da FTA não parecem ter mudado muito. A fascinação com os métodos parece não ter fim, mas Wittgenstein coloca que “os métodos passam pelo problema [situação]”, requerendo, portanto, julgamento humano para que sejam resolvidos. No mundo digital em constante evolução, o engajamento com o que vai ser chamado mais tarde de duo “algoritmo - *big data*” está em expansão. O artigo explora como esse duo tem se tornado mais importante. O argumento é desenvolvido no decorrer das seções: 2, na qual algumas noções primárias da FTA são apresentadas; 3, que descreve a relação entre FTA, sistemas vivos e complexidade; 4, onde se enfatiza algumas questões sobre a ignorância; 5, que descreve a relação entre o processo de decisão humano e computação; 6, que ilustra o mundo dos algoritmos; 7, que faz o mesmo para o mundo do *big data*; 8, onde se explica o duo algoritmo - *big data*; e 9, que propõe uma abordagem diferente para FTA, alinhada com novas habilidades, as quais são descritas na seção 10. O artigo é finalizado, ainda, com uma breve discussão (11) e conclusão (12).

O objetivo convencional da FTA foi o de estabelecer uma conexão entre as novas tecnologias e o desenvolvimento social, percebido durante o Iluminismo, bem antes da noção de “economia” ter nascido como uma invenção cultural. No mundo digital, os avanços das tecnologias de comunicação aceleraram o ritmo da ciência e da tecnologia (C&T) e criaram a globalização dos mercados. Entretanto, um desconforto lento e duradouro, com as suposições de que toda C&T eram “coisas boas” e que a plasticidade mental do ser humano iria sempre adaptar-se a

elas, começou a dividir a sociedade. A rejeição a tais suposições vem aumentando desde 1970 e tem sido acompanhada pela rejeição do determinismo tecnológico, por meio da exposição de suas consequências sociais escondidas. Soddy (1922) criticou de forma científica o mantra econômico convencional. No entanto, foi provavelmente o uso das armas nucleares no final da Segunda Guerra Mundial e as tensões durante a Guerra Fria que deram fôlego adicional para o questionamento do papel da C&T no desenvolvimento humano. As bases conceituais e metodológicas da FTA foram desenvolvidas neste período e os primeiros métodos sistemáticos (ex. Delphi) foram desenvolvidos naquele tempo.

Ao mesmo tempo, crescia um clamor pela governança da C&T. Novos fóruns para envolvimento do público na governança de C&T se estabeleceram das mais variadas formas, destacando a amplitude das situações envolvidas, uma vez que inúmeras delas apareceram nos últimos 40 anos. Eventos “imprevisíveis” ampliaram o reconhecimento de que os sistemas globais são incertos e complexos, fazendo emergir as noções de “grandes desafios” e da sustentabilidade. Tudo isso ocorreu durante um rearranjo persistente do jogo de xadrez do poder mundial, que recentemente tem se movido em direção à bacia do pacífico, onde a invenção e a inovação, bem como os riscos associados, são parte importante do horizonte emergente. Agora, a sustentação do argumento de Whitehead, de que “a ciência se concentra em generalidades, ganhou mais força. As generalidades se aplicam, mas não determinam o curso da história sem alguma ancoragem nos fatos”. A FTA afeta todas as esferas da vida e tem papel central na garantia da continuidade da prestação de serviços básicos e infraestrutura, direitos humanos, liberdade, democracia e privacidade, sendo todos esses desafiados pelo risco, pela regulação e governança. Todos os pontos citados apontam para a necessidade de novas habilidades para a prática da FTA, buscando-se incorporar a ignorância, a complexidade e a criatividade.

2. Noções primárias da FTA

Cagnin *et al.* (2012) descreve o papel que a FTA desempenha em informar os processos decisórios, em estruturar e mobilizar uma rede de atores e em capacitar os agentes de inovação. A FTA é parte do *foresight* que, para simplificar, será assumida como a tentativa de identificar possibilidades futuras do que se conhece ou pode ser especulado a partir do conhecimento presente, envolvendo *opiniões subjetivas*. A parte mais importante da opinião subjetiva está na habilidade das pessoas em projetar seu conhecimento substantivo para o futuro, avaliando e representando as incertezas do futuro, de maneira não vazia. Por não-vazio entende-se que a especulação ou opinião estão baseadas em um entendimento incompleto dos eventos (ignorância) uma vez que o futuro é, por definição, *desconhecido*.

De forma breve, Dalkey (1969) descreve a natureza do conhecimento que os especialistas têm à sua disposição: a mudança gradual do conhecimento - para opinião e da opinião (ou especulação) - para o palpite é arriscada, visto que opinião ou especulação implica na presença de evidências incompletas (opinião racional ou especulação pode ser feita somente por meio de raciocínio probabilístico ou difuso, embora os especialistas usualmente se recusem a utilizar qualquer tipo de medida para sua opinião). Quanto mais o raciocínio entra no campo do futuro, mais as opiniões se aproximam da transição difusa para o palpite, onde a evidência para dar suporte às suas opiniões torna-se fragmentada. Amara & Lipinski (1983) mostram que a maior parte dos especialistas tem confiança excessiva na capacidade de estender o conhecimento próprio para o futuro (então o que dizer dos não-especialistas?), frequentemente levando a “*lock-in*”, ainda que o que se busca são padrões de todos os fluxos de experiências particulares que parecem relevantes para a situação.

Em muitos estudos, a opinião de especialistas ou não-especialistas tende a ser considerada com o mesmo peso, o que não é uma suposição válida. Entretanto, essa questão comportamental problemática nunca foi resolvida, embora exista evidência empírica fragmentada de que algumas opiniões de especialistas são muitas vezes mais efetivas do que outras (AMARA & LIPINSKI *ibidem*). Especialistas e não-especialistas devem considerar dois conjuntos muito amplos de entidades e suas intersecções, nenhum dos quais pode ser claramente identificado (Figura 1).

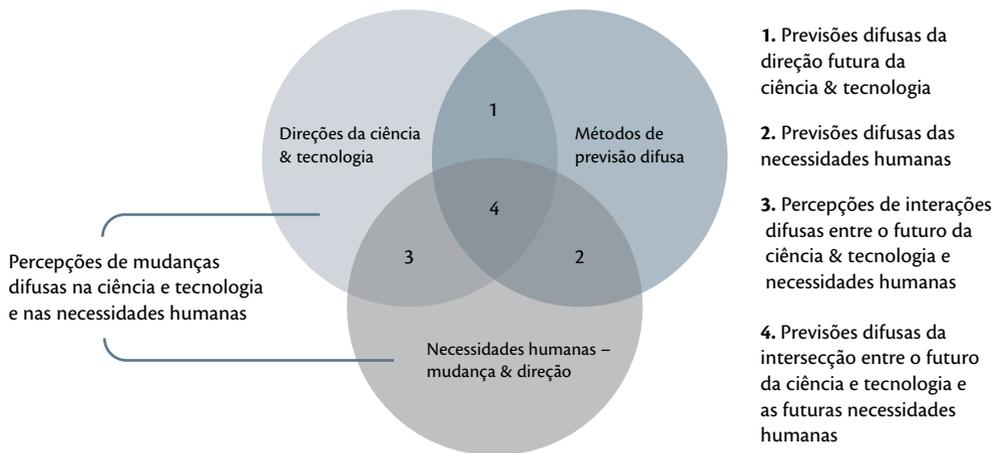


Figura 1. Intersecção das necessidades humanas, ciência & tecnologia e métodos de previsão

A difusidade do *foresight* (e da FTA) fica evidente a partir da Figura 1, de forma que as noções de certeza são equivocadas. Seria mais apropriado reconhecer o fenômeno da ignorância (discutido na seção 4). Por último, a questão relevante é entender como as ideias emergem, de maneira aleatória e, algumas vezes, passageira, através do limite difuso entre o desconhecido e o pouco apreciado.

3. Sistemas vivos e complexidade

A FTA trata de situações que, por analogia, são sistemas vivos que se desenvolvem, se regeneram e se auto-organizam para se adaptarem a circunstâncias em constante mudança. Maturana e Varela (1980) os descrevem como sistemas adaptativos complexos autopoieticos, onde a mudança é auto-organizada, criando uma estrutura emergente e um padrão sem intervenção externa. Todo organismo tem a habilidade de autogeração, implicando contínua autoprodução e reprodução (MATURANA e VARELLA, 1997): sistemas autopoieticos são um produto de si mesmos (ROCHA, 2003), têm limites autodefinidos e são organizacionalmente fechados. Sistemas vivos aprendem e usam novas informações para alterar o comportamento do presente e do futuro, com vista a manter a homeostasia.

Sistemas adaptativos complexos são imprevisíveis: o comportamento emergente é mais do que a soma das partes e esta relação é mal entendida.

Dempster (1998) descreve como um ecossistema simpoietico complexo aquele que não tem barreiras autodefinidas, é coletivamente produzido e que organizacionalmente semi-aberto. Dempster (2000) concluiu que sistemas autopoieticos são homeostáticos, voltados para o desenvolvimento, controlados de maneira centralizada, previsíveis e eficientes, enquanto sistemas simpoieticos são homeorréticos, evolucionários, com controle descentralizado, imprevisíveis e adaptativos. Portanto, uma das diferenças mais importantes entre sistemas autopoieticos e simpoieticos diz respeito ao equilíbrio entre a habilidade para manter a identidade, a despeito das mudanças no ambiente, ou para adaptar sua identidade de forma a ajustar-se as mudanças.

Para a FTA, essas descrições apresentam uma heurística útil para sistemas vivos complexos, que compartilham matéria, informação e energia com seus ambientes externos: existem, simultaneamente, autonomia e interdependência, com o requerimento de interatividade (ROCHA, 2003). Essas questões são importantes para o entendimento de sistemas sociais e sua conectividade interna.

A informação, o conhecimento e a ignorância que são divididos dentro dos sistemas sociais podem levar à adaptação coletiva e individual e à evolução. O que uma parte faz à outra é interpretado indefinidamente e informado para formar cadeias mais complexas. Então, o sistema vai estar apto a dar saltos evolucionários legítimos, caracterizados pela aparição de propriedades emergentes. Nesse contexto, confiança mútua (MATURANA, 1998; LOSADA, 1999, 2001; FREDRICKSON e LOSADA, 2005) é crucial para escolher um caminho comum para vida e mover todo o sistema a níveis mais altos de sustentabilidade. Diálogo e compartilhamento de informações, baseados na confiança (tipos de “apertos de mãos” ou “*handshaking*”), são pré-requisitos nesse processo.

A existência impõe limites reais, controlados praticamente por meio de eventos de extinção. A combinação de existência e extinção tem a natureza de retroalimentação, que produz formas de estabilidade que só saem do controle quando ocorre falha nesse equilíbrio, gerando uma desigualdade na forma de uma pró-alimentação persistente, que pode ser tanto positiva quanto negativa, até o retorno da estabilidade, porém, de forma distinta, fenômeno este chamado homoerrese. A desigualdade entre a existência e a extinção leva a crises ainda maiores dos sistemas vivos. Cada crise germina da soma de uma miríade de eventos individuais. Atualmente, essas crises são chamadas de “grandes desafios”, embora a história tenha sido marcada por vários desses traumas à vida na Terra, à humanidade em particular, ainda que tais eventos tenham sido denominados de diferentes maneiras.

Nesse contexto, a mudança social implica que as pessoas na sociedade devem mudar também. Isso acontece tanto por meio de encontros fora do sistema social específico quanto via reflexões por meio da linguagem (MATURANA e VARELA, 1997), requerendo diálogo ou “aperto de mãos” (*handshaking*) entre os formuladores de política e praticantes de FTA, assim como entre os atores sociais em geral. Emoções básicas são o alicerce da operacionalização dos organismos vivos e essas mudam conforme o ambiente também muda, requerendo que um indivíduo adapte-se ao seu ambiente para evitar a desintegração.

A FTA torna-se, assim, chave para possibilitar o diálogo e as interações criativas necessárias para que os sistemas sociais possam se comportar como sistemas simpoiéticos complexos (CAGNIN e LOVERIDGE, 2012). Características da ética universal ou dos princípios universais e de respeito (ZOHAR, 1990) podem ser relacionadas às noções de times ou organizações de alta-performance (LOSADA, 1999; 2001).

4. Noções sobre ignorância

A apreciação de situações dinâmicas complexas está na base da FTA, na qual o Futuro é logicamente redundante porque, se a ciência, tecnologia e engenharia são conhecidas ou imagináveis, já não sçai mais futuro, somente suas aplicações permanecem lá juntas, com suas influências éticas, legais e sociais [*Ethical, Legal, and Social Issues Research (ELSI)*]. A diligência prévia incorpora estudos ELSI que necessariamente encontram vários aspectos da ignorância. Nesse cenário, ignorância *não é a antítese do conhecimento*. A ignorância penetra as influências ELSI profundamente, tanto da perspectiva técnica quanto comportamental. Na engenharia e na invenção, a ignorância é um material importante: está baseada na raiz do dilema de um sistema ser “seguro contra falhas” (*fail-safe*) - um princípio antigo de engenharia e de risco -, ao invés do princípio ecológico de um sistema ser “seguro quando falha” (*safe when it fails*) (HOLLING, 1977).

Roberts (2012) estabelece uma taxonomia da ignorância, resumida na Figura 2, que indica a dualidade da ignorância sendo “sobre o conhecimento” e “sobre influências comportamentais”.

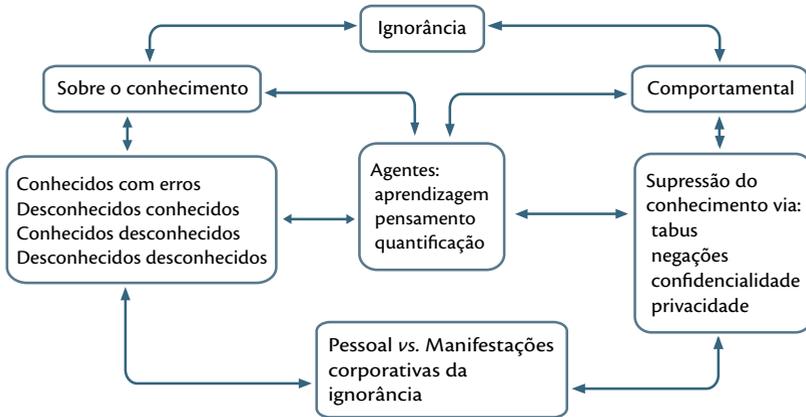
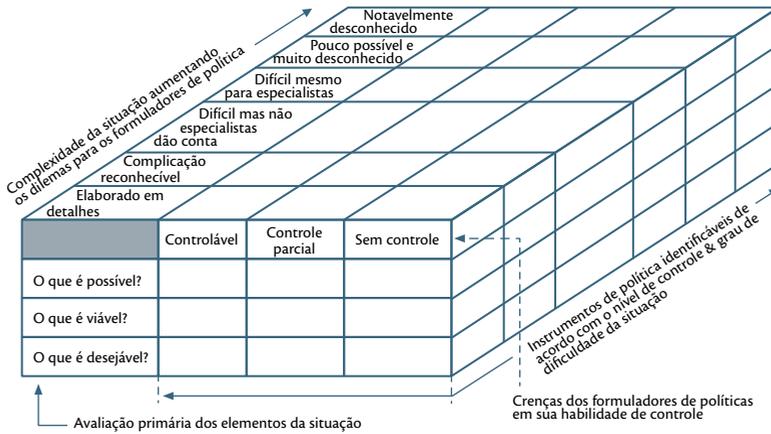


Figura 2. Sumário da taxonomia da ignorância de Roberts

Na engenharia, a ignorância aumenta a apreciação sobre a necessidade por caução no desenho de procedimentos (princípio do “seguro contra falhas”), o qual, por meio de pressões SEEPV, nas últimas décadas, tem sido formalizado por meio do “princípio da precaução”. Stirling (2008) introduziu importantes questões envolvendo ciência, precaução e política relacionadas ao risco tecnológico em particular. Para Stirling, os fatores centrais eram a incerteza (caracterizada pela probabilidade), a ambiguidade (presumível da informação) e a ignorância. Estes podem ser alocados na taxonomia de Roberts, de forma a agregar.

A colisão entre a ignorância e o conhecimento - com suas várias áreas cinzentas - cria sérios dilemas para os formuladores de política, como ilustrado na Figura 3. Esses atores tendem a resolver essas situações por meio da imposição de limites acordados para possibilitar a apreciação do risco - limites para estas percepções e seu ajuste para o propósito, a valoração e o risco -. A forma pela qual estes “limites” são concebidos e aplicados, então, torna-se uma questão importante. Se o limite relaciona a situação como autopoietica, ao invés de simpoietica, o resultado será marcadamente distinto. Uma situação autopoietica pode ser considerada como tendo uma organização fechada, tornando-se efetivamente isolada, enquanto uma situação simpoietica será caracterizada por complexidade e abertura para influências externas, talvez reconhecendo a natureza do mundo “real”, sem a característica de isolamento (silos decisórios). Essas noções geram conflitos para as realidades de formulação de políticas, criando um senso de apreciação da “existência”.



© Denis Loveridge reproduzido com permissão de Routledge

Figura 3. Dilemas dos Formuladores de Políticas

Para os formuladores de política, é essencial que a FTA crie um senso de “aperto de mãos” (*handshaking*) (BOETTINGER, 1969) e pontos em comum para permitir uma apreciação da situação sob análise dentro da taxonomia da ignorância (Figura 2). Esses passos dão início à criação de uma linguagem comum para apreciação. No mundo real, a ignorância pode ser espelhada nas características comportamentais que se fazem aparentes na mencionada taxonomia (Figura 2). Entretanto, é a mistura dos dois fluxos de ignorância que traz problemas aos formuladores de políticas e aos executivos de corporações. Por exemplo, quando “desconhecidos conhecidos” (ou seja, aquilo que se sabe que não se conhece) são suprimidos, a fim de garantir que os resultados de políticas sejam alcançados, isto limita ainda mais o dilema dos formuladores de políticas em “complicações reconhecíveis”, que são “controláveis” para alcançar “o que é desejável” (Figuras 2 e 3). Do ponto de vista comportamental, isto implica na adoção de uma apreciação altamente limitada da situação dinâmica sob análise e na falta de uma linguagem comum para política, levando a um modelo enviesado e parcial.

5. Processo de tomada de decisão humano vs. computacional

As organizações políticas têm sido tentadas de várias maneiras a aceitar uma preferência por números ao invés de pensamento ou reflexão, sem necessariamente considerar como os números foram produzidos ou o que eles significam. Computação e modelos computacionais que geram esses números têm criado vida própria, levando a um conflito entre tomada de decisões importantes, feitas por meio de processos humanos, e aquelas baseadas em modelos computacionais. Esses conflitos têm sido caracterizados no meio jornalístico como

“Computadores e você ou computadores ou você” (LOVERIDGE, 1983), de modo similar à visão colocada por Michael (1962) e mais enfaticamente por Eric Schmidt, presidente do Google (SCHMIDT, 2014), que serão referenciadas novamente na seção 9.

A crença em números é conveniente na medida em que é uma maneira de eliminar, ou pelo menos limitar, os efeitos da ignorância. Funtowicz & Ravetz (1990) desenvolveram o sistema NUSAP³ para entender os números na formulação de políticas, incluindo seus papéis mais exóticos de como, por que e quem os criou. A noção da falácia da concretude equivocada de Whitehead revela, de maneira similar, porque a ênfase exagerada nos números, independentemente da maneira como são produzidos, é imprudente (WHITEHEAD, 1925), criando conflitos a partir de diferentes crenças, sem estabelecer as questões colocadas por meio da ignorância e de diferentes modelos pessoais a respeito de uma situação.

Os modelos situacionais da FTA são delimitados e podem ser qualitativos, quantitativos ou uma combinação de ambos. Modelos qualitativos são inevitáveis, uma vez que eles são os percursos para qualquer forma de modelo quantitativo posterior. Modelos qualitativos configuram uma linguagem de apreciação e a descrição de uma situação de interesse: eles precisam ser investigativos (o que mais tarde denominaremos “diligência prévia”), imaginativos e fundamentados na evolução de uma base comum, como referido anteriormente. Inevitavelmente, a base comum necessita dar conta das influências da ignorância, ao invés de focar exclusivamente no que se acredita conhecer. Dado que o mundo real é complexo, modelos situacionais são limitados e, portanto, restringem a apreciação de suas influências mais amplas no mundo, impondo fortes demandas sobre como esses limites são criados e os “apertos de mãos” (*handshaking*) necessários para tanto.

Modelos quantitativos são a incorporação computacional de modelos qualitativos de análise de situações dinâmicas: são necessariamente incompletos, porque a totalidade da situação está além do entendimento dos limites impostos pelas delimitações artificiais. Como os modelos computacionais são constructos, suas armadilhas e o que pode ser aprendido deles são assunto de interesse e importância a ser discutido adiante.

6. O mundo dos algoritmos

Um algoritmo, ou um conjunto deles, é a base central de qualquer método usado na FTA que envolva um modelo computacional. O que é um algoritmo, então? Um algoritmo é um passo a passo preciso de um procedimento de cálculo. É um método efetivo, expresso como uma

3 Sistema Nusap: Numeral, Unit, Spread, Assessment and Pedigree System. Trata-se de um esquema projetado para ser um sistema robusto de notações para expressar e comunicar incertezas em informações quantitativas. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v4n2/v4n2a01.pdf>>.

lista⁴ finita de instruções bem definidas, para calcular uma função. Algoritmos têm se tornado onipresentes depois da então chamada revolução dos “aplicativos” ou “apps”, que tem feito muitos bens de consumo dependerem da computação para funcionarem. Cada “aplicativo” é a representação de um modelo de produto de um designer, de como este produto deva funcionar. Para alcançar esse estado dos negócios, o procedimento delineado na Figura 4 tem ocorrido tanto de forma conhecida como desconhecida.

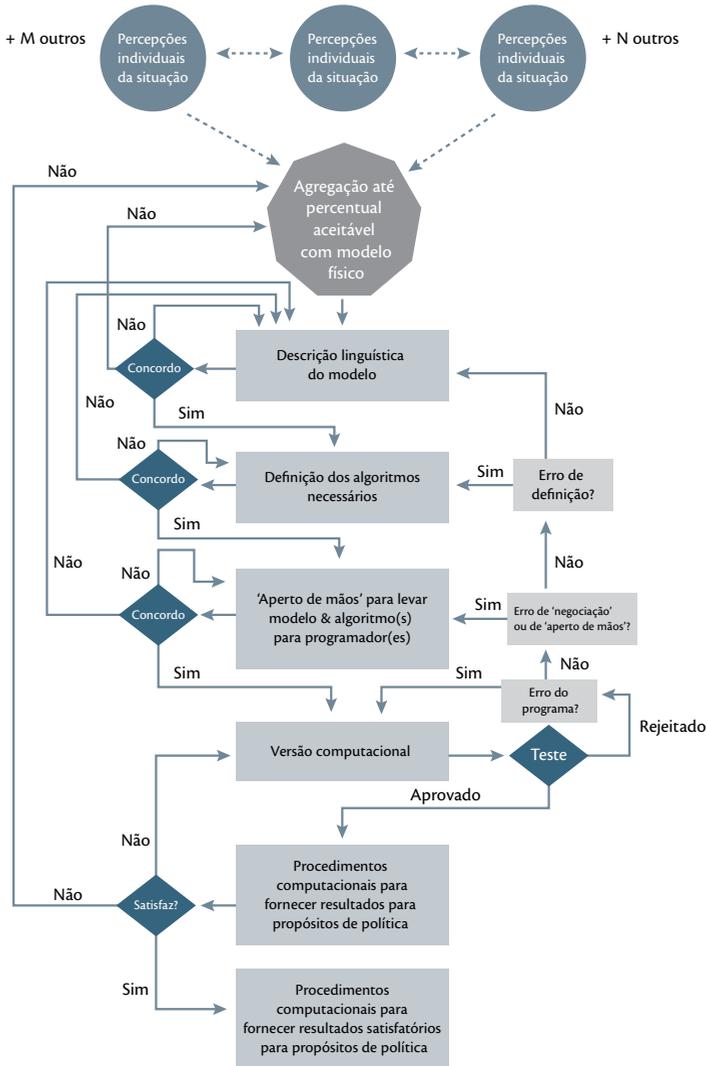


Figura 4. Das percepções individuais para modelos computacionais de políticas - um fluxograma.

4 Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Algorithm> - cite_note-1>

A transição da apreciação linguística da situação é complexa e, como apontado anteriormente, requer negociações ou ‘apertos de mãos’ intensos durante todo o processo. No caso de um aplicativo estar envolvido, pode então incluir tanto o *software* vs. *firmware* ou ambos. Infelizmente, o crescimento do mundo dos aplicativos acaba com a necessidade de se compreender o que está ocorrendo por trás da tela. Aproximações e atalhos são frequentemente utilizados por programadores e a natureza do modelo principal permanece oculta, de maneira que o questionamento das saídas continua no campo da intuição, ou as mesmas são aceitas cegamente. A proliferação dos “*apps*” se baseia sobre os valores humanos atualmente atribuídos à imediatez, frequentemente em prejuízo da segurança, da privacidade e da qualidade da informação gerada.

7. O mundo do *Big Data*

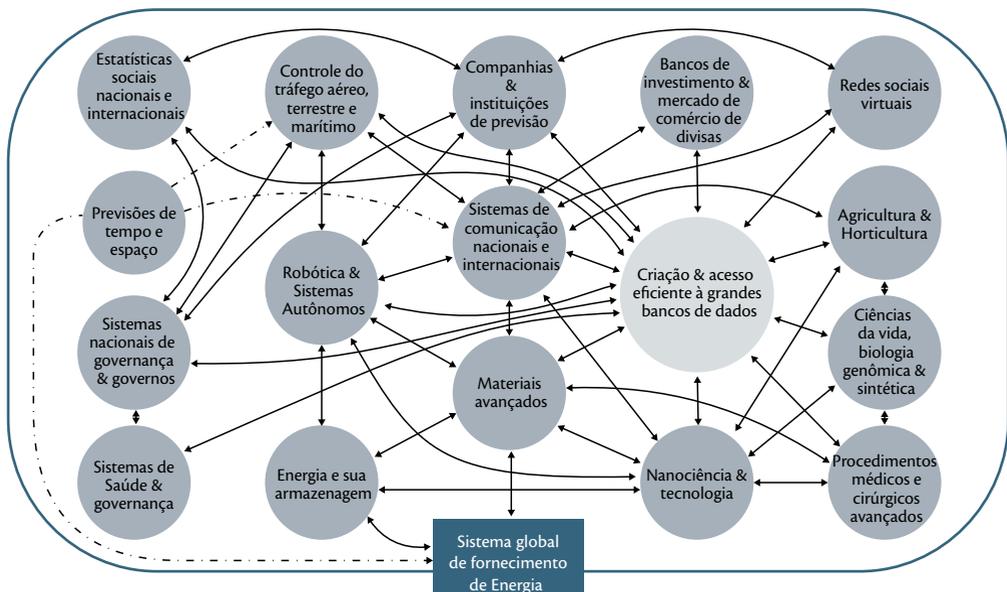
O que é “*Big Data*”? *Big Data* pode ser descrito como um termo geral adotado para conjuntos de bancos de dados grandes e complexos o suficiente para tornar difícil o processamento, usando-se somente os aplicativos tradicionais (WIKIPEDIA). Isso equivale à acumulação de uma quantidade muito grande de dados textuais, numéricos e gráficos, em sua forma bruta, coletados por diversos meios e que possam ser digitalizados. *Big Data* está, nesse sentido, onipresente e com potencial de transformar a FTA.

A revelação dos documentos do caso Snowden tem tido um papel central para, de uma maneira extrema, mudar a percepção das políticas sobre elas mesmas, das agências de segurança governamentais ao redor do mundo e da probabilidade de que se tenha aberto mão, de forma gratuita, da valiosa privacidade de grandes segmentos de pessoas de todas as idades, em razão da chegada das redes sociais cibernéticas. Uma ilustração bastante simplificada do quão profundamente o apetite do “*big data*” tem sido alimentado pode ser vista na Figura 5.

Talvez o desenvolvimento mais impressionante tenha sido o crescimento em quantidade e profundidade dos dispositivos de coleta de dados. Agora, qualquer indivíduo pode se transformar em uma fonte de dados única e ambulante. Juntamente com os poderes agora sendo atribuídos, organizações de governança estão deixando de ser locais para serem nacionais ou globais. Alguns desses poderes são conhecidos e outros não, caindo na categoria dos conhecidos desconhecidos. A única certeza é que a privacidade não é mais uma característica das sociedades humanas. Houve um tempo em que o grande volume de dados no “*Big Data*” não teria grande importância, já que não poderia ser processado para um propósito real. Isso tem se tornado ficção, tendo em vista que a combinação de poder computacional e procedimentos de processamento efetivos (algoritmos) de grande capacidade tem sido criada. Pode a FTA lidar com a ciência dos softwares? Ou ela está trilhando outro caminho? É só uma questão de tempo para que, ao menos alguns,

senão todos estes algoritmos, sejam incorporados aos “apps” para uso comum, mudando a apreciação da segurança da informação, da interação social e do controle social.

É pelas razões ditas anteriormente que o “big data” tem se tornado importante, enquanto a internacionalização deste tem introduzido uma nova dimensão: por exemplo, webconferências (seminários baseados em redes), que possibilitam a gestão dos negócios internacionais de maneira bastante diferente do passado (gestão *lssl's* das intenções e da imagem corporativa através das redes sociais). O “Big Data” surgiu no contexto da Segunda Guerra Mundial, quando interceptar e decifrar sinais tornou-se uma arma muito importante. Quem usa e controla o *big data* é uma preocupação central de política, agora que tem-se revelado o “segredo” de que companhias, governos e organizações não governamentais fazem uso do “big data” para propósitos que vão de legítimos a questionáveis. Mais controverso é que o armazenamento e o controle de acesso ao “big data” estão frequentemente nas mãos de um grupo relativamente seleto de organizações, algumas públicas e outras privadas, sendo que as últimas têm poderes financeiros consideravelmente mais elevados. “Big data” passa pela sigla STEEPV⁵, de maneira que seus valores são onipresentes, mesmo quando o acesso a esses dados esteja limitado pelo comércio ou processamento e pela capacidade de interpretação, ou seja, a capacidade do software e sua qualidade, quando nenhuma das duas pode ser assumida como dada.



5 Da sigla em Inglês: *social, technological, economic, environmental, political and cultural values* (STEPP-V) ou fatores sociais, tecnológicos, econômicos, ambientais, políticos e valores culturais.

Figura 5. Alguns elementos 'alimentando' o 'big data'

8. O mundo dos algoritmos e do *Big Data*

Os apontamentos anteriores levam à conclusão inevitável de que a combinação do grande poder computacional e de avanços similares no desenho e na programação de algoritmos, quando associada ao “*big data*”, cria um duo que pode vir a dominar o processo de tomada de decisão, com influências na sociedade e no uso dos recursos naturais. Existem muitas evidências para essa premissa. Por exemplo, as autoridades fazendárias do Reino Unido - Her Majesty's Revenue & Customs (HMRC) - veem há muito tempo coletando várias informações sobre as atividades financeiras da população. A capacidade de Tecnologia de Informação (TI) da HMRC, por meio de seu sistema Connect, desenvolvido pela BAE Systems, pode criar perfis dos pagadores de impostos, tanto de forma individual quanto agrupada, a partir do “*big data*” coletado globalmente (se necessário) para possibilitar a rápida identificação de onde pode estar ocorrendo a evasão fiscal. De maneira similar, algoritmos estão sendo usados para determinar quais são as áreas urbanas mais passíveis de incidência criminal, para facilitar operações policiais de prevenção. Há também um grande número de modelos para economias nacionais, clima e tempo, para mencionar apenas três das mais conhecidas esferas onde o duo pode estar deslocando o julgamento humano ao segundo plano.

O “*duo*” tem ganhado força recentemente por parte dos governos e das principais corporações, por meio de modelagem convencional. É evidente que a influência do “*duo*” em todas as esferas da vida não é mera asserção. A ênfase de Whitehead na concretude equivocada aponta diretamente para a falácia arraigada em todos os modelos, pois eles não representam e provavelmente não podem representar o mundo real. O duo não pode recriar o mundo real usando as imperfeições da modelagem, nem pode identificar além do que as delimitações do modelo vai permitir. O perigo é que a modelagem, através de seus limites e do duo, reduza as opções do mundo real, uma vez que o uso de opções computacionais implica na tentativa de forçar o mundo real a se ajustar ao mundo irreal da computação, um mundo governado pela natureza do design do algoritmo, pela programação (com suas falhas humanas) e pelos limites impostos pelas estruturas do “*big data*”. Desta maneira, o duo já tem colocado as delimitações, reais e imaginárias, não percebidas e não convencionais, ao redor de todos os aspectos da vida, introduzindo a certeza de que a influência do duo na tomada de decisões vai persistir por décadas. As noções de ignorância e da precaução estão sempre presentes.

A privacidade pode ser apenas a primeira vítima, intencionalmente ou não, enquanto a formação de opinião e de crenças pode estar não muito longe. Liberdade vs. controle de políticas já

está profundamente envolvida por meio de questões relacionadas à segurança, liberdade de movimento e muitos privilégios e direitos individuais, do controle de doenças ao controle do crime organizado em várias escalas.

O que tudo isto significa para a FTA será explorado na seção seguinte.

9. FTA para o futuro

A presente seção apresenta duas proposições. A primeira lida com a natureza da FTA e a segunda está relacionada com o mundo em que a FTA está arraigada atualmente e assim estará por décadas.

A afirmação por uma orientação futura para AT é um paradoxo. Uma vez que uma ideia está sendo expressa em espaços públicos, ela já não está mais no futuro, mas habita qualquer tempo/ espaço que alguém escolha. Pode parecer excesso de erudição fazer essa distinção, mas o fato de reconhecer alguma coisa não previamente conhecida tem algumas implicações profundas para a condução da FTA. Primeiro, a informação reconhecida vai recair em algum ponto da taxonomia da ignorância descrita anteriormente, o que vai ter alguma implicação para a direção da aprendizagem. Os limites, os quais, por inferência, devem ser simpoiéticos para permitir a entrada de novas informações, vão precisar ser revisados para possibilitar uma ponte para a formulação de política, enquanto incorpora a incerteza, a complexidade e a criatividade. Segundo, os limites entre a ignorância e o conhecimento vão mudar, implicando no entendimento de que a mudança é real e não pseudo. Mudanças reais nas fronteiras da ignorância são complexas e difíceis de reconhecer.

A segunda proposição é derivada do embate entre julgamento humano e o duo algoritmo - *big data*. O embate iniciou com o advento do maquinário computacional incorporado na máquina de computação mecânica de Babbage, mas se tornou óbvio de fato após o artigo de Turing em 1936, que montou o cenário para todo o desenvolvimento dos computadores digitais modernos. A era do "algoritmo - *big data*" vai ser um agravante da distopia do fim do trabalho? Três excertos montam o cenário:

Entre agora [...] 1984, os negócios e o governo [...] usam avanços extraordinários na tecnologia da computação para arquivar e coletar informações "pessoais" sobre cidadãos privados [...] (Donald Michael, 1962).

[...] poucos questionamentos são aparentes por aí em relação aos computadores [...] um objetivo central dos desenvolvedores de tecnologias computacionais é colocar novas

habilidades nas mãos dos indivíduos ao invés de continuar a tolhê-los empregos: [...]” De “Computers and You” (LOVERIDGE, 1983).

[...] realocar esses trabalhadores [desalocados] vai ser a “questão definitiva para economia global nas próximas décadas. É uma disputa entre computadores e pessoas - e as pessoas precisam vencer” (Eric Schmidt, Presidente, Google, 2014, Sunday Times Business, 2 de Fevereiro).

A proposição aponta para algumas questões fundamentais sobre o futuro da vida humana e de toda forma de vida, à medida que o julgamento humano e/ou o duo se engajam de forma ainda mais firme e próxima. É esse engajamento crescente que está moldando o processo de tomada de decisão em várias esferas e vai moldar a natureza e o conteúdo da FTA.

FTA é voltada para aplicação, é uma atividade do mundo real envolvendo encadeamentos em todas as esferas do STEEPV. Ela envolve todos os aspectos da ignorância juntamente com a ambiguidade, o paradoxo e a complexidade, que são inevitavelmente simplificadas através da imposição de delimitações, reais ou imaginárias, para permitir a apreciação de uma situação. Acidentes normais (PERROW, 1984) de todos os tipos concebíveis são apenas esperados quando a situação está longe do equilíbrio, que normalmente marcam as situações consideradas nos estudos de FTA. A FTA precisa se afastar do vício nos métodos de análise, que não mudaram muito nas últimas décadas. É necessário mover-se na direção de ideias investigativas incorporadas na “diligência prévia” com sua flexibilidade, ênfase em todos os sistemas STEEPV e em questões de sondagem que se desenvolvem no decorrer da apreciação da situação e de sua dinâmica. A apreciação começa e termina no nível mais alto na Figura 4, onde um diálogo de sondagem ocorre antes que um modelo linguístico, baseado nos pontos em comum e limites acordados, comece a emergir e a ser formulado como um modelo que deixa de fora elementos de apreciação, que podem vir a ser centrais para situação. Listas de checagem de padrões não são adequadas para a apreciação de uma situação.

Para a FTA, as delimitações entre os temas do conjunto STEEPV têm desaparecido de forma ampla, senão totalmente. A FTA, portanto, precisa tornar-se investigativa ao invés de analítica. No mundo dos negócios e dos investimentos, este requerimento é muitas vezes legal e feito por meio da diligência prévia. O que se está propondo é que a FTA incorpore os princípios da diligência prévia, de forma adaptada, para abranger o desaparecimento virtual das delimitações entre as disciplinas. Se isso soa como um retorno aos princípios estabelecidos por Huddle (1972) e Dale & Loveridge (1996), então que seja. O que é diligência prévia, então? E como ela se difere de processos analíticos que são essencialmente definidos por algorítmicos, ainda que isso não esteja declarado?

A Business Angels Association (UBAA), britânica, tem avançado nas noções da diligência prévia para abertura de pequenos negócios. Com algumas modificações lógicas, a diligência pode embutir um modo de pensar apreciativo para os praticantes da FTA. O guia fornecido pela UBAA tem suas limitações necessárias que podem, como se sugere, serem feitas relevantes para a FTA, como demonstrando na Tabela 9.1:

Tabela 1. Requisitos de *duo* diligência para FTA

Sistemas STEEPV	Representação da diligência prévia	Característica dominante
Social	Expectativas & realidades de indivíduos & de grupos de indivíduos	Coesão Social
Técnico (inclui ciência, tecnologia e engenharia)	Influência da engenharia, ciência & seus processos de pensamento & resultados para vida	Seguro contra falhas vs. seguro falhar
Economia	Negócios, indústria incluindo desafios para teorias convencionais de economia	Economia ecológica & propósitos da indústria
Ecologia	Princípios de sustentabilidade amparados por leis da termodinâmica	Entropia
Política	Governança, lei & cumprimento	Regras para liberdade e responsabilidades
Valores	Bases das crenças das sociedades e seus contratos sociais implícitos	Argumentação & legitimação dos "mais" ('mores')

Diligência prévia é um caminho baseado na linguagem de pesquisa sistemática e intuitiva, verificando e apreciando a situação no contexto da taxonomia da ignorância. Algumas vezes, ela está baseada em requerimentos legais, geralmente não está, mas pode moldar a legislação mais tarde. Enquanto o termo originou-se no mundo dos negócios, no qual diligência prévia é requerida para validar demonstrativos, o objetivo da FTA é garantir que todos os esforços sejam feitos para avaliar a influência da tecnologia dentro dos limites acordados com a definição da AT oferecida por Dale & Loveridge. Essa forma de FTA requer novas habilidades? Este é um grande 'talvez' a ser examinado adiante.

10. Novas habilidades necessárias para o futuro da FTA

"Nós pensamos somente por meio de palavras. Linguagens são verdadeiros métodos analíticos [...]. A arte do raciocínio é [...] linguagem bem organizada" (LAVOISIER, 1790): este é o ponto mais alto na Figura 4. A computação baseada em algoritmos que segue limita o raciocínio, ao menos

que existam mecanismos fortes de retroalimentação e autocontrole; sem estes, os algoritmos e os computadores extinguem o raciocínio. Até que grandes passos sejam dados no raciocínio baseado em computadores, existirão perigos sutis, mas inevitáveis, acompanhando os resultados do duo. Até lá, modelos computacionais vão ditar grande parte da interação entre o modelo, e como os computadores dão conta de seus algoritmos, e a interpretação que os programadores têm dos mesmos. Portanto, essas influências sutis vão permanecer. *Raciocinar sobre a ignorância é uma habilidade incomum.*

Diligência prévia é uma prática de investigação intensa, mas vai permanecer prisioneira da ignorância em suas muitas faces. Isso vai depender sempre da combinação entre opiniões subjetivas e dados quantitativos, que devem ser mensurados contra requerimentos do sistema NUSAP para avaliar a qualidade dos dados. *Entender os números e a qualidade dos dados é uma outra habilidade necessária.*

A descrição de capacidade subjetiva de Dalkey pode ser reinterpretada como uma relação entre *expertise* e criatividade, o que pode ser colocado em dois cantos de um triângulo. O terceiro ângulo do triângulo está relacionado com a interpretação do resultado da tensão entre a *expertise* e a criatividade, no processo de formulação de políticas. Isso tem sido chamado de alinhamento (ver Figura 6), com a implicação da interação (CAMERON, LOVERIDGE *et al.* 1996).

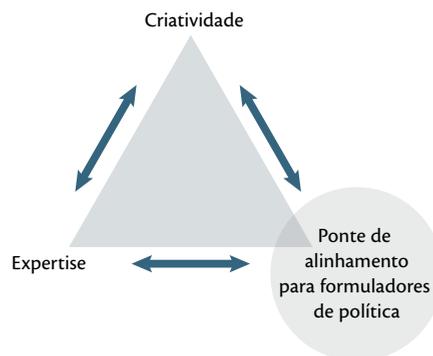


Figura 6. Uma ponte esquematizada entre FTA – política

A representação triangular é preferida, uma vez que nenhum dos três vértices é colocado em oposição, mas todos eles trabalham por meio de uma tensão criativa. Efetivamente, interação/alinhamento é o processo pelo qual se cruza uma ponte entre *dois mundos*.

Indivíduos que aplicam a FTA (praticantes) precisam ter a habilidade para *engajar-se na especulação, como definida por Dalkey, o que é tão crucial quanto a habilidade para articular aquela especulação na forma de opinião substantiva, porém subjetiva. Entretanto, ideias radicais sobre o*

futuro requerem a disposição para engajar-se na formulação de especulações, o que vai envolver criatividade. A tensão natural entre expertise e criatividade pode trazer importantes mudanças de opinião, que devem ser introduzidas no processo político, trazendo alguma tentativa de alinhamento ou ponte entre as opiniões radicais e as opiniões legitimadas existentes, apropriadas pela política. Esse é o propósito da diligência prévia.

A FTA enquanto diligência prévia está relacionada com aplicações entendidas como situações. Diligência prévia, nesse contexto, é a “tarefa intelectual de articular nossos problemas [situações] de vida” (MAXWELL, 1984) com a intenção de propor e criticar possíveis soluções e ações humanas. Não está relacionada com uma solução reducionista do problema, mas com o próprio dinamismo da vida. É esse dinamismo que converte as noções de problemas de vida para a vida como uma série de “situações”, o que ela realmente é, e no qual a solução de problemas é apenas um procedimento reduzido e de dois lados. *Situações são sistêmicas e precisam ser pensadas da maneira adequada*, envolvendo as incertezas dos limites difusos, as interdependências que transformam complicações em complexidade, a criação resultante de situações emergentes que “não podem ser antecipadas”. *Pensar em termos de situações dinâmicas é uma habilidade necessária.*

A FTA conduzida como diligência prévia requer um integrador, que é a pessoa chave capaz de “conectar” os vários aspectos da diligência prévia. *As pessoas estão sempre no topo da lista das habilidades requeridas no mundo de riscos onde a FTA geralmente encontra seu propósito.* Frequentemente, a noção de times interdisciplinares ou transdisciplinares é vista como a maneira necessária de se trabalhar, mas infelizmente não é. *Diligência prévia requer excelência na amplitude e na profundidade de pessoas centrais. Este é um recurso escasso que requer a habilidade de aprender, pensar e quantificar em profundidade.* A Figura 7 ilustra o uso deste conjunto teórico baseado na nanotecnologia.

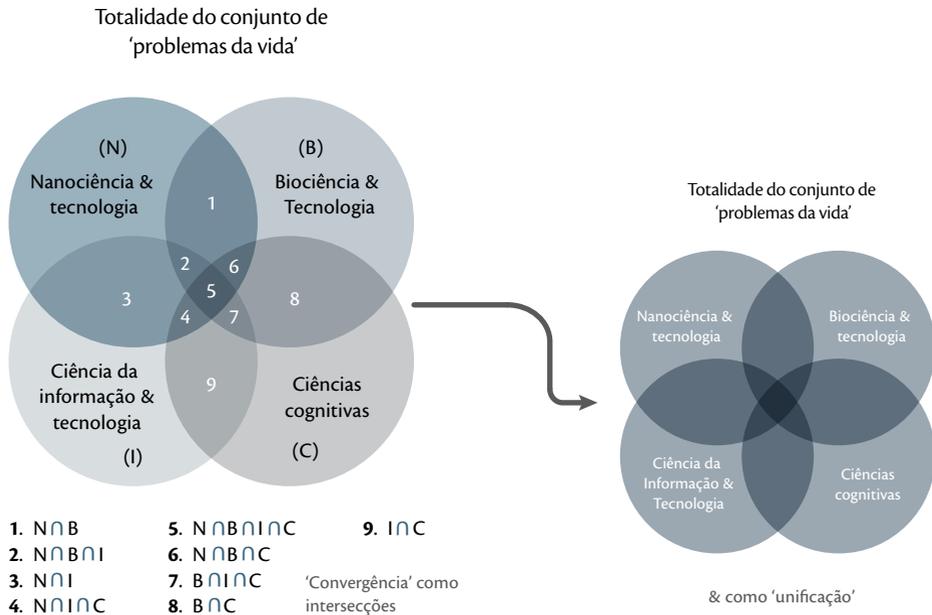


Figura 7. Convergência através interdisciplinaridade vs. Unificação via excelência na amplitude e na profundidade

11. Discussão

Na prática da FTA, deve se ter em mente quatro máximas. A primeira e mais poderosa é que “o mundo [situação] nunca é o que parece”. Conan Doyle, por meio das histórias de “Sherlock Holmes”, revelou-se um dos primeiros pensadores de sistemas, profundamente envolvido com os princípios por trás da diligência prévia. Holmes defendia que quando todas as outras linhas de investigação tivessem falhado, a última e mais improvável linha de ação deveria ser a mais correta a se seguir. Assim deve ser com a diligência prévia aplicada à FTA. A segunda é a máxima de Wittgenstein, em que “os métodos passam pelo problema [situação]”: é um impedimento poderoso confiar na computação apenas, apoiado na falácia da concretude equivocada de Wittgenstein. Terceira, os dilemas dos formuladores de políticas (Figura 3) incluem as dimensões apreciativas do que é: possível? alcançável? desejável? A maneira pela qual as três se relacionam com os temas do STEEPV está ilustrada na Figura 8.

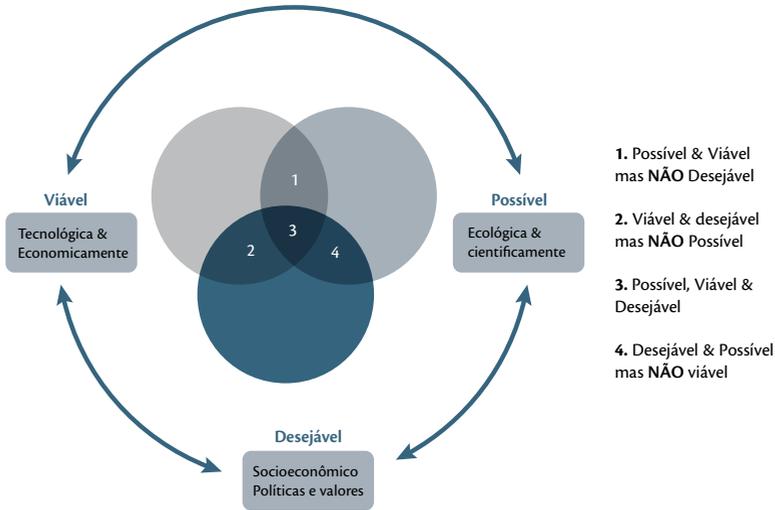


Figura 8. Interação entre o que é possível, viável e desejável e o STEEPV

A máxima aponta particularmente para as intersecções dos temas indicados no STEEPV, tendo em vista que estes têm propriedades crescentes importantes em relação à apreciação.

A quarta máxima diz respeito à racionalização do pensamento, da aprendizagem e da quantificação, e seu resultado como apreciação de uma situação (Figura 9).

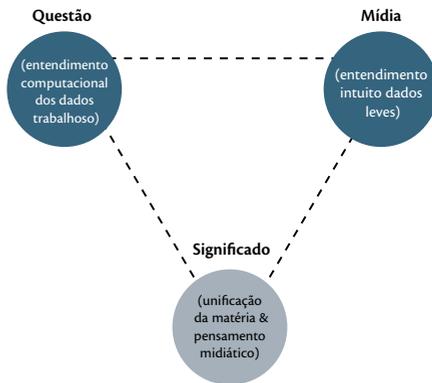


Figura 9. Unificação do modo de raciocinar

Quanto se usa diligência prévia na FTA, a racionalização é um passo importante para dar conta da ignorância, tal qual estabelecido na Figura 2, dos dilemas de política (Figura 4.2) e das três máximas anteriores, quando se tratar do duo algoritmo – *big data*. Esses são passos com os quais métodos com processos estáticos têm dificuldade em lidar. Mudanças na maneira pela qual a FTA é aplicada são necessárias para a implementação da diligência prévia na FTA. Estas vão requerer dos praticantes:

- racionalizar sobre a ignorância;
- entender números e a qualidade dos dados;
- elevar a criatividade;
- pensar em termos de situações sistêmicas;
- construir excelência em profundidade e em amplitude; e
- construir a ponte necessária entre a política e os tomadores de decisões.

Os princípios de diligência prévia vão guiar um entendimento, em constante evolução, do dinamismo de situações percebidas através do processo de questionamento e de racionalização, liberando a FTA de metodologias estáticas, permitindo, então, a ocorrência de novas informações e de aprendizagem por meio do entendimento simpoiético dos sistemas complexos. Duas mudanças essenciais vão ocorrer:

De:	Para:
<ul style="list-style-type: none"> • Vieses não revelados e descrição de extrapolações do presente no futuro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição das premissas antecipatórias e descrição de descontinuidades e do “desconhecido”.
<ul style="list-style-type: none"> • Vício em métodos e no uso de listas de checagem e de processos analíticos definidos algoritmicamente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ideias investigativas, com ênfase nos sistemas STEEPV, com questões de sondagem evoluindo à medida que a apreciação da situação e de sua dinâmica aumenta.

A relação entre FTA e o duo “algoritmo e *big data*” requer avaliação. Diligência prévia permite o questionamento e a racionalização, de acordo com a Figura 1, enquanto métodos algoritmos podem não permitir. Construir tal habilidade pode contribuir para se olhar para fora dos sistemas usuais ou familiares, por conta da ênfase na amplitude e na profundidade, ao invés da preferência pela interdisciplinaridade.

12. Conclusões

Tecnologias digitais têm impactado profundamente e cada vez mais rápido todas as formas de vida na Terra. Após 50 anos de sinais prévios, as sociedades humanas foram surpreendidas e pouco questionaram suas implicações. Para que a FTA possa fornecer tal questionamento, seu conjunto de ideias e formas de pensamento tem que ser alterado, como indicado na discussão anterior. A urgência para tanto é exemplificada pela visão de Schmidt, de que existe uma disputa entre computadores e pessoas e os sistemas vivos têm que vencer.

Referências

- AMARA, R.; LIPINSKI, A.J. **Business planning for an uncertain future**. Pergamon Press, 1983.
- BOETTINGER, H.M. **Moving mountains or the art and craft of letting others see things your way**, Macmillan, 1969.
- CAGNIN, C.H.; AMANATIDOU, E.; KEENAN, M. Orienting EU innovation systems towards grand challenges and the roles that FTA can play. **Science and Public Policy** v.39, n. 2, p.140-52. 2012.
- CAGNIN, C.H.; LOVERIDGE, D. A framework, with embedded FTA, to enable business networks to evolve towards sustainable development, **Technology Analysis & Strategic Management**, v.24, n.8, p.797-820. 2012.
- CAMERON, H.; LOVERIDGE, D. et al **Technology foresight: perspectives for European and International co-operation**, Final Report to CEC DGXII, April(1996)
- DALE, A.; LOVERIDGE, D. Technology assessment – where is it going? **International Journal of Technology Management**, v. 11, n. 5/6, p. 715-723. 1996.
- DALKEY, N.C. **The delphi method: an experimental study of group opinion**, RAND Corporation, 1969.
- DEMPSTER, B. **A self-organizing systems perspective on planning for sustainability**, B.Sc. Thesis, University of British Columbia, Vancouver, Canada. 1998.
- _____. Sympoietic and autopoietic systems: A new distinction for self-organizing systems. In: WORLD CONGRESS OF THE SYSTEMS SCIENCES AND ISSS 2000, Toronto, Canada. **Proceedings...** 2000.

- FREDRICKSON, B.L.; LOSADA, M. Positive affect and the complex dynamics of human flourishing, **American Psychologist** v. 60, n. 7, p. 678-86. 2005.
- FUNTOCWIZ, S.O.; RAVETZ, J.R. **Uncertainty and quality in science for policy, theory and decision library**, Series A, Kluwer Academic Publishers, 1990.
- HOLLING, C.H. The Curious behaviour of complex systems: lessons from ecology. In: LINSTONE, H.A.; SIMMONDS, W.H.C. (eds) **Futures research: new directions**, Addison-Wesley, p. 114-129, 1977.
- HUDDLE, F.P. **A short glossary of science policy terms**, Washington: Science policy Research Division, The Library of Congress, US Government Printing Office, 1972.
- KONDRATIEFF, N.D. The long waves of economic life, **Review of Economic Statistics**, v.17, n.6, p. 105-115. 1935 [1923 in Russian]
- LOSADA, M. The complex dynamics of high performance teams. **Mathematical and Computer Modelling**. v.30, n.9, p.179-92. 1999.
- _____. **The art of business coaching, Second general conference of the specialization course**, Brasília: 2001.
- LOVERIDGE, D. Computers and you: an essay on the future, **Futures**, v.15, n.6, p. 498-503. 1983.
- MATURANA, H.R. **Da biologia à psicologia**, 3 ed., Porto Alegre: Editora Artes Médicas. 1998.
- MATURANA, H.R.; VARELA F.J.G. **De máquinas e seres vivos - autopoiese: a organização do vivo**, 3 ed., Porto Alegre: Editora Artes Médicas. 1997.
- _____. **Autopoiesis and cognition: the realization of the living**, Dordrecht, Holland: D. Reidel 1980
- MAXWELL, N. **From knowledge to wisdom: a revolution in the aims and methods of Science**. Basil Blackwell, 1984.
- MICHAEL, D. **Cybernation: the silent conquest**. Santa Barbara: Center for the Study of Democratic Institutions, February [Reprinted in *Computers and Automation* , v.11, n.3, p. 26-42, March 1962.
- PERROW, C. **Normal accidents: living with high risk Technologies**. Basic Books, 1984.
- ROBERTS, J. **Organizational ignorance: towards a managerial perspective on the unknown**, Management Learning Advance online publication. 2012.
- ROCHA, I. **Gestão de organizações: pensamento científico, inovação, ciência e tecnologia, auto-organização, complexidade e caos, ética e dimensão humana**. São Paulo: Atlas S.A, 2003.
- SCHMIDT. E. **Sunday times business**, 2 February 2014.
- SODDY, F. **Cartesian economics: the bearing of physical science on state stewardship**, Hendersons, 1922.

STIRLING, A. Science, precaution, and the politics of technological risk: converging implications in evolutionary and social scientific perspectives *Ann. N.Y. Acad. Sci.* n. 1128, p. 95-110, 2008.

TURING, A.M. On computable numbers, with an application to the entscheidungs problem. **Proceedings of the London Mathematical Society.** v. 2, 1937. v.42, p. 230–265.

WHITEHEAD, A.N. **The Fallacy of misplaced concreteness**, the error of mistaking the abstract for the concrete, v. 64, n. 72, 1925.

ZOHAR, D. **O Ser quântico: uma visão revolucionária da natureza humana e da consciência baseada na nova física.** São Paulo: Editora Best Sellers Zohar, 1990.

Foresight energético, cenários e políticas para energias renováveis no Brasil

Nathaniel Horner¹, Antonio de Paula-Oliveira², Richard Silbergitt³, Barbara Rocha⁴ e Marcelo Poppe⁵

Resumo

O Brasil é líder em energia renovável, mas considerar e avaliar as políticas são alguns pontos críticos para manter essa liderança, tendo em vista sua forte dependência de energia hídrica para obter eletricidade, o aumento da demanda energética a partir do crescimento econômico e a necessidade

Abstract

Brazil is a leader in renewable energy, but considering policies is critical to maintaining this leadership in light of its strong dependence on hydropower for electricity, rising energy demand from economic growth, and need to support the aspirations of a growing middle class. The Center

- 1 Formado em Ciências da Computação, com título de doutor em Engenharia e Políticas Públicas, pela Universidade Carnegie Mellon. Atua principalmente nas áreas de políticas e análise de sistemas, com foco em energia renovável, transporte e campos da defesa. É professor do departamento de Engenharia de Sistemas da Universidade Johns Hopkins e pesquisador no *Climate and Energy Decision Making Center (CEDM)*, em Carnegie Mellon.
- 2 Graduado em Engenharia Mecânica, com doutorado em Química e Ciências Aplicadas pela Universidade de Aston, no Reino Unido. Tem trabalhado há mais de 10 anos na área de energia, com foco especial em fontes renováveis. É assessor técnico do CGEE, onde trabalha principalmente com subsídios a políticas públicas de Ciência, Tecnologia e Inovação.
- 3 Formado em Física, com doutorado em Física do Estado Sólido, pela Universidade da Pensilvânia - EUA. Tem trabalhado na academia, no governo e no setor privado, por mais de 40 anos, com avaliação, gestão de pesquisa e foresight em áreas de tecnologia avançada. Lecionou Tecnologias Emergentes nos Estados Unidos e na Ásia, foi presidente do Conselho Consultivo Internacional do Centro de Tecnologia da APEC Foresight, em Bangkok, Tailândia. Atualmente é Cientista Sênior da Rand Corporation em Washington-DC, EUA.
- 4 Possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em análise e planejamento de energias renováveis, pela Universidade de Brasília (UnB), e MBA em Gerenciamento de Projetos, pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Trabalhou no setor privado com desenvolvimento de projetos de energia crítica, automação e eficiência energética e na Associação do Grandes Consumidores Industriais de Energia, onde atuou com temas relacionados, principalmente, a aspectos regulatórios do setor de energia. É assistente técnica do CGEE.
- 5 Graduado em Engenharia Elétrica, pela Escola Politécnica da UFRJ, e diplomado em Estudos Aprofundados em Economia da Inovação e de Sistemas Energéticos, pelo Instituto Nacional de Ciências e Técnicas Nucleares e Universidade de Paris-Dauphine, da França. Tem mais de 40 anos de experiência profissional como engenheiro, pesquisador, consultor e gestor em empresas, na academia, no governo e em associações, nos temas energia, tecnologia, inovação, mudança do clima e desenvolvimento sustentável. É assessor sênior do CGEE.

de sustentar as ambições de uma classe média em crescimento. O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) está participando de estudos prospectivos em tecnologias para aumentar a eficiência energética e manter altos índices de energia renovável na matriz energética, assim como relacionados a cenários de redução de carbono para mitigação das mudanças climáticas. Este artigo aplicará técnicas de análise de cenário para avaliar os efeitos do desenvolvimento e da implementação de políticas e tecnologias no consumo total de energia primária, na eficiência econômica no uso de energia e na descarbonização da matriz energética. Cenários de consumo total de energia *versus* (vs.) produto interno bruto por unidade de energia e nível de descarbonização da Agência de Energia Internacional e de atuais estudos brasileiros serão comparados e transformados em metacenários, com ramificações políticas. Finalmente, será discutido o uso de *Future-Oriented Technology Analysis* (FTA) para subsidiar decisões políticas, usando esses metacenários.

Palavras-chave: Recomendações para tomada de decisão. Energia. Metacenários.

for Strategic Studies and Management in Science, Technology and Innovation (CGEE) is participating in ongoing prospective studies of technologies to increase energy efficiency and maintain high levels of renewable energy, as well as of carbon reduction scenarios to mitigate global climate change. This paper will apply scenario analysis techniques to evaluate the effect of policy and technology development and implementation on total primary energy consumption, economic efficiency of energy use, and decarbonisation of the fuel mix. Scenarios of total energy consumption versus (vs.) GDP growth per unit of energy and level of decarbonisation from the International Energy Agency and from current Brazilian studies will be compared and developed into meta-scenarios with policy ramifications. Finally, we will discuss the use of FTA to inform and support policy decisions using these meta-scenarios.

Keywords: Policy recommendations. Energy. Meta scenarios.

1. Introdução

Devido à afortunada geografia e ao planejamento político, o Brasil é líder em energia renovável, possuindo uma das economias menos intensivas em carbono no mundo. O sistema de energia do Brasil é único em diversas maneiras. Primeiro, o País obtém três quartos de sua eletricidade por meio de geração hidrelétrica. Segundo, foi feito um esforço conjunto para introduzir os biocombustíveis à base de cana-de-açúcar no setor de transporte – a partir dos anos 70, em veículos movidos a etanol e, mais recentemente e com mais sucesso, via exigências de mistura de etanol na gasolina e pelo estímulo à produção de veículos flex, que agora constituem 50% dos veículos de passageiros.

Todavia, uma mudança pode estar para acontecer. O rápido crescimento da demanda de energia pode pressionar o atual sistema de fornecimento, restrito por leis ambientais que dificultam aumentar a exploração da capacidade da energia hídrica. O Brasil vivenciou grandes blecautes em 2001, devido aos baixos níveis pluviométricos, levando a um aumento na construção de

usinas de gás natural. Além disso, uma descoberta recente de extensas reservas de petróleo em águas profundas, fora da costa, pode acelerar ainda mais a volta do uso dos combustíveis fósseis. Ao mesmo tempo, as últimas políticas promoveram um crescimento robusto da capacidade de geração eólica, que tem se mostrado um forte recurso renovável para o País.

As políticas que o Brasil decretará em um futuro próximo poderão ter um efeito significativo na possibilidade de continuar sendo líder em baixos índices de emissões do setor energético. Os cenários estudados aqui buscam fornecer melhor entendimento de possíveis futuros para o País, assim como uma comparação do Brasil com outros países do BRICS⁶.

2. História energética brasileira e contexto político

Para analisar os cenários da política energética brasileira, é importante entender como a matriz nacional de energia evoluiu. A posição favorável do Brasil como um líder em baixo carbono resulta de decisões de políticas-chaves, tomadas no decorrer das últimas quatro décadas. Por exemplo, após o choque do petróleo de 1970, as importações desse combustível foram reduzidas drasticamente, a produção interna aumentou e os mandatos de mistura de combustível resultaram em um robusto desenvolvimento do etanol de cana-de-açúcar, fazendo com que o Brasil se tornasse autossuficiente no setor de transporte.

A Figura 1 mostra a tendência do consumo de energia do Brasil (superior) e a mistura proporcional de combustível (inferior), desde 1970. Como um mercado emergente, o País vivenciou um rápido crescimento na demanda de energia. Desde 1990, a demanda nacional de energia duplicou, alcançando aproximadamente 300 milhões de toneladas de petróleo equivalente (Mtep), em 2013, e ultrapassou o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) ao longo do período, registrando uma taxa de crescimento anual composta de 3.1% vs. 2.8% para o PIB.

Com a finalidade de satisfazer tal demanda, o setor de energia brasileiro encarou imensos desafios para manter o fornecimento em crescimento. Gás natural, petróleo e derivados representam 80% do crescimento no fornecimento energético, ao longo dos últimos dez anos (EPE, 2014a). Todavia, as fontes de energia renovável continuam sendo um forte componente na mistura de combustível doméstico, representando 41% do seu total em 2013 (inferior a aproximadamente 60% em 1970⁷). Isso faz do Brasil uma das economias menos intensivas em carbono do mundo,

⁶ Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul.

⁷ É importante notar que quase metade do consumo de energia do Brasil, em 1970, veio da lenha e do carvão que. Vale ressaltar que o uso desses recursos renováveis pode ter vastas consequências no uso do solo, além de não ser neutro em carbono se não houver replantio. Na atualidade, aproximadamente 10% desse consumo vem da madeira, geralmente originada em cultivos de florestas de rápido crescimento.

com um fator de emissão de 1,55 tonelada de dióxido de carbono por tonelada de petróleo equivalente (tCO_2/tep) versus a média mundial de 2,37 tCO_2/tep (EPE, 2014a.).

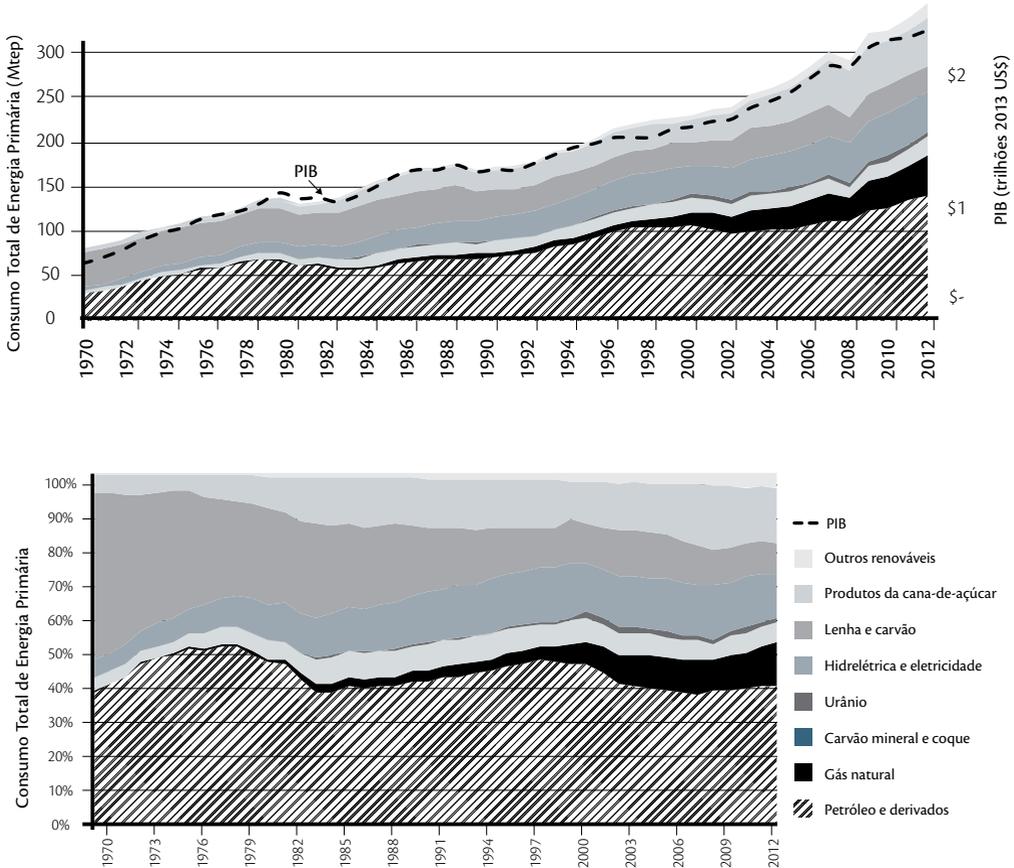


Figura 1. Consumo total de energia primária do Brasil por fonte, 1970-2013. Superior: projeções do consumo de energia primária; linha sublinhada = PIB. Inferior: mistura de combustível proporcional.

Após duas décadas sob regime militar, foi promulgada a Constituição Brasileira de 1988, colocando os recursos naturais, incluindo o potencial de energia hidráulica e depósitos minerais, sob controle federal, definindo, ainda a obrigatoriedade de processos licitatórios para que concessionários obtivessem o direito de explorá-los. Entretanto, o processo para realização dessas licitações não foi definido até 1995. Sete anos depois, o novo governo - eleito em 2002 - revisou esse processo. A partir de então, o controle federal do setor de energia permitiu que o Brasil ditasse seu desenvolvimento na área. Contudo, as séries resultantes de mudanças na legislação e

as novas organizações institucionais, necessárias para responder aos eventos em transformação, criaram incertezas para agentes e investidores do mercado.

Três principais focos da política energética do Brasil permitiram que a pegada descarbonizada fosse mantida: biomassa, energia hídrica e eficiência energética. O Programa Nacional do Álcool (Proálcool), destinado a aumentar a participação do uso do bioetanol de cana-de-açúcar no País, foi criado em 1975, após o primeiro choque petrolífero. A mistura obrigatória de até 25% de bioetanol (E25) na gasolina foi um fator importante para o desenvolvimento desse mercado e uma resposta aos crescentes preços do petróleo. Atualmente, mais de 90% dos carros fabricados no Brasil são flex - aceitando tanto E25 como bioetanol puro (E100) - e o bioetanol e a bioenergia da cana-de-açúcar representam 17% do fornecimento de energia primária do País (EPE, 2014a.).

A proporção crescente de fornecimento não renovável ao longo dos anos 2000 – particularmente de gás natural – é explicada pela falta de condições meteorológicas favoráveis e pelas barreiras para a expansão de energia hídrica. Um período de seca contribuiu para diminuir os níveis de reservatórios e, conseqüentemente, ocasionar grandes blecautes em 2001, o que provocou a construção de plantas termelétricas a gás como uma prevenção contra esse risco no futuro (OECD/IEA, 2013a.). Além disso, cerca de 70% do potencial hidrelétrico do Brasil está localizado na região da Amazônia (EPE, 2007), onde legislações rigorosas limitam seu aproveitamento. Todavia, a Agência Internacional de Energia (AIE) estima que uma capacidade hidrelétrica adicional de 67 gigawatts (GW) esteja disponível fora de áreas ambientalmente sensíveis e assinala que usinas “a fio d’água”, ao invés daquelas com grandes represas, podem mitigar algumas preocupações, embora tais usinas tenham diferentes características de desempenho (OECD/IEA, 2013a.).

A criação, em 2002, do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e direcionado a incentivar novas renováveis, fortaleceu o desenvolvimento de pequenas usinas hidrelétricas, bioenergéticas, fotovoltaicas e parques eólicos. Sendo a última a próxima grande tendência de geração de energia do Brasil. Embora o vento seja sazonal, alguns parques eólicos registram, regularmente, um fator de capacidade de mais de 50%, o que é considerado extremamente alto (OECD/IEA, 2013a. ; SPATUZZA, 2014). A capacidade eólica instalada do País aumentou 84% em 2014 (SPATUZZA, 2014).

Sobre a eficiência energética, dois programas nacionais foram criados: em 1985, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel)⁸ e, em 1991, o Programa Nacional de

8 Promove o uso eficiente da energia elétrica, combatendo o desperdício e reduzindo os custos e os investimentos setoriais. Criado pelo governo federal em 1985, é executado pela Eletrobras, com recursos da empresa, da Reserva Global de Reversão (RGR) e de entidades internacionais. Fonte: <<http://www.eletrobras.com/elb/data/Pages/LUMISo389BBA8PTBRIE.htm>>. Acesso em 12 de abril de 2015 .

Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet)⁹. O estabelecimento de etiquetagem voluntária, em 1986, e programas de prêmios, em 1993, para aparelhos e equipamentos, foi seguido por padrões obrigatórios de desempenho mínimo em 2001. Foram fornecidos recursos financeiros, principalmente para aparelhos utilitários, por meio da obrigação em eficiência energética, introduzida em 1998. As principais políticas discutidas anteriormente estão resumidas na Tabela 1.

Tabela 1. Principais programas e legislações brasileiros criados desde 1970.

Ano	Política	Foco	Impactos e Consequências
1975	Decreto 76.593	Proálcool - Programa Nacional do Álcool	20% de Bioetanol na mistura de combustível; Cana-de-açúcar 17% de matriz de energia
1980s	Petrobras e esforços de P&D dos Centros de Pesquisa	Exploração e extração de petróleo em águas profundas	Autossuficiência em petróleo
1988	Nova Constituição Federal	Processos obrigatórios de licitações para recursos naturais de energia	Apropriação de recursos naturais pelo governo federal
1993	Lei 8.631	Fixação de tarifas para o setor elétrico	Transparência e preços baseados em custo
1995/6	Leis 8.987 & 9.074	Normativo para Concessões e Permissões	Utilidades públicas e privadas sob regime do serviço público
1996	Lei 9.427	Fundação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel)	Regras justas para concessionários e clientes
1997	Lei 9.478	Fundação da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP)	Expansão do setor de combustíveis e confiabilidade dos produtos
1997	Lei 9.478	Fundação do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)	Coordenação interministerial
1998	Lei 9.648	Mercado livre para compra e venda de eletricidade	Desenvolvimento e consolidação do setor elétrico
2002	Lei 10.438	Instituição do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa)	Preços mais baixos para eólica US\$ 55 MWh
2004	Lei 10.847	Criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE)	Profissionalização do planejamento do setor de energia

9 Criado pelo governo federal, em 1991, para promover o desenvolvimento de uma cultura antidesperdício no uso dos recursos naturais não renováveis no Brasil. O programa é vinculado ao MME e executado com apoio técnico e administrativo da Petrobras. Fonte: <http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/conteudo-gerais/conpet.shtml>. Acesso em 12 de abril de 2015.

3. Metodologia

Para compreender o desempenho do sistema de energia brasileiro, adotamos um conjunto de métricas usadas anteriormente para analisar os setores de energia dos Estados Unidos e de vários países do Sudeste Asiático (SILBERGLITT; HOVE; SHULMAN, 2003; SILBERGLITT; KIMMEL, 2013). Primeiro, examinamos a **eficiência energética**, o PIB por unidade de consumo total de energia primária (TPEC), mensurado em dólar americano de 2013 por toneladas equivalentes de petróleo (tep).

Também verificamos o desempenho das emissões. Definimos, ainda, carbonização (C) como a proporção das emissões de carbono do setor de energia com relação às emissões de carbono do mesmo setor, se toda a energia usada fosse baseada em carvão:

$$C = \frac{\text{emissões de carbono reais}}{\text{emissões de carbono normalizadas a 100\% de carvão}} = \frac{t_p E_p + t_g E_g + t_c E_c}{t_c E},$$

onde t_p , t_g , e t_c são os fatores de emissão para petróleo, gás natural e carvão, respectivamente, em megatoneladas de carbono por megatoneladas de petróleo equivalente (Mt-C/Mtep), e E_p , E_g , e E_c correspondem ao total de energia primária daquelas mesmas três fontes de combustível. E , no denominador, é uso total de energia primária pelo país; note que esse termo inclui energia primária de todas as fontes, abarcando as renováveis. Assim, essa métrica trata, implicitamente, fontes renováveis brasileiras importantes como hidrelétrica e biomassa, como se tivessem um fator de emissão zero. Esse tratamento segue a convenção do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) ao assumir que, entre colheita e recrescimento, não há emissões líquidas de carbono (IPCC, 2014). Se as colheitas da biomassa resultarem em mudanças no uso do solo, essa hipótese não poderá ser aplicada.

Um país que consumiu apenas energia do carvão teria uma *carbonização* de 1.0. Definimos, então, *descarbonização* como o inverso de C; portanto, países com sistemas de energia “mais verdes” terão maiores proporções de descarbonização ($1/C$). A métrica final é a *eficiência de carbono* ou PIB por tonelada emitida de carbono.

Plotamos cada uma dessas métricas contra o consumo total de energia primária, tanto para tendências históricas como para vários cenários futuros, com o intuito de: (1) termos uma ideia de quanto a produtividade muda enquanto o uso de energia muda; e (2) entender se as mudanças no consumo de energia levam a mudanças no desempenho de emissões de GEE.

4. Definições de cenário

Nessa análise, traçamos dois cenários de política específicos para o Brasil, contra três cenários de energia gerais publicados pela AIE (IEA, 2014), os quais serão brevemente descritos nesta seção.

4.1. Cenários políticos do Brasil

Dois cenários políticos brasileiros são focos deste estudo. O primeiro é baseado no relatório do Plano Decenal de Expansão de Energia (EPE, 2014b.), que considera o cenário das políticas atuais. O segundo diz respeito às novas políticas, de acordo com o Plano Nacional de Energia (PNE 2050) (EPE, 2014c.).

4.1.1. Cenário das políticas atuais

Este é fundamentado no PDE 2023 (EPE, 2014b.), um plano de expansão de energia de 10 anos, que projeta mudanças no setor de energia até 2023, baseado em políticas atuais.

Em combustíveis líquidos, o cenário antecipa que o Brasil será, em dez anos, um dos maiores produtores e exportadores de petróleo do mundo, produzindo 5 milhões de barris por dia (bpd) e exportando 1,5 milhões de bpd. O petróleo das bacias do pré-sal transformará o País em um grande produtor e exportador até 2023.

A crescente demanda por combustível por parte de veículos do ciclo Otto (4,1% anualmente) ainda leva a um grande aumento no fornecimento de combustível de etanol hidratado, a uma taxa média de 7,6% ao ano. Assim, espera-se que a produção de etanol doméstico cresça de 28 bilhões de litros para 48 bilhões de litros em 2023. O gás natural deverá ter sua produção líquida elevada para 134 milhões de m³/dia até 2023, o que representará um ganho de 150% sobre os níveis de 2013.

Espera-se que a porcentagem de renováveis na mistura de combustível do Brasil se mantenha por volta de 42%, um nível bem acima da média mundial de 13% e da média da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) de 9%. Apesar da perda de porcentagem relativa de hidrelétrica, de 67%, em 2014, para 60%, em 2023, ainda é esperado que uma importante expansão de mais de 28 mil MW de capacidade de geração ocorra durante esse período.

O cenário também antecipa o crescimento em outras renováveis como um resultado de políticas recentes. De forma mais significativa, é esperado um aumento de seis vezes na capacidade instalada dos parques eólicos, alcançando 22400 MW até 2023. A este nível, a energia eólica irá representar 11,5% da capacidade de geração, refletindo a competitividade dessa fonte no

horizonte decenal. Além disso, a energia solar irá alcançar 3500 MW – cerca de 2% da capacidade instalada total.

O cenário inclui a expansão de 7500 MW em usinas termoelétricas nos últimos cinco anos do horizonte, a fim de satisfazer a crescente demanda de eletricidade. Contudo, espera-se que a participação de fontes não renováveis na matriz da energia caia de 17%, em 2014, para 16%, em 2023.

4.1.2. Cenário de novas políticas

O cenário de novas políticas também tem como fundamento o Plano Nacional de Energia (PNE) 2050 (EPE, 2014c). No período de 2013-2015, é estimado que a demanda total de energia no Brasil aumente um pouco mais que o dobro, comparada ao ano base, com ênfase no avanço de gás natural e eletricidade e no declínio do consumo de petróleo e lenha/carvão, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Projeções da demanda de energia brasileira no contexto das novas políticas

	2014	2020	2030	2040	2050
ENERGIA NÃO RENOVÁVEL	%	%	%	%	%
Petróleo e derivados	38.60	42.20	42.3	41.7	39.4
Gás natural	11.70	9.90	10.3	10.8	11.2
Carvão e coque	6.40	4.60	4.5	4.4	4.1
Urânio (U308)	1.30	0	0	0	0
ENERGIA RENOVÁVEL					
Hidrelétrica e eletricidade	13.60	16.70	18.1	20.1	23.1
Lenha e carvão	8.60	6.60	5.4	4.7	4.5
Produtos da cana-de-açúcar	15.40	17.70	16.8	15.8	15.2
Outros	4.50	2.30	2.6	2.5	2.5
TOTAL (Mtep)	311.98	353.00	460.00	549.00	605.00

Esses resultados refletem a introdução crescente do gás natural na mistura do combustível nacional, substituindo o consumo de petróleo na indústria e no setor residencial (óleo combustível e GLP, principalmente). A queda no percentual de petróleo também se deve à inserção dos biocombustíveis no setor de transporte, particularmente do etanol, em veículos de transporte individual. Lenha e carvão também apresentaram queda, o que foi um resultado da

substituição do carvão na indústria siderúrgica e da substituição do GLP e gás natural no setor residencial. Outras fontes de energia contribuíram levemente no longo prazo.

Em termos de transporte, o cenário inclui mandados de mistura de etanol-gasolina de 18% a 25% de etanol e etiquetagem de eficiência de combustível voluntária para veículos de passageiros ligeiros. A mistura obrigatória de biodiesel também irá aumentar o atual nível, que é de 5%.

Com essas projeções em mente, o cenário de novas políticas antecipa uma redução de 36% em emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), comparadas com *business as usual* até 2020. As políticas que estão guiando essa redução incluem maior implementação das medidas no Plano Nacional de Eficiência Energética, como o Programa Brasileiro de Etiquetagem, o Programa de Conservação de Energia e o Programa de Eficiência Energética, sob os quais as concessionárias devem gastar, no mínimo, 0,5% de seu rendimento total em eficiência energética e 0,5% em P&D.

4.2. Cenários ETP

O *World Energy Outlook* (WEO) da AIE publicou três futuros cenários olhando para 2035: o cenário das *políticas atuais*, que extrapola as tendências em um caso de “*business as usual*”; o cenário das *novas políticas*, que inclui adoção de promessas e outras políticas atualmente sob consideração; e o cenário 450, que demonstra o que seria necessário para ter uma chance de 50% para limitar o aumento da temperatura média global para 2°C, no longo prazo (OECD/IEA, 2013b).

A AIE publicou três cenários parecidos, correspondendo aos aumentos de temperatura global de 6°C, 4°C, e 2°C, com um horizonte temporal de 2050, no relatório das Energy Technology Perspectives (ETP) [Perspectivas da Tecnologia Energética] (IEA, 2014). Nos referimos a estes como ETP-6, ETP-4 e ETP-2, sendo “amplamente consistentes” com as políticas atuais do WEO, novas políticas e o cenário 450, respectivamente (IEA, 2014). Para essa análise, usamos os cenários ETP com o horizonte temporal mais longo.

Esses cenários relatam o uso da energia primária por tipo de combustível, em acréscimos de cinco anos para vários países e regiões de interesse. As principais diferenças entre os cenários são a taxa de crescimento de uso de energia (por meio de ganhos de eficiência) e taxas de emissão de CO₂ (por meio da descarbonização). Embora seja concebível para o crescimento do PIB entre diferentes cenários de energia, os cenários ETP e WEO assumem o mesmo crescimento do PIB em cada caso.

Usamos os cenários ETP para comparar o possível futuro dos sistemas de energia do Brasil com os de outros países.

4.3. Cenários U.S. EIA

Dois cenários da Energy Information Administration (EIA) dos Estados Unidos também foram usados como um meio de colocar os cenários ETP no contexto. A EIA emite um relatório anual com os resultados do National Energy Modeling System (NEMS) que podem rodar vários cenários diferentes para o setor de energia americano. Mostramos o Caso de Referência, que representa as políticas atuais, e o cenário GHG25, que representa políticas não especificadas, resultando em um preço de carbono de \$25/t-CO₂, começando em 2015 e aumentando 5% anualmente, de acordo com o relatório de 2014 (EIA, 2014).

5. Resultados e discussão

A tendência e os cenários de futuro do Brasil para cada uma das três métricas de interesse são mostrados na Figura 2. Observamos que a eficiência energética, descarbonização e eficiência de carbono do Brasil continuaram – em média – geralmente estagnadas ao longo das últimas quatro décadas. De fato, a tendência mais recente ao longo dos últimos cinco anos é retrógrada, com redução nas três métricas.

Para entender melhor a taxa de descarbonização, recordamos as proporções de mistura de combustível na Figura 1, mostrando que ainda que a demanda de energia tenha quintuplicado desde 1970, a taxa de fontes renováveis para não renováveis alterou de 60%/40% para 40%/60%. Consequentemente, o índice de descarbonização reduziu gradualmente.

Também notamos, na Figura 1, que a taxa de crescimento do consumo de energia ultrapassou a taxa de crescimento do PIB, levando à redução gradual da eficiência energética desde 1980, como observado na Figura 2. Espera-se, para uma economia emergente, uma falta de crescimento da eficiência energética, considerando que o foco está no crescimento e não na eficiência. Como um exemplo, o Brasil tem estado envolvido em projetos de eletrificação para populações isoladas ao longo dos últimos 20 anos. Inicialmente, essa política acarretou uma taxa de aumento no consumo de energia maior que a taxa de crescimento do PIB.

Importantes elementos nesse contexto são o fato do Brasil inicialmente apresentar um sistema de energia eficiente e descarbonizado e estar focando suas políticas para mantê-lo estável, em vez de direcioná-lo para maiores progresso, balanceando o crescimento econômico com o desenvolvimento da energia. Com efeito, uma comparação com países pares (Figura 3) verifica se o Brasil continua sendo um líder nas três métricas. Sua descarbonização, em particular, é acentuada sob os cenários ETP-6 e ETP-4, pois nenhum dos outros países irá alcançar essa taxa brasileira atual de descarbonização, até o ano de 2050. Esse fator de descarbonização

se deve à grande proporção de geração de energia hidrelétrica e à promoção antecipada em biocombustíveis. Além disso, o Brasil tem o potencial para melhorar ainda mais seu desempenho, apesar do crescimento contínuo do uso de energia, ao passo que os ganhos em outros países (por exemplo, Estados Unidos, China e África do Sul) estão mais dependentes quando se trata de manter ou até mesmo diminuir o consumo de energia. Quão realísticos são esses ganhos? O consumo decrescente de energia para alguns países, mostrado no cenário ETP-2, parece ser extremamente otimista – particularmente, devido à queda na demanda –. Então, nós comparamos esses cenários contra dois cenários da U.S. EIA para os Estados Unidos, como demonstrado na (Figura 4) (EIA, 2014). O caso referência da EIA acompanha o caso ETP-6, no que diz respeito à eficiência energética e de carbono, mas é mais parecido com o cenário ETP-4, no tocante à descarbonização. O caso GHG25 – que é o cenário mais “verde” segundo a EIA – localiza-se entre os cenários ETP-6 e ETP-4, para a eficiência energética, e acompanha o ETP-4 na eficiência de carbono. Em relação à descarbonização, localiza-se entre os cenários ETP-4 e ETP-2. Importante notar que: nenhum dos cenários EIA mostra declínio no consumo de energia implicado pelo cenário ETP-2; e os altos níveis alcançados nas três métricas desse cenário continuaram bem fora de alcance no cenário GHG25. Certos aspectos do ETP-4, por outro lado, parecem realmente razoáveis.

Como a comparação com outros países está além do escopo deste artigo, os resultados americanos fornecem algumas bases para considerar o cenário ETP-2 como sendo bastante otimista. Para o caso do Brasil, análises futuras podem construir cenários políticos específicos para verificar se é possível dobrar as medidas de descarbonização do País até 2050.

Uma ferramenta útil para a análise de cenário é a definição de *metacenários*, ou seja, a criação de um conjunto de possíveis futuros mais genéricos, porém unicamente identificados, baseados nas faixas de alcance de diversos cenários publicados. Metacenários contribuem para que a discussão não seja aprofundada em detalhes de hipóteses de cenários específicos, enquanto preservam as características gerais de diversos estados futuros possíveis do sistema.

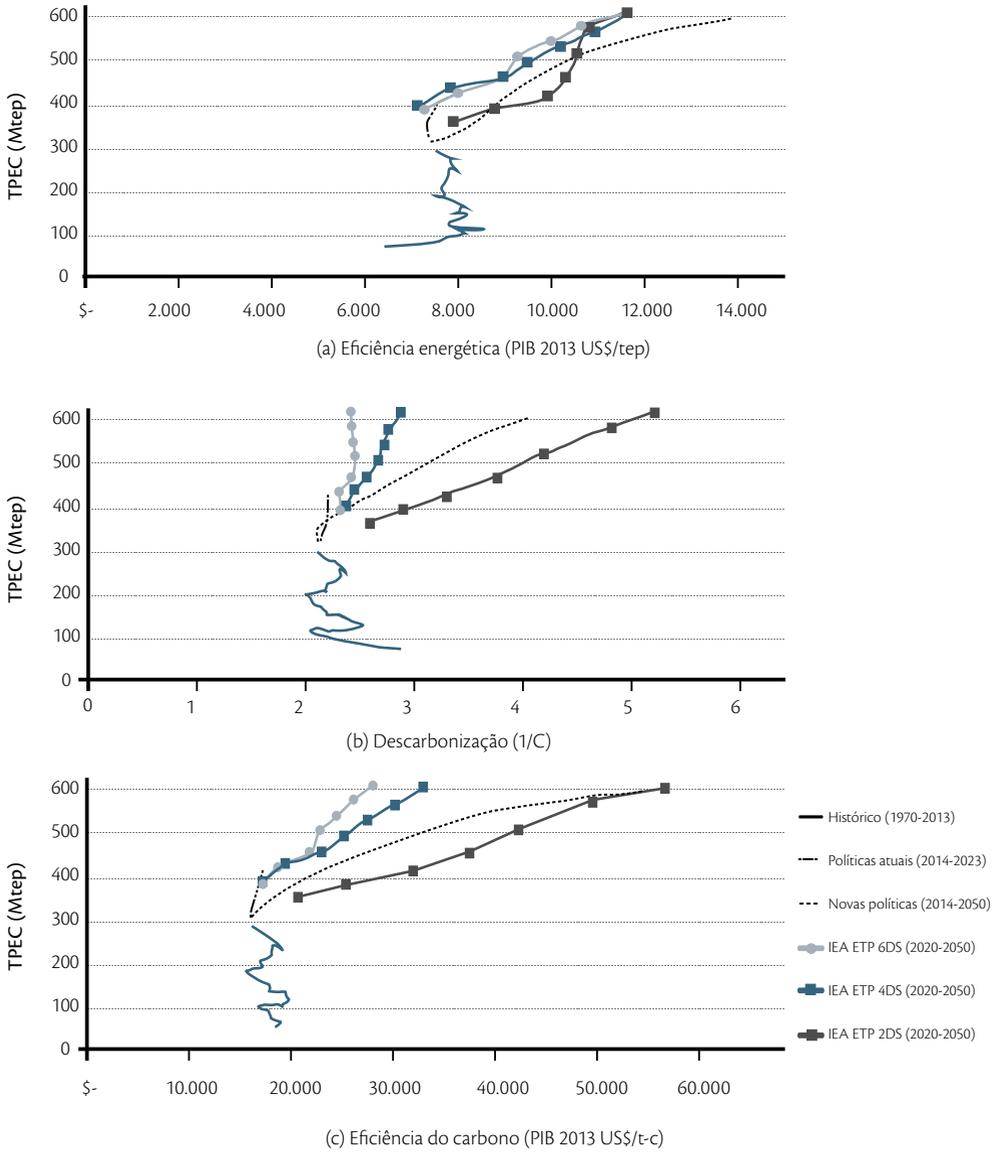


Figura 2. Métricas, histórico e futuros cenários do setor de energia do Brasil.

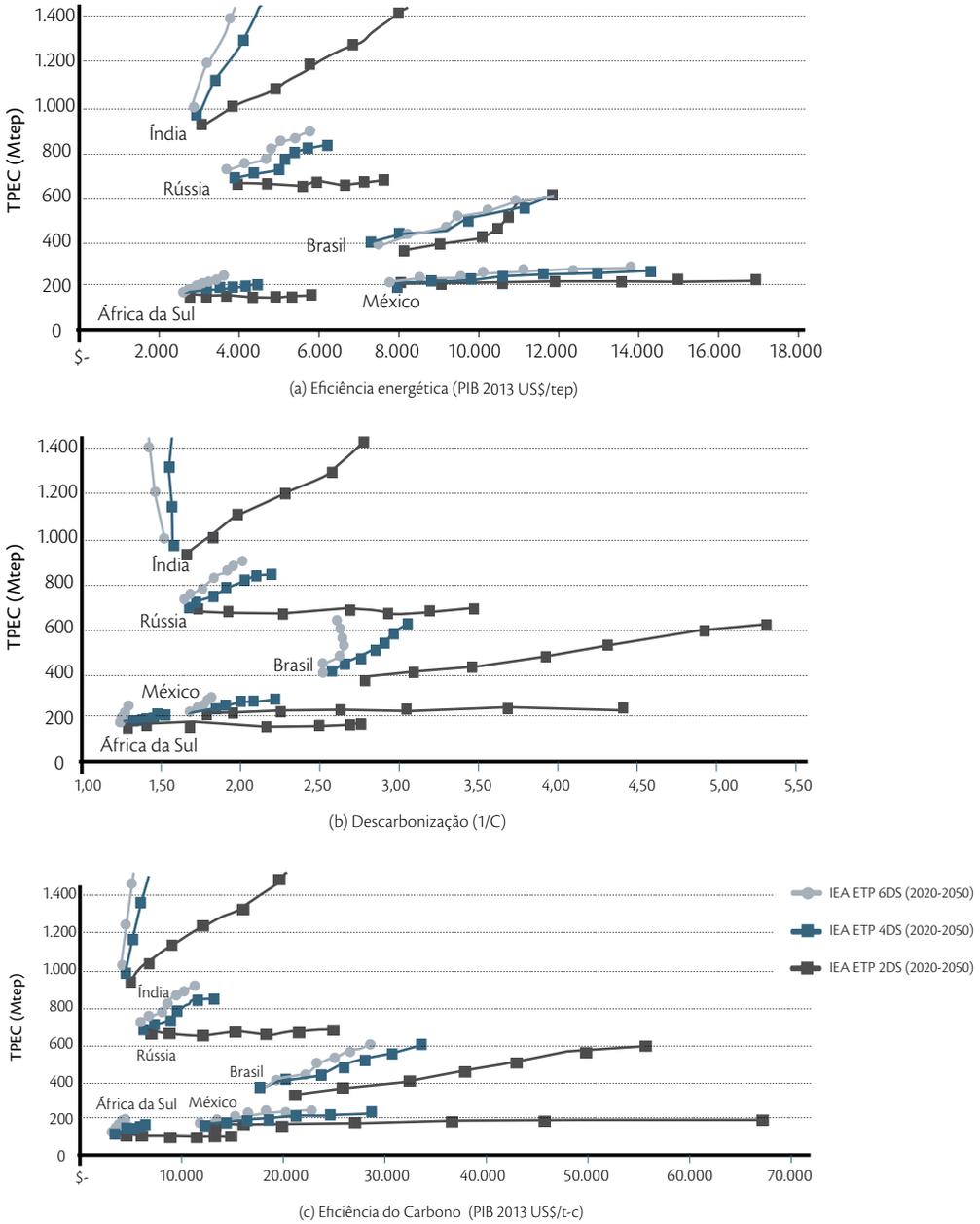
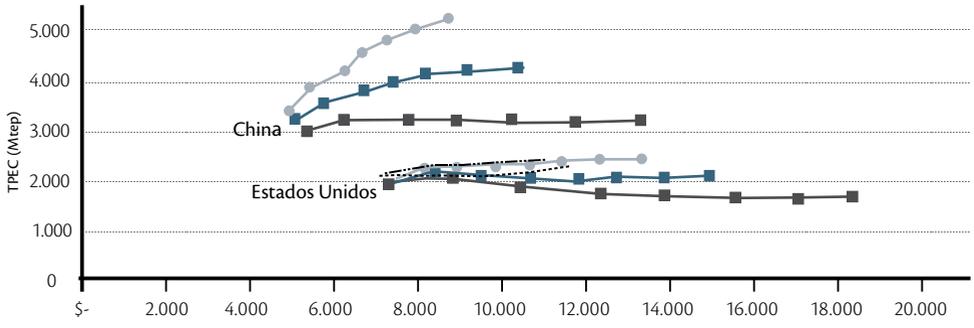
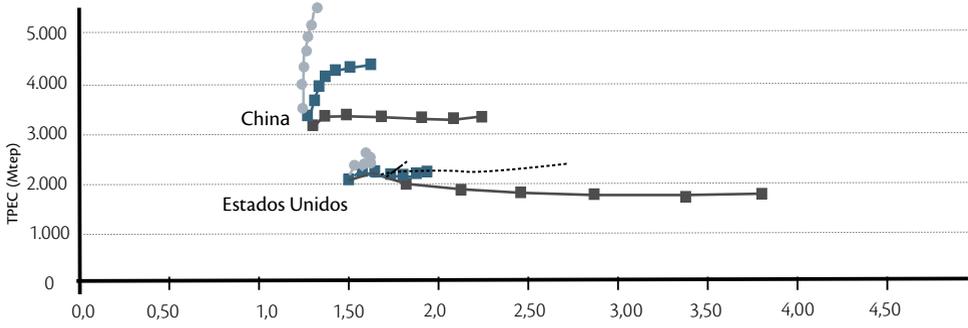


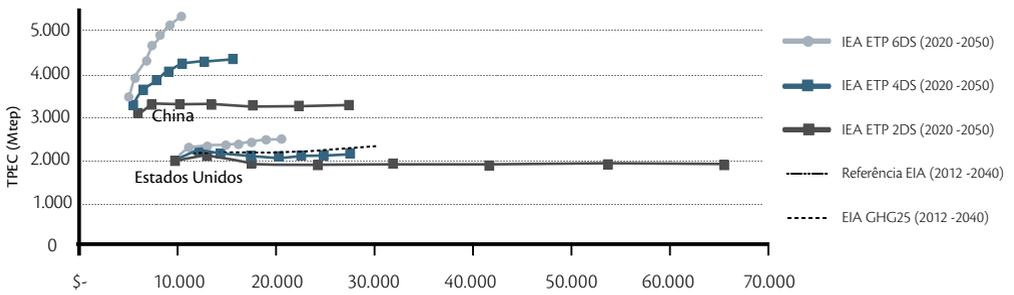
Figura 3. O setor de energia no Brasil e em países correlatos em cenários futuros



(a) Eficiência energética (PIB 2013 US\$/tep)



(b) Descarbonização (1/C)



(c) Eficiência do carbono (PIB 2013 US\$/t-c)

Figura 4. O setor de energia dos EUA e da China em cenários futuros

Para o Brasil, definimos três metacenários: Business as Usual (BAU), que corresponde aproximadamente às políticas atuais; *Um Brasil mais verde*, no qual novas políticas são adotadas para quebrar a estagnação e começar a descarbonizar o sistema de energia; *Sustentabilidade Global*, no qual o Brasil se junta aos maiores esforços mundiais para limitar o aumento da temperatura. Apresentamos, na Figura 5, os três metacenários, justapostos com os cenários específicos apresentados anteriormente.

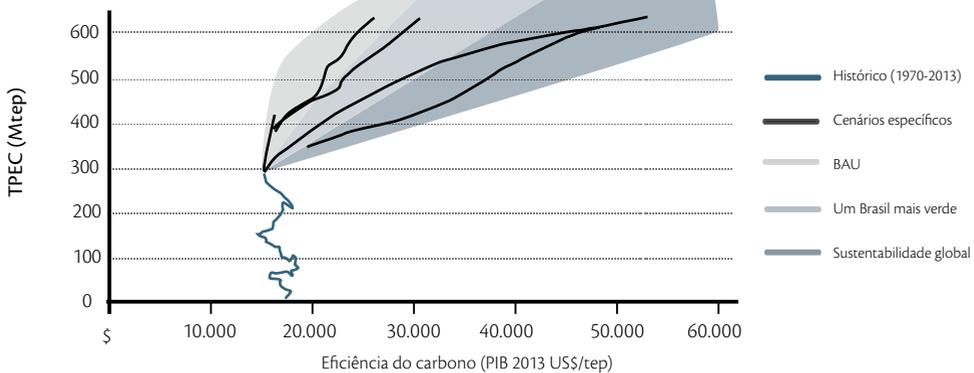


Figura 5. Descarbonização nos metacenários do Brasil. As linhas pretas representam cenários publicados individuais para o Brasil. Regiões coloridas indicam metacenários.

6. Implicações políticas

Observamos, nas seções anteriores, que o sistema de energia do Brasil é notavelmente descarbonizado. Apesar disso, evitar o cenário BAU está diretamente relacionado a realizar escolhas políticas que apoiem a descarbonização. Enquanto nossa análise – que compara os cenários WEO com cenários detalhados específicos dos EUA – indicou que os cenários de *Sustentabilidade Global* podem estar fora dos limites das previsões de políticas atuais, o fato é que certo grau de descarbonização adicional do sistema de energia do Brasil é possível. Tomando como base os pontos em comum entre os cenários examinados, sair da posição de BAU e passar para um “Brasil mais verde” depende de implementação de políticas que apoiem:

- desenvolvimento contínuo de geração hidrelétrica, cuja maioria da produção seja de tecnologia a fio d’água, em vez de represas;
- menor dependência em transporte rodoviário de mercadorias, implicando na necessidade de investimentos na infraestrutura de transporte precária do Brasil;

- aumento do uso de biocombustíveis no transporte; e
- aumento de programas de eficiência energética.

Avançar em direção a um mundo mais sustentável requer políticas mais agressivas nas áreas citadas, considerando, inclusive, o preço do CO₂ - não só no Brasil, mas em outros países.

Examinar os metacenários nos permite desenvolver sinais para determinar qual caminho está sendo traçado atualmente e alertar sobre potenciais barreiras. Algumas das barreiras para a descarbonização adicional do sistema de energia brasileiro são:

- **Acesso limitado ao capital.** Investimentos em projetos hidrelétricos, parques eólicos e infraestrutura de transporte requerem capital para a construção. Outra recessão ou a inabilidade de introduzir investimento estrangeiro poderia dificultar a conclusão desses projetos.
- **Combustíveis fósseis domésticos baratos.** A competição de petróleo e gás domésticos baratos pode dificultar a justificativa do governo por mandatos de altas misturas de biocombustíveis, assim como colocar pressão em outras renováveis. Enquanto a extração do petróleo em águas profundas apresenta desafios técnicos, a explosão do gás de xisto dos EUA mostrou o quão rápido o acesso aos combustíveis fósseis pode mudar o retrato da energia. O caso da *Sustentabilidade Global* envolve reduções no uso do petróleo de 10%, no Brasil, e 30%, globalmente, o que não irá acontecer se a gasolina continuar sendo um combustível veicular competitivo.
- Contudo, o desejo de apoiar a indústria brasileira de cana-de-açúcar pode equilibrar a pressão pelo uso da produção de petróleo nacional. As políticas do Brasil que determinam como as bacias do pré-sal são exploradas e onde os produtos são vendidos serão importantes.
- **Secas e mudanças climáticas.** A crise energética de 2001 demonstrou o quão dependente do regime de chuvas é a matriz elétrica brasileira. Usinas hidrelétricas a fio d'água - provavelmente o tipo dominante a ser instalado no futuro - são ainda mais dependentes das chuvas. Qualquer mudança climática que reduza as vazões dos rios e o nível dos reservatórios irá forçar o uso de usinas termoeletricas de reserva.
- **Preço mais elevado do açúcar.** Um aumento no preço do açúcar poderia aumentar o preço do etanol e diminuir sua proporção na mistura de gasolina. Além disso, como a maioria das frotas brasileiras consiste em veículos flex e os consumidores optam facilmente por um combustível ou outro, espera-se que a demanda do bioetanol tenha elasticidade de preço cruzada com a gasolina.
- **Falta de um preço para o carbono.** O caso da *Sustentabilidade Global* parece requerer que um preço para o carbono seja implementado em diversos países nos próximos anos.

A trajetória da política atual (BAU) do Brasil parece ser de estagnação continuada em descarbonização – embora continue sendo um líder mundial em energia verde –, ao passo que os ganhos de eficiência eventualmente acontecem enquanto o País se torna mais desenvolvido. No entanto, novas políticas que apoiam o desenvolvimento da geração hidrelétrica e o aumento na quantidade de mistura de etanol e na eficiência energética, atreladas com investimentos na infraestrutura, levando a mudanças estruturais no setor de transporte, podem levar a ganhos futuros alinhados com um Brasil mais verde. A comparação com outros pontos de referência indica que alcançar o cenário de Sustentabilidade Global será extremamente desafiador, fazendo-se necessária uma intervenção política significativa.

Em trabalhos futuros, planejamos examinar cenários políticos mais específicos para o Brasil, colocando-os dentro do contexto da estrutura do metacenário que descrevemos.

Referências

- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balço Energético Nacional - 2014**, Rio de Janeiro, 2014a.
- _____. **Plano nacional de energia – PNE 2030**, Rio de Janeiro, 2007.
- _____. **Studies of energy demand**, Rio de Janeiro: 2014c. (Technical Note).
- _____. **Ten-year energy expansion plan 2023**. Rio de Janeiro: 2014b.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Frequently asked questions: Q2-10**, Intergovernmental panel on climate change - task force on national greenhouse gas inventories, 2014. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/faq/faq.html>>. Acesso em: 08 Nov. 2014.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy technology perspectives 2014: Harnessing electricity's potential**, 2014.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT AND INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - OECD/IEA. **Brazil Energy Outlook**. In: _____. **World energy outlook 2013**, Paris: OECD/IEA, 2013a, pp. 301–417.
- _____. **World energy outlook 2013**. Paris: OECD/IEA, 2013b.
- SILBERGLITT, R.; HOVE, A.; SHULMAN, P. Analysis of US energy scenarios, **Technol. Forecast. Soc. Change**, v. 70, n. 4, p. 297–315, May 2003.
- SILBERGLITT, R.; KIMMEL, S. Energy scenarios for Southeast Asia, **Technol. Forecast. Soc. Change**, In press 2013.
- SPATUZZA, A. Brazil wind capacity factor at 50%. **Recharge**, 21-Oct-2014. Disponível em: <<http://www.rechargenews.com/wind/1380860/Brazil-wind-capacity-factor-at-50>>. Acesso em: 10 Nov. 2014.
- U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION - EIA. **Annual Energy Outlook 2014**. Washington, DC: Apr. 2014.

Análise de redes e FTA para uma avaliação estratégica dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia

Jackson Max Furtunato Maia¹, Ana Victória Gruginski de Carvalho Ladeira²,
Cristiano Hugo Cagnin³ e Adriana Badaró de Carvalho Villela⁴

Resumo

Este artigo descreve resultados preliminares da prova de conceito de uma aplicação metodológica em *Future-Oriented Technology Analysis* (FTA), fundamentada em análise de redes sociais, para auxiliar na avaliação do Programa Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT). Usando bibliometria de coautorias e similaridade contextual como base para determinar arestas ponderadas entre diferentes pesquisadores e para representar a rede correspondente, aplicamos análises de centralidade e de agrupamento para identificar grupos de pesquisa e seus atores mais relevantes,

Abstract

This article describes the preliminary results of a proof of concept of a new methodological application on Future-Oriented Technology Analysis (FTA) based on social network analysis. This approach was used to support an evaluation of the National Institutes for S&T (NIST) program. Using coauthorship and contextual similarity bibliometry as basis for determining weighted edges between different researchers and representing the corresponding network, we applied centrality and community detection analysis to identify research groups and its most relevant actors, besides

- ¹ Analista em Ciência e Tecnologia Sênior do Inpe e assessor do CGEE. Foi coordenador técnico da Coordenação de Apoio à Pesquisa, Desenvolvimento e Aplicações (COAPD) do CNPq e da Coordenação de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação da AEB. É doutor em Ciências (Física) pela Universidade de São Paulo.
- ² Aluna de graduação de Engenharia de Computação na Universidade de Brasília (UnB) e estagiária no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.
- ³ Assessor do CGEE, com PhD pela Universidade de Manchester, Reino Unido, bem como mestrado e graduação em Engenharia de Produção pela UFSC. Atua nas áreas de inovação, estudos de futuro (foresight) e sustentabilidade, com vasta experiência em projetos nacionais e internacionais no âmbito da Comissão Europeia e de parcerias com instituições como UNIDO, UNEP e OCDE.
- ⁴ Graduada em História pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Mestre em Desenvolvimento Sustentável pela UnB. Atualmente, trabalha no CGEE em projetos de acompanhamento e avaliação (A&A) de programas em CT&I, estudos de futuro, desenvolvimento de metodologias e disseminação da informação.

além de caracterizar sua estrutura hierárquica. Também avaliamos a aplicação de diferentes métricas de redes para estudar a evolução temporal dos INCT como redes de pesquisa. Este é um passo intermediário para a identificação de especialidades que possam ajudar a suprir futuras demandas nacionais por conhecimento ou para enfrentar grandes desafios nacionais.

Palavras-chave: Análise de redes sociais. Avaliação de CT&I. Problemas Sociais Complexos.

characterizing its hierarchical structure. We also evaluated the application of different network metrics to study the temporal development of the NIST's as research networks. This is an intermediary step to identify competencies that may help supplement future national demands for knowledge or to face major national challenges. We conclude with a discussion of the implications of using social network analysis in FTA practice and propose a FTA methodological approach to help identify collaboration opportunities between different NIST research networks to face complex problems.

Keywords: Social network analysis. S&T evaluation. Complex social problems.

1. Introdução

A reorientação dos sistemas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I) para enfrentar 'grandes' desafios que afetam as sociedades contemporâneas tem se tornado uma preocupação crescente dos atores desse sistema (CAGNIN *et al.*, 2012). Esse esforço é parte de um novo enfoque de políticas de inovação, que é mais global em escala e orientado a objetivos sociais, ao invés da prática anterior (anos 1940 e 1950), que priorizava nações e era orientada ao suporte do complexo militar-industrial (GASSLER *et al.*, 2008).

Os temas cobertos pelo termo 'grandes' desafios são formados por '*wicked problems*' (RITTEL; WEBER 1973), que são difíceis ou impossíveis de serem resolvidos por agências individualmente ou apenas por enfoques de planejamento racionais. Até mesmo o significado de tais desafios tende a ser contestado por diferentes atores. Isso é, há bastante tempo, compreendido por acadêmicos e ativistas, e a articulação de tais desafios não é uma novidade. A novidade se insere, portanto, na atenção crescente dada a esses temas para a formulação de novas missões para políticas de CT&I. As razões para isso são complexas: em parte, refletem a percepção de urgência crescente para se enfrentar problemas que, se negligenciados, podem ter consequências negativas em escala global nas próximas décadas, mas também refletem esforços de direcionamento de CT&I para alcançar objetivos estratégicos explícitos.

Nesse contexto, Cagnin *et al.* (2012) afirmam que qualquer tentativa de se compreender e atuar sistemicamente deve abranger uma diversidade de barreiras estabelecidas, tanto organizacionais como epistemológicas e setoriais, requerendo:

- interdisciplinaridade que transcenda os limites de comunidades epistemológicas tradicionais, conjugando diferentes bases de conhecimento e, em particular, fomentando uma colaboração próxima entre as ciências ‘duras’, sociais e humanas.
- coordenação extradepartamental e coerência além de silos tradicionais que caracterizam o processo decisório e político, pois grandes desafios exigem respostas de múltiplas agências e é fundamental que as respostas sejam coerentes para que sejam efetivas.
- enfoques de governança envolvendo múltiplos níveis e que reconheçam o princípio da subsidiariedade, enquanto garantem coerência entre agendas e atividades globais, regionais, nacionais e subnacionais.
- convergência ou fusão tecnológica que abra novas possibilidades de se gerenciar, mitigar ou mesmo eliminar algumas das causas e dos sintomas prejudiciais associados com os ‘grandes’ desafios.
- colaboração entre distintas indústrias que ofereçam complementaridade de recursos.
- inserção, explícita, de horizontes de longo prazo nas agendas políticas e práticas de gestão de curto prazo.

Com base no exposto, o presente artigo busca expandir a compreensão de como os INCT podem ser utilizados como um instrumento de política de CT&I capaz de ajudar o Brasil a enfrentar grandes desafios nacionais e globais. Tal análise será feita a partir de um ponto de vista metodológico. Dessa forma, a próxima seção coloca a análise de redes em contexto para verificar sua potencial contribuição dentro de enfoques de FTA⁵. A seção seguinte explica o que são os INCT, contextualizando o programa dentro do sistema de inovação brasileiro. As seções subsequentes descrevem detalhes metodológicos de análise de redes empregados no trabalho, abordam as etapas de preparação e processamento dos dados extraídos de currículos da Plataforma Lattes, mantida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e apresentam alguns resultados da análise preliminar realizada. A última seção discute possíveis implicações da análise de redes no apoio à tomada de decisão no (re) direcionamento de programas como o dos INCT.

2. Contribuição da análise de redes para FTA

Análise de redes e FTA compartilham a mesma base filosófica com a teoria de sistemas e a teoria de complexidade (NUGROHO; SARITAS, 2009). Segundo os autores, estudos explícitos combinando enfoques de análise de redes e de FTA datam do final dos anos 1980. Inicialmente, a análise de redes sociais era utilizada para mapear estruturas de distintas comunidades de pesquisa que eram acessadas e, por meio de um processo de conominação e estudo das relações

5 Foresight, forecasting e technology assessment.

entre os atores mapeados, geravam uma lista de *stakeholders* para potencial participação em distintas etapas de estudos de FTA. Mais recentemente, distintas formas de usar a análise de redes em estudos de FTA incluem (NUGROHO; SARITAS, 2009):

- análise dos dados gerados por um exercício de FTA, contendo a opinião de especialistas, estatísticas e respostas a consultas, trazendo como benefício principal uma mudança, do foco de análise nos atributos do indivíduo para um foco nas relações e alianças entre indivíduos dentro de uma rede.
- geração de subsídios para a definição dos limites e do escopo de um exercício de FTA, ajudando na decisão de que temas são relevantes e como os mesmos se relacionam.
- identificação e seleção de atores-chave, por meio da compreensão de sua posição ou importância relativa nas suas redes de relacionamento ao longo do tempo.
- captura de sinais fracos de mudança que podem enriquecer a compreensão de sistemas sob análise, além de ajudar a estruturar uma agenda comum para facilitar transições de tais sistemas no futuro.
- fomentar colaborações e ações interdisciplinares entre atores relevantes para fomentar transições do sistema sob análise.

As potenciais combinações entre FTA e análise de redes aqui descritas foram anteriormente mapeadas por Scapolo e Porter (in CAGNIN *et al.*, 2008), que sugerem que a análise de redes pode apoiar três, entre seis famílias de métodos usados em FTA: monitoramento, análise de tendências e simulação e modelagem (as outras três famílias seriam métodos criativos, opinião de especialistas e cenários). Nessa análise, os autores concluem que três temas mereceriam atenção para o desenvolvimento de novos métodos para uso em atividades de FTA: i) uso de ferramentas avançadas para lidar com todo tipo de dado e informação, incluindo busca, mineração, organização, visualização e interpretação de recursos de informação disponíveis em meio eletrônico; ii) métodos capazes de extrair, organizar, comparar e combinar uma diversidade de julgamentos humanos, incluindo interesses e opiniões, dando, assim, maior robustez, qualidade e validade científica a enfoques participativos; e iii) ferramentas de colaboração em rede que permitam a contribuição ampla de qualquer um, em qualquer lugar. Nesse âmbito, enfoques de análise de redes têm o potencial de impactar positivamente nos dois primeiros temas.

Já no contexto de 'grandes' desafios, três funções principais podem ser alocadas para enfoques de FTA (CAGNIN *et al.*, 2012):

- Identificação de um desafio.
- Articulação de um desafio já identificado em nível geral.
- Auxílio ao alinhamento de atores para lidar com o desafio.

Das três funções acima descritas, provavelmente, a mais difícil de implementar seria a identificação de novos desafios, uma vez que políticos e tomadores de decisão possuem, em teoria, um interesse intrínseco de saber sobre o novo ou sobre imprevistos que podem ser disruptivos para suas atividades (GEORGIOU; CASSINGENA HARPER, 2012).

Entretanto há uma distância grande entre querer identificar novos desafios e fazê-lo de forma efetiva. Experiências de *horizon scanning*, nesse cenário, convergem na necessidade de se usar informação de maneira holística ao invés de atômica. Da mesma forma, existe uma necessidade de se construir narrativas plausíveis, temas abrangentes ou guarda-chuva e *clusters*, ao invés de simples listas (por exemplo, de temas ou prioridades), além de se desenvolver habilidades para perceber interconexões (GEORGIOU; CASSINGENA HARPER, 2012). É justamente nesse contexto que o uso de enfoques e de ferramentas de análise de redes pode ser extremamente relevante.

Partindo de uma abordagem de sistemas de inovação e tratando dos aspectos estruturais e funcionais de tais sistemas para considerar os papéis relevantes de FTA, são identificados três benefícios que podem ser gerados na reorientação do foco de CT&I para grandes desafios: informar, estruturar e desenvolver habilidades. Com base nisso, CAGNIN *et al.* (2012) apresenta os papéis que a FTA pode ter na reorientação de sistemas de CT&I, para que estes possam melhor endereçar ‘grandes’ desafios. Cabe ressaltar que, nesse contexto, a análise de redes pode alavancar tais papéis ao lhes dar maior embasamento, seja por meio de novas evidências, ou por meio de conexões anteriormente não percebidas. O objetivo é que o debate, a combinação de ideias e a geração de conhecimento coletivo, dentro de um ‘espaço seguro’, gerem maior aprendizado, orientando, assim, de forma mais efetiva, tanto prioridades como novos mercados a serem fomentados.

3. Os Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia

O Programa Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT) foi criado em 2008 como instrumento estratégico para enfrentar o desafio de promover e consolidar a excelência nas atividades de ciência e tecnologia (C&T) no País, aprofundar sua internacionalização e estimular a participação balanceada de diferentes regiões do Brasil na produção de conhecimento. Para tanto, o Programa teve como premissa que grupos de pesquisa fossem mobilizados e agregados para a atuação em rede.

O Art. 20. da Portaria 429, de 17/7/2008, que instituiu o Programa INCT, estabelece que:

Os Institutos Nacionais serão formados por uma instituição sede, caracterizada pela excelência de sua produção científica e/ou tecnológica, alta qualificação na formação de recursos humanos e com capacidade de alavancar recursos de outras fontes, e por um conjunto de laboratórios ou grupos associados de outras instituições, articulados na forma de redes científico-tecnológicas.

Conforme as orientações estratégicas⁶ contidas em seu Documento Básico, o Programa INCT foi concebido para fortalecer os instrumentos de apoio à pesquisa, ao avanço tecnológico e à inovação, com vistas a contribuir para os objetivos maiores do Plano de Ação em Ciência, Tecnologia & Inovação (PACTI), que refletia a política de CT&I à época de seu lançamento. Assim, as principais vertentes do programa são: pesquisa, formação de recursos humanos, internacionalização, transferência do conhecimento para o setor empresarial e para o setor público, difusão e disseminação do conhecimento para a sociedade.

As primeiras 122 redes formadas a partir do edital de 2008 foram classificadas pelo CNPq em oito grupos temáticos (GT), conforme a Tabela 1. A área estratégica Ciências do Mar foi contemplada na segunda chamada pública (Edital 71/2010), a partir da qual foram formadas três redes, classificadas no GT Ecologia e Meio Ambiente, totalizando 125 INCT, compostos por cerca de 7.000 pesquisadores.

Tabela 1. Grupos Temáticos

Grupos Temáticos	
Agrárias e Agronegócios	12
Ciências Sociais e Humanas Aplicadas	10
Ecologia e Meio Ambiente	21
Engenharia e Tecnologia da Informação	12
Energia	10
Exatas	12
Nanotecnologia	10
Saúde	38

Fonte: Programa do 2º Seminário de Acompanhamento e Avaliação dos INCT. CNPq, 2013.

⁶ Programa Institutos Nacionais de C&T. Documento de Orientação aprovado pelo Comitê de Coordenação, em 29 de julho de 2008. Disponível em: <http://estatico.cnpq.br/programas/inct/apresentacao/pdf/015_anexo.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2015.

Para a primeira fase, o Programa envolveu recursos financeiros em torno de R\$ 900 milhões, cuja origem ressalta a importante mobilização e parceria dos principais agentes de fomento à CT&I no País. Além das parcerias com os Estados, por meio das Fundações de amparo à pesquisa (FAP), houve aporte de recursos de outros parceiros como Petrobrás, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Ministério da Saúde, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Ministério da Educação (MEC), Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Políticas de Promoção da Igualdade Racial (Seppir) e Ministério da Cultura.

Em junho de 2014, houve o lançamento da nova chamada pública, iniciando a segunda fase do Programa INCT. Foram mantidos: as vertentes que orientaram a primeira fase; os objetivos de mobilizar e articular, para a atuação em redes, os “melhores grupos de pesquisa em áreas de fronteira da ciência e em áreas estratégicas”; a “redução de desequilíbrios regionais do desenvolvimento científico e tecnológico”, por meio da descentralização geográfica; e a “efetiva integração entre as instituições ou grupos participantes”⁷. Esses novos objetivos do programa permitem, de forma mais explícita que anteriormente, que se fomente uma maior articulação entre INCT existentes e novos, que por ventura venham a ser selecionados, para atuarem no enfrentamento de grandes desafios nacionais.

O aporte financeiro inicial previsto foi de aproximadamente R\$ 640 milhões, dos quais R\$ 300 milhões virão do governo federal e R\$ 340 milhões das FAP. A chamada 16/2014 previu o apoio a projetos em temas induzidos e de livre escolha (demanda espontânea), tanto para a formação de novas redes quanto de INCT preexistentes.

Embora muitos de seus atributos e alguns dos seus objetivos gerais sejam semelhantes a programas anteriores, como o Programa de Apoio a Núcleos de Excelência (Pronex) e o Instituto do Milênio, o INCT é considerado estratégico no Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia, por agregar em um só instrumento características como: relação direta com o ambiente político mais amplo, devido à associação com políticas como a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) e o Plano Brasil Maior (PBM); pesquisa científica básica e fundamental, competitiva internacionalmente; foco em áreas de fronteira e estratégicas; articulação do sistema de C&T com o sistema empresarial; maior articulação interinstitucional para implementação do Programa; diversificação de fontes de recursos; flexibilidade no financiamento à pesquisa; e difusão da ciência para a sociedade.

⁷ Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Chamada INCT – MCTI/CNPq/CAPES/FAPs nº 16/2014. Brasília, DF: CNPq, 2014, 38 pp. Disponível em: <http://inct.cnpq.br/documents/10180/124986/Chamada+INCT_16-2014.pdf/3d511440-8d6f-413c-ac64-176b7aco2902>. Acesso em 18 de maio de 2015.

Passados seis anos da sua criação e com o lançamento da segunda fase, apresenta-se um momento estratégico para refletir sobre o Programa. Neste sentido, o estímulo para a formação das redes que caracterizam os INCT pode ir além da mera referência a áreas estratégicas, dando origem a institutos com equipes numerosas que atuam sinergicamente em diversos assuntos ou desafios. Assim, futuras propostas a novas chamadas poderiam ser submetidas não somente com o objetivo de formar novas redes, mas de maneira a articular a competência distribuída nas redes INCT existentes, com vistas a resolver de modo inter-relacionado questões complexas. No estabelecimento de metas objetivas, a existência de foco temático serviria como elemento básico na composição das redes, justificando tanto as parcerias entre grupos consolidados quanto aquelas que incorporem grupos emergentes.

Essa ênfase nas relações entre os atores, em detrimento do foco mais tradicional no pesquisador ou no grupo de pesquisa, junto com seus números expressivos, torna o Programa INCT um bom caso de estudo de viabilidade para o uso de ferramentas de análise de redes, como proposto aqui. Além disso, é esperado que os INCT sejam capazes de abordar desafios complexos presentes e futuros da sociedade brasileira, em diferentes áreas, como saúde pública, envelhecimento da população, violência urbana e mudança climática. Dada a natureza interdisciplinar dos problemas a serem abordados e a quantidade massiva de dados disponíveis, é muito importante projetar métodos sistemáticos e automatizados ou semiautomatizados para identificar competências complementares em diferentes redes de pesquisa, de modo que sejam feitas abordagens multitarefas capazes de encontrar soluções inovadoras para problemas complexos.

4. Análise de redes

A análise de redes estuda propriedades de indivíduos considerando tanto contextos locais quanto contextos globais, buscando ressaltar como o indivíduo se relaciona com o todo e como o todo afeta o indivíduo (M. NEWMAN, 2010). Esse conjunto de técnicas difere da análise estatística usual, por não focar em atores ou em reduções a partir de modelos, mas sim na informação relacional entre os objetos de estudo, permitindo análises tanto qualitativas quanto quantitativas de diversos temas. Qualquer conjunto de entidades que tenha, entre pares de seus elementos, relações, simétricas ou não, que possam ser explicitadas e quantificadas como características, significados, atividades ou origens, entre outras, pode ser definido como uma rede.

A análise de redes tem como objetos básicos de estudo nós, que representam os elementos da rede e arestas, que representam as relações entre os nós. No nó, atributos individuais quantitativos ou qualitativos dos elementos da rede podem ser representados por características como cor, tamanho ou formato. Nas arestas, pode-se quantificar a intensidade da relação (ou peso, representado pela espessura da linha), se esta é dirigida ou simétrica e o tipo de relação,

usando, por exemplo, cor. Das configurações de arestas, podem-se obter informações sobre características globais da rede e características contextuais dos nós, como as métricas de centralidade explicadas a seguir.

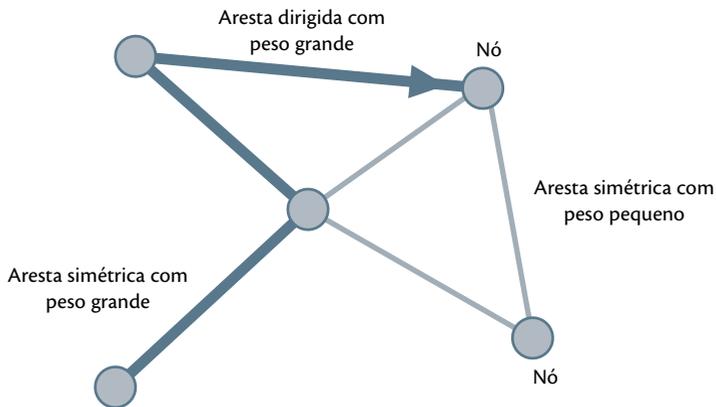


Figura 1. Ilustração de conceitos de análise de redes

Neste artigo, serão discutidas redes em que está presente apenas um tipo de aresta e redes em que existem mais de uma relação possível entre dois nós. Tais redes com mais de um tipo de aresta são chamadas de multiplex (KIVELÄ, *et al.*, 2013) e são, na verdade, duas ou mais redes “tradicionais” sobrepostas. Para que tais redes sejam válidas, as sobrepostas devem possuir características topológicas semelhantes. No caso das redes utilizadas no artigo, as arestas possíveis são relações de coautoria (aresta verde) ou relações de similaridade contextual (aresta vermelha). No caso em que ambas as relações estão presentes, a aresta representada é preta. Tanto a rede de coautorias quanto a rede de similaridade contextual possuem um alto coeficiente de agrupamento, distribuição de grau em lei de potência e estrutura de comunidade, tornando-as semelhantes topologicamente e, logo, elegíveis para formar uma rede multiplex.

4.1. Parâmetros de redes

Centralidade

As métricas de centralidade da rede têm como objetivo definir as relevâncias dos nós no contexto da rede, considerando o conjunto e os pesos das relações entre os nós (BORGATTI *et al.*, 2010). Dentre as métricas de centralidade, duas foram testadas nessa prova de conceito: a “*betweenness*” e a centralidade de autovetor.

A *betweenness* define a relevância de um nó como “ponte” entre os demais. Seu cálculo considera o quão frequentemente um nó intermedeia menores caminhos possíveis entre quaisquer outros pares de nós. No caso de uma rede de coautorias, por exemplo, a alta *betweenness* identifica os autores que tendem a separar subredes de coautores distintos. A exclusão de um nó de alta *betweenness* em uma rede tende a separar subredes que sejam conectadas por aquele nó.

A centralidade de autovetor pode ser interpretada como uma medida da “popularidade” de um nó “[...] no sentido de que um nó com alta centralidade de autovetor é conectado a nós que, por sua vez, são bem conectados [...]” (BORGATTI *et al.*, 2010). No caso de redes sociais, a centralidade de autovetor pode ser usada como indicador de possíveis líderes ou coordenadores de um grupo de pessoas.

Além da centralidade, foram usadas ou testadas outras métricas nesse trabalho. As principais estão listadas a seguir:

- a. Densidade: proporção entre o número de arestas que a rede possui e o número de arestas que uma hipotética rede completa (onde todas as relações possíveis estão presentes), com o mesmo número de nós, possuiria.
- b. Distância geodésica: menor caminho possível entre dois nós, onde o caminho é medido como o número de nós intermediários entre os dois nós.
- c. Comprimento médio de caminho: média das distâncias entre dois nós quaisquer na rede.
- d. Diâmetro: maior distância geodésica da rede, ou seja, o maior dos menores caminhos entre dois nós.
- e. Componente conectado: conjunto completo de nós conectados entre si, formando uma subrede.
- f. Grau: número de arestas conectadas a um nó.
- g. Grau médio: razão entre o número de arestas e o número de nós da rede.

Detecção de Comunidades

Redes reais possuem características muito específicas que as diferem de redes geradas aleatoriamente. Nas redes aleatórias, a probabilidade de haver uma aresta entre dois nós de uma rede é a mesma para qualquer par de nós possível. Redes reais frequentemente possuem uma estrutura de organização diferente, com a maioria dos nós tendo poucas arestas e poucos nós

tendo muitas arestas, em uma distribuição de grau que geralmente segue uma lei de potência. Outra característica que difere as redes reais das redes aleatórias é a presença de uma estrutura de comunidades, o que significa que a densidade de arestas não é homogeneamente distribuída na rede, formando agrupamentos, ou comunidades, de nós mais densamente interconectados.

Comunidades geralmente representam grupos de nós com características em comum. Em redes sociais, comunidades podem, por exemplo, representar grupos de amizade ou de pessoas que trabalham em conjunto. Em redes de páginas da internet, essas comunidades podem representar páginas que tratam de tópicos relacionados (FORTUNATO, 2010). Detectar essas comunidades é uma das aplicações possíveis da análise de redes e o significado da comunidade varia de acordo com os tipos de nós e arestas dos quais a rede é formada.

5. Redes e pesquisadores a partir de dados da plataforma Lattes

5.1. Caracterização das Redes

A disseminação e disponibilidade cada vez maior de grandes bancos de dados bibliográficos permitiram, principalmente a partir dos anos 90, a construção e análise de redes completas ou bastante abrangentes de coautores de artigos científicos, nas diversas áreas de conhecimento (M. NEWMAN 2004). Nessas redes, pesquisadores são representados por nós e as conexões são quantificadas pelo número de publicações em coautoria. A análise de redes de coautoria tem permitido um ganho de entendimento sem precedentes de padrões em redes de pesquisa, evolução desses padrões e identificação de comunidades temáticas e seus principais atores.

Os resultados relevantes obtidos com as análises de redes de conexões diretas entre pesquisadores, como é o caso das redes de coautoria, levaram naturalmente à proposição de redes baseadas em conexões indiretas, como tentativas de extrair mais informação relacional dos dados disponíveis. Exemplos desse último tipo são redes de similaridade entre publicações, onde indicadores indiretos são representados como arestas de redes de pesquisadores ou de publicações (ver, por exemplo, Yan, E ; Ding, Y. 2012). Nesse trabalho, além de testar algoritmos de identificação de coautores, com base em dados de currículos Lattes, foi empregado um algoritmo de identificação de similaridade contextual entre as publicações dos pesquisadores. Para essa rede de similaridade, novamente os nós representam pesquisadores, mas as arestas são calculadas por um algoritmo baseado em técnicas corriqueiramente empregadas na área de recuperação de informação: distância de cosseno e tf.idf (para detalhes sobre esses algoritmos,

ver Manning *et al.*, 2010). Uma expectativa do uso do algoritmo de similaridade é identificar redes formadas por semelhança temática entre currículos, mesmo que os pesquisadores jamais tenham colaborado.

Os dois algoritmos descritos, juntamente com uma rotina de extração, pré-processamento e filtragem dos dados processados, foram integrados em uma ferramenta computacional desenvolvida no CGEE e incorporada como *plugin* do *software* de visualização de redes Gephi (BASTIAN *et al.*, 2009). Os resultados mostrados a seguir devem ser entendidos como uma prova de conceito do uso da ferramenta de análise de redes para volumes de dados em larga escala. Como ocorre usualmente em processos de mineração de dados, a primeira etapa consiste na limpeza e normalização dos dados.

5.2. Limpeza dos Dados

O objetivo da primeira etapa do trabalho foi identificar os pesquisadores a serem extraídos dentre os cerca de 4 milhões de currículos do espelho da Plataforma Lattes existente no CGEE (números de outubro de 2014). Os currículos foram extraídos em formato XML, a partir de uma tabela fornecida pelo CNPq com dados de identificação dos pesquisadores que atuaram nos INCT, no período de 2008 a 2012. O processo de limpeza dos dados envolveu a eliminação de duplicações existentes no espelho do Lattes e a correção de códigos de identificação erroneamente registrados ou inexistentes na tabela de origem. Neste último caso, a extração teve que ser feita por nome, o que exigiu a exclusão manual de homônimos. Ao final do processo, menos de 2% dos currículos não puderam ser recuperados. Por se tratar de uma prova de conceito, essa perda foi considerada aceitável. O número final de currículos recuperados foi 6827, distribuídos em 118 de 125 INCT fomentados. Como o objetivo da prova de conceito é principalmente avaliar a aplicabilidade das técnicas de análise de redes e não avaliar os INCT, esse número foi considerado aceitável.

5.3. Tratamento dos dados

A partir dos dados obtidos, foram geradas as redes individuais de cada um dos INCT e duas redes completas, agrupando todos os pesquisadores dos INCT em um único grafo: uma no período de 2003 a 2007, antes de o programa INCT ser implementado, e outra no período de 2008 a 2013, considerando os cinco primeiros anos do programa. Para cada uma das duas redes completas, foram geradas três sub-redes: uma só com relações de similaridade, uma só com relações de coautoria e outra contendo ambas. Para cada rede, foram calculados agrupamentos de pesquisadores de acordo com o algoritmo de modularidade de Lambiotte *et al.* (2009). Além disso, foram também calculadas estatísticas de nós, como centralidades, grau médio e grau ponderado.

Nas duas redes globais de coautorias, a resolução da modularidade do principal componente conectado foi ajustada até o conjunto total de nós ficar agrupado em oito grupos distintos, de modo a ser possível comparar os elementos dos grupos com os pesquisadores agrupados de acordo com as grandes áreas determinadas pelo CNPq: Agrárias, Energia, Engenharia e Tecnologia da Informação, Exatas e Naturais, Humanas e Sociais, Ecologia e Meio Ambiente, Nanotecnologia, Saúde.

6. Principais resultados do artigo

Um passo natural de validação dos algoritmos de construção de redes propostos é testar se os cálculos de métricas de redes têm correspondência com dados da realidade. Uma pergunta natural nesse sentido é examinar se existe alguma relação entre medidas de relevância de nós da rede, como as métricas de centralidade, e atributos reais desses nós, como a função de gestor na rede. Para testar a hipótese, foram calculadas as centralidade de autovetor e a *betweenness* para cada nó de todas as redes, com a finalidade de identificar as posições nos *rankings* de centralidade dos coordenadores dos INCT. Considerando que a posição de coordenador é relacionada a uma carreira consagrada em suas respectivas áreas, foi empregado o conjunto completo de publicações (ao invés de publicações em um intervalo específico de tempo, por exemplo). Além disso, uma vez que os INCT são ao mesmo tempo redes de colaboração e temáticas, os cálculos foram feitos considerando o conjunto completo de arestas correspondentes a coautorias e similaridade contextual (também chamada de rede multiplex). Os resultados obtidos foram:

- 66% dos coordenadores estão entre as três primeiras posições do *ranking* de centralidade de autovetor.
- 72% dos coordenadores estão entre as três primeiras posições do *ranking* de *betweenness*.

Apesar de haver a necessidade de análises estatísticas mais detalhadas, é interessante notar que apenas com os cálculos de centralidade seja possível isolar, com razoável precisão, o coordenador de cada INCT. Como um indicativo da validade dos dados da rede multiplex obtida, vale notar que as distribuições de escores de centralidade obtidos (ver Figura 2) são consistentes com resultados de distribuições de *betweenness* de redes de coautoria relatados na literatura especializada (NEWMAN, 2004).

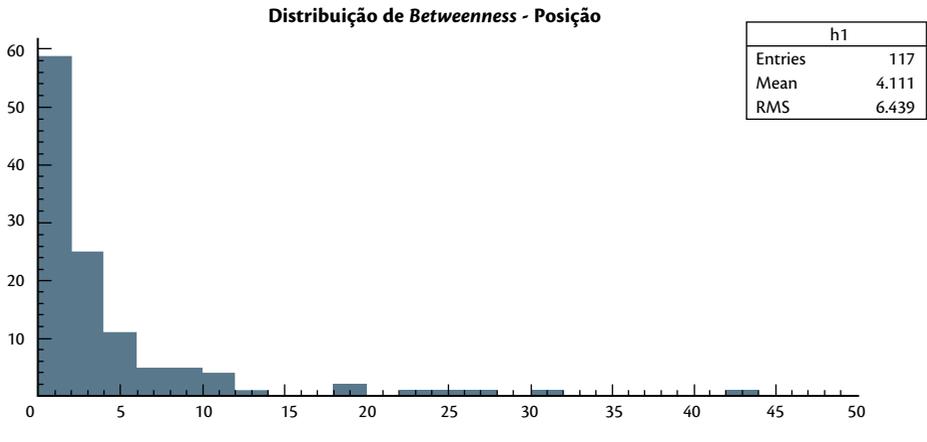


Figura 2. Distribuição da posição do coordenador no *ranking* da *betweenness*.

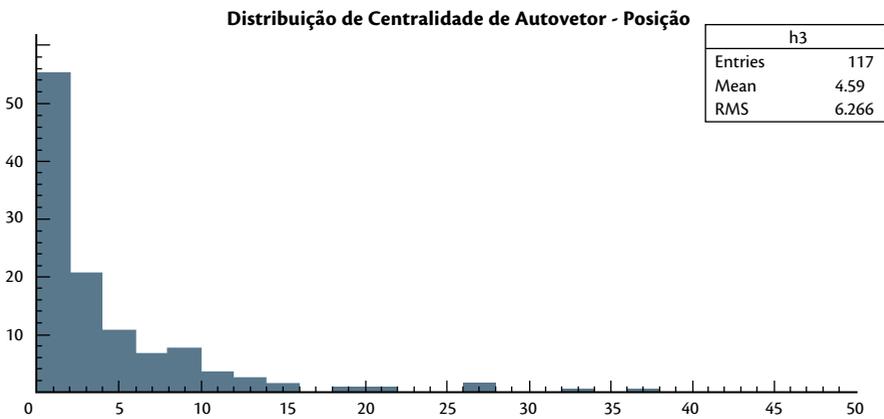


Figura 3. Distribuição da posição do coordenador no *ranking* da centralidade de autovetor.

6.1. Detecção de comunidades - algoritmo de modularidade

Como mencionado anteriormente, a detecção de comunidades é uma das possíveis aplicações da análise de redes. Em redes geradas utilizando somente as arestas de coautoria, as comunidades identificadas representam grupos de pesquisadores que publicam entre si, o que pode definir não apenas um grupo de pessoas que interagem, mas também pode ser usado para identificar, rapidamente e sem qualquer informação externa à rede, tópicos de pesquisa associados ao agrupamento observado sem a necessidade de leitura das listas de publicações, e isso já tem uma longa tradição na literatura (NEWMAN, 2004). No caso do acompanhamento da evolução dos INCT, existe outra vantagem na análise de agrupamentos: verificar se seu cálculo pode ajudar a determinar o grau de aderência entre a realidade das interações das redes e o objetivo expresso no Programa de fomentar a integração acadêmica dos grupos que apresentaram propostas.

Evolução de comunidades temáticas

No *software* utilizado nas análises desse trabalho, o Gephi, o algoritmo de detecção de comunidades utilizado é, na verdade, a combinação de dois outros: o método Louvain (BLONDEL *et al.*, 2008) e um método baseado na medida de estabilidade da rede (LAMBIOTTE *et al.*, 2009).

Uma das vantagens desses algoritmos é a possibilidade de aumentar ou diminuir a resolução dos agrupamentos. A partir das duas redes de coautorias, contendo todos os pesquisadores dos INCT (a primeira contendo as coautorias do período de 2003 a 2007 e a segunda, as de 2008 a 2013), o algoritmo de modularidade foi utilizado no maior componente conectado das redes, até que se encontrassem oito grupos, o mesmo número de grandes áreas definidas pelo CNPq (Ciências Agrárias, Energia, Engenharia e Tecnologia de Informação, Exatas e Naturais, Humanas e Sociais, Ecologia e Meio Ambiente, Nanotecnologia e Saúde). Essas oito comunidades encontradas foram comparadas com os grandes grupos, para que se pudesse identificar as oito grandes comunidades de pesquisadores que publicam entre si, nos INCT, e compará-las com as grandes áreas predefinidas.

A composição das comunidades por pesquisadores de cada uma das grandes áreas foi a seguinte:

Tabela 2. Composição das comunidades por grandes áreas dos INCT (2003-2007)

Comunidade	Agrárias	Energia	Engenharia e TI	Exatas	Humanas e Sociais	Ecologia	Nanotecnologia	Saúde	Total
0	3,9%	5,2%	6,1%	4,0%	2,8%	7,7%	6,6%	63,7%	100,0%
1	0,5%	13,5%	46,6%	8,6%	4,0%	2,9%	9,9%	14,1%	100,0%
2	10,3%	12,9%	4,5%	3,0%	2,1%	61,5%	2,2%	3,6%	100,0%
3	0,7%	4,8%	10,6%	30,2%	0,4%	3,9%	40,8%	8,7%	100,0%
4	0,4%	1,8%	3,1%	0,2%	52,4%	10,1%	0,9%	31,2%	100,0%
5	17,4%	3,7%	0,8%	1,1%	0,5%	9,0%	3,2%	64,3%	100,0%
6	0,5%	0,9%	24,1%	67,1%	0,0%	3,7%	1,4%	2,3%	100,0%
7	82,9%	0,0%	0,5%	0,5%	0,0%	1,4%	0,9%	13,8%	100,0%
%*	8,9%	6,5%	11,0%	10,1%	6,2%	15,4%	10,6%	31,2%	100,0%

Nota: * Percentual de pesquisadores da grande área no total de pesquisadores.

Tabela 3. Composição das comunidades por grandes áreas dos INCT (2008-2013)

Comunidade	Agrárias	Energia	Engenharia e TI	Exatas	Humanas e Sociais	Ecologia	Nanotecnologia	Saúde	Total
0	86,7%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	12,0%	0,0%	0,0%	100,0%
1	0,0%	0,7%	52,2%	3,0%	21,4%	3,6%	1,1%	18,0%	100,0%
2	0,1%	16,8%	8,6%	4,5%	0,7%	64,2%	0,6%	4,4%	100,0%
3	0,0%	90,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	9,1%	100,0%
4	0,0%	0,0%	23,8%	47,9%	0,0%	2,5%	23,5%	2,3%	100,0%
5	0,3%	1,8%	13,1%	29,3%	0,0%	4,7%	43,9%	6,9%	100,0%
6	34,3%	21,8%	11,0%	3,0%	0,0%	21,2%	3,0%	5,7%	100,0%
7	10,3%	3,8%	4,2%	2,6%	2,9%	5,5%	7,2%	63,5%	100,0%
%*	9,5%	6,5%	11,2%	9,0%	3,2%	14,8%	10,9%	35,0%	100,0%

Nota: * Percentual de pesquisadores da grande área no total de pesquisadores.

A distribuição dos pesquisadores de cada grande área por comunidades foi a seguinte:

Tabela 4. Distribuição dos pesquisadores de cada grande área por comunidades obtidas (2003-2007)

	Comunidade								Total
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Agrárias	8,1%	0,7%	19,1%	1,3%	0,4%	37,2%	0,2%	33,0%	100,0%
Energia	14,7%	26,9%	32,3%	12,4%	2,5%	10,7%	0,5%	0,0%	100,0%
Engenharia e TI	10,3%	55,0%	6,6%	16,4%	2,5%	1,3%	7,7%	0,1%	100,0%
Exatas	7,4%	11,1%	4,8%	51,0%	0,2%	2,1%	23,3%	0,2%	100,0%
Humanas e Sociais	8,3%	8,3%	5,5%	1,0%	75,3%	1,6%	0,0%	0,0%	100,0%
Ecologia	9,3%	2,4%	65,7%	4,3%	5,9%	11,1%	0,8%	0,3%	100,0%
Nanotecnologia	11,5%	12,1%	3,4%	65,7%	0,8%	5,7%	0,5%	0,3%	100,0%
Saúde	37,8%	5,9%	1,9%	4,7%	9,0%	38,9%	0,3%	1,6%	100,0%
%*	18,5%	13,0%	16,4%	17,1%	9,0%	18,9%	3,5%	3,5%	100,0%

Nota: * Percentual de pesquisadores da comunidade no total de pesquisadores.

Tabela 5. Distribuição dos pesquisadores de cada grande área por comunidades obtidas (2008-2013)

	Comunidade								Total
	0	1	2	3	4	5	6	7	
Agrárias	24,2%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,4%	21,4%	53,8%	100,0%
Energia	0,5%	0,8%	38,3%	8,2%	0,0%	3,5%	19,8%	28,8%	100,0%
Engenharia e TI	0,0%	36,1%	11,4%	0,0%	13,2%	14,7%	5,8%	18,8%	100,0%
Exatas	0,0%	2,5%	7,5%	0,0%	33,1%	40,8%	2,0%	14,1%	100,0%
Humanas e Sociais	0,0%	51,4%	3,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	45,4%	100,0%
Ecologia	2,1%	1,9%	64,0%	0,0%	1,1%	3,9%	8,4%	18,5%	100,0%
Nanotecnologia	0,0%	0,8%	0,8%	0,0%	13,5%	50,5%	1,6%	32,8%	100,0%
Saúde	0,0%	4,0%	1,9%	0,2%	0,4%	2,5%	1,0%	90,2%	100,0%
%*	2,6%	7,7%	14,8%	0,6%	6,2%	12,5%	5,9%	49,6%	100,0%

Nota: * Percentual de pesquisadores da comunidade no total de pesquisadores.

Histogramas a seguir mostram a distribuição dos pesquisadores das grandes áreas nos grupos identificados pelo algoritmo de detecção de comunidades:

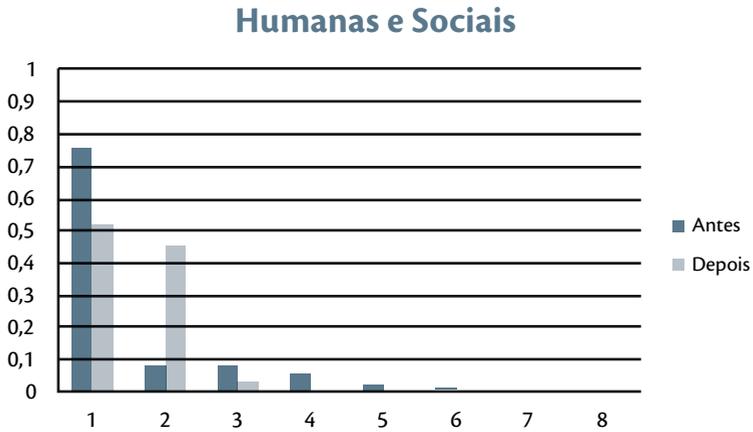


Figura 4. Distribuição dos pesquisadores de Ciências Humanas e Sociais antes e depois do programa INCT

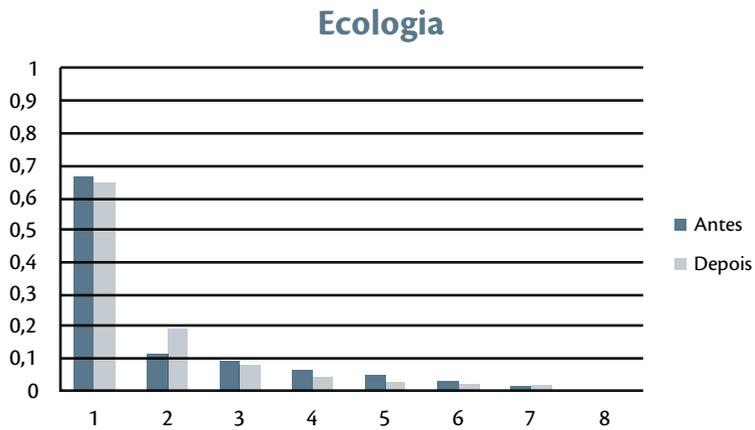


Figura 5. Distribuição dos pesquisadores de Ecologia antes e depois do programa INCT

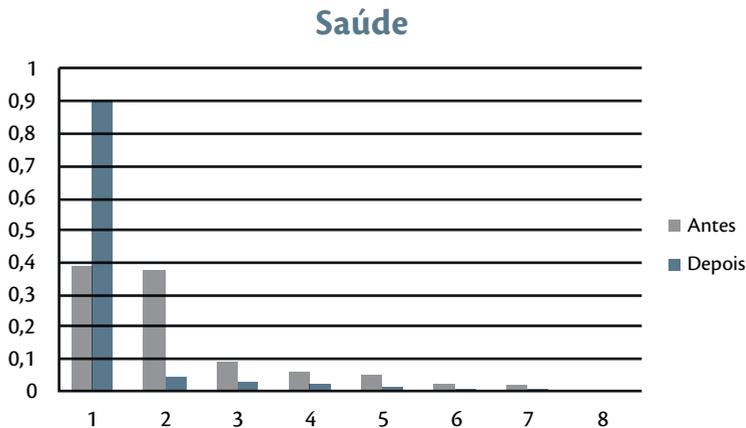


Figura 6. Distribuição dos pesquisadores de Saúde antes e depois do programa INCT

Os dados obtidos sugerem que :

- Houve uma concentração clara dos pesquisadores da grande área de Saúde. Pesquisadores identificados antes do programa como pertencentes a grupos diferentes se concentraram em um grupo principal, com quase 90% dos pesquisadores da área, o que sugere que eles passaram a trabalhar mais em conjunto ou então a tratar de temas semelhantes. Essa concentração, embora mais amenizada, também foi observada nas grandes áreas de Agrárias e Energia.
- Na grande área de Ciências Humanas e Sociais ocorreu o movimento oposto. Aproximadamente 75% dos pesquisadores que foram identificados como pertencentes a um mesmo grupo no programa, agora, encontram-se distribuídos entre dois grupos principais, cada um contendo aproximadamente 40% a 50% dos pesquisadores da grande área. Esse movimento também foi observado, embora de forma mais amenizada, nas grandes áreas de Engenharia e Tecnologia da Informação.
- Na grande área de Ecologia, a separação dos pesquisadores por grupo, depois do programa INCT, permaneceu muito parecida com o que ela era antes.
- Nas outras grandes áreas, não foi possível identificar um movimento tão claro, tendo havido concentração em alguns grupos, desconcentração em outros e, ainda, outros que permaneceram iguais.

6.2. Pertinência do financiamento x multidisciplinaridade

Também foi efetuado um teste em pequena escala, utilizando três INCT (INCT 1, INCT 2 e INCT 3) que tratam de temas similares no período de 2008 a 2013, gerando-se uma rede com as coautorias dos pesquisadores desses INCT. A partir do maior componente conectado da rede, foi utilizado o algoritmo de detecção de comunidades do Gephi, para verificar o nível de correspondência entre as comunidades encontradas e os INCT originais. A resolução do algoritmo foi ajustada, até que fossem encontradas três comunidades, ou seja, até que o número de comunidades fosse igual ao número de INCT contidos na rede.

Os resultados mostram que existem três grandes comunidades de pesquisadores que publicam em colaboração:

- A Comunidade A: é composta por 109 membros do INCT 1 e 39 membros do INCT 3. A maior parte dos membros do INCT 1 está na comunidade A, enquanto aproximadamente metade dos membros do INCT 3 está na comunidade B.
- A Comunidade B: contém membros dos três INCT, porém, é composta majoritariamente por 33 membros do INCT 3, com uma pequena parcela de dez membros do INCT 2 e 23 membros do INCT 1.
- A Comunidade C: que contém 42 membros do INCT 2 e não tem participação de mais nenhum INCT.

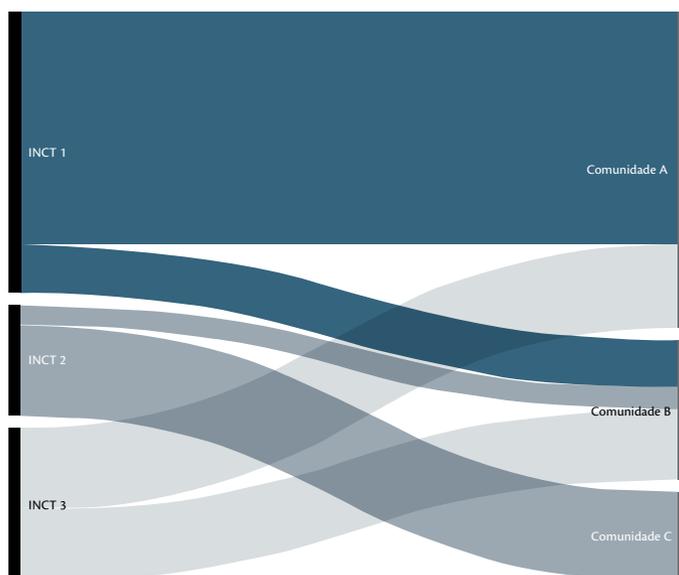


Figura 7. Fluxo dos pesquisadores dos INCT 1, 2 e 3 para as Comunidades A, B, e C.

Os resultados obtidos não permitem, por si, definir um juízo de valor sobre os INCT estudados, pois a divisão dos INCT 1 e 3 em duas grandes comunidades pode indicar tanto que o fomento não foi eficaz na indução do trabalho em rede como pode ser entendido com uma rede com um forte foco na interdisciplinaridade das comunidades A e B. Em qualquer caso, entretanto, os resultados sugerem que o INCT 2 trata-se de uma comunidade focada em um grande tema. Os dados obtidos sobre os INCT 1 e 3 podem, contudo, ajudar as instituições responsáveis pelo Programa a interpretar o nível de aderência dessas redes aos objetivos previstos. Em qualquer caso, o uso dessas técnicas no acompanhamento da implementação de futuras ações similares permitirá possibilidades de correções de curso, com base nas evidências coletadas.

7. Conclusão

Neste artigo, foram reportados os principais resultados de uma prova de conceito da aplicação de ferramentas de análise de redes, como passo intermediário de uma metodologia potencialmente eficiente para explorar a *expertise* demandada por políticas públicas por meio do financiamento de grandes grupos de pesquisa. Foram mostradas evidências de que esses métodos podem contribuir para a avaliação e o acompanhamento das redes existentes e para o planejamento e a implementação de futuras ações no mesmo sentido. Os primeiros resultados foram promissores para alguns parâmetros de análise de redes e inconclusivos para outros. Entretanto, os resultados conclusivos já permitem antever um papel relevante da análise de redes como instrumento de apoio à análise de políticas públicas, tanto para tornar mais efetiva a atuação de cada INCT, de acordo com os objetivos explícitos do programa, como para fomentar possíveis articulações ou trabalhos conjuntos entre INCT, ou subconjuntos de INCT, para responder a grandes desafios nacionais.

Agradecimento

Os autores agradecem a Eduardo do Couto e Silva, por suas importantes sugestões no uso de algumas das ferramentas computacionais e análises estatísticas empregadas neste trabalho e pela leitura crítica do manuscrito. Agradecem, ainda, a Marcelo Paiva, por contribuições nas etapas iniciais do trabalho.

Referências

- BASTIAN M.; HEYMANN S.; JACOMY M. Gephi: an open source *software* for exploring and manipulating networks. **International AAAI Conference on Weblogs and Social Media**, 2009.
- BLONDEL, D.; GUILLAUME, J.; LAMBIOTTE, R.; LEFEBVRE, E. Fast unfolding of communities in large networks, **J. Stat. Mech**, P10008, 2008.
- BORGATTI, S. P.; EVERETT, M. G.; JOHNSON, J. C. **Analyzing social networks**. SAGE Publications Limited, Londres, UK, 2013.
- CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO. **Chamada INCT – MCTI/CNPq/ CAPES/FAPs nº 16/2014**. Brasília, DF: CNPq, 2014, 38 p. Disponível em: <http://inct.cnpq.br/documents/10180/124986/Chamada+INCT_16-2014.pdf/3d511440-8d6f-413c-ac64-176b7aco2902>. Acesso em: 18 mai. 2015.
- CAGNIN, C.; AMANATIDOU, E.; KEENAN, M. Orienting European innovation systems towards grand challenges and the roles that FTA can play, **Science and Public Policy**, n. 39, p.140-152, 2012.
- CAGNIN, C.; KEENAN, M. JOHNSTON, R.; SCAPOLO, F.; BARRÉ, R. Future-oriented technology analysis – strategic intelligence for an innovative economy. **Springer-Verlag Berlin Heidelberg**, 2008.
- FORTUNATO, S. Community detection in graphs, **Physics Reports**. n.486, p. 75-174, 2010.
- GASSLER, H.; POLT, W.; RAMMER, C. Priority setting in technology policy – historical developments and recent trends. NAUWELAERS, C. AND WINTJES, R. (eds) **Innovation Policy in Europe**. Cheltenham: Edward Elgar, 2008.
- GEORGIU, L.; CASSINGENA HARPER, J. Policy transfer and learning, **The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice**. Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, UK, p.309-341, 2008.
- KIVELÄ, M.; ARENAS, A.; BARTHELEMY, M.; GLEESON, J.; MORENO, Y.; PORTER, M. Multilayer networks, **J. Complex Netw.** v. 2, n. 3, p. 203-271 . 2014.
- LAMBIOTTE, R.; DELVENNE, J.; BARAHONA, M. Laplacian dynamics and multiscale modular structure in networks. **IEEE Transactions on Network Science and Engineering**. v.1, n. 2, p. 76-90, 2009.
- MANNING, C. D.; RAGHAVAN, P.; SCHULTZE, H. **Introduction to information retrieval**, Cambridge University Press, 2010.
- NEWMAN, M. E. J. Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration, **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**, v. 101, spl.1, p. 5200-5205, 2004.
- _____. **Networks: an introduction**. USA: Oxford University Press, 2010.

NUGROHO, Y.; SARITAS, O. Incorporating network perspectives in foresight: a methodological proposal, **Foresight**, v. 11, n. 6, p. 21-41, 2009.

PROGRAMA INSTITUTOS NACIONAIS DE C&T. **Documento de Orientação aprovado pelo Comitê de Coordenação**. 29 jul. 2008. Disponível em: <http://estatico.cnpq.br/programas/inct/_apresentacao/pdf/015_anexo.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2015.

RITTEL, H. ; WEBER, M. Dilemmas in a general theory of planning, **Policy Sciences**, n.4, p. 155–69, 1973.

YAN, E.; DING, Y. Scholarly network similarities: How bibliographic coupling networks, citation networks, cocitation networks, topical networks, coauthorship networks, and cword networks relate to each other. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, v. 63, n. 7, p. 1313-1327, 2012.

Cenários globais e *roadmapping* estratégico para o desenvolvimento da indústria de terras raras no Brasil

Maria Fatima Ludovico de Almeida¹ e Carlos Augusto Caldas de Moraes²

Resumo

Este artigo apresenta os principais resultados de um estudo prospectivo desenvolvido pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) em 2012, cujo objetivo foi fornecer os direcionadores estratégicos para a estruturação futura de uma agenda com ações de curto, médio e longo prazo, vinculadas ao desenvolvimento das cadeias produtivas de aplicações de terras raras (TRs), consideradas promissoras e estratégicas para o Brasil. Seu escopo compreendeu a construção de cenários prospectivos do mercado global de TRs e a definição do cenário de referência, que serviu de pano de fundo para a construção do *roadmap* estratégico da cadeia produtiva de TRs no Brasil como um todo. O estudo incluiu, ainda, a definição de direcionadores estratégicos – visão de futuro e objetivos de longo prazo – referentes às cadeias produtivas de ímãs

Abstract

This paper aims to present the main findings of a foresight study concerning the future of global rare earth industry (REI), from the perspective of formulating a strategic agenda for Brazil focusing on this area. The study was carried out in 2012 by the Center for Strategic Studies and Management (CGEE) with the participation of more than 70 representatives of main local stakeholders. It emphasized the importance of understanding and anticipating the global market dynamics for rare earth industry, including drivers, restraints, and opportunities related to five applications: permanent magnets, catalysts, metal alloys, phosphors, and polishing powders, including special glasses and lenses manufacturing. The results can be summarized as follows: (i) four alternative scenarios of the global REI (2012-2030); (ii) a reference global

1 Maria Fatima Ludovico de Almeida é doutora em Engenharia de Produção pela PUC-Rio, M.Sc. pela University of Manchester, DEA pela Université d'Aix-Marseille III e B.Sc. em Engenharia Química pela UFRJ. Atualmente é professora adjunta do Programa de Pós-graduação em Metrologia, Qualidade e Inovação da PUC-Rio e consultora do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos e da Unesco.

2 Carlos Augusto Caldas de Moraes é doutor em Engenharia de Produção pela PUC-Rio, mestre em Administração de Empresas pelo MIT, graduado em Engenharia Civil pela UFRJ e em Administração de Empresas pela UERJ. Foi assessor técnico no CGEE e é professor adjunto do Mestrado em Economia e Gestão Empresarial da Universidade Cândido Mendes – RJ.

permanentes, catalisadores, ligas metálicas, fósforos, pós para polimento e fabricação de vidros e lentes especiais. Também foram realizados uma pesquisa em base de dados sobre produção científica e propriedade intelectual em TRs em nível mundial (1981-2011) e um levantamento dos grupos de pesquisa e pesquisadores brasileiros que atuam nesse campo.

Palavras-chave: Cenários globais. Roadmapping estratégico: Indústria de terras raras. Brasil.

scenario as a backdrop for the strategic analysis of competitive position of Brazil in the global rare earth's arena (same horizon); (iii) strategic roadmapping extended to supply chains of five applications in Brazil; and (iv) a technology and innovation policy for the development of REI in Brazil. Essentially, the conclusion is that the sustainable development of rare earth industry in Brazil will require the review of regulatory framework of mineral resources, especially strategic ones such as REEs, technological domain and collaborative efforts around key technologies of mineral processing and purification of RE materials, and also those technologies related to permanent magnets, catalysts, metal alloys, phosphors, polishing powders, including special glasses and lens manufacturing.

Keywords: Global scenarios. Strategic roadmapping. Rare earth industry. Brazil.

1. Introdução

O tema de terras raras assumiu crescente importância no cenário mundial nos últimos anos, em decorrência da quase que total dependência de fornecimento pela China – cerca de 97% do consumo mundial em 2011 – e da disparada nos preços resultante das reduções definidas pelo governo chinês nas quotas de exportação para países consumidores. A dependência mundial em relação à China não é recente e, segundo os especialistas, emergiu em função da grande produção chinesa e dos preços mais convenientes por ela ofertados (WÜBBEKE, 2013).

Em 2011, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) já havia chamado atenção para a vulnerabilidade da economia verde quanto à falta de minerais de TRs (UNEP, 2011). Isso porque muitas das chamadas tecnologias de energia limpa, como os componentes de turbinas eólicas e os veículos elétricos, dependem de materiais com propriedades singulares, como é o caso das TRs. No momento, a disponibilidade de TRs no mercado global encontra-se em risco devido à localização da produção ser basicamente na China, vulnerabilidade a interrupções de fornecimento, além da inexistência de materiais substitutos de desempenho comparável às aplicações de TRs e do baixo índice de reciclagem.

As TRs são um grupo seletivo de 17 elementos químicos da série dos lantanídeos mais o escândio e o ítrio. Os 15 lantanídeos são: lantânio, cério, praseodímio, neodímio, promécio, samário, európio, gadolínio, térbio, disprósio, hólmio, érbio, túlio, itérbio e lutécio.

A expressão “terras raras” é imprópria para denominar tais elementos. Foram assim chamados porque seus óxidos se assemelham aos materiais conhecidos como terras. Também a palavra “rara” é considerada inadequada, pois os lantanídeos são mais abundantes do que muitos outros elementos, com exceção do promécio, que não ocorre na natureza. Por exemplo, os elementos túlio (0,5 ppm) e lutécio (0,8 ppm), que são as TRs menos abundantes na crosta terrestre, são mais abundantes do que a prata (0,07 ppm) e o bismuto (0,008 ppm).

As inúmeras aplicações das TRs devem-se às suas propriedades ímpares, principalmente as espectroscópicas e magnéticas. As propriedades químicas e físicas dos elementos lantanídeos são muito semelhantes em consequência da sua configuração eletrônica. Todos os átomos neutros, por serem energeticamente mais favoráveis, têm em comum a configuração eletrônica $6s^2$ e uma ocupação variável do nível $4f$ (com exceção do lantânio, que não tem nenhum elétron f no seu estado fundamental).

Hoje em dia, os usos e as aplicações dos 17 elementos constituintes do grupo das TRs concentram-se em áreas de alta tecnologia e não são conhecidos, até o momento, substitutos que proporcionem o mesmo desempenho.

Nas tecnologias relacionadas a energias limpas e ao controle de emissões atmosféricas, por exemplo, as cadeias produtivas são fortemente dependentes de TRs, essenciais na fabricação de: (i) ímãs permanentes, usados em turbinas eólicas e veículos elétricos; (ii) baterias avançadas, utilizadas em veículos elétricos; (iii) semicondutores filmes finos, usados em sistemas de energia fotovoltaica; e (iv) fósforos, utilizados em sistemas de iluminação mais eficientes.

Outro uso estratégico de TRs refere-se aos catalisadores utilizados no refino do petróleo e nos sistemas de exaustão de veículos. Estima-se que a falta de catalisadores que contêm lantânio, uma das TRs, reduziria a produção de derivados do petróleo pelas refinarias em cerca de 7%. Esses são apenas exemplos da ampla gama de usos industriais e aplicações de TRs abordados no estudo prospectivo em foco, segundo uma visão estratégica de longo prazo, pautada nos princípios da sustentabilidade.

Nos últimos anos, tem crescido também o interesse em aplicar as TRs na investigação das propriedades e funções de sistemas bioquímicos e na determinação de substâncias biologicamente ativas. As TRs são usadas principalmente como sondas espectroscópicas no estudo de biomoléculas e suas funções. A título de ilustração, podem ser citados: traçadores biológicos para acompanhar o caminho percorrido pelos medicamentos no homem e em animais; marcadores em imunologia (fluoroimunoensaios); e agentes de contraste em diagnóstico não invasivo, por imagem de ressonância magnética nuclear (RMN), de patologias em tecidos.

As TRs podem ser encontradas em muitos países, como China, Austrália, Canadá, Estados Unidos, Índia, Malásia, Brasil e Rússia. No entanto, são difíceis de serem extraídas em volumes economicamente viáveis.

As estimativas da produção mundial eram de 124 mil toneladas por ano (t/ano) em 2012, enquanto a demanda daquele ano alcançava 135 mil t/ano, com previsão de crescimento dessa procura para até 210 mil t/ano em 2015. Por sua vez, como os projetos de mineração demoram a iniciar suas operações, a expectativa era a de que a produção mundial não ultrapassasse 160 mil t/ano nos próximos três anos, o que poderia levar à escassez desses recursos no curto prazo.

As incertezas quanto à garantia de fornecimento de TRs pela China, em função da sua atual política de quotas de exportação, têm mobilizado os países consumidores a buscarem alternativas de suprimento, por meio de acordos de cooperação e parcerias com outros países, além da China, para o desenvolvimento de projetos voltados à produção e ao processamento mineral desses recursos e de suas aplicações, buscando garantia de fornecimento e domínio científico e tecnológico, ao longo de toda a cadeia produtiva.

O Brasil, atualmente, não lavra nem produz nenhum composto de TRs, sendo totalmente dependente da importação. A produção de TRs no Brasil, que teve posição de destaque na década de 1940, é hoje praticamente nula. No entanto, o País, por suas reservas, seus teores dos minérios, sua variedade de depósitos e capacitação tecnológica, apresenta bom potencial para a extração de TRs em jazimentos polimetálicos. No último trimestre de 2010, representantes dos governos do Japão, da Alemanha e da França, em audiências na Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM) do Ministério de Minas e Energia (MME), solicitaram informações sobre o potencial de exploração e produção mineral de TRs no Brasil.

Nesse contexto, o estudo prospectivo desenvolvido pelo CGEE, com a participação de cerca de 70 representantes das principais partes interessadas do governo, da academia e da indústria, teve por finalidade fornecer os direcionadores estratégicos para a estruturação futura de uma agenda com objetivos e ações de curto, médio e longo prazo, vinculadas ao desenvolvimento das cadeias produtivas de aplicações de TRs consideradas promissoras e estratégicas para o Brasil.

Este artigo está estruturado em quatro seções além desta introdução. Na segunda seção, são apresentadas as bases conceituais para o desenvolvimento do estudo prospectivo, focalizando a construção de cenários, sistemas de inovação e *foresight* estratégico. Na terceira seção, é descrita a metodologia de prospecção adotada, com suporte das ferramentas de construção de cenários e de *roadmapping* estratégico. Por limitação de espaço, na quarta seção, são discutidos, de forma sucinta, seus resultados, remetendo o leitor à consulta ao documento final (CGEE, 2013). Na quinta seção são formuladas as considerações finais.

2. Bases conceituais

O referencial teórico no qual o estudo prospectivo do CGEE foi fundamentado contemplou três temas centrais: (i) construção de cenários; (ii) sistemas de inovação; e (iii) *foresight* estratégico.

2.1. Construção de cenários

Existem diversas abordagens e inúmeros métodos para construir cenários, todos com o objetivo de se obter configurações de futuros alternativos de médio e longo prazo, que poderão ser utilizados como instrumentos particularmente úteis no planejamento em nível macro (países e regiões), em nível setorial (setores da economia) e em nível institucional [instituições de ciência e tecnologia (C&T) e empresas públicas e privadas].

Devido à crescente turbulência e complexidade dos ambientes nos quais as organizações estão inseridas, os métodos de estudos prospectivos, e em particular a construção de cenários, vêm crescendo em importância e uso, tanto em nível internacional quanto no País. De fato, os cenários prospectivos têm sido amplamente utilizados nas organizações, devido a sua flexibilidade, facilidade operacional e possibilidade de aplicação diversificada a custos relativamente baixos (HUSS, 1988; SCHOEMAKER, 1992; 1993; GEORGANTZAS e ACAR, 1995; RINGLAND, 1998; 2010; GODET e ROUBELAT, 1996; GODET, 2000; SCHWARTZ, 2000; VAN DER HEIJDEN, 2005; e GBN, 2012).

Cenários prospectivos são definidos como descrições de futuros qualitativamente distintos para um sistema sociotécnico e seu contexto, bem como dos caminhos ou trajetórias que ligam esses futuros à situação inicial desse sistema e seu contexto. Compreendem a descrição de uma situação de origem e dos acontecimentos que conduzem à situação futura. Esse conjunto de acontecimentos ou “jogo de hipóteses” deve apresentar uma coerência interna.

Na literatura especializada, encontram-se diversas abordagens metodológicas para construção e uso de cenários, desde métodos mais intuitivos até métodos probabilísticos. Para fins da construção de cenários globais da indústria de terras raras, foram consideradas as abordagens metodológicas apresentadas pelos seguintes autores, Godet (2001); Durance e Godet (2010); Van der Heijden (2005); Schoemaker e Van der Heijden (1992); e Schwartz (1996; 2004). Dentre as ferramentas analisadas, optou-se pela análise estrutural (GODET, 2001; DURANCE e GODET, 2010); e pela identificação de incertezas críticas, como base para o desenho da matriz de cenários fundamentado na escolha de duas incertezas críticas mais relevantes (VAN DER HEIJDEN, 2005; SCHOEMAKER e VAN DER HEIJDEN, 1992; e SCHWARTZ, 1996; 2004).

Na etapa de delimitação do sistema e seu contexto (indústria global de terras raras), buscou-se identificar a maior quantidade de variáveis (econômicas, políticas, tecnológicas, sociais e ambientais). Nesse sentido, o método prevê a condução de processos intuitivos de *brainstorming*, entrevistas com especialistas e consulta a estudos prospectivos de referência – globais ou setoriais –, logo no início dos trabalhos. Para a identificação de forças motrizes e variáveis-chave, o método de Godet caracteriza-se pelo maior rigor formal nos estudos dos efeitos das tendências, por meio da utilização da ferramenta de análise estrutural - uso do *software MicMac* desenvolvido pelo *Laboratoire d'Innovation de Prospective Stratégique et d'Organisation (Lipsor)*, na França -. Essa ferramenta é usada para analisar a difusão dos impactos das variáveis e suas inter-relações na cadeia causal de relacionamentos entre variáveis.

Uma vez construída a cadeia causal do desenvolvimento da indústria global de terras raras, foram identificados e classificados condicionantes do futuro, segundo tipologia proposta por Godet (2000), com destaque para a identificação das incertezas críticas. Na sequência, adotando-se ferramenta proposta pelos autores da Global Business Network (VAN DER HEIJDEN, 2005; SCHOEMAKER e VAN DER HEIJDEN, 1992; e SCHWARTZ, 1996; 2004), foi possível definir a matriz de cenários, como representada na Figura 2. As etapas seguintes referem-se à criação e descrição de quatro cenários alternativos; à seleção do cenário global de referência; e à análise dos desafios e das implicações para políticas públicas no Brasil, visando a estabelecer os direcionadores estratégicos para o desenvolvimento da indústria de terras raras no País, focalizando-se aplicações estratégicas.

2.2. Sistemas de inovação

Nesta seção, é apresentado o conceito de sistema de inovação, com especial atenção aos trabalhos de Freeman (1987), Lundvall (1992), Edquist e Johnson (1997), e OECD (1997). Esse conceito surgiu há mais de 20 anos e, desde então, tem sido amplamente difundido entre pesquisadores e formuladores de políticas públicas do mundo todo. Refere-se ao conjunto de organizações que contribuem para o desenvolvimento ou fortalecimento da capacidade de inovação de um país, setor ou região. Tal enquadramento pressupõe que o desempenho inovador dessas organizações depende de fatores econômicos, regulatórios, políticos, sociais e ambientais específicos dos contextos socioprodutivos em foco.

Um documento de referência publicado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), em 1997, apresenta várias definições associadas a um sistema de inovação em nível nacional:

"[...] the network of institutions in the public and private sectors whose activities and interactions initiate, import, modify and diffuse new technologies." (FREEMAN, 1987).

"[...] the elements and relationships which interact in the production, diffusion and use of new, and economically useful, knowledge ... and are either located within or rooted inside the borders of a nation state." (LUNDVALL, 1992).

"[...] a set of institutions whose interactions determine the innovative performance [...] of national firms." (NELSON, 1993).

"[...] the national institutions, their incentive structures and their competencies, that determine the rate and direction of technological learning (or the volume and composition of change generating activities) in a country." (PATEL and PAVITT, 1994).

"[...] that set of distinct institutions which jointly and individually contribute to the development and diffusion of new technologies and which provides the framework within which governments form and implement policies to influence the innovation process. As such it is a system of interconnected institutions to create, store and transfer the knowledge, skills and artefacts which define new technologies." (METCALFE, 1995).

De acordo com Lundvall (1992), além do conceito de sistema nacional de inovação, alguns autores enfatizam características sistêmicas da inovação em outros níveis da economia, a saber: (i) sistemas tecnológicos, definidos por Carlsson e Stankiewicz no início dos anos 90 (CARLSSON e STANKIEWITZ, 1995); (ii) sistemas regionais de inovação (MASKELL e MALMBERG, 1997); (iii) sistemas setoriais de inovação (BRESCHI e MALERBA, 1997; MALERBA, 2002); e (IV) abordagem triple helix (ETZKOWITZ e LEYDESDORFF, 2000).

Considerando-se os objetivos do estudo prospectivo desenvolvido pelo CGEE, adotou-se a definição de Lundvall (1992), assumindo-se os pressupostos básicos estabelecidos pela OECD (1997, p. 13), como transcrito a seguir:

"For policy makers, an understanding of the national innovation system can help identify leverage points for enhancing innovative performance and overall competitiveness. It can assist in pinpointing mismatches within the system, both among institutions and in relation to government policies, which can thwart technology development and innovation. Countries differ in the way in which knowledge flows are structured and in the relative importance of different types of institutions, actors and linkages for their respective production systems".

2.3. *Foresight* estratégico

Na perspectiva de definir direcionadores estratégicos para o desenvolvimento da indústria de terras raras no Brasil, adotou-se a abordagem metodológica de *foresight*, cuja característica principal é a identificação sistemática de áreas estratégicas e tecnologias emergentes com o potencial de gerar grandes benefícios econômicos e sociais no horizonte temporal considerado (GEORGHIOU *et al.*, 2008; MILES, 2010).

Os trabalhos de referência consultados na fase conceitual do estudo prospectivo do CGEE, focalizando esse tema, foram: *'The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice'* (GEORGHIOU *et al.*, 2008); *'Research Infrastructure Foresight: Practical Guide for Integrating Foresight in Research Infrastructures Policy Formulation'* (KEENAN and POPPER, 2007); e *'The Evolution of Strategic Foresight: Navigating Public Policy Making'* (KUOSA, 2012).

A ferramenta de escolha foi o *roadmapping* estratégico, aqui definido como um processo de planejamento que permite aos gestores e formuladores de políticas públicas identificar, avaliar e selecionar alternativas para alcançar objetivos estratégicos tecnológicos claramente definidos para uma determinada área estratégica, em um determinado horizonte temporal.

A visão de futuro da cadeia produtiva de TRs no Brasil, bem como das cadeias de seis aplicações consideradas estratégicas para o País, levou em consideração potencialidades, gargalos e desafios tecnológicos e de gestão a serem superados no período 2013-2030. Foram identificados os hiatos entre a situação atual e a 'visão de futuro' dessas cadeias, de tal forma que iniciativas propostas possam preencher efetivamente tais hiatos (CAMARINHA-MATOS, 2004; REZGUI e ZARLI, 2002).

A construção do *roadmap* estratégico para o desenvolvimento da indústria de terras raras no Brasil compreendeu: (i) a construção da 'visão de futuro' associada a cada cadeia produtiva; e (ii) a definição dos direcionadores estratégicos e das ações requeridas para o fortalecimento do posicionamento do Brasil e das empresas e instituições interessadas, visando a alcançar às 'visões de futuro' expressas para as cadeias produtivas de aplicações selecionadas (ímãs permanentes; catalisadores; ligas metálicas; fósforos; pós para polimento; e fabricação de vidros e lentes especiais).

3. Metodologia adotada no estudo prospectivo

Descreve-se, a seguir, a metodologia adotada no desenvolvimento do estudo prospectivo sobre TRs. A Figura 1 representa o fluxograma geral de execução, que compreendeu três fases: (i) conceitual; (ii) participativa; e (iii) conclusiva.



Figura 1. Metodologia adotada no estudo prospectivo

Inicialmente, a fase conceitual focalizou a revisão da literatura sobre cenários prospectivos, *foresight* estratégico e sistemas de inovação, para formar o referencial teórico de base para o desenvolvimento do estudo prospectivo e a criação de uma linguagem comum entre os participantes do processo. Na sequência, procedeu-se à pesquisa documental sobre a indústria global de terras raras, incluindo estudos prospectivos anteriores (*US GEOLOGICAL SURVEY*, 2013; MASSARI e RUBERTI, 2013; WÜBBEKE, 2013; ALONSO *et al.*, 2012; CHEGWIDDEN, 2012; KINGSNORTH, 2012; CHEN, 2011; FROST & SULLIVAN, 2011; *CENTER FOR STRATEGIC AND INTERNATIONAL STUDIES*; GUPTA e KRISHNAMURTHY, 2005).

Para a identificação dos trabalhos mais relevantes nesse campo, foram realizadas consultas sistemáticas às bases de dados *Scopus*; *Web of Science* e *Science Direct*, cobrindo o período de 1981-2011, bem como a ferramenta Google Scholar, disponível na web. Em complementação, foi mapeada a propriedade intelectual em TRs em nível mundial para o mesmo período, focalizando a cadeia produtiva como um todo e as aplicações estratégicas para o Brasil. A partir desse levantamento, foi possível definir uma taxonomia única para o estudo prospectivo de TRs, cobrindo os seguintes itens: uso industrial, aplicação de TRs, funcionalidade habilitadora e elementos TRs requeridos. Ainda nessa fase, foram levantados dados sobre terras raras no Brasil e os grupos de pesquisa e pesquisadores brasileiros atuantes neste campo e que estão cadastrados no Diretório dos Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Na fase participativa, uma série de *workshops* foi realizada no período de maio a julho de 2012, envolvendo mais de 60 especialistas do governo, da academia e indústria. Ressaltam-se, como fator de sucesso dessa fase, o suporte e a participação intensiva da equipe dedicada ao tema que atua no Centro de Tecnologia Mineral (Cetem).

O primeiro *workshop*, realizado em Brasília, em maio de 2012, sob a coordenação do CGEE, teve por objetivos a construção de cenários prospectivos da evolução da cadeia produtiva de TRs em nível mundial e a escolha do cenário global de referência, para discussão das implicações dos condicionantes globais sobre o posicionamento estratégico do Brasil nesse campo.

O segundo *workshop* foi conduzido no Rio de Janeiro, em junho de 2013, com os objetivos de: (i) mapear as potencialidades, os gargalos e desafios da cadeia produtiva de TRs no Brasil, face ao cenário global de referência; e (ii) construir o *roadmap* estratégico da cadeia produtiva de TRs como um todo e definir os direcionadores estratégicos em relação às dimensões ‘marco regulatório’, ‘investimentos’, ‘infraestrutura’, ‘recursos humanos e competências distintas’, e ‘tecnologia’.

Para a definição dos direcionadores estratégicos associados ao desenvolvimento das seis cadeias de aplicações estratégicas de TRs no Brasil, foram realizados vários *workshops* com envolvimento de grupos de especialistas das respectivas aplicações. Basicamente, esses encontros tiveram como objetivos: (i) caracterizar, esquematicamente, a cadeia produtiva da aplicação objeto do *workshop* e propor a visão de futuro resultante de seu desenvolvimento no período 2013-2030; e (ii) estabelecer direcionadores estratégicos a serem desdobrados em ações e iniciativas, visando alcançar as respectivas visões de futuro das cadeias produtivas de TRs.

Na fase conclusiva, os resultados das fases anteriores foram consolidados no documento final do estudo prospectivo, que foi publicado no ano seguinte pelo CGEE (CGEE, 2013).

4. Resultados do estudo prospectivo

Nesta seção, são apresentados e discutidos os principais resultados do estudo prospectivo sobre a cadeia produtiva de terras raras no Brasil. Essa exposição é iniciada com a identificação das incertezas críticas associadas ao mercado global de terras raras, incertezas essas consideradas elementos fundamentais para a construção dos cenários prospectivos. Na sequência, são representados graficamente quatro cenários globais da cadeia produtiva de terras raras (2012-2030), com indicação do cenário de referência, com trajetória mista. A partir da definição do cenário de referência, focaliza-se a cadeia produtiva de terras no Brasil, analisando-se a situação atual e definindo-se a visão de futuro e os direcionadores estratégicos em relação a

quatro dimensões consideradas fundamentais para o desenvolvimento pretendido: (i) marco regulatório; (ii) investimentos; (iii) infraestrutura; (iv) recursos humanos e competências distintas; e (v) tecnologia.

4.1. Incertezas críticas

Para fins do estudo prospectivo em foco, incerteza crítica foi definida como fenômeno ou situação do contexto mundial com alto grau de incerteza e alto impacto potencial para o futuro da cadeia produtiva de TRs no horizonte considerado. Pela sua importância para a construção de cenários prospectivos múltiplos, são destacadas, na Tabela 1, as principais incertezas associadas à evolução da cadeia produtiva de TRs no mundo, considerando-se o horizonte 2030.

Tabela 1. Incertezas críticas associadas ao mercado global de terras raras

Variável	Incertezas críticas
Economia verde	<ul style="list-style-type: none"> • O uso de TRs possibilitará a aplicação de tecnologias energeticamente mais eficientes, compressores herméticos para refrigeração, geradores eólicos, mancais magnéticos e outras aplicações limpas?
Sociedade da informação	<ul style="list-style-type: none"> • Não foram identificadas incertezas críticas em relação a essa variável.
Governança global	<ul style="list-style-type: none"> • Como será exercido o poder coercitivo de instituições internacionais - Organização Mundial do Comércio (OMC), Organização das Nações Unidas (ONU) e outras - para solucionar problemas no mercado global de TRs?
Mercado global de aplicações que contenham ou usem ETRs	<ul style="list-style-type: none"> • Haverá fornecimento estável de TRs (óxidos e ligas metálicas) para países consumidores? • Haverá concentração na China de indústrias de alta tecnologia que utilizam TRs?
Novos materiais concorrentes ou substitutos de TRs	<ul style="list-style-type: none"> • Surgirão novos materiais substitutos de TRs com economicidade e desempenho desejado?
Reservas e produção mundial de TRs	<ul style="list-style-type: none"> • Permanecerá a hegemonia chinesa e seu controle sobre o mercado global de TRs? Até quando? • A produção ficará concentrada em poucos países? Ou haverá diversificação das fontes de suprimento? • Haverá continuidade e garantia do suprimento de matérias-primas, ou seja, TRs na forma de compostos?
Preços internacionais de TRs	<ul style="list-style-type: none"> • Poderá ocorrer volatilidade de preços de TRs com forte impacto no desenvolvimento de projetos fora da China? • Os preços serão regulados pela entrada de novos produtores de TRs, além da China?
Políticas nacionais de países produtores e processadores de TRs	<ul style="list-style-type: none"> • Haverá diminuição de quotas de exportações pela China? Haverá risco de desabastecimento no mercado global de TRs? • Qual será o risco à soberania nacional dos mais diferentes países dependentes do fornecimento externo de TRs?

4.2. Cenários prospectivos globais e cenário de referência: 2012-2030

A partir do conjunto de incertezas críticas elencadas na Tabela 1, foram gerados quatro diagramas de cenários prospectivos com base na proposta metodológica da *Global Business Network*.

Para fins do estudo prospectivo, cenários foram definidos como descrições de futuros qualitativamente distintos para um sistema e seu contexto, bem como dos caminhos ou das trajetórias que ligam esses futuros à situação inicial desse sistema e seu contexto. Especificamente neste estudo, referem-se à evolução da cadeia produtiva de TRs em uma perspectiva global. Compreendem a descrição da situação de origem (cena de 2012) e dos acontecimentos que conduzem à situação futura. Esse conjunto de acontecimentos ou jogo de hipóteses deve apresentar uma coerência interna.

Do conjunto de diagramas gerados, foi selecionado, em plenária, o diagrama que seria a base para o exercício de cenarização propriamente dito, conforme representado na Figura 2.

A descrição dos quatro cenários prospectivos associados ao diagrama da Figura 2 compreendeu os seguintes componentes: (i) filosofia; (ii) trajetória do sistema no período 2012-2020; (iii) trajetória do sistema no período 2021-2030; (iv) principais atores; (v) condições de plausibilidade da trajetória no período 2012-2020; (vi) condições de plausibilidade da trajetória no período 2021-2030.

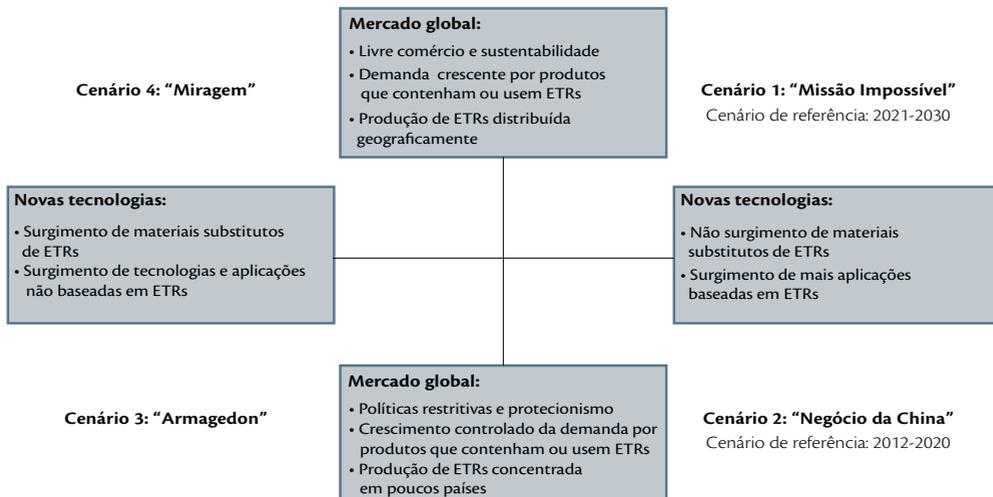


Figura 2. Quatro cenários globais da cadeia produtiva de terras raras (2012-2030) e um cenário de referência com trajetória mista

Destaca-se na Figura 2 o cenário de referência com trajetória mista, ou seja, no primeiro período (2012-2020) prevalecerá a lógica do cenário “Negócio da China” e no segundo período da trajetória (2021-2030) a lógica do cenário “Missão Impossível”.

Ainda no primeiro período, mudanças políticas e iniciativas empreendidas por países detentores de jazidas minerais contendo TRs, como é o caso do Brasil, fortalecerão o posicionamento estratégico dessas nações, que estabelecerão parcerias com outras que dominam tecnologias limpas para produção de TRs e aplicações industriais baseadas em TRs.

Partindo-se desses pressupostos, no segundo período (2021-2030), prevê-se uma ruptura na trajetória do cenário “Negócio da China”, com a entrada de novos atores no mercado global. Prevaecem o livre-comércio e a sustentabilidade da cadeia produtiva de TRs, com crescente demanda e oferta de matérias-primas e de produtos que usem ou contenham TRs.

4.3. Níveis de competência associados às etapas da cadeia produtiva de terras raras no Brasil: 2012-2030

Considerando o cenário global de referência e a análise estratégica do posicionamento do Brasil nas próximas décadas, são apresentados, neste artigo, os resultados da análise do nível de competência associada às etapas iniciais da cadeia produtiva de TRs no País (conforme Figura 3). Esses conteúdos constituem uma parte comum a todas as cadeias de aplicações de TRs priorizadas para serem desenvolvidas durante o período 2013-2020. Por limitação de espaço, os resultados da análise do nível de competência das cadeias produtivas das cinco aplicações de TRs não serão apresentados e discutidos neste artigo, mas podem ser consultados no documento final do estudo do CGEE (CGEE, 2013).

Destacam-se, na Figura 3, além do grau de domínio em cada uma dessas etapas, os pontos de atenção que foram considerados na construção do *roadmap* estratégico da cadeia produtiva de TRs, como será discutido no item 4.5.

Como pode ser observado, o Brasil se encontra, atualmente, em posição favorável nos estágios experimental e piloto, em todas as etapas iniciais. Nos estágios de inovação até comercialização, predomina o domínio parcial. Para fins de construção do *roadmap* estratégico, cabe destacar a necessidade urgente de pesquisa geológica e caracterização mineral e tecnológica das jazidas de TRs no Brasil.

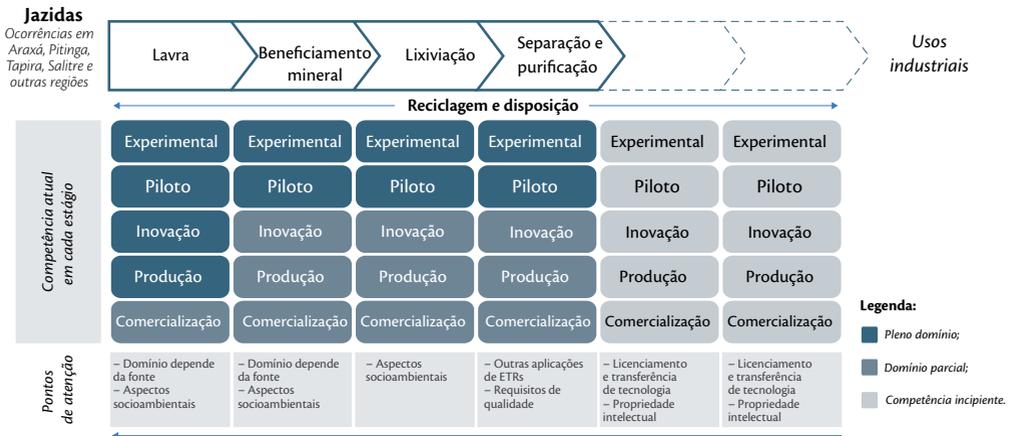


Figura 3. Competência atual nos estágios das etapas iniciais da cadeia produtiva de terras raras no Brasil

4.4. Situação atual e visão de futuro da cadeia produtiva de TRs no Brasil: 2012-2030

Na seqüência, foi definida a visão de futuro da cadeia produtiva de TRs no Brasil (horizonte 2030) e, em seguida, foram estabelecidos os objetivos estratégicos para alcance dessa visão:

“Autossuficiência e inserção competitiva do Brasil no mercado internacional de terras raras a partir do aproveitamento racional, eficiente e integral desses recursos minerais, com domínio científico e tecnológico ao longo de toda a cadeia produtiva, obedecendo aos preceitos de sustentabilidade”.

Para definição dos objetivos estratégicos, são consideradas as seguintes dimensões de análise: (i) mercado de aplicações de TRs; (ii) reservas e produção de TRs no Brasil; (iii) política nacional para TRs; (iv) marco regulatório: papel da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) quanto aos minerais radioativos; aspectos de Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS); e controle de emissões atmosféricas; (v) investimentos nas cadeias produtivas, formação de empresas e parcerias público-privadas; (vi) infraestrutura física para as cadeias produtivas de aplicações de TRs; (vii) recursos humanos; e (viii) tecnologia de produtos finais que contêm/usam TRs; avanços tecnológicos nas etapas iniciais das cadeias produtivas de aplicações (Tabela 2).

Tabela 2. Situação atual e visão de futuro para formulação dos direcionadores estratégicos da cadeia produtiva de terras raras no Brasil: 2012-2030

Dimensão	Situação atual	Visão de futuro (2030)
Marco regulatório	<p>Legislação vigente não prioriza a produção de TRs de forma competitiva, sustentável, com agregação de valor.</p> <p>Restrições na produção de TRs decorrentes da sua associação a radionuclídeos.</p>	<p>Novo marco regulatório estimula os investimentos produtivos e prioriza a produção de TRs de forma competitiva e sustentável.</p> <p>Equacionadas, na legislação brasileira, as questões ambientais relacionadas à presença de radionuclídeos em jazidas.</p>
Investimentos	<p>Iniciativas governamentais no sentido de estudar a viabilidade da cadeia no Brasil.</p> <p>Iniciam-se cooperações internacionais entre empresas e governos para enfrentar o monopólio chinês.</p> <p>Iniciativas de investimentos de empresas na produção de TRs no Brasil. Não há foco específico em aplicações.</p>	<p>Consolidação das cadeias estratégicas, como ímãs permanentes, catalisadores, ligas metálicas portadoras de TRs, fósforos de TRs, pós para polimento e fabricação de vidros especiais.</p> <p>Investimentos em cadeias produtivas de outras aplicações, como cerâmicos, fibras ópticas e baterias.</p> <p>Há garantia de fornecimento dos insumos demandados pela indústria, incentivando a instalação, no Brasil, de empresas que atuam em vários segmentos da cadeia produtiva.</p>
Infraestrutura	<p>Lei nº 10.197, regulamentada pelo Decreto nº 3.807, dispõe sobre o financiamento a projetos de implantação e recuperação de infraestrutura de pesquisa nas instituições públicas de ensino superior e de pesquisa e dá outras providências – legislação relacionada ao CT-Infra.³</p> <p>Infraestrutura para atividades industriais e de comercialização, a ser desenvolvida em função de anúncios de empreendimentos metalúrgicos e de aplicações industriais.</p>	<p>Infraestrutura laboratorial modernizada em instituições acadêmicas, ICT e empresas.</p> <p>Infraestrutura consolidada para a produção de TRs e de aplicações industriais.</p> <p>Gargalos de logística de produção e distribuição equacionados.</p>
Recursos humanos e competências distintas	<p>Existência de instituições de C&T (ICT), grupos de pesquisa e instituições acadêmicas com competência em temas de TRs. O número de grupos de pesquisa e especialistas dedicados a PD&I em TRs é relativamente pequeno em relação à China e aos Estados Unidos.</p> <p>Parte da competência tecnológica em TRs, existente no passado, migrou para outros campos.</p>	<p>Contínuo aperfeiçoamento de mão de obra qualificada, evitando-se o quadro desfavorável e a evasão para outros setores, como observado em décadas anteriores.</p> <p>Competência tecnológica faz frente aos desafios tecnológicos das cadeias produtivas de aplicações de TR consideradas estratégicas para o País.</p>
Tecnologia	<p>Baixo orçamento para o desenvolvimento de tecnologias para as cadeias produtivas de aplicações de TRs consideradas estratégicas para o País (ímãs permanentes, catalisadores, ligas metálicas portadoras de TRs, fósforos de TRs, pós para polimento e fabricação de vidros especiais).</p> <p>Vencimento de patentes gera possibilidades de produção no Brasil e exportação de aplicações baseadas em TRs, bem como produtos finais que contêm ou usam TR.</p> <p>Concepção inicial da Rede Brasileira de Terras Raras.</p>	<p>Domínio tecnológico completo das cadeias produtivas prioritárias, ou seja, da mina ao produto final que contém ou usa TRs.</p> <p>A Rede Brasileira de Terras Raras, com efetiva atuação das instituições de C&T (ICT) públicas e privadas, empresas e instituições acadêmicas, nas atividades de PD&I voltadas para a cadeia produtiva de TRs.</p> <p>Acesso a tecnologias que estabeleçam condições para o livre-comércio, via acordos de cooperação internacional.</p> <p>Empresas joint-ventures resultantes de parcerias entre países detentores de reservas e países detentores de tecnologias limpas para produção e processamento de TRs.</p>

3 CT-Infra é um dos Fundos Setorial de Ciência e Tecnologia, criados a partir de 1999, como instrumentos de financiamento de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação no Brasil. O CT-Infra é destinado a viabilizar a modernização e ampliação da infraestrutura e dos serviços de apoio à pesquisa desenvolvida em instituições públicas de ensino superior e de pesquisas brasileiras, por meio de criação e reforma de laboratórios e compra de equipamentos, entre outras ações. Fonte: <<http://www.finep.gov.br/a-finep-externo/fontes-de-recurso/fundos-setoriais/quais-sao-os-fundos-setoriais/ct-infra>>. Acesso em maio de 2015.

4.5. Direcionadores estratégicos para o desenvolvimento da cadeia produtiva de TRs no Brasil: 2012-2030

A Tabela 3 apresenta uma síntese com os direcionadores estratégicos para o desenvolvimento da cadeia produtiva de TRs no Brasil, cobrindo o período 2012-2030.

Tabela 3. Direcionadores estratégicos para o desenvolvimento da cadeia produtiva de TRs no Brasil: 2012-2030

Dimensão	Direcionadores estratégicos	Período 2012-2030
Marco regulatório	<p>Encaminhar e aprovar o novo marco regulatório mineral, explicitando aspectos referentes ao desenvolvimento da cadeia produtiva de TRs.</p> <p>Equacionar, na legislação brasileira, as questões ambientais relacionadas à presença de radionuclídeos em jazidas.</p>	<p>Instituir direito minerário como garantia de financiamento de implantação, ampliação e verticalização.</p> <p>Encaminhar e aprovar o novo marco regulatório da mineração, explicitando aspectos referentes ao desenvolvimento da cadeia produtiva de TRs.</p>
Investimentos	<p>Criar mecanismos de financiamento, em condições compatíveis com os concorrentes internacionais, e gerar incentivos para atração de empresas de toda a cadeia produtiva.</p>	<p>Desburocratizar, simplificar, criar ou aperfeiçoar mecanismos de financiamento público-privado e gerar incentivos para atração de empresas de cadeias produtivas de aplicações de TRs consideradas estratégicas: ímãs permanentes, catalisadores, ligas metálicas, fósforos, pós para polimento/fabricação de vidros especiais.</p> <p>Ampliar disponibilidade de mecanismos de financiamento público-privado para atração de empresas das demais cadeias produtivas de aplicações de TRs: cerâmicos, baterias e fibras ópticas.</p> <p>Divulgar, no exterior, as vantagens competitivas do País em TRs (recursos naturais, infraestrutura tecnológica e recursos humanos) para o desenvolvimento de projetos industriais, parcerias e joint-ventures referentes às cadeias produtivas de TRs no Brasil.</p>
Infraestrutura	<p>Consolidar e expandir a infraestrutura de laboratórios, as facilidades de pesquisa, o suporte técnico e logístico ao desenvolvimento da cadeia produtiva de TRs.</p>	<p>Mapear as principais infraestruturas de pesquisa científica e tecnológica existentes no País, nas universidades, instituições de C&T (ICT) públicas e privadas e empresas, bem como o nível de utilização dessas infraestruturas e o perfil da demanda na área de TRs.</p> <p>Fornecer à comunidade científica e tecnológica o acesso, pela internet, a informações sobre as infraestruturas de pesquisa existentes, sua localização, possibilidades e condições de uso na área de TRs.</p> <p>Apoiar investimentos em infraestrutura voltados à PD&I, para uso comum de instituições nacionais e empresas na área de TRs, aprovados por mecanismos concorrenciais.</p> <p>Apoiar projetos de infraestrutura associados à constituição da Rede Brasileira de Terras Raras.</p> <p>Prazo: 2012-2015.</p> <p>Implantar parcerias público-privadas para ampliação e modernização da infraestrutura de serviços tecnológicos e de logística para as diversas etapas da cadeia produtiva de TRs.</p> <p>Promover a formação de arranjos produtivos locais (APL) e a criação das respectivas infraestruturas referentes às cadeias produtivas de aplicações de TRs consideradas estratégicas.</p>

Dimensão	Direcionadores estratégicos	Período 2012-2030
Recursos humanos e competências distintas	Capacitar recursos humanos para o desenvolvimento da cadeia produtiva de TRs	<p>Implantar programa de bolsas de mestrado e doutorado para desenvolvimento de dissertações, teses, trabalhos científicos e patentes na área de TRs.</p> <p>Criar grades curriculares, nos cursos de graduação e nível médio, que cubram as áreas de conhecimento fundamentais à formação de recursos humanos capacitados para atuarem nas diversas etapas da cadeia produtiva de TRs.</p> <p>Implantar cursos <i>lato sensu</i>, de curta e média duração, sobre a importância estratégica de TRs e a problemática do desenvolvimento da cadeia produtiva de TRs no País.</p> <p>Criar programas de intercâmbios internacionais e de atração de especialistas estrangeiros nos diversos campos de conhecimento da cadeia produtiva de TRs.</p>
Tecnologia	Promover o desenvolvimento tecnológico e a inovação voltados para a cadeia produtiva de TRs.	<p>Estruturar e implementar a Rede Brasileira de Terras Raras, mobilizando empresas, instituições de C&T, associações de classe e governo.</p> <p>Implantar linhas de financiamento preferenciais para PD&I em prospecção, produção, separação e aplicação de TRs.</p> <p>Estabelecer acordos internacionais, visando ao acesso a tecnologias que estabeleçam condições para o livre-comércio.</p> <p>Realizar atividades de prospecção tecnológica para as cadeias produtivas de aplicações de TRs, visando ao estabelecimento de prioridades, à atualização e à revisão da política de CT&I.</p>

5. Considerações finais

Este artigo buscou sumarizar os principais resultados de um rico processo participativo de construção de cenários globais e de *foresight* estratégico, reunidos em sua totalidade na publicação “Usos e aplicações de terras raras no Brasil: 2012-2030”, editada pelo CGEE em 2013. São apresentadas, a seguir, as principais conclusões e proposições referentes à cadeia produtiva de TRs como um todo.

A visão de futuro da cadeia produtiva de TRs no Brasil, considerando o horizonte 2030, refere-se à autossuficiência e inserção competitiva do Brasil no mercado internacional de TRs, a partir do aproveitamento racional, eficiente e integral desses recursos minerais, com domínio científico e tecnológico ao longo de toda a cadeia produtiva, obedecendo aos preceitos de sustentabilidade.

A estratégia nacional proposta para concretizar essa visão é sintetizada a seguir:

- Realizar mapeamento de ocorrências, identificação e dimensionamento das reservas e viabilizar a produção e o processamento mineral de TRs;

- Encaminhar e aprovar o novo marco regulatório mineral, explicitando aspectos referentes ao desenvolvimento da cadeia produtiva de TRs;
- Promover políticas públicas de cunho mineral, industrial e de CT&I voltadas para o desenvolvimento da cadeia produtiva de TRs;
- Equacionar, na legislação brasileira, as questões ambientais relacionadas à presença de radionuclídeos em jazidas;
- Criar mecanismos de financiamento, em condições compatíveis com os concorrentes internacionais, e gerar incentivos para atração de empresas de toda a cadeia produtiva e suas aplicações;
- Viabilizar as cadeias produtivas das seis aplicações de TRs estratégicas para o País, de forma sustentável e competitiva;
- Consolidar e expandir infraestrutura de laboratórios, facilidades de pesquisa, suporte técnico e logístico ao desenvolvimento da cadeia produtiva de TRs;
- Capacitar recursos humanos para o desenvolvimento da cadeia produtiva de TRs; e
- Promover o desenvolvimento tecnológico e a inovação associados a desenvolvimento da cadeia produtiva de TRs.

Finalmente, cabe ressaltar que a construção do cenário global de referência e as proposições voltadas para o desenvolvimento da cadeia produtiva de TRs, bem como das cadeias referentes a suas aplicações, visam fundamentalmente a fortalecer o posicionamento estratégico do Brasil como um País capaz de explorar, de modo sustentável, TRs para as diversas aplicações focalizadas neste estudo prospectivo. Tais proposições foram resultado de um processo participativo e estruturado, envolvendo mais de 60 especialistas em TRs, oriundos dos setores acadêmico, empresarial e governamental.

Recomenda-se fortemente a posterior construção dos roadmaps estratégicos do desenvolvimento das cadeias produtivas consideradas estratégicas para o Brasil, envolvendo representantes dos diversos setores associados aos 23 usos industriais de TRs identificados no estudo do CGEE.

Referências

- ALONSO, E. *et al.* Evaluating rare earth element availability: a case with revolutionary demand from clean technologies. **Environmental Science and Technology**, v.46, p. 3406-3416. 2012.
- BRESCHI, S.; MALERBA, F. Sectoral innovation systems: technological regimes, Schumpeterian dynamics, and spatial boundaries. In: Edquist, C. (Ed.). **Systems of innovation: technologies, institutions and organizations**. London and Washington: Pinter. 1997.
- CAMARINHA-MATOS, L.M. *et al.* A strategic *roadmap* for advanced virtual organizations. In: **Collaborative Networked Organizations**. Springer, 2004.
- CARLSSON, B.; STANKIEWICZ, R. On the nature, function and composition of technological systems. In: CARLSSON, B. (Ed.), **Technological systems and economic performance: The case of factory automation**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1995.
- CENTER FOR STRATEGIC AND INTERNATIONAL STUDIES. **Global rare-earth production: history and outlook**. 2010. Disponível em: <http://csis.org/files/attachments/101215_EnergyHedrick.pdf>. Acesso em: 23 out. 2014.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Usos e aplicações de terras raras no Brasil: 2012-2030**. Brasília: CGEE. 2014.
- CHEGWIDDEN, J. Overview of Chinese rare earth market. In: INTERNATIONAL RARE EARTH CONFERENCE 2012, 8. Hong Kong, China: **Proceedings...** 2012.
- CHEN, H. Global rare earth resources and scenarios of future rare earth industry. **Journal of Rare Earths**, v.29, n.1, p.1-6, 2011.
- DURANCE, P.; GODET, M. Scenario building: uses and abuses. **Technological Forecasting and Social Change**, v.77, n.9. p. 1488 – 1492, 2010.
- EDQUIST, C.; JOHNSON, B. Institutions and organizations in systems of innovation. In: EDQUIST, C. (Ed.), **Systems of innovation: technologies, institutions and organizations**. London: Pinter Publishers. 1997.
- ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The dynamics of innovation: from National Systems and 'Mode 2' to triple helix of university-industry-government relations, **Research Policy**, v.29, n.2, p. 109-123. 2000.
- FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance: lessons from Japan**. London: Pinter Publishers.1987.
- FROST; SULLIVAN. **The global role of rare earth materials**. New York: Frost &Sullivan. 2011.
- GEORGANTZAS, N.C.; ACAR, W. **Scenario-driven planning: learning to manage strategic uncertainty**. Westport, Connecticut: Quorum Books, 1995.

- GEORGHIOU, L.; CASSINGENA, H.J.; KEENAN, M.; MILES, I.; POPPER, R. (Eds) **The handbook of technology foresight: concepts and practices**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing. 2008.
- GLOBAL BUSINESS NETWORK. GBN. **Plotting your scenarios**. 2012. Disponível em: <<http://www.gbn.com>>. Acesso em: 12 nov. 2013.
- GODET, M. The art of scenarios and strategic planning: tools and pitfalls. **Technological Forecasting and Social Change**, v.65, n. 3, p. 3-22, 2000.
- GODET, M.; ROUBELAT, F. Creating the future: the use and misuse of scenarios. **Long Range Planning**, v. 29, n. 2, p.164 -171. 1996
- GUPTA, C.K.; KRISHNAMURTHY, N. **Extractive metallurgy of rare earth**. Boca Raton, Florida: CRC Press. 2005.
- HUSS, W.R. A move toward scenario analysis. **International Journal of Forecasting**, v. 4, n.3, p. 377-388. 1988.
- KEENAN, M. P; POPPER, R. **Research infrastructure foresight: practical guide for integrating foresight in research infrastructures policy formulation**. European Community: ForeIntegra. 2007.
- KINGSNORTH, D.J. The global rare earths industry: a delicate balancing act. **Technical report**, Deutsche Rohstoagentur. 2012.
- KUOSA, T. **The evolution of strategic foresight: navigating public policy making**. Farnham, UK: Gower Publishing Ltd. 2012.
- LABORATOIRE D'INNOVATION DE PROSPECTIVE STRATEGIQUE ET D'ORGANISATION – LIPSOR. **Methods of Prospective**. Disponível em: <<http://en.lapropective.fr/methods-of-prospective/softwares/59-micmac.html>>. Acesso em: 23 mar. 2014.
- Lundvall, B-A. **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. London: Pinter Publishers. 1992.
- MALERBA, F. Sectoral systems of innovation and production. **Research Policy**, v. 31, p. 247-264. 2002.
- MASKELL, P; MALMBERG, A. Towards an explanation of regional specialization and industry agglomeration. **European Planning Studies**, v.5, n.1, p. 25-41. 1997.
- MASSARI, S.; RUBERTI, M. Rare earth elements as critical raw materials: focus on international markets and future strategies. **Resources Policy**, v. 38, p.36-43, 2013.
- METCALFE, S. The economic foundations of technology policy: equilibrium and evolutionary perspectives. In: STONEMAN, P. (Ed.) **Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change**, Oxford: Blackwell Publishers. 1995.

- MILES, I. The development of technology *foresight*: a review. **Technological Forecasting and Social Change**, v.77, n.9, p.1448 -1456, 2010.
- NELSON, R.R. (Ed.) **National innovation systems**: a comparative study. New York, Oxford University Press. 1993.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. **National innovation systems**. Paris: OECD Publications. 1997.
- PATEL, P.; PAVITT, K. The nature and economic importance of national innovation systems. **STI Review**, n. 14, Paris: OECD. 1994.
- REZGUI, Y.; ZARLI, A. Roadcon: an European strategic *roadmap* towards knowledge-driven sustainable construction. In: ICE, Nov. 2002. **Proceedings...** [S.l.]: Civil Engineering, 2002.
- RINGLAND, G. **Scenario planning: managing for the future**. UK: John Wiley & Sons, 1998.
- _____. The role of scenarios in strategic *foresight*. **Technological Forecasting and Social Change**, v.77, n.9, p.1493 – 1498, 2010.
- ROLAND BERGER STRATEGY CONSULTANTS. **The rare earths challenge: how companies react and what they expect for the future**. 2011. Disponível em: <http://www.rolandberger.com/media/publications/2011-10-09-rb-sc-pub-The_Rare_Earth_Challenge.html>. Acesso em: 23 mar. 2014.
- SCHOEMAKER, P.J.H. Multiple scenario development: its conceptual and behavioral foundation. **Strategic Management Journal**, v. 14, p. 193–213, 1993.
- SCHOEMAKER, P.J.H.; VAN DER HEIJDEN, C.A.J.M. Integrating scenarios into strategic planning at Royal Dutch/ Shell: case study. **Planning Review**, May/June 1992, p. 41–46, 1992.
- SCHWARTZ, P. **A arte da previsão**: planejando o futuro em um mundo de incertezas. São Paulo: Ed. Best Seller, 2000.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAM - UNEP. **Green economy vulnerable to rare earth minerals shortages**. Unep Global Environmental Alert Service (GEAS). Jan. 2011. Disponível em: <<http://apps.unep.org/publications/pmtdocuments/GreenEconomyVulnerabletoRareEarthMineralsShortages.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2014.
- US GEOLOGICAL SURVEY. **Mineral commodity summaries: rare earths**. 2013. Disponível em: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/rare_earths/mcs-2013-raree.pdf>. Acesso em: 24 out. 2014.
- VAN DER HEIJDEN, K. **Scenarios: the art of strategic conversation**. 2.ed. West Sussex: John Wiley & Sons. 2005.
- WÜBBEKE, J. Rare earth elements in China: Policies and narratives of reinventing an industry. **Resources Policy**, v.38, n.3, p.384-394, 2013.

Desenvolvendo uma estratégia de negócios transformadora por meio da combinação do *Design Thinking* e *Futures Literacy*

Cristiano Hugo Cagnin¹

Resumo

Este artigo apresenta uma metodologia sistemática que combina *Futures Literacy* e *Design Thinking* para proporcionar a descoberta coletiva de nichos de mercado novos e disruptivos. A metodologia consiste em abordagem participativa com foco no *know-how* do planejamento, promovendo formas inovativas de comprometimento e articulação dos envolvidos. Combina-se a experiência de planejamento e implementação de abordagens de FTA e os *Futures Literacy Knowledge Labs* com o entendimento multidisciplinar do contexto institucional.

Com isso, gera-se um processo de tomada de decisão que incorpora a complexidade e trata a incerteza como um recurso, de forma a melhorar a capacidade das organizações de utilizar-se do futuro como uma ferramenta de ampliação do entendimento sobre o presente. Essa metodologia tem sido utilizada no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), organização social que realiza estudos orientados ao futuro e avaliações estratégicas, dando suporte,

Abstract

The paper describes a systematic methodology that combines Futures Literacy and Design Thinking to enable the collective discovery of new and disruptive business niches. It is a participatory approach centred on design know-how, which promotes innovative forms of engagement and articulation. The proposed methodology balances experience in designing and applying FTA approaches and Futures Literacy Knowledge Labs together with a multidisciplinary understanding of institutional context.

The methodology fosters decision making processes that embraces complexity and treats uncertainty as a resource, thus improving an organisations' capacity to use the future to expand its understanding of the present. It has been applied at the Center for Strategic Studies and Management (CGEE), an organisation where institutionalised foresight and technology assessment takes place in Brazil, especially in support to Science, Technology and Innovation (STI) policy design and implementation,

¹ Assessor do CGEE, com PhD pela Universidade de Manchester, Reino Unido, bem como mestrado e graduação em Engenharia de Produção pela UFSC. Atua nas áreas de inovação, estudos de futuro (*foresight*) e sustentabilidade, com vasta experiência em projetos nacionais e internacionais no âmbito da Comissão Europeia e de parcerias com instituições como UNIDO, UNEP e OCDE.

sobretudo, ao desenho e à implementação de políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), sendo também responsável pela avaliação dessas políticas e de programas associados. O Centro se articula também com diferentes ministérios do governo federal, indústrias e outros atores do Sistema Nacional de CT&I.

O artigo aborda, ainda, as maneiras pelas quais a organização envolveu seus colaboradores em repensar seu futuro nas bases da inteligência coletiva, construção de narrativas, geração de sentido e estruturação (*framing*) e reestruturação (*reframing*). Os princípios e as experiências de planejamento que ocorreram durante o processo de aprendizagem coletiva são articulados de forma a elucidar como o foco da organização pode ser redirecionado para a inovação sistêmica e transformadora. Ao ampliar coletivamente o entendimento sobre a inter-relação de futuros sistemas em que a organização pode atuar, novas questões estratégicas foram formuladas coletivamente. Como consequência, identificaram-se papéis novos e de ruptura para a organização. Os resultados foram passados aos tomadores de decisão para que fossem avaliados e considerados no redesenho da estratégia de negócio.

O artigo também expõe a metodologia desenvolvida, sua implementação e seus principais resultados. Além disso, descreve a forma pela qual a implementação da metodologia impactou a maneira como a organização define seu posicionamento estratégico, planeja e implementa seus estudos estratégicos e orientados ao futuro. Por fim, apontam-se as implicações da metodologia proposta para a prática da FTA.

Palavras-chave: *Futures Literacy* e *Design Thinking*. Engajamento e articulação. Complexidade e incerteza.

as well as evaluation. However, its clients also include different ministries within government and industries alike.

The ways in which the organisation involved all its collaborators to jointly rethink its future building upon collective intelligence, narrative building, sense making, framing and reframing are outlined. The design principles and experiences that took place across the collective learning curve are then articulated to show how these led into renewed focus on systemic and transformative innovation. By jointly expanding the understanding of future interrelated systems in which the organisation can play a role, new strategic questions were jointly crafted. As a consequence, new and disruptive possible roles for the institution were identified. These informed decision making for assessment and consideration in the redesign of the business strategy.

The paper presents the developed methodology, its application and major findings. Moreover, it describes the ways in which these impact the organisation's approach to both shape its own strategic positioning and to design and implement foresight and strategic studies. The paper concludes by outlining the implications of the proposed methodology for FTA practice.

Keywords: *Futures Literacy* and *Design Thinking*. *Engagement* and *articulation*. *Complexity* and *uncertainty*.

1. Introdução

Tomar decisões que incorporam a complexidade e tratam a incerteza como um recurso, ao invés de uma ameaça, exige capacidade consideravelmente elevada para utilizar-se do futuro, a fim de se expandir a compreensão do presente. A construção dessa capacidade requer que a antecipação seja trazida à tona, de modo que o futuro possa existir no presente. Com isso, passa a ficar claro que a consciência humana, em seu processo de busca e escolha, lança mão de uma série de sistemas de antecipação para imaginar e utilizar o futuro na tomada de decisões. Uma abordagem aplicada de sistemas de antecipação para utilizar-se do futuro fornece aos tomadores de decisão, aos indivíduos e aos formuladores de política, uma capacidade ampliada para questionar e criar hipóteses de antecipação que alicerçam suas escolhas.

O método *Futures Literacy* (FL) fornece esta capacidade. Tal capacidade é adquirida por meio de um processo pelo qual se aprende fazendo (*learning-by-doing*) (MILLER, 2007). É um processo de inteligência coletiva desenhado para nos assistir na identificação e na criação coletiva de premissas de antecipação que nos permitem, ao mesmo tempo, imaginar o futuro e tomar decisões no presente. O processo revela e questiona as premissas de antecipação, explícitas ou implícitas, que usamos para pensar sobre o futuro. Os participantes envolvem-se em uma simulação que desenvolve sua capacidade de tomada de decisões estratégicas em contextos de ambiguidade, por meio da exploração do potencial do presente. Dessa maneira, a diversidade e a complexidade podem servir como fonte de inspiração. Essa é uma forma de incorporar a preciosa heterogeneidade do mundo, bem como de respeitar a criatividade espontânea da liberdade e da serendipidade (MILLER, 2011).

FL é, portanto, uma abordagem sistemática de melhoria da capacidade dos nossos sistemas antecipatórios (MILLER, 2006). Tomadores de decisão capacitados em usar o futuro estarão mais conscientes das expectativas e dos valores que moldam não só a sua, mas também a visão de futuro de suas comunidades. Eles também estarão mais capacitados para desenhar processos de inteligência coletiva que usam o futuro para identificar oportunidades no mundo contemporâneo, marcado por complexidade, fluidez e espontaneidade. Por fim, expandir o que imaginamos ser o futuro nos auxilia a ampliar nossa apreciação sobre o potencial do presente. O processo deve ser planejado de forma cuidadosa, para que se alcance tal objetivo. O artigo tem como proposta o uso da abordagem *Design Thinking* (DT) para este fim.

Nesse contexto, a seção 2 explica as duas metodologias, isto é, FL e DT. A seção 3 descreve o caso prático, passo-a-passo, apontando como essas metodologias foram combinadas. A seção 4 traz os resultados e suas implicações, enquanto a seção 5 conclui o artigo.

2. Abordagem metodológica

Segundo Miller (2012), a disciplina da antecipação (DoA) compreende a aquisição e o uso de um conjunto de princípios de *design* para pensar sobre “depois-de-agora” (*later-than-now*). Quando alguém torna-se mais capaz na arte de antecipar, torna-se também mais capaz de usar o futuro para entender o presente. Isto ocorre porque passamos a estar aptos a executar três tarefas gerais: (i) esclarecer os propósitos do porquê se deve pensar sobre o futuro; (ii) estabelecer uma relação consistente entre os objetivos para pensar sobre o futuro e os métodos utilizados para tal; e (iii) alcançar maior nível de sofisticação, como esperado, já que a disciplina traz maior profundidade, clareza e legitimidade. Esses são atributos de maestria adquiridos por meio da aprendizagem. A DoA assume que o futuro é definido por quatro atributos fundamentais do universo: a irreversibilidade prática do tempo; nascimento e morte - diferença e repetição; imprevisibilidade; e conectividade.

A DoA é um jeito de se usar o futuro, de maneira coletiva, para aprender (gerando conhecimento); é, portanto, uma forma de pesquisa ou de engajamento/construção cognitiva. Consequentemente, a DoA, enquanto prática, é feito de atividades que sempre envolvem narrativa (*sense making* ou dar sentido), inteligência coletiva, e formulação/reformulação (*framing/reframing*) (MILLER, 2011). Essa é uma abordagem meta-científica para compreender (*sensing*) e dar sentido (*making sense*) ao presente, que garante a consistência entre a maneira pela qual usamos o futuro imaginado e os três princípios anteriores. Cada uma dessas atividades é necessária, e todas elas são interdependentes. Combinados, estes são os princípios de como usar o futuro. Em outras palavras, criar uma conexão mais completa e rigorosa - entre a definição do futuro como algo emergente, rico e desconhecido, e como entender o futuro imaginado por meio de narrativas que criamos no presente - requer uma série de princípios de *design* que considerem os quatro atributos da DoA.

Portanto, a DoA tem como objetivo desenvolver uma compreensão mais ampla para operar tanto em sistemas conhecidos como desconhecidos. Isso nos possibilita detectar “o novo” por meio de duas maneiras distintas de se utilizar o futuro: (i) uso de um modelo para imaginar o futuro com o objetivo de prever o que pode acontecer (predições e expectativas); e (ii) uso de um modelo de ruptura que busca reduzir ou eliminar as barreiras preditivas ou normativas. Ao participar desse processo, em um tipo de autoconsciência (meta-cognição), em que a antecipação é trazida à tona de modo que o futuro exista no presente, obtém-se por meio do aprender fazendo (*learning-by-doing*), um portal para um entendimento ampliado da antecipação (modelos, sistemas e processos), que pode ser definido como *Futures Literacy* (FL) (Miller, 2012).

A metodologia FL segue um padrão de curva de aprendizagem que tem como objetivo articular a inteligência coletiva dos participantes (CAGNIN et al., 2013). A discussão passa, tipicamente,

pelas quatro fases que são ilustradas na Figura 1. Frequentemente, as fases três e quatro são combinadas em uma única fase na prática, embora não seja este o caso na descrição deste projeto particular.

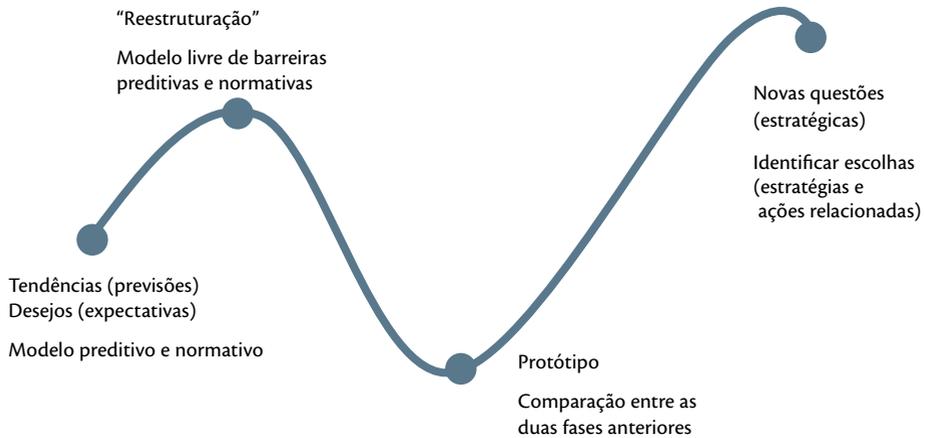


Figura 1. Visão geral do processo do *futures literacy*

De modo geral, na primeira fase, pede-se aos participantes que pensem sobre previsões e expectativas. Está é a parte fácil da curva de aprendizagem, que tem por objetivo transformar conhecimento tácito em explícito. Previsões dizem respeito ao que eles pensam ser mais provável de acontecer, uma foto da vida quotidiana no horizonte de longo prazo. Expectativas são baseadas nos valores, o que eles gostariam de ver no futuro. Dessa forma, a fase um deve trazer à consciência que todos nós usamos o futuro em nosso dia a dia, ainda que de maneira inconsciente. Ao mesmo tempo, o processo deve evidenciar os diferentes modelos que utilizamos para pensar sobre o futuro, tornando-os explícitos.

Na segunda fase, deve-se deixar para trás probabilidade e desejo para experimentar um contexto disruptivo, uma nova aquarela para se pintar um quadro imaginário. Esse cenário alternativo deve ser disponibilizado aos participantes como uma nova paleta de cores para que os participantes façam seus experimentos. É importante ressaltar que não se sugere que este futuro alternativo seja provável de acontecer ou, ainda, que seja desejável. Busca-se, porém, experimentar o poder das nossas premissas de antecipação na formulação de futuros que imaginamos e o potencial para lidar com o desafio criativo de inventar sistematicamente cenários paradigmaticamente distintos. Esta é a parte ascendente da curva de aprendizagem, onde os participantes se engajam em um processo rigoroso de imaginação que é planejado para reformular o futuro, possibilitando o desenvolvimento de descrições descontínuas, mas operacionalmente detalhadas (ex.: organização, funções). Neste ponto, os participantes devem

ser guiados a imaginar transformações nas condições de mudança da maneira como as pessoas usam o futuro.

Na terceira fase, o objetivo é comparar as fases 1 e 2, por meio de discussões densas e/ou do desenvolvimento de protótipos que mostrem como o mesmo tema ou assunto pode ser entendido de diferentes perspectivas. Para construir protótipos, deve-se pensar sobre os interlocutores (quem e para quem), o ambiente (onde e quando) e o formato (o que e como).

Por fim, na quarta fase, a conversa caminha para a avaliação da maneira pela qual as premissas de antecipação influenciam o nosso entendimento do presente e como imagens específicas do futuro tornam distintos aspectos do presente decifráveis ou visíveis. Então, deve-se retornar ao contexto inicial de tomada de decisão para se testar novas questões e identificar novas escolhas. O desenho do processo deve ser pensado de maneira a garantir a congruência entre as narrativas que descrevem o futuro e as narrativas que moldam o processo de tomada de decisão no presente. Nessa última fase, o desafio é pensar sobre novas questões que possivelmente seriam consideradas não importantes ou incompreensíveis antes de se imaginar o futuro fazendo uso de diferentes premissas de antecipação.

Existem diversas possibilidades de desenho e implementação do processo da FL. Para dar suporte a este processo, a metodologia de *Design Thinking* (DT) oferece uma abordagem interessante, especialmente quando se tem como objetivos a identificação e seleção de estratégias que devem possibilitar o desenvolvimento e a reorientação dos sistemas existentes para inovação. A metodologia DT é composta de quatro princípios para o desenvolvimento de inovações (KUMAR, 2013): (i) construir inovações em torno de experiências; (ii) pensar sobre inovações como sistemas; (iii) cultivar uma cultura de inovação; e (iv) adotar um processo de inovação disciplinado. O objetivo é explorar problemas ou desafios, bem como suas possíveis soluções ou melhorias. O foco é no usuário final e sua experiência (contexto), tanto para reformular os problemas ou desafios quanto para propor soluções alternativas. Para tanto, o uso da criatividade na identificação e seleção de soluções (inovações) que atendam demandas identificadas e desconhecidas torna-se intrínseco aos processos. A discussão explora novos conceitos, em termos abstratos, antes de analisá-los e implementá-los para sua aceitação no mundo real. O processo tipicamente passa por cinco fases, como ilustrado na Figura 2, podendo começar em qualquer um de seus pontos, uma vez que o mesmo não é linear, mas interativo.

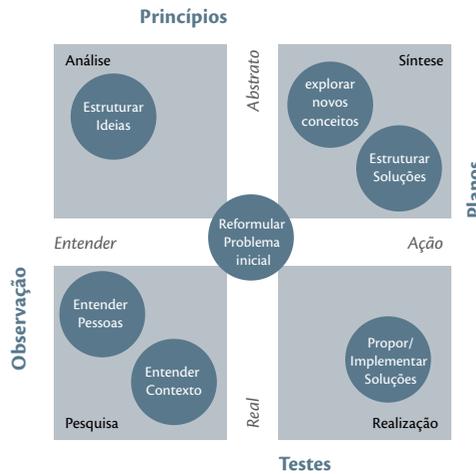


Figura 2. Visão geral do processo do *Design Thinking*

Fonte: Kumar (2013).

De forma detalhada, as fases são:

1. Reformulação do problema inicial – uma análise de sentido para observar o mundo em transformação ao nosso redor e decidir por onde começar. Parte-se da observação, análise e aprendizagem do mundo real que nos cerca para identificar por onde começar (ex.: questões, problemas, desafios). Isso é feito por meio da criação de abstrações e modelos conceituais para reformular o problema de maneiras diferentes, o que requer fluidez de pensamento entre o real e o abstrato.
2. Pesquisa – entender o contexto e as pessoas presentes na situação ou no problema reformulado que está sendo analisado.
3. Análise – sistematizar as ideias obtidas até então, a fim de estruturar o que foi descoberto e aprendido, de modo a encontrar novas ideias e padrões e gerar novas orientações e princípios.
4. Síntese – explorar novos conceitos (não óbvios), por meio da colaboração, e estruturar soluções, por meio da interação e também com base nas várias combinações de novos conceitos desenvolvidos, os quais são analisados mais adiante para identificação daqueles que trazem mais valor para os usuários e outras partes interessadas. Dessa forma, há um movimento, do nível mais abstrato estabelecido anteriormente para a descrição de soluções holísticas ou protótipos testados no mundo real, que dão uma ideia “do que poderia ser”.

5. Realização – realizar ofertas assim que as soluções potenciais estiverem estruturadas e os protótipos tenham sido testados. As ofertas e soluções são avaliadas a fim de avançar-se para a fase de implementação, garantindo que as mesmas sejam construídas com base nas experiências dos usuários potenciais e possam prover valor real (também econômico). Tais ofertas devem ser traduzidas para um *roadmap* que mostre a progressão especulada das soluções em fases distintas, os passos e engajamentos necessários para implementar as soluções selecionadas.

Caso prático

O processo descrito seguiu o esquema ilustrado na Figura 1, combinado com os elementos detalhados na Figura 2. Entretanto, as fases 1 e 4 da metodologia FL típica foram divididas em mais dois estágios cada, totalizando seis estágios. Cada um desses estágios foi desenhado para acontecer em uma semana, em duas sessões de uma hora e meia, cada uma em um dia específico da semana: todas as terças-feiras, das 10h30 às 12h, e toda quinta-feira, das 16h30 às 18h. Em cada estágio, um petisco diferente foi servido, de forma que as pessoas pudessem discutir e delinear suas ideias, enquanto comiam chocolate, doces, pão de queijo, bolos, sorvete e pizza. Todas as discussões, exceto o *workshop* final (estágio seis), ocorreram em um espaço cuidadosamente desenhado para tais interações dentro da empresa, com os participantes de pé, ao invés de sentados, e com um grande mural para capturar e afixar as ideias e elaborar ilustrações.

Em termos dos objetivos, o primeiro foi orientar os participantes, por meio de um processo de aprender-fazendo que desafiou as premissas de antecipação, implícitas e explícitas, que eles usavam para pensar sobre o futuro. O segundo consistir em fazer com o que os colegas fossem expostos, de forma intensa, a duas abordagens metodológicas para aprender, na prática, como utilizá-las em atividades e projetos do dia a dia. O terceiro foi ajudar a instituição a repensar seu posicionamento estratégico. O quarto buscou dar suporte à reestruturação dos processos de planejamento, organização, implementação, gestão e avaliação do CGEE, em seus estudos orientados ao futuro e estratégicos.

O time interno do projeto contou com um número de participantes variando entre 5 e 10, dependendo da semana, dividindo todas as responsabilidades e comprometimento relacionados ao planejamento, à implementação e adaptação do processo. No primeiro e no segundo estágio do projeto, foi solicitado aos participantes que pensassem sobre as predições e expectativas para o ano de 2040. Foi solicitado, ainda, que falassem sobre suas expectativas futuras e seus desejos a respeito das cidades em 2040.

No primeiro dia da primeira semana (estágio 1), foi demandado aos participantes que descrevessem tendências e expectativas (FL fase 1), usando-se notas autoadesivas, que foram afixadas em um mural dividido em duas partes: uma para previsões e outra para desejos. Buscando estimular

o início da discussão, uma ilustração (Anexo 1) foi elaborada para mostrar o esquema STEEPV (LOVERIDGE, 2002; EFILWC, 2003; LOVERIDGE e CAGNIN, 2014), que foi utilizado com a finalidade de estruturar as ideias (etapa de análise do DT ou terceira fase). Para trazer descontração à atividade, foi exibido, ainda, um vídeo mostrando alguns participantes e seus filhos dizendo “o futuro é para mim”. No segundo dia da primeira semana, foi solicitado aos participantes que construíssem relações entre ideias coletadas, usando-se cordões de diferentes cores. Ao final da primeira semana, os resultados foram analisados pelo time do projeto e organizados na forma de uma narrativa inicial: *“Problemas sociais, econômicos e ambientais impactam negativa e profundamente a provisão de serviços (ex.: oferta de água, energia, transporte, etc.) e as relações sociais, tornando-as mais frágeis, superficiais e individualistas. Medidas são paliativas. Entretanto, existem perspectivas positivas que apontam para cidades mais sustentáveis, humanas e seguras... com geração e uso de energia limpa e sustentável; com descentralização de atividades econômicas e produtivas; com um sistema jurídico ágil, acessível e justo; com provisão governamental de serviços essenciais de qualidade com base no respeito, compromisso e na competência; com equidade de renda e acesso aos serviços sociais (ex.: saúde, seguridade social, educação, etc.); com tolerância à diversidade cultural, sexual, política e religiosa; e com participação e divisão de responsabilidades nas comunidades e nos processos de tomada de decisão.* Esta narrativa foi transformada em uma ilustração (Anexo 2), para incitar o início da discussão da semana seguinte.

No estágio 2 (segunda semana), foi pedido aos participantes que aprofundassem a narrativa inicial, tendo como base tanto o texto quanto a ilustração disponibilizados (resultantes da primeira semana), a fim de descrever um contexto claro e enriquecido, bem como as relações entre atores (etapa de pesquisa do DT ou segunda fase), ainda pensando-se em termos de predições e expectativas (FL fase 1). Uma das ferramentas utilizadas para aprofundar e ampliar o conteúdo da narrativa foi o *Causal Layered Analysis* (CLA) (INAYATULLAH, 1998; 2003). Esse método é poderoso na tarefa de auxiliar os participantes a darem sentido a suas narrativas, ao organizarem e expressarem atributos sobre o futuro que eles mesmo imaginaram (etapa de análise do DT ou terceira fase). No primeiro dia, os participantes afixaram suas notas no mural, de maneira individual, categorizando-as de quatro maneiras distintas, seguindo a CLA: (i) manchete; (ii) maneiras pelas quais diferentes sistemas (STEEPV) operam; (iii) maneiras pelas quais diferentes atores (evitando-se apenas os suspeitos mais comuns, como o governo, a indústria e a academia, para incluir a família, as crianças e outros) se relacionam com os sistemas STEEPV e uns com os outros; e (iv) uma metáfora. As notas foram organizadas pelo time do projeto e mais tarde discutidas de maneira coletiva. Três narrativas diferentes foram construídas e, no segundo dia, foram melhor elaboradas e refinadas, usando-se a abordagem “*World Cafe*” (BROWN E ISAACS, 2005). Primeiro, os grupos iniciaram os refinamentos de suas próprias narrativas e, a cada 15 minutos, as pessoas trocavam de grupo para discutir uma narrativa diferente. Dessa maneira, todos os participantes discutiram as três narrativas. Além das três narrativas desenvolvidas, ao final do segundo dia, pediu-se aos participantes que gastassem os últimos 20 minutos discutindo

coletivamente a experiência até então. Isso forneceu material para refinar a narrativa inicial resultante da primeira semana. Então, ao final do estágio 2, quatro narrativas foram desenvolvidas e organizadas como um jornal (Anexo 3), com quatro manchetes principais: (i) Retrospectiva: como as cidades do futuro foram imaginadas três décadas atrás?; (ii) Nova governança global tem tomado forma: novos papéis para o governo, instituições e indivíduos; (iii) Obra de artista pop dos anos 80 antecipava os ideais da cidade de 2040; e (iv) Atleta centenário rouba a cena no campeonato aberto de natação no rio Tietê e quebra o recorde mundial de 5 km, na categoria mais de 85 anos.

As quatro narrativas resultantes foram ilustradas (Anexo 4) para dar início às discussões no quarto estágio, juntamente com os resultados do terceiro ou estágio seguinte. A Figura 3 mostra como as metodologias FL e DT foram combinadas nos dois primeiros estágios do projeto (primeira fase do processo FL).

No terceiro estágio, forneceu-se aos participantes um quadro descontínuo (FL fase 2), desenvolvido para esse fim. Esse foi um modelo de reestruturação chamado “Mundo de Ana”, que eles puderam utilizar para descrever futuros imaginários, com transformações radicais, ou sistematicamente descontínuos. Ana foi um avatar desenvolvido para o projeto. Ana e seu mundo foram ilustrados (Anexo 5) para possibilitar entendimento, de forma mais didática, do modelo de descontinuidade que estava sendo proposto.

Esse modelo foi desenhado sem fazer referência à probabilidade ou deseabilidade. Em outras palavras, não existe expectativa de que o futuro imaginado irá ou não acontecer ou que o mesmo seja “bom” ou “ruim”. A intenção do modelo é fornecer aos participantes algumas poucas variáveis descritivas e relações funcionais baseadas nos atributos dominantes da sociedade e nas formas organizacionais vigentes. O intuito do modelo foi prover os participantes com elementos novos ou incomuns para se descrever o futuro. Essa é uma imagem “fora da caixa” ou “palco de teatro”, que pode inspirar o pensamento criativo sobre a natureza, o papel e a organização das cidades do futuro, em geral, e como as pessoas vivem nessas cidades, sobretudo. As principais suposições desse futuro alternativo foram: “ser” ao invés de “ter”; ser e agir de forma livre; criação de identidade em interação com os outros e com o ambiente; trabalho organizado para vida; interação entre ciência e espiritualidade; relação inseparável entre o indivíduo, o coletivo e o meio ambiente; criatividade banal e informal como geradora de valor; novas percepções de tempo e espaço; “murmuration” como uma metáfora que representa a maneira como a vida, o poder e a liderança são organizados. Este é um modelo de sociedade que incorpora a complexidade emergente e trata incerteza como um recurso, não uma ameaça.

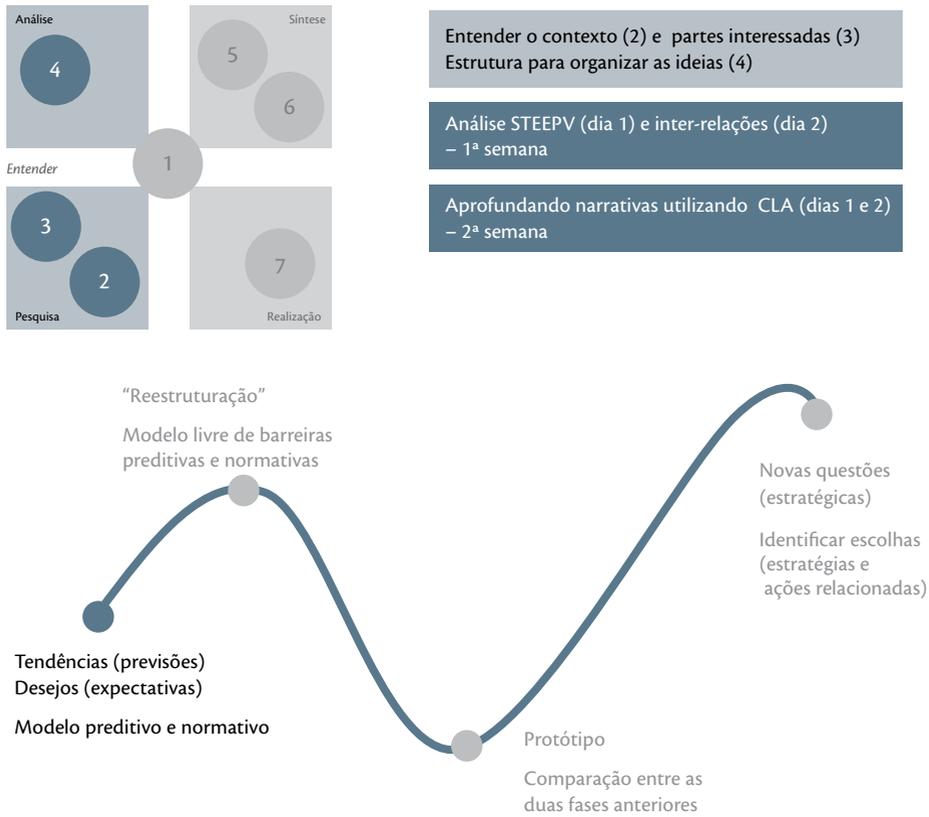


Figura 3. Metodologia nos primeiros dois estágios do exercício

Com isto em mente, os participantes descreveram a jornada diária de Ana (dia 1) e aprofundaram suas soluções (dia 2) para o dia a dia no trabalho, com os relacionamentos, a alimentação, o meio ambiente, entre outros. O objetivo foi explorar e combinar novos conceitos, de acordo com o “Mundo de Ana”, para encontrar soluções para velhos problemas (etapa de síntese do DT ou quarta fase), de maneira que os participantes pudessem expandir seu entendimento sobre o contexto e as partes envolvidas (etapa de pesquisa do DT ou segunda fase). Três grupos foram criados para descrever o dia de Ana, cada um usando um *flipchart* e com um facilitador. Um conjunto de questões foi preparado anteriormente para dar suporte aos grupos na descrição, da forma mais detalhada possível, do dia de Ana e de suas soluções. É importante ressaltar que, nesse estágio, nós nos distanciamos do ano de 2040, de modo que os participantes não deveriam questionar como o “Mundo de Ana” se constituiu, mas deveriam apenas discutir a realidade construída pelo time do projeto, em qualquer ponto no futuro. O resultado final foi o

desenvolvimento de três narrativas distintas: (i) a descrição de um dia comum na vida de Ana; (ii) o diário de Ana; e (iii) o sonho de Ana. As três narrativas resultantes foram transformadas em uma ilustração (Anexo 6). A Figura 4 mostra como as metodologias FL e DT foram combinadas no terceiro estágio do projeto (segunda fase do processo FL).

No quarto estágio, pediu-se aos participantes que desenvolvessem protótipos, comparando as duas primeiras fases ou três estágios iniciais do projeto (predição e expectativas vs. “O mundo de Ana”). As ilustrações desenvolvidas no final do estágio 2 (Anexo 4) e do estágio 3 (Anexo 6) foram comparadas. Três mesas grandes foram colocadas no centro da sala, com vários objetos, como peças de quebra-cabeça e Lego; massa de modelar em várias cores; recortes de artigos, revistas e jornais; pinças; etc. Os participantes puderam livremente desenvolver seus protótipos, individualmente ou em grupos, utilizando qualquer um dos objetos e materiais disponíveis, pensando sobre o que chamamos de 5W1H: interlocutores (quem e para quem), ambiente (quando e onde) e formato (o que e como) dos protótipos. A organização se deu de forma que, no primeiro dia, os participantes se preocuparam apenas com o desenvolvimento de seus protótipos, comparando predições e expectativas com o “Mundo de Ana”. Portanto, no segundo dia, eles deveriam explicar os elementos contidos no 5W1H (GITLOW, 2001; VOGT et al., 2003) para todos os participantes. Novamente, os protótipos finais e suas exposições foram transformados em ilustrações (Anexo 7) no final do estágio 4. A Figura 5 mostra como as metodologias FL e DT foram combinadas no quarto estágio do projeto (terceira fase do processo FL).

No quinto estágio, os participantes foram orientados a identificar e aprofundar novas questões. Para tanto, solicitou-se aos participantes, no primeiro dia, que pensassem sobre questões que eles gostariam que fossem respondidas a despeito das predições e expectativas (estágios 1 e 2 ou fase 1 do FL), o “Mundo de Ana” (estágio 3 ou fase 2 do FL), ou que construíssem uma ponte entre ambos (estágio 4 ou fase 3 do FL). Embora o objetivo fosse focar em questões relacionadas a essas fases, permitiu-se aos participantes que pensassem de forma livre no primeiro dia, para que se sentissem mais confortáveis. Os resultados do primeiro dia foram organizados pelo time do projeto, utilizando-se a abordagem do sistema STEEPV. No segundo dia, os participantes tiveram seus olhos vendados para que escolhessem, de forma aleatória, três questões formuladas no primeiro dia. Eles foram orientados pelo facilitador a selecionarem questões das diferentes áreas organizadas pelo STEEPV. Dessa forma, uma a uma, todas as questões seriam lidas pelo facilitador e os colegas que as selecionaram seriam os primeiros a respondê-las, dizendo qualquer coisa que viesse a mente, que poderia ser uma resposta ou uma nova pergunta mais elaborada. Então, todos os participantes poderiam dizer qualquer coisa, com base no que tinham ouvido, aprofundando ainda mais a discussão, a fim de identificar novas questões. Após todos os participantes terem selecionado e discutido três questões, o time do projeto organizou um conjunto de questões resultantes para que fossem exploradas posteriormente no estágio final.

Estas foram baseadas nas novas questões identificadas pelos participantes, especialmente aquelas que pareciam sem importância ou incompreensíveis, antes de se passar por todo o processo. A Figura 6 mostra como as metodologias FL e DT foram combinadas no quinto estágio do projeto (quarta fase do processo FL).

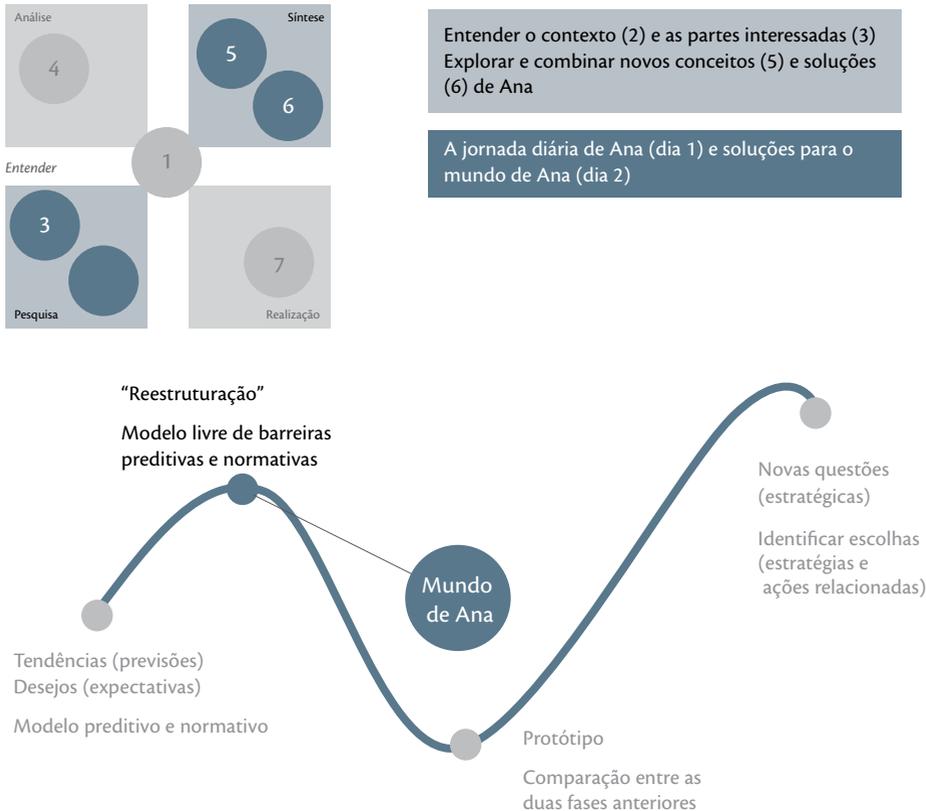


Figura 4. Metodologia no terceiro estágio do exercício

Por fim, no sexto estágio, os participantes tiveram que mergulhar nas novas questões para desenvolver estratégias e ações no presente. Esse estágio foi diferente dos demais, porque ocorreu em um *workshop* de aproximadamente 4 horas, ao invés de dois dias interconectados com sessões de uma hora e meia cada. Por essa razão, o *workshop* foi organizado em uma sala diferente, com 5 mesas redondas, ao invés do espaço destinado a interações dentro da empresa. Em cada mesa, um tema diferente foi discutido para se analisar, de maneira mais profunda, as questões selecionadas no estágio anterior. Iniciou-se o *workshop* com uma apresentação de 30 minutos, para situar a discussão e expor o que havia sido feito durante as cinco semanas anteriores, em termos de debates, engajamento, metodologias utilizadas e resultados alcançados. A uma

hora e meia seguinte foi dedicada ao aprofundamento dos temas e das questões selecionadas pelas cinco mesas, utilizando-se, novamente, a abordagem “World Cafe”, de forma que todos puderam discutir todos os temas.

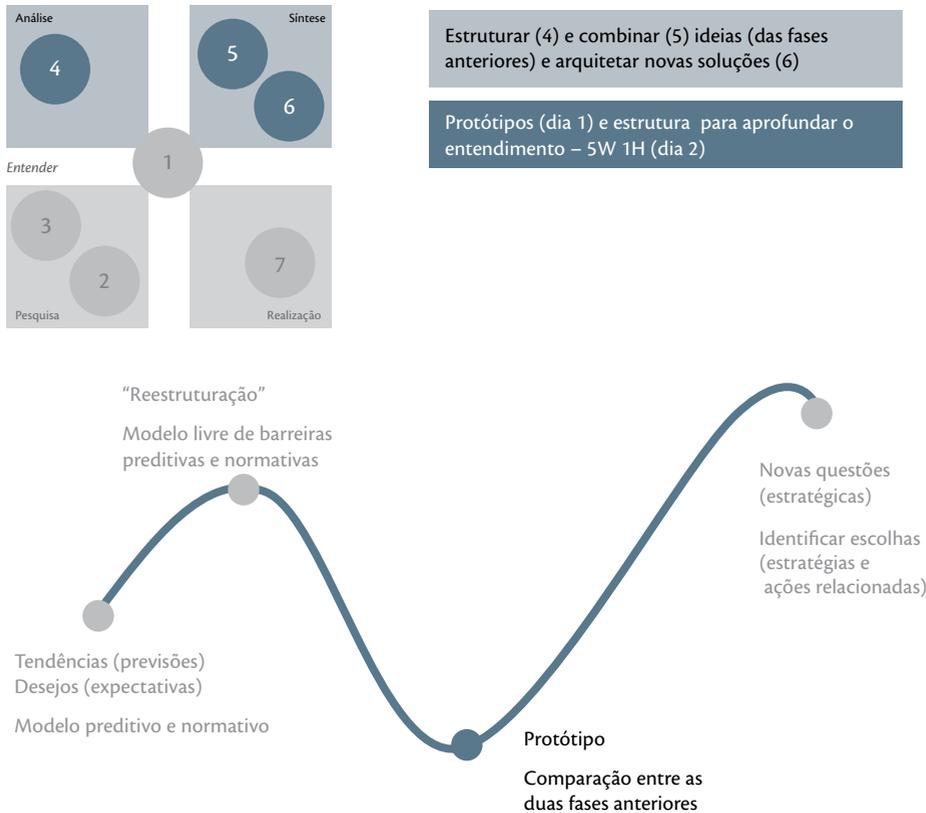


Figura 5. Metodologia no quarto estágio do exercício

Os temas selecionados, bem como as questões relacionadas com os mesmos, em 2040, foram:

1. Conhecimento: (i) o que é conhecimento?; (ii) como ele é gerado, transmitido, aprendido, armazenado e utilizado?; (iii) quem possui o conhecimento?; (iv) nesse contexto, qual é o papel do CGEE e a sua estratégia?; e (v) quais ações deveriam ser adotadas hoje, pela instituição, para garantir que seu papel seja plenamente exercido em 2040?
2. Sociedade/valores: (i) quais são os valores da sociedade?; (ii) como as interações ocorrem nesta sociedade?; (iii) como preparar as crianças de hoje para tal realidade em 2040?; (iv) nesse contexto, qual é o papel do CGEE e sua estratégia?; e (v) quais ações deveriam ser adotadas hoje, pela instituição, para garantir que seu papel seja plenamente exercido em 2040?

3. Economia: (i) o que é valor?; (ii) como o valor é gerado, acumulado e distribuído?; (iii) como se dá a competição entre as nações; (iv) nesse contexto, qual é o papel do CGEE e sua estratégia?; e (v) quais ações deveriam ser adotadas hoje, pela instituição, para garantir que seu papel seja plenamente exercido em 2040?
4. Governança/política: (i) o que é democracia?; (ii) como a legitimação e o poder são exercidos?; (iii) como a sociedade se organiza para influenciar e participar do processo de tomada de decisões?; (iv) nesse contexto, qual é o papel do CGEE e sua estratégia?; e (v) quais ações deveriam ser adotadas hoje, pela instituição, para garantir que seu papel seja plenamente exercido em 2040?
5. Tecnologia: (i) quais são os benefícios e malefícios da tecnologia?; (ii) o que move ou impulsiona a inovação ou a evolução tecnológica?; (iii) como as pessoas lidam com a relação entre progresso tecnológico vs. acesso e aceitação?; (iv) neste contexto, qual é o papel do CGEE e sua estratégia?; e (v) quais ações deveriam ser adotadas hoje, pela instituição, para garantir que seu papel seja plenamente exercido em 2040?

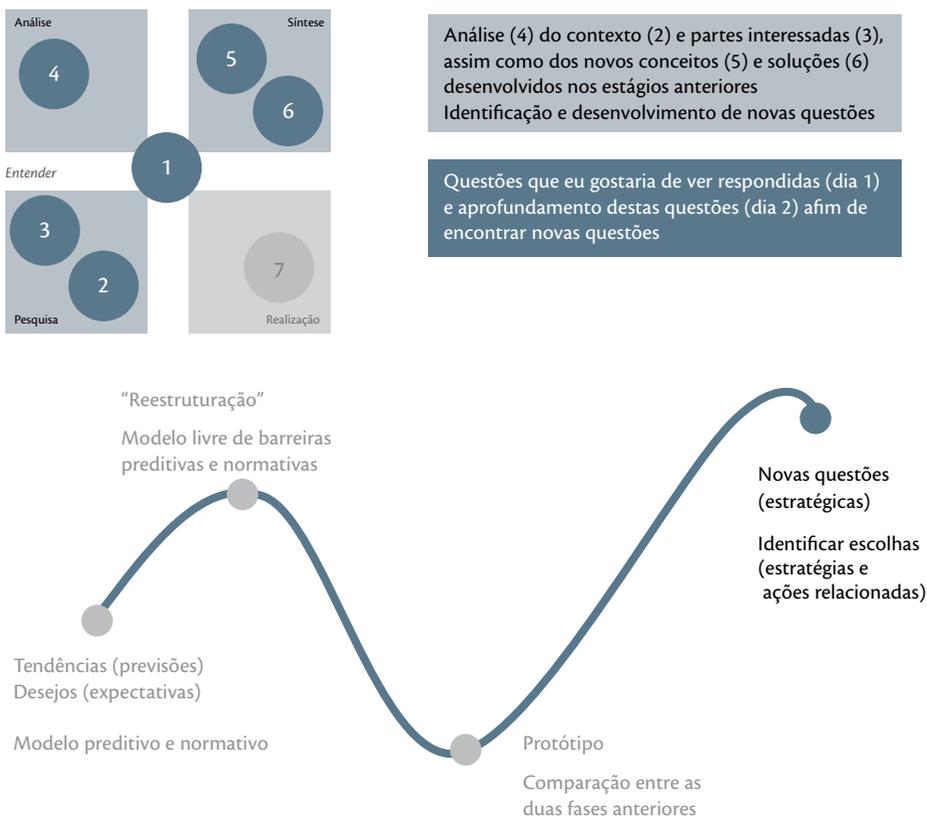


Figura 6. Metodologia para o quinto estágio do exercício

Ao final do “world cafe”, em plenária, tendo como porta-voz seus facilitadores ou outro indivíduo escolhido pelo grupo, os cinco grupos expuseram um breve relato sobre suas discussões. Isso deu início às duas últimas discussões: (i) olhando as escolhas estratégicas para o CGEE e ações relacionadas, quais deveriam ser priorizadas e por quê; e (ii) como pode este processo ser utilizado ou adaptado para outros projetos ou estudos do Centro? As respostas a essas questões não serão divulgadas no presente artigo, dado o seu caráter estratégico. Porém, na próxima seção, discute-se como as questões resultantes podem ajudar a instituição na reformulação de sua abordagem de desenvolvimento e tratamento de novas questões estratégicas, reconhecimento de novas questões que mereçam mais investigação por meio de observações sistêmicas e sistemáticas e diálogo, bem como na transformação da sua maneira de planejar, organizar, implementar, gerir e analisar seus estudos orientados ao futuro e estratégicos. Em suma, a Figura 7 mostra como as metodologias FL e DT foram combinadas no sexto e último estágio do projeto (quarta fase do processo FL).

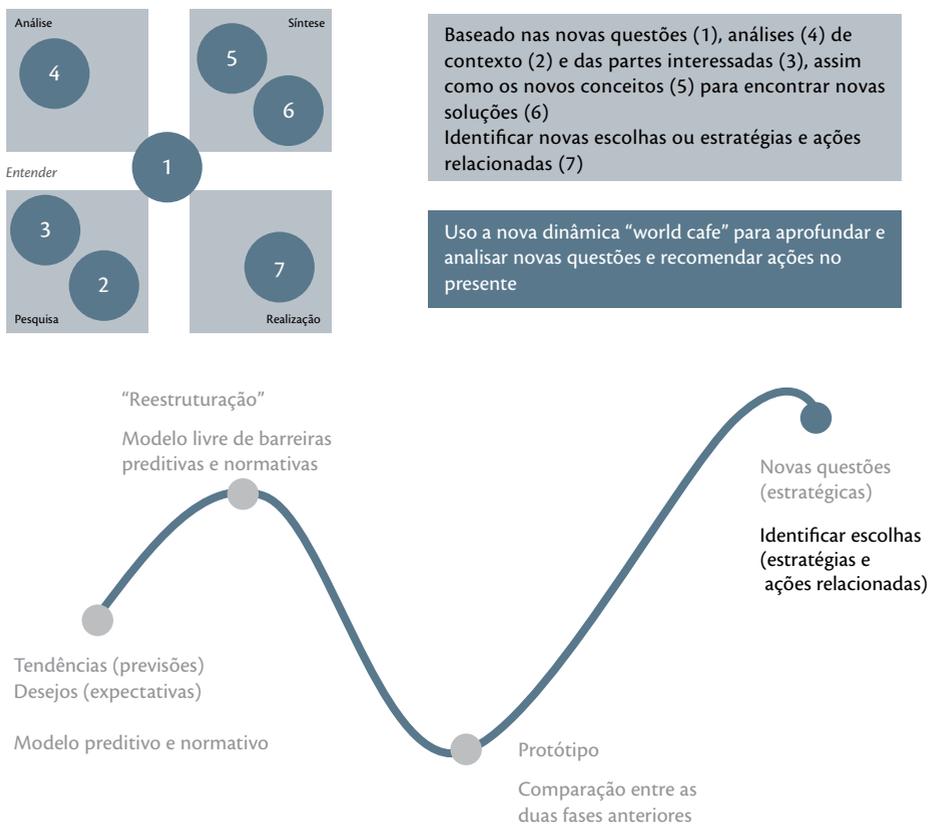


Figura 7. Metodologia para o sexto estágio do exercício

3. Resultados, discussão e implicações

Dentre os resultados esperados, buscou-se um aprendizado coletivo sobre as premissas de antecipação que usamos para imaginar o futuro de um objeto particular sob análise (ex.: cidades do futuro). Tal aprendizado é visto como fundamental para expandir a nossa compreensão do presente, por meio da formulação e do teste de novas perguntas. Além disso, buscou-se testar a abordagem e descobrir métodos específicos que poderão ser incorporados nos processos atuais de desenvolvimento de estudos orientados ao futuro (foresight) e aplicações no CGEE.

Resultados claros foram esperados do processo. Primeiro, buscou-se dividir esperanças e medos, expectativas e dúvidas, e descobrir tanto pontos em comum como divergentes. Segundo, buscou-se explicitar conhecimentos tácitos e expandir as premissas de antecipação, via agregação de um conjunto de aspectos do presente, incluindo fatores internos como emoção e histórias pessoais (o que sabemos sobre como usamos o futuro e como o imaginamos). Terceiro, buscou-se trazer a antecipação à tona, de forma que o futuro existe no presente. Quarto, buscou-se aprender algo sobre as premissas que usamos, a fim de formular algumas questões novas no presente.

Os resultados do projeto foram delineados na seção anterior e nos anexos que contêm as ilustrações elaboradas no processo. Entretanto, um aspecto crítico para se alcançar os resultados esperados, destacados anteriormente, é entender as premissas utilizadas para imaginar o futuro. Analisando-se os resultados, pode-se observar como estes evoluíram no decorrer do exercício. As principais premissas foram as seguintes.

FL fase 1 ou estágios 1 e 2 do projeto - existe uma tendência clara de piora das condições de vida e é provável que soluções sustentáveis possam emergir por meio da combinação de governos fortalecidos e ações locais, bem como avanços tecnológicos e uma nova governança global: *“tendências apontam para mais violência, poluição, escassez de recursos naturais, superpopulação com uma maior proporção de idosos, crises sociais, falta de mobilidade e de educação de qualidade, entre outros, fazendo com que a vida nas cidades se torne insustentável [...] governos se tornam onipresentes e responsáveis por resolver todos os problemas, os quais levam a intervenções na vida dos indivíduos e geram soluções paliativas, assim como conflitos sociais [...] mas, os avanços tecnológicos, a articulação de políticas isoladas e soluções comunitárias ou locais, alinhadas com aquelas necessárias nos níveis municipais, nacionais e internacionais, levam a uma nova governança global, a qual é mais participativa, bem como à mudanças necessárias para se ter cidades que sejam mais sustentáveis, humanas e seguras”*.

FL fase 2 ou estágio 3 do projeto - existem novos valores e novas formas de interação que mudam a maneira pela qual as pessoas exercem o poder e se relacionam e, por fim, existem soluções para todos os problemas, levando a maior qualidade de vida, a qual depende da conexão entre

tecnologias onipresentes e a natureza: “*Novos valores socioambientais, éticos e morais, científicos e espirituais holísticos levam a emergência de novas relações socioemocionais (ex.: famílias; religiões; virtual vs. face-a-face; com homens, mulheres e outras espécies animais e vegetais; etc.), com pessoas vivendo em comunidades e definindo de maneira individual seu trabalho e o valor associado ao mesmo, e com identidade e poder baseados na confiança e na habilidade de influenciar os outros [...] mas ainda existe tensão entre o individual e o coletivo [...] e uma forte conexão entre tecnologias onipresentes e a natureza permite o desenvolvimento de soluções para todos os problemas (ex.: alimentação, saúde, educação, etc...) levando a melhor qualidade de vida, maior participação nos processos de tomada de decisão e sistemas democráticos melhorados, melhor comunicação (ex.: mente e pensamento, homem e animais) que leva à absorção de conhecimento e à aprendizagem instantânea diretamente da “nuvem”, com vários aplicativos monitorando e fazendo a vida mais prática e saudável, ao mesmo tempo que reduz as pressões sobre os sistemas de seguridade social [...] mas, com as soluções vem também o fim da privacidade*”.

As fases 3 e 4 do FL ou os estágios de 4 a 6 do projeto tratam da comparação dos passos anteriores e da identificação de novas questões que, uma vez analisadas, podem nos levar a fazer novas escolhas estratégicas. A esse respeito, basta dizer que as discussões levaram o CGEE a reposicionar suas operações em sistemas de maior familiaridade e, também, a agir no sentido de inovações sistêmicas e transformadoras em sistemas que ainda não são usuais para a instituição. Por fim, o processo aqui descrito também está alinhado com uma transformação que o CGEE tem incorrido nos últimos anos, a respeito de suas abordagens de planejamento, organização, implementação, gestão e avaliação de seus estudos orientados ao futuro e estratégicos. O processo tem evoluído de um enfoque normativo e prescritivo para outro que incorpore a complexidade, a emergência e a novidade.

Isso implica no desenvolvimento da habilidade de se “caminhar sobre duas pernas”²: melhorar ou otimizar o sistema atual, ao mesmo tempo em que se move em direção à configuração de sistemas novos ou disruptivos. Estar apta a operar em sistemas conhecidos (de dentro para dentro, de fora para dentro e de dentro para fora), com mais eficiência e eficácia, bem como operar em sistemas desconhecidos (de fora para fora), de acordo com a Figura 8, vai ajudar a instituição no desenho de questões estratégicas, em benefício próprio e também de seus clientes. Em outras palavras, olhar para além dos sistemas com os quais estamos familiarizados vai ajudar não apenas no desenvolvimento e no enfrentamento de novas questões estratégicas, mas também no reconhecimento de novos elementos (ex.: desafios, tecnologias, transformações sociais, etc.), por

2 Caminhar sobre duas pernas refere-se à habilidade de utilizar-se de sistemas de pensamento abertos e fechados ao mesmo tempo. Isto significa estar apto para detectar bem como gerar inovações (entendida aqui como “expansão ontológica”), utilizando-se de dois tipos diferentes de futuro imaginário: um no qual o modelo utilizado para imaginar o futuro é construído com o objetivo de prever; e o outro no qual se abandonam as restrições preditivas e normativas (MILLER, 2012).

meio de observações e diálogos sistemáticos e da seleção daquelas que merecem investigação, a fim de se identificar novas oportunidades.

De dentro para dentro	De dentro para fora
De fora para dentro	De fora para fora
Otimização – futuros normativos e prescritivos (de dentro para dentro)	
Contingência – futuros alternativos (de dentro para fora e de fora para dentro)	
Novidade – incorporar complexidade e incerteza através da habilidade para reformular, usar inteligência coletiva e contruir narrativas (de fora para fora)	

Figura 8. Operando em sistemas conhecidos e desconhecidos

Fonte: adaptado de Miller (2007; 2011)

Com base na discussão acima, verifica-se a necessidade de algumas mudanças na prática do FTA, para que seja possível mover-se de limites normativos ou extrapolativos e permitir que novas informações e novos processos de aprendizagem ocorram. As mudanças requeridas são delineadas na Tabela 1.

Tabela 1. Mudanças Requeridas na Prática do FTA

De:	Para:
• Pouca criatividade e imaginação.	• Inventar futuros que mudam a forma como enxergamos e agimos no presente; usando novas estruturas ou modelos
• Conhecimento, certeza e probabilidade.	• Acolher desconhecimento, incerteza e improvisação como fontes de inovação.
• Formas sistemáticas de prever, preparar para ou colonizar o futuro.	• Formas sistemáticas de usar o futuro para expandir nossa compreensão do presente (expandindo fronteiras e restrições).
• Evolução provável/possível/desejada de sistemas em que operamos (e, portanto, considerados “conhecidos”).	• Inventar o futuro de sistemas desconhecidos (de fora para fora) e implicações nesses ou em outros sistemas.
• Vieses que ainda não foram revelados e descrição de estimativas ou extrapolações do presente e do futuro.	• Exposição de pressupostos antecipatórios e descrição de discontinuidades e do desconhecido.

4. Conclusões

Atender aos resultados esperados ou critérios e objetivos de inteligência coletiva requer planejamento cuidadoso do processo. Para a prática da FTA, isso inclui definir papéis claros para os participantes, facilitadores e observadores, bem como instruções passo a passo para cada fase, contendo orientações sobre como manejar as dinâmicas de grupos. Estes deveriam ser discutidos de forma continuada pelo time do projeto, antes de cada reunião, com foco nos participantes, de forma que o planejamento possa incorporar as especificidades dos indivíduos na sala, bem como os aspectos físicos do lugar e o contexto dos eventos ao redor. Frequentemente, é melhor introduzir as instruções do processo de maneira clara, em plenária, antes que os grupos iniciem as discussões, a fim de criar um bom ambiente de trabalho entre os grupos, bem como contribuir para organização geral dos resultados do processo, ao invés de deixar decisões sobre o processo para cada um dos facilitadores. O planejamento deverá contar, também, com detalhes relacionados ao tamanho e à formação diversificada dos grupos, organização do espaço na sala, logística e aos materiais de suporte, uma vez que esses pontos são importantes para criar um ambiente de abertura, criatividade e permissividade. Materiais de leitura devem ser fornecidos antes ou depois das discussões, como maneira de consolidar o que os participantes aprenderam.

Uma variedade de processos de facilitação foi usada em diferentes estágios do trabalho, buscando explicitar os conhecimentos tácitos, bem como inventar novas hipóteses, variáveis e novos modelos. Métodos como interpretação de personagens, contação de histórias e uso de diferentes mídias para comunicação dos resultados foram utilizados, tanto para os trabalhos em grupo quanto para sessões de plenário, permitindo experimentos com diferentes tipos de dinâmicas de grupos e processos imaginativos. Essa diversidade no *design* do processo foi central para incentivar a criatividade. Além de favorecer a criatividade, isso também fez com que os encontros fossem mais prazerosos e deu fôlego o processo. Garantir que os indivíduos possam dar contribuições de maneira interativa, em um contexto de geração de sentido compartilhado, é crítico para ter acesso à inteligência coletiva do grupo e requer forte ênfase no planejamento e na facilitação em tempo real das dinâmicas de grupo.

O fluxo dramático do processo como um todo, o qual precisa ser desenhado para tópicos e grupos de participantes específicos, considerando-se particularidades culturais e sociais, é parte importante do planejamento em geral e um fator crítico de sucesso do processo. Aqui, a combinação das metodologias FL e DT foi fundamental.

Por fim, algum tipo de processo de *debriefing* ou agradecimento aos participantes deve ser pensado e implementado para informá-los sobre seus progressos e/ou mantê-los motivados [ex.: uma rede virtual, informe periódico (*newsletter*) ou fórum de discussão]. Isso é importante para que os participantes possam se tornar parte de uma crescente rede interna e/ou externa.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiro e especialmente Riel Miller pelo trabalho conjunto que desenvolvemos nos últimos anos, o qual possibilitou o sucesso do planejamento e implementação do caso aqui descrito. Muitas vezes, eu não tenho certeza se as palavras que utilizo aqui são de minha ou sua autoria.

Ao mesmo tempo, gostaria de agradecer o time interno e dedicado do projeto, pelo fato do exercício ter alcançado os resultados esperados. O projeto foi estruturado e reestruturado várias vezes para dar conta de demandas internas e isto foi possível graças ao envolvimento de todos no planejamento, na adaptação, implementação e análise durante o projeto. Nesse sentido, agradeço a Adriana Badaró, Alessandra Brandão, Henrique Villa, Mayra Juruá, Ivone de Oliveira, Hartur Setubal, Katia Regina, Flávia Jesini, Marcelo Paiva, Lélío Fellows, Tainá Alves, Rayla Costa, Silvana Rolon e Rafael Benjamin (*designer*).

Referências

- BROWN, A.; ISAACS, D. **The World café: shaping our futures through conversations that matter**. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers, Inc. 2005.
- CAGNIN, C.; MILLER, R.; FREWEN, C.; GARRIDO, L. COUTINHO, M.; NOSARZEWSKI, K. **The Future of science in society: Report on the CGEE – Unesco Futures Literacy Workshop**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2013.
- EUROPEAN FOUNDATION FOR THE IMPROVEMENT OF LIVING AND WORKING CONDITIONS – EFILWC. **Handbook of knowledge society foresight**. Dublin: Wyattville Road, Loughlinstown, Dublin 18, Ireland. 2003.
- GITLOW, H.S. **Quality management systems: a practical guide**. CRC Press LLC. 2001.
- INAYATULLAH, S. Causal layered analysis: poststructuralism as method. **Futures**, v. 30, n. 8, p. 815–829. 1998.
- _____. Causal layered analysis: unveiling and transforming the future. In: American Council for the UNU: **AC/UNU Millennium Project – Futures research methodology – V2.0**. 2003.
- KUMAR, V. **101 Design methods: a structured approach for driving innovation in your organization**. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2013.
- LOVERIDGE, D. **The STEEPV acronym and process – a clarification**. Manchester: PREST, Ideas in Progress, Paper Number 29. 2002.

- LOVERIDGE, D.; CAGNIN, C. FTA as due diligence for an era of accelerated interdiction by an algorithm-big data duo. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FUTURE-ORIENTED TECHNOLOGY ANALYSIS (FTA), 5. Brussels, 27-28 Nov. 2014. **Proceedings...** Brussels: 2014.
- MILLER, R. Anticipation: the discipline of uncertainty. In: CURRY, A. ed., **The Future of futures**, Houston, Texas: Association of Professional Futurists, 2012.
- _____. **From trends to futures literacy**: reclaiming the future. Centre for Strategic Education, 2006. (Seminar Series Paper, n. 160).
- _____. Futures literacy: a hybrid strategic scenario method. **Futures: The Journal of Policy, Planning and Future Studies**, v.39, p. 341-362. 2007.
- _____. Futures literacy: embracing complexity and using the future. *Ethos*, v.10, Oct., p. 23-28. 2011.
- VOGT, E.E.; BROWN, J.; ISAACS, D. **The Art of powerful questions – catalyzing insight, innovation, and action**. California: Whole Systems Associates. 2003.

5. Anexos³

Anexo 1 - Sistemas STEEPV



3 Todas as ilustrações foram desenvolvidas por Rafael Benjamin.

Anexo 2 - Narrativa da primeira semana



Anexo 3 - Jornal

GAZETA CCEE Ano 15 Outubro 2010

Nova governança global toma forma: novos papéis para governos, instituições e atores individuais

"O ciclo do Gênesis Mundial dos cidadãos está por fazer. Identificar, construir e implementar soluções locais de experiências locais".

Os cidadãos, portanto, devem ser capazes de criar soluções de nível global, onde o representante de política pública não é apenas um representante de uma comunidade local, mas também um representante de uma comunidade global. Isso significa que os cidadãos devem ser capazes de criar soluções locais que possam ser replicadas em outros lugares do mundo. Isso significa que os cidadãos devem ser capazes de criar soluções locais que possam ser replicadas em outros lugares do mundo. Isso significa que os cidadãos devem ser capazes de criar soluções locais que possam ser replicadas em outros lugares do mundo.

GAZETA CCEE Ano 15 Outubro 2010

Ministério chama a atenção no Campano Aberto de Natação do Rio Itaipu e bate recorde mundial dos 5km da categoria S-85

Colaborador, que já participou de 100 eventos de natação, bateu recorde mundial dos 5km da categoria S-85 no Rio Itaipu. O atleta, que participou de 100 eventos de natação, bateu recorde mundial dos 5km da categoria S-85 no Rio Itaipu. O atleta, que participou de 100 eventos de natação, bateu recorde mundial dos 5km da categoria S-85 no Rio Itaipu.

GAZETA CCEE Ano 15 Outubro 2010

OBRA DE COMPOSITOR POP DOS ANOS DE 1980 E RELACIONADA COM OS IDEIAS DAS CIDADES DE 2040.

"No topo da mais alta das montanhas, o compositor pop dos anos de 1980 e relacionada com os ideias das cidades de 2040. O compositor pop dos anos de 1980 e relacionada com os ideias das cidades de 2040. O compositor pop dos anos de 1980 e relacionada com os ideias das cidades de 2040."

GAZETA CCEE Ano 15 Outubro 2010

perspectiva: como se imaginavam as cidades do futuro há três décadas?

Em 1980, a perspectiva de como se imaginavam as cidades do futuro há três décadas. Em 1980, a perspectiva de como se imaginavam as cidades do futuro há três décadas. Em 1980, a perspectiva de como se imaginavam as cidades do futuro há três décadas."

Assim, cidades sustentáveis, humanas e seguras estão sendo construídas.

Assim, cidades sustentáveis, humanas e seguras estão sendo construídas. Assim, cidades sustentáveis, humanas e seguras estão sendo construídas. Assim, cidades sustentáveis, humanas e seguras estão sendo construídas."

Os problemas e crises sociais, ambientais e econômicas se aprofundam impactando negativamente a estratégia de serviços e as relações sociais.

Os problemas e crises sociais, ambientais e econômicas se aprofundam impactando negativamente a estratégia de serviços e as relações sociais. Os problemas e crises sociais, ambientais e econômicas se aprofundam impactando negativamente a estratégia de serviços e as relações sociais."

Anexo 4 - Narrativa da segunda semana



SEÇÃO 2

MEMÓRIA

A Conferência *Future-Oriented Technology Analysis* (FTA)

A Conferência *Future-Oriented Technology Analysis* (FTA)

Cristiano Hugo Cagnin¹

Resumo

A Conferência Internacional *Future-Oriented Technology Analysis* (FTA) tornou-se o evento de maior importância global para o encontro entre os que atuam nesse campo (*FTA practitioners*), especialistas no tema, acadêmicos, representantes de instituições não governamentais ou da sociedade civil e tomadores de decisão, com vistas à troca de ideias e de conhecimento, bem como ao compartilhamento de inovações, em um ambiente altamente interativo.

Até a presente data, cinco conferências foram organizadas. Os objetivos principais do evento são buscar um entendimento comum do estado da arte nos temas centrais e na sua interseção – *foresight*, *forecasting* e *technology assessment* – e construir uma ponte entre o mundo científico e tomadores de decisão. O número crescente de participantes e do interesse de periódicos de relevância global pelos resultados da conferência demonstram o impacto científico e prático para tomadores de decisão, principalmente para o

Abstract

The Future-Oriented Technology Analysis (FTA) conference became the major global event that brings together FTA practitioners, researchers, non-governmental organisations or civil society representatives, and decision makers, both public and private. It enables participants to interchange ideas and knowledge as well as to share innovations in a highly interactive environment

To present date five conferences has been organised. These aimed to build a shared understanding of the state of the art in three central themes and their interconnection: foresight, forecasting and technology assessment. Also, to build a bridge between science and public policy as well as decision making. The rising number of participants and growing interest from top journals in the field for the conference results show both the scientific and practical impacts stemming from these events, mainly for the design and implementation of public policy, thus considering its political cycles.

¹ Assessor do CGEE, com PhD pela Universidade de Manchester, Reino Unido, bem como mestrado e graduação em Engenharia de Produção pela UFSC. Atua nas áreas de inovação, estudos de futuro (*foresight*) e sustentabilidade, com vasta experiência em projetos nacionais e internacionais no âmbito da Comissão Europeia e de parcerias com instituições como UNIDO, UNEP e OCDE.

desenho e a implementação de políticas públicas, considerando, portanto, os ciclos envolvidos nesses processos.

A evolução da participação do CGEE ao longo das cinco edições da conferência FTA demonstra o caráter estratégico desse evento e do seu potencial de alavancar a visibilidade da instituição como um centro de excelência, podendo gerar, assim, novas oportunidades de articulação e colaboração.

Palavras-chave: *Future-oriented technology analysis. Impacto.* Políticas públicas. Excelência. Articulação e colaboração.

The evolution of CGEE's participation across the five editions of the FTA Conference demonstrates the strategic nature of this event and of its potential to both leverage its visibility as a Centre of excellence and generate new opportunities for articulation and collaboration.

Keywords: *Future-oriented technology analysis. Impact. Public policy. Excellence. Articulation and collaboration.*

1. Introdução

O acrônimo FTA (*Future-Oriented Technology Analysis*) refere-se aos temas: *foresight* estratégico (*strategic foresight*), *forecasting* e avaliação tecnológica (*technology assessment*). Tecnologia aqui é compreendida como sendo tanto um conjunto de artefatos e práticas, como um conjunto de entendimentos, que co-evoluem no tempo. Sistemas tecnológicos são, assim, compreendidos como sendo compostos de tecnologias 'físicas' (na forma, por exemplo, de componentes, sistemas combinados e infraestrutura) e de tecnologias 'sociais' (instituições na forma, por exemplo, de padrões sociais, barreiras e mecanismos de comportamento, tais como normas sociais, legislação, normas/padrões e incentivos econômicos).

As conferências, desde sua origem, foram idealizadas e organizadas pelo Directorate General (DG) *Joint Research Centre* (JRC) da Comissão Europeia (EU). O intuito é expandir tanto uma rede crescente de debate e colaboração, como a compreensão dos avanços nos temas relacionados e na sua interseção, visando, fundamentalmente, a criar uma ponte entre a ciência e a política.

O EU DG-JRC é um serviço interno da Comissão Europeia que tem como missão prover suporte ao desenho e à implementação de políticas europeias, considerando os ciclos políticos envolvidos, por meio de um suporte técnico-científico independente, baseado em evidências e inteligência coletiva. O JRC trabalha em estreita colaboração com os demais ministérios (DGs) da Comissão Europeia, dando suporte ao enfrentamento dos mais diversos desafios sociais, enquanto estimula inovações por meio do desenvolvimento de novos enfoques, métodos, ferramentas e normas, ao mesmo tempo em que compartilha o seu *know-how* com estados-membros, a comunidade científica e parceiros internacionais.

Nesse contexto, as conferências FTA colocam ênfase na diversidade de olhares e ideias, atraindo participantes globais, incluindo acadêmicos, praticantes, especialistas e tomadores de decisão nas esferas pública e privada da Europa, da América do Norte, da América Latina, da África e da Australásia (Ásia, Rússia e Oceania).

Cinco foram as conferências já realizadas, sendo quatro em Sevilha, na Espanha, organizadas pelo DG-JRC-IPTS (*Institute for Prospective and Technological Studies*), e a última em Bruxelas, na Bélgica, organizada pela sede de representação (*headquarters*) do JRC. O motivo para essa mudança foi que o grupo responsável por estudos orientados ao futuro (*foresight*) da Comissão Europeia migrou do IPTS para a sede do JRC, em Bruxelas, a partir do ano de 2012, após uma transição iniciada em 2010/2011.

Desde a criação do IPTS, em 1994, o instituto nutriu um grupo especializado em *foresight* ou estudos orientados ao futuro, denominado de *European Foresight*, que passou a ser globalmente reconhecido e altamente articulado, dando suporte tanto internamente (ministérios ou DGs da Comissão Europeia) como externamente, principalmente em projetos europeus dentro dos Programas Quadro (*Framework Programmes*), mas também à novos estados-membros ou àqueles em processo de se tornarem um estado-membro.

A partir de 2012, o grupo de estudos orientados ao futuro da Comissão Europeia passou a ser reconhecido pelas atividades de *foresight* e *horizon scanning*, realizadas dentro da Unidade de Aconselhamento Científico às Políticas Europeias (*Science Advice to Policy Unit*), em Bruxelas. O objetivo foi criar uma função organizacional corporativa de inteligência e antecipação, focada em desafios transversais de longo prazo, que além do suporte direto aos diversos ministérios da Comissão Europeia e a Estados Membros, passou a dar suporte ao desenvolvimento da nova estratégia do JRC e de seus institutos associados² para o período 2010-2020, bem como ao desenvolvimento e monitoramento dos Programas de Trabalho (*Work Programmes*) do JRC.

2. Histórico

A primeira conferência FTA foi realizada em 2004, pelo IPTS, no âmbito da Presidência da Espanha na Comissão Europeia. Denominada de *First EU-US Seville Seminar on Future-Oriented Technology Analysis (FTA): New Technology Foresight, Forecasting & Assessment Methods*, foi uma conferência organizada para participantes europeus e americanos, com o objetivo principal

² O JRC é composto pela sede em Bruxelas e por sete institutos: *The Institute for Environment and Sustainability (IES)*; *The Institute for Energy and Transport (IET)*; *The Institute for Health and Consumer Protection (IHCP)*; *The Institute for the Protection and Security of the Citizen (IPSC)*; *The Institute for Prospective Technological Studies (IPTS)*; *The Institute for Transuranium Elements (ITU)*; e *The Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM)*.

de fazer um balanço da então recente expansão dos temas relacionados (*foresight, forecasting e technology assessment*), com foco em desenvolvimentos conceituais, em pesquisa sobre métodos e ferramentas, em escolhas metodológicas e em formas de mesclar métodos empíricos e analíticos com processos de engajamento de *stakeholders*.

O seminário foi organizado em sessões paralelas e plenárias, buscando a fertilização cruzada entre os principais elementos de FTA. Esse modelo serviu de base para as conferências seguintes, que sempre procuraram incluir inovações em seu formato. Nas sessões plenárias, especialistas globais fizeram apresentações acerca das trajetórias recentes e de novos drivers e novas direções da FTA. As sessões paralelas, por sua vez, focaram em experiências recentes em temas como seleção metodológica e de métodos, lições aprendidas da aplicação de técnicas de FTA, avaliação do aprendizado com vistas a aumentar o impacto da FTA e análise de novos métodos que poderiam ser aplicados na FTA.

Para a chamada de trabalhos, foi desenvolvido, anteriormente, um artigo, com a participação de especialistas globais no tema, com o objetivo de focar as contribuições. Esse artigo e os demais apresentados na conferência, selecionados entre os melhores, foram publicados em uma edição especial do *Technological Forecasting and Social Change (TFSC)*, o periódico de maior impacto na área. As demais contribuições da conferência foram publicadas em um *proceedings*. Esse primeiro seminário contou com a presença de quase 100 participantes.

A segunda conferência FTA foi realizada em 2006, pelo IPTS. Denominada de *Second International Seville Seminar on Future-Oriented Technology Analysis (FTA): impact of FTA approaches on policy and decision-making*, a conferência enfatizou a entrega de resultados e impactos políticos concretos das atividades de FTA.

O Seminário FTA 2006 expandiu a base geográfica de seus participantes com finalidade de obter uma representação global. Para isso, passou a contar com a presença de praticantes que atuam no campo, incluindo FTA *practitioners*, especialistas, acadêmicos, representantes de instituições não governamentais e tomadores de decisão, público e privado, com vistas à promover a troca de ideias e de conhecimento e o compartilhamento de inovações, em um ambiente altamente interativo. Esse foi o modelo seguido pelas conferências seguintes.

Um comitê científico, com um representante por região geográfica, foi estabelecido para dar suporte ao IPTS na definição dos temas, no desenvolvimento e na disseminação da chamada de trabalhos, na seleção do formato e definição do programa, bem como na avaliação de contribuições e dos artigos finais.

O Seminário teve por volta de 130 participantes e incluiu em seu formato uma série de *workshops*, além de sessões plenárias e paralelas. Nas sessões plenárias, além de *keynotes* convidados, foram apresentados artigos âncoras desenvolvidos por membros do comitê científico com o objetivo de abarcar os temas que seriam aprofundados durante a conferência, que teve duração de dois dias. Refletindo o foco em resultados e impactos, o seminário foi organizado em cinco sessões paralelas:

1. Pressupostos, métodos e enfoques de FTA no contexto do alcance de resultados;
2. Avaliação, impacto e aprendizado de FTA;
3. FTA no contexto de negócios;
4. FTA no contexto da educação superior; e
5. FTA em países em desenvolvimento.

Com a finalidade de inovar as formas de apresentação dos temas preparados para o seminário, os posters foram desenvolvidos como e-posters e expostos em telas instaladas em locais estratégicos. Além disso, cinco *workshops* foram organizados, em paralelo, para aprofundar aspectos-chave levantados pela comunidade:

1. Desenvolvimento de capacidades;
2. Relações com clientes, incluindo normas de qualidade e éticas;
3. Avaliação e monitoramento;
4. Preparo para lidar com problemas globais; e
5. Construção de conexões por meio da comunidade de FTA.

Finalmente, diversas entrevistas, realizadas com os expoentes globais acadêmicos, políticos e empresariais que atuam na área, foram disponibilizadas online. Os principais resultados do Seminário FTA 2006 foram publicados em um livro da *Springer (Future-Oriented Technology Analysis – Strategic Intelligence for an Innovative Economy)* e edições especiais contendo os melhores artigos apresentados foram produzidas nos periódicos *Technological Forecasting and Social Change (TFSC)* e *Technology Analysis and Strategic Management (TASM)*.

A terceira conferência FTA foi realizada em 2008, também pelo IPTS. Denominada de *Third International Seville Conference on Future-Oriented Technology Analysis (FTA): impact and implications of FTA for policy and decision-making*, a conferência focou novamente nos impactos gerados por atividades de FTA.

Um comitê científico com doze representantes, sendo seis da Europa e mais um representante por região geográfica, foi estabelecido para dar suporte ao IPTS na definição dos temas, no

desenvolvimento e na disseminação da chamada de trabalhos, na seleção do formato e definição do programa, bem como na avaliação de contribuições e dos artigos finais.

Com duração de dois dias, a conferência reuniu cerca de 160 participantes. Como na edição anterior, o formato incluiu dois *workshops*, visando a aprofundar os aspectos identificados como mais críticos na conferência de 2006, além de sessões plenárias e paralelas. Nas sessões plenárias, os *keynotes* convidados fizeram suas intervenções. Por sua vez, as exposições dos artigos âncoras desenvolvidos por membros do comitê científico abriram discussões nas sessões paralelas. Refletindo a ênfase em impactos, a conferência foi organizada em cinco sessões paralelas:

1. Métodos e ferramentas que contribuem para as atividades de FTA;
2. O uso e o impacto de FTA em processos decisórios públicos e privados;
3. FTA na pesquisa e inovação;
4. FTA e igualdade: novos enfoques de governança; e
5. FTA na segurança e sustentabilidade.

Os dois workshops organizados foram:

1. Construção de redes na comunidade FTA com foco na redefinição de redes existentes; e
2. Desenvolvimento de habilidades com foco na avaliação de FTA.

Novamente com o propósito de trazer inovações à organização do evento, uma consulta pré-conferência foi lançada com o objetivo de coletar e sintetizar ideias relacionadas a tendências, drivers e discontinuidades no horizonte de 2025 (*Big picture Trends, Drivers and Discontinuities Looking Forward to 2025*). A consulta também serviu para estimular o engajamento dos participantes, ainda na fase de preparação, nas discussões da conferência, uma vez que puderam compartilhar e debater suas ideias. Os resultados dessa dinâmica foram transformados em um artigo âncora que foi apresentado na conferência.

Os principais resultados da conferência 2008 foram publicados em edições especiais dos periódicos de maior importância da área: *Technological Forecasting and Social Change (TFSC)*, *Futures, Technology Analysis and Strategic Management (TASM)*; e *Science and Public Policy (SPP)*.

A quarta conferência FTA também foi realizada pelo IPTS, em 2011. Denominada de *Fourth International Seville Conference on Future-Oriented Technology Analysis (FTA): FTA and Grand Challenges – Shaping and Driving Structural and Systemic Transformations*, a conferência focou na necessidade e no potencial do FTA em lidar com transformações disruptivas em resposta aos grandes desafios sociais.

Um comitê científico com 14 integrantes, composto, em sua maioria, por representantes europeus e os demais de distintas regiões geográficas, foi estabelecido para dar suporte ao IPTS na definição dos temas, no desenvolvimento e na disseminação da chamada de trabalhos, na seleção do formato e definição do programa, bem como na avaliação de contribuições e dos artigos finais.

A conferência contou com a presença de, aproximadamente, 90 participantes, em dois dias de programação. Como nas edições anteriores, o formato incluiu sessões plenárias e paralelas. Nas sessões plenárias, em número reduzido, os *keynotes* convidados fizeram suas intervenções. Nas sessões paralelas, iniciadas com exposições dos artigos âncoras desenvolvidos pelo comitê científico, os participantes apresentaram e debateram seus artigos. A conferência foi organizada em três grandes temas subdivididos em diversos subtemas, que, por sua vez, foram organizados em quatro sessões paralelas. Os temas principais foram:

1. Orientando sistemas de inovação em direção a grandes desafios e os papéis que podem ser assumidos pela FTA;
2. Desenvolvendo habilidades de FTA para transformações sistêmicas e estruturais; e
3. Premissas e práticas na combinação de métodos de FTA quantitativos e qualitativos.

Outra iniciativa inovadora na preparação da conferência foi a realização de um *workshop* orientado para um debate político e cuja organização contou com as contribuições de instituições afins (ex.: OCDE, *European Science Foundation*, etc.) ou que tivessem lições aprendidas que pudessem ser incorporadas facilmente para um debate com representantes do alto escalão da Comissão Europeia. Somente convidados pré-selecionados, cujas contribuições fossem relevantes para o debate, participaram do *workshop*, mas seus resultados foram apresentados e discutidos em plenária com todos os participantes, no final da conferência.

Finalmente, buscando alcançar êxito semelhante ao da consulta pré-conferência da edição anterior, uma plataforma online foi desenvolvida para que os participantes pudessem interagir antes da conferência. O intuito foi capturar distintos pontos de vista sobre como lidar com grandes desafios sociais, atuais e emergentes, disruptivos ou não, por meio de FTA (*The role of FTA in Preparing Society for Emerging Issues*).

Os principais resultados da conferência 2011 foram publicados em edições especiais dos periódicos *Technological Forecasting and Social Change (TFSC)*, *Futures*, *Technology Analysis and Strategic Management (TASM)*, *Science and Public Policy (SPP)* e *Foresight*.

3. A Conferência 2014

A quinta conferência FTA foi organizada em Bruxelas, em novembro de 2014, pelo grupo de foresight e horizon scanning do JRC. Denominada de *Fifth International Conference on Future-Oriented Technology Analysis (FTA): engage today to shape tomorrow*, a conferência focou o potencial de FTA em engajar *stakeholders* para moldar caminhos futuros comuns. Além de buscar consolidar uma comunidade internacional crescente de acadêmicos, de especialistas, de empresas, de organizações da sociedade civil e de governos, a conferência teve o intuito de trazer para o debate decisores públicos e privados que buscavam descobrir novas ferramentas para o desenho e a implementação de políticas.

Foi estabelecido um comitê científico com 19 representantes, sendo que, embora a maioria fosse de europeus, pela primeira vez houve uma representação efetivamente global de todas as regiões geográficas. Como de praxe, o papel do comitê científico foi assessorar na definição dos temas, no desenvolvimento e na disseminação da chamada de trabalhos, na seleção do formato e definição do programa, bem como na avaliação de contribuições e dos artigos finais.

A conferência teve em torno de 360 participantes, ao longo de seus dois dias de realização. Como nas edições anteriores, o formato incluiu sessões plenárias e paralelas. Nas sessões plenárias, também em número reduzido, *keynotes* convidados fizeram suas intervenções. Nas sessões paralelas, todos participantes apresentaram e debateram seus artigos, incluindo os membros do comitê científico que, diferentemente das edições anteriores, tiveram que submeter suas contribuições da mesma forma que os demais participantes. A conferência foi organizada em três grandes temas:

1. FTA e sistemas de inovação;
2. Interfaces criativas para atividades orientadas a futuro; e
3. Enfoques de FTA de ponta.

Como mais uma proposta inovadora na preparação da conferência, os membros do comitê científico tiveram que propor mini *workshops*, chamados de laboratórios de conhecimento (*knowledge labs*). Os laboratórios selecionados pela maioria dos membros do comitê científico foram então organizados e ocorreram em paralelo às sessões científicas, competindo, assim, com a apresentação dos artigos aceitos. Os temas desses *workshops* foram:

1. *Futures Literacy UKnowLab*;
2. *New Approaches and Needs in Foresight – An Interactive Exchange Session*;
3. *FTA to Formulate Effective Innovation Policy and Strategy*;

4. *Exploring data visualisation tools;*
5. *Mental Time Travelling;*
6. *Complexity and information design;*
7. *Forecasting Innovation Pathways;*
8. *Linking foresight and policy labs; opportunities and challenges;* e
9. *Young FTA scholars' workshop.*

Finalmente, diversas entrevistas, realizadas com os expoentes globais acadêmicos, políticos e empresariais que atuam na área, bem como com todos os membros do comitê científico, foram disponibilizadas online.

Os principais resultados da conferência FTA 2014 estão sendo organizados pelos membros do comitê científico e devem ser publicados até o próximo evento, em 2016 ou 2017. Estão sendo consideradas a publicação de, pelo ao menos, um livro da Springer e edições especiais contendo os melhores artigos apresentados nos periódicos *Technological Forecasting and Social Change (TFSC)*, *Futures*, *Technology Analysis and Strategic Management (TASM)* e *Foresight*.

4. A participação do CGEE

Faz parte da estratégia do CGEE estar presente nos principais eventos globais relacionados à temática abordada neste artigo. Essa participação tem como objetivos tanto fortalecer sua área de competências metodológicas como aumentar sua visibilidade como um centro de excelência, por meio do alcance de maior reconhecimento por parte de potenciais parceiros que trabalham no estado da arte dos enfoques, métodos e das ferramentas essenciais para esta instituição, podendo gerar, assim, novas oportunidades de articulação e colaboração.

Nesse contexto, desde 2006 ou da segunda conferência FTA, o CGEE tem buscado participar das edições desse evento. Naquele ano, o Centro teve um artigo apresentado na sessão paralela FTA em países em desenvolvimento, além de ter atuado como *rapporteur*, dando o *feedback* em plenária dos resultados do debate de um dos cinco *workshops* organizados na conferência. Nesse *workshops*, foi discutido o tema Relações com clientes, incluindo normas de qualidade e éticas.

Em 2011, o CGEE teve sua então presidente convidada para atuar como uma das *keynotes* que abriram a conferência em plenária, onde foi realizada uma apresentação acerca do papel crescente do País na geopolítica global, das atividades de FTA no Brasil e do papel do Centro nesse contexto. Além disso, os colaboradores do CGEE apresentaram um artigo sobre o tema

Desenvolvendo habilidades de FTA para transformações sistêmicas e estruturais, que foi, posteriormente, publicado no periódico *Science and Public Policy (SPP)*. O Centro também foi convidado a apresentar e debater uma de suas contribuições no workshop orientado para um debate político organizado com representantes do alto escalão da Comissão Europeia.

Em 2014, por sua vez, o Centro atuou de forma mais estratégica e antecipada. O CGEE fez parte do comitê científico da conferência FTA, que contou com 19 membros representantes das diversas regiões do globo, cabendo ao Centro representar a América Latina. Como resultado, o CGEE teve condições de elaborar seis artigos, que uma vez submetidos e aprovados, puderam ser apresentados em sessões paralelas dentro dos três temas da conferência. Além disso, o CGEE teve um de seus representantes entrevistado e que também esteve envolvido na organização de um *workshop* ou *knowledge lab*. O Centro ainda teve pôster aceito e disponibilizado durante todo o evento.

5. Esta edição da revista *Parcerias Estratégicas*

Considerando o exposto, a presente edição da revista *Parcerias Estratégicas* traz para o público especializado justamente as contribuições do CGEE para a conferência FTA 2014. Mais especificamente, este número disponibiliza os seis artigos apresentados e o pôster, que também foi transformado em um artigo para este volume da revista. Cabe ressaltar que, dos seis artigos que foram apresentados e debatidos durante a conferência, cinco estão sendo considerados para uma publicação especializada, após passarem por um processo de *peer review*. Um está sendo considerado para um capítulo do livro da Springer e cada um dos outros quatro será considerado para uma das edições especiais dos periódicos sob análise: *Technological Forecasting and Social Change (TFSC)*, *Futures*, *Technology Analysis and Strategic Management (TASM)* e *Foresight*. Nesse contexto, o Centro quer explicitamente agradecer à Comissão Europeia, detentora dos direitos autorais do material apresentado na conferência 2014, pela permissão concedida para que os artigos desenvolvidos pelo CGEE fossem traduzidos e disponibilizados por este meio para o público brasileiro.



O CGEE, consciente das questões ambientais e sociais, utiliza papéis com certificação (Forest Stewardship Council®) na impressão deste material. A certificação FSC® garante que a matéria-prima é proveniente de florestas manejadas de forma ecologicamente correta, socialmente justa e economicamente viável, e outras fontes controladas.
Impresso na Athalaia Gráfica e Editora Ltda. - Certificada na Cadeia de Custódia - FSC



Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação