

QUÍMICA VERDE: DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Maria Fatima Ludovico de Almeida¹

1. Introdução

A química é uma ciência de enorme importância nos dias de hoje. Produtos químicos desempenham uma ampla variedade de papéis que estabelecem ou preservam um elevado padrão de vida e são vistos atualmente como componentes essenciais das sociedades modernas. Infelizmente, substâncias químicas são também liberadas no meio ambiente em todas as etapas do ciclo de vida de um produto. Ao ser liberada no meio ambiente, uma substância química pode ser transformada em outra ou ser transportada a curta ou a longa distância, podendo causar contaminação, e produzir, em alguns casos, efeitos tóxicos ao homem e à vida selvagem.

Desde o início dos anos 1960, reconhece-se que liberações de substâncias químicas e resíduos da produção e uso de produtos químicos impactam a saúde humana e o meio ambiente. Para controlar e mitigar tais riscos, a produção e uso de substâncias químicas têm sido aprimorados globalmente, inicialmente focando em poluição e acidentes industriais, mas gradualmente evoluindo para cobrir poluição e acidentes provenientes dos produtos e seu uso. De um primeiro estágio de tratar emissões e resíduos, a produção química agora enfatiza a eficiência no uso de materiais e energia. Não obstante os esforços empreendidos até o momento, muito ainda pode ser feito, e a Química Verde pode ser uma ferramenta para permitir melhor desempenho.

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED 92 ou Rio 92) foi um marco no caminho da segurança química, consolidando a prioridade global voltada à melhor gestão dos riscos químicos, inicialmente conhecendo as propriedades perigosas das substâncias químicas. Como resultado, muitas iniciativas de regulamentação técnica e normatização voluntária foram iniciadas, visando controlar riscos químicos, em âmbito internacional, regional e nacional, incluindo aspectos diretamente associados aos doze princípios da Química

¹ É professora da PUC/RJ.

Verde². Dez anos depois, na Conferência Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+10), em Johannesburgo, a prioridade foi reafirmada, e mais pressões foram exercidas no sentido de minimizar os efeitos adversos à saúde e ao meio ambiente, resultantes da produção e uso de substâncias químicas no horizonte de 2020.

A Conferência Rio+20 está concebida como uma conferência do mais alto nível, incluindo chefes de Estado e de governo e outros representantes. A Conferência resultará em um documento político, intitulado “*O Futuro que Queremos*”. Ela concentrará sua atenção ao redor de dois temas principais: (i) uma economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza; (ii) o arranjo institucional para o desenvolvimento sustentável. A preparação para a Conferência Rio+20 tem destacado sete áreas que necessitam de atenção prioritária: trabalho decente, energia, cidades sustentáveis, segurança alimentar e agricultura sustentável, água, oceanos e preparação para desastres. Tópicos associados à produção e uso de substâncias químicas e ao gerenciamento integrado de resíduos continuam entre os temas trazidos à mesa de negociações. O documento resultante da Conferência conterá um texto que, tal como outros documentos de conferências anteriores, poderá ter impactos positivos na evolução da química, com destaque para a contribuição da Química Verde para o desenvolvimento sustentável.

Química Verde é definida como “o desenho, desenvolvimento e implementação de produtos químicos e processos para reduzir ou eliminar o uso ou geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente”. Esse conceito, também associado ao conceito de produção limpa, encontra-se relativamente difundido em aplicações industriais, particularmente em países com indústria química bastante desenvolvida e que apresentam rigoroso controle na emissão de agentes poluentes. Baseia-se no pressuposto de que processos químicos com potencial de impactar negativamente o meio ambiente venham a ser substituídos por processos menos poluentes ou não poluentes. Tecnologia limpa, prevenção primária, redução na fonte, química ambiental e química verde são denominações que surgiram e foram cunhadas no decorrer das últimas duas décadas para traduzir esse importante conceito³.

Com o objetivo de analisar oportunidades e desafios da Química Verde como impulsionadora do Desenvolvimento Sustentável e levar as contribuições advindas dessa discussão aos debates da Conferência Rio+20 por meio dos interlocutores da delegação brasileira, o CGEE realizou o Painele “Química Verde: desafios para o desenvolvimento sustentável”.

2 Anastas, P. T.; Warner, J.; Green chemistry: theory and practice, Oxford University Press: Oxford, 1998.

3 O conceito de “Química Verde” surgiu em 1992 como uma sugestão da Environmental Protection Agency (EPA) dos EUA com o objetivo de envolver a academia e a indústria química, em virtude do reconhecimento formal de que a Química está no centro de todos os processos que impactam o meio ambiente.

Essa iniciativa, juntamente com outros painéis coordenados pelo CGEE na mesma ocasião, foi considerada como um passo fundamental no processo de participação da instituição na Conferência Rio+20. O CGEE partiu do pressuposto que as temáticas que vem trabalhando no apoio às definições estratégicas das políticas de ciência, tecnologia e inovação do Brasil podem servir para apoiar debates previstos para a Conferência Rio+20.

Em síntese, pode-se afirmar que o objetivo geral deste painel foi plenamente atingido por meio de oito palestras, seguidas de debates, cuja síntese e conclusões são apresentadas no presente Relatório.

2. Organização do painel: cinco temas principais

O painel, que foi coordenado pelo diretor do CGEE, Fernando Rizzo, contemplou um conjunto de apresentações, seguidas de debates, em torno dos seguintes temas:

- A Química Verde como impulsionadora do desenvolvimento sustentável: Marcelo Kós Silveira Campos (Abiquim);
- Química Verde como oportunidade de inovação e competitividade na indústria química: Frank Nadimi (DSM) e José Vitor Bomtempo Martins (UFRJ);
- Agronegócio e Química Verde: um binômio para o desenvolvimento sustentável. Eduardo Falabella Souza Aguiar (UFRJ) e José Manuel Cabral de Sousa Dias (Embrapa);
- Química Verde como solução para gestão de resíduos. Danton Heleno Gameiro (UFOP) e Adriana Marlene Moreno Pires (Embrapa);
- IBS2014 - José Osvaldo Beserra Carioca (UFC).

A primeira palestra, de caráter mais geral, foi proferida por Marcelo Kós Silveira Campos, consultor da Associação Brasileira da Indústria Química para a Conferência Rio+20. Destacou-se a importância da Química Verde para o desenvolvimento sustentável, mencionando-se inúmeros tópicos da minuta do documento da Conferência Rio+20, *"O Futuro que Queremos"*, que guardam estreita relação com um ou mais dos doze princípios da Química Verde. Apontou algumas possíveis oportunidades para o desenvolvimento de políticas e ações concretas em nível nacional que podem ser conduzidas pelo governo, indústria, academia, ONGs e outras partes interessadas, ressaltando que iniciativas de Química Verde podem contribuir efetivamente para o desenvolvimento sustentável.

Prosseguiram-se os trabalhos, com as palestras de Frank Nadimi, Diretor de Desenvolvimento de Negócios para Produtos e Serviços Biotecnológicos da empresa DSM e do Professor José Vitor Bomtempo Martins, da UFRJ, que abordaram a possibilidade de se inovar adotando-se os doze

princípios da Química Verde. Apresentou-se a ideia de que, para aumentar a competitividade, faz-se necessário inovar, e para a sustentabilidade, é fundamental inovar na perspectiva da economia verde. Os principais tópicos abordados nessa apresentação foram: (i) processos de inovação que estão contribuindo para a bioindústria; e (ii) bioprocessos e bioprodutos.

“Agronegócio e Química Verde: um binômio para o desenvolvimento sustentável” foi tema abordado nas palestras do Professor Eduardo Falabella Souza Aguiar, da UFRJ e Petrobras, e do pesquisador José Manuel Cabral de Sousa Dias, da Embrapa Agroenergia. Ambos apresentaram as principais possibilidades do agronegócio como fonte de matérias primas para a Química Verde, com destaque para suas rotas mais promissoras a partir de diferentes tipos de matérias primas verdes.

Em especial sobre a contribuição da Química Verde para a gestão sustentável de resíduos, o Pró-Reitor Adjunto de Extensão na Universidade Federal de Ouro Preto, Danton Heleno Gameiro (UFOP) e Adriana Marlene Moreno Pires, da Embrapa, ressaltaram que a geração de resíduos não é um problema ambiental em si, desde que se tenha uma gestão eficaz segundo os preceitos da responsabilidade socioambiental. Os resíduos devem ser vistos como oportunidades de negócios e inovações sustentáveis e não como passivo ambiental.

Tendo como foco as atividades da indústria siderúrgica, apresentaram-se casos de sucesso de gestão de resíduos sólidos. Particularmente na agroindústria, foco da palestra da especialista da Embrapa, foram destacados casos de sucesso, como, por exemplo, o da cadeia produtiva da cana-de-açúcar. No entanto, em ambas as palestras, destacou-se que ainda há muito espaço para ações de CT&I voltadas para a gestão eficiente e eficaz de resíduos.

Encerrando o ciclo de apresentações do Painel “Química Verde: desafios para o desenvolvimento sustentável”, o Professor José Osvaldo Carioca fez uma divulgação do “16º Simpósio Internacional de Biotecnologia”, que será realizado de 14 a 19 de setembro de 2014, em Fortaleza, Ceará.

Nas seções seguintes deste relatório, apresentam-se as sínteses das palestras e as principais conclusões do painel de Química Verde por tema. Essas informações constituem valiosos subsídios para a preparação do documento com as contribuições dos interlocutores da delegação brasileira na Conferência Rio+20.

No Anexo 1, apresenta-se a programação completa do Painel “Química Verde: Desafios para o Desenvolvimento Sustentável”.

3. A Química Verde como impulsionadora do desenvolvimento sustentável

Química Verde é um conceito que tem recebido crescente atenção por parte da academia e da indústria por mais de quinze anos, como resultado do interesse global em relação à sustentabilidade. As diferentes culturas e sociedades têm usado produtos químicos desde os primeiros estágios da civilização e até mesmo antes. No entanto, somente após a Química se estabelecer como ciência, que os produtos químicos passam a ter uso generalizado, particularmente depois da consolidação da “Revolução Industrial”, no final do século 18. Desde então, não apenas a quantidade de substâncias químicas em uso cresceu exponencialmente, mas também a riqueza das nações e dos indivíduos. Vale mencionar que a produção e o uso de substâncias químicas têm sido elementos-chave para o desenvolvimento econômico no estágio em que hoje se encontra. Produtos químicos têm diferentes papéis que estabelecem ou preservam um padrão de vida elevado, sendo vistos como componentes essenciais de sociedades modernas.

Dezenas de milhares de substâncias químicas estão no mercado global e a cada dia outras novas entram no mercado, quer para prover novas soluções, quer para substituir substâncias antigas, que ficaram obsoletas de alguma forma. Muitas dessas substâncias são constituintes fundamentais de milhares de produtos, artigos e formulações, atualmente disponíveis nos locais de trabalho e para os consumidores, tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento.

Infelizmente, as substâncias químicas podem ser também liberadas no meio ambiente em todas as fases do ciclo de vida de um produto. Ao ser liberada no ambiente, uma substância química pode ser transformada em outra ou ser transportada como resultado de processos naturais. Causam contaminação local, regional ou global, podendo produzir, em alguns casos, efeitos tóxicos ao homem e aos ecossistemas. Desse modo, os benefícios sociais e econômicos do uso de produtos químicos devem ser acompanhados da avaliação de riscos ambientais e à saúde da geração presente e das futuras, impondo responsabilidades a todos os que estão envolvidos com a Química, em maior ou menor grau. Esse é um dilema clássico do alcance da sustentabilidade.

Conforme representado na Figura 1, o reconhecimento que as liberações e os resíduos provenientes da produção e uso de substâncias químicas impactam a saúde e o meio ambiente vem do início dos anos 1960. Antes disso, a segurança na fabricação de químicos significava, basicamente, saúde e segurança ocupacionais no chão de fábrica. O meio ambiente recebia os resíduos não desejados e provia os recursos para produção (1ª onda). Mudanças no sentido de uma segurança química ampla começaram, inicialmente, visando reduzir os impactos da poluição crônica resultantes das operações fabris, por meio do uso de tratamentos de “fim de tubo”, que reduziam as emissões, mas adicionavam custos aos produtos finais (2ª onda).

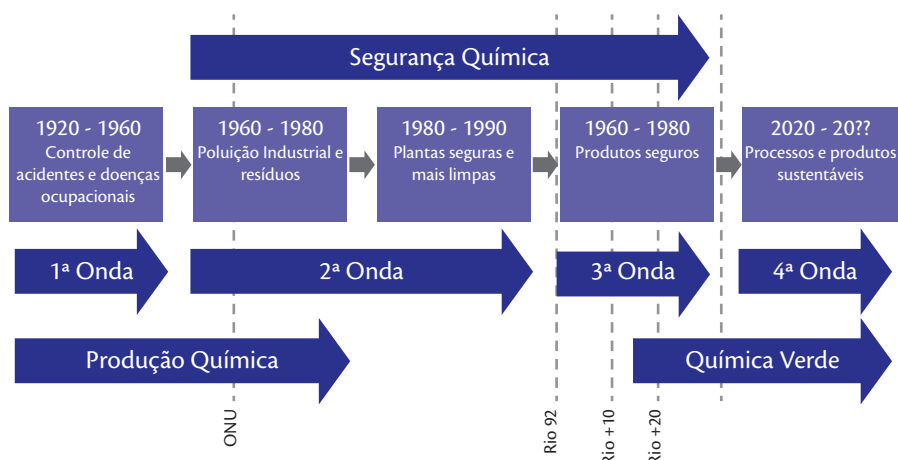


Figura 1. Química Verde e o caminho para a sustentabilidade da produção química

Inicialmente, a indústria reagiu contra as medidas direcionadas ao aumento da segurança e à redução de impactos ambientais, com base nos seus altos custos. Legislação, bom senso e a ciência mostraram que, ao invés de controlar poluição e acidentes no trabalho, a melhor alternativa era evitar que eles acontecessem. No exato momento em que esta nova onda surgia, a indústria sofreu grandes acidentes em processos industriais em várias partes do mundo, com terríveis consequências. A nova prioridade passou a ser evitar que novos grandes acidentes ocorressem, e novas legislações e iniciativas voluntárias foram criadas e implementadas para reforçar a segurança dos processos industriais e a preparação e resposta a emergências em unidades industriais e também no transporte de produtos químicos perigosos.

À medida que o foco muda de controle da poluição no final do tubo para eficiência na produção e uso de substâncias químicas seguras, mais relevância a Química Verde adquire. A Agenda 21, o documento de ações resultante da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (UNCED), mais conhecida como Rio 92, estabeleceu novos pisos para muitas áreas, incluindo a Química. Seu Capítulo 19 pede por um maior esforço para melhorar a segurança das substâncias químicas, focando no conhecimento das propriedades perigosas de todas as substâncias no comércio e nos riscos associados com a sua produção e uso ao longo das cadeias de valor, chegando até o consumidor final.

A Conferência Rio 92 também consolidou o termo *desenvolvimento sustentável*, definido em 1987 pela Comissão Brundtland como aquele que “atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias”. Com a definição veio o reconhecimento que três pilares suportam o desenvolvimento sustentável: o econômico,

o social e o ambiental, o chamado “triple bottom-line”; eles precisam ser gerenciados de modo balanceado de modo a permitir que o desenvolvimento sustentável ocorra.

Após a Conferência Rio 92, uma terceira onda se iniciou. A segurança química passou a receber atenção mais dedicada por parte de governos, indústria, academia, sindicatos de trabalhadores, organizações não governamentais das áreas ambientais e da saúde, agências internacionais e outras partes interessadas. Tal interesse produziu convenções internacionais⁴, o Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Substâncias Químicas (GHS), o Fórum Intergovernamental de Segurança Química (IFCS), novas ou aperfeiçoados instrumentos legais em níveis regional e nacional, iniciativas voluntárias da indústria química em âmbitos nacional e internacional, e, o mais importante, processos e produtos mais limpos e seguros.

A própria Química Verde nasceu após a Conferência Rio 92, criada por profissionais da *Environmental Protection Agency* dos EUA, liderados por Paul Anastas, que cunhou o conceito e propôs seus doze princípios, listados no Quadro 1. Passar a adotar esses princípios nas atividades empresariais, de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I) e de ensino tornou-se cada vez mais urgente e diversos países já criaram iniciativas direcionadas para Química Verde em nível nacional. Destacam-se: o *Green Chemistry Institute*, criado em 1997 e afiliado à *American Chemical Society* em 2001 (EUA); o *Green Chemistry Program* da *Environmental Protection Agency* (EUA); a *Green Chemistry Network*, estruturada pela *Royal Society of Chemistry* em 1998 (Reino Unido); o *Inter-University Consortium of Chemistry for the Environment*, criado em 1993 (Itália), a *Canadian Green Chemistry Network*, resultante da afiliação ao *Green Chemistry Institute* em 2001 (Canadá); o *Centre of Green Chemistry of Monash University* (Austrália), que opera desde 2001, além de outras iniciativas na Alemanha, Japão, Espanha, Suécia e Rússia. No Brasil, estrutura-se no momento a Rede Brasileira de Química Verde, nos moldes das iniciativas congêneres mencionadas⁵.

Em 2002, a Conferência Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável (Rio+10) tratou de um amplo espectro de assuntos e reviu o progresso de dez anos da implementação da Agenda 21. Suas conclusões apontaram para uma preocupação persistente que, apesar do progresso feito na gestão segura de substâncias químicas, muito ainda precisava ser feito. A Rio+10 adotou o *Plano de Implementação de Johannesburgo –JPOI*⁶, cujo Capítulo III, “Mudando padrões insustentáveis de consumo e produção”, em seu parágrafo 23, estabelece o que se tornou conhecido como “Meta 2020”:

4 Existem duas convenções internacionais em vigor relacionadas com substâncias químicas e o meio ambiente: a Convenção de Roterdã sobre o Procedimento Previamente Informado para certos Produtos Químicos e Agrotóxicos Perigosos no Comércio Internacional (PIC); e a Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs). O Protocolo de Montreal, apesar de tratar de substâncias químicas, está no âmbito da Convenção de Mudanças Climáticas.

5 Centro de Gestão e Estudos estratégicos. Química verde no Brasil, 2010 – 2030. Brasília: CGEE, 2010.

6 Report of the World Summit on Sustainable Development, Johannesburg, South Africa, 26 August – 4 September 2002 (United Nations publication, Sales No. E. 03. II. A. 1 and corrigendum), chap. I, resolution 2, annex.

“[...] que, em 2020, produtos químicos sejam fabricados e usados de modo tal que levem à minimização de efeitos significativos adversos à saúde humana e ao meio ambiente, usando procedimentos de avaliação de riscos transparentes e cientificamente embasados e procedimentos de gestão de riscos cientificamente embasados, levando em consideração o princípio da precaução, tal como definido no princípio 15 da Declaração do Rio sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, e suportem países em desenvolvimento no fortalecimento de sua capacidade para a gestão adequada de produtos químicos e de resíduos perigosos ao prover assistência técnica e financeira.”

A Conferência Rio+10 também lançou a “Abordagem Estratégica para a Gestão Internacional de Produtos Químicos (SAICM)”⁷, uma iniciativa concebida para continuar o equacionamento de lacunas na implementação de compromissos existentes; identificar assuntos novos e emergentes que sejam relevantes para a comunidade internacional; e prover suporte em geral para os esforços dedicados a que a “Meta 2020” seja atingida. A implementação da SAICM encontra-se em andamento, coordenada pela Conferência Internacional para a Gestão de Produtos Químicos (ICCM).

Inquestionavelmente, as duas últimas conferências sobre desenvolvimento sustentável (Rio 92 e Rio+10) tiveram grande impacto no modo pelo qual a Química vem evoluindo, o que traz a questão se a Rio+20 poderá gerar impactos similares nos próximos anos. Depois da Conferência Rio+20, a Química poderá ver o início de uma “quarta onda”, na qual produtos e processos químicos mais seguros e limpos proverão soluções ainda melhores para a humanidade, em um contexto de padrões sustentáveis de consumo e produção.

A seguir, sintetizam-se os dois tópicos principais da palestra: (i) evidências de interfaces entre Química Verde e Desenvolvimento Sustentável, ao se correlacionar os 12 princípios da Química Verde com as dimensões do desenvolvimento sustentável; e (ii) Química Verde na Rio+20 e além...

3.1. Interfaces entre a Química Verde e o desenvolvimento sustentável

Os três pilares que formam a base para o desenvolvimento sustentável são bem conhecidos. Embora o conceito pareça ser simples, cada pilar, ou dimensão, tem muitos aspectos, e as interfaces entre eles acrescentam outros. Além disso, alguns dos aspectos são difíceis de serem relacionados a uma ou outra dimensão e podem ser vistos e interpretados sob diversas perspectivas. Como a lista desses aspectos é extensa, busca-se ilustrar na Figura 2 as principais relações entre eles.

7 Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM).

A Conferência Rio+20 está estruturada segundo dois eixos principais: (i) economia verde no contexto da erradicação da pobreza; e (ii) estrutura institucional para o desenvolvimento sustentável. O documento da Conferência buscará capturar todos os tópicos relevantes contidos ao longo da Agenda da Sustentabilidade e tratar cada um de modo a permitir futuras ações por parte de governos, agências intergovernamentais, grandes grupos⁸, e da sociedade civil.

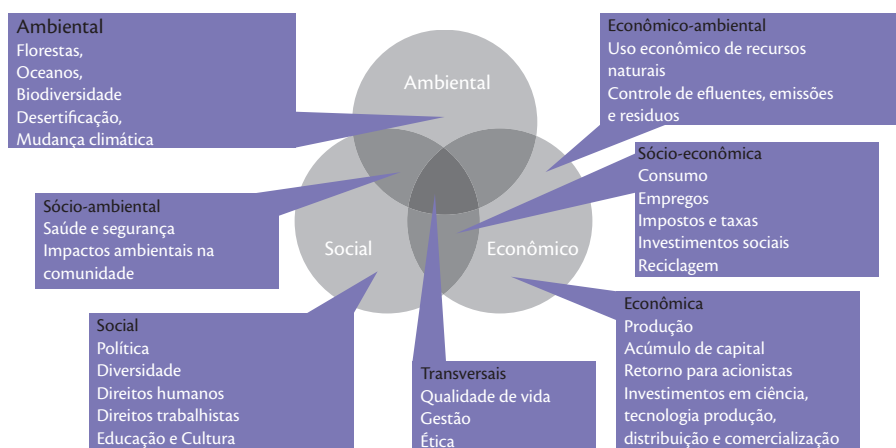


Figura 2. As três dimensões do desenvolvimento sustentável

A fabricação, uso e descarte de produtos químicos são tópicos incluídos na minuta do documento da Conferência Rio+20 e, juntamente com resíduos, ganharam uma seção específica no referido documento. Além da seção específica, produtos químicos e resíduos são mencionados em várias partes do texto, por diferentes razões. Além disso, outros temas ao longo do texto estão conectados à Química, especialmente na seção V: “Estrutura para ação e acompanhamento”, subseção A: “Áreas temáticas e assuntos transversais”; e na seção VI: “Meios de implementação”, subseções B: “Desenvolvimento tecnológico” e C: “Desenvolvimento de capacitação”; que estão diretamente ligadas à Química Verde.

É possível afirmar que a Química, a Química Verde e a indústria química, em particular, estão relacionadas, direta ou indiretamente, aos três pilares da sustentabilidade e suas interfaces. Ainda assim, para os propósitos da contribuição para a Conferência Rio+20, optou-se por focalizar as ligações diretas entre a Química Verde e o desenvolvimento sustentável. O Quadro 1 constitui o ponto de partida para essa análise.

⁸ Existem nove grandes grupos ou *major groups*, na ONU: negócios e indústria, crianças e adolescentes, produtores rurais, populações indígenas, autoridades locais, organizações não governamentais, comunidade científica e tecnológica, mulheres, e trabalhadores e sindicatos de trabalhadores.

Quadro 1. Relações entre os princípios da Química Verde e o desenvolvimento sustentável

Princípio da Química Verde	Dimensão
#1 – Prevenção É melhor prevenir a geração de resíduos do que tratá-lo ou remediá-lo depois de formado.	Econômica-ambiental
#2 - Economia de átomos Métodos sintéticos devem ser projetados para maximizar a incorporação de todos os materiais usados no processo no produto final.	Socioambiental
#3 - Sínteses químicas menos perigosas Sempre que viável, metodologias sintéticas devem ser projetadas para usar e gerar substâncias que possuam pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana ou ao meio ambiente.	Socioambiental
#4 - Projeto de substâncias mais seguras Produtos químicos devem ser projetados de modo a preservar a eficácia de sua função ao mesmo tempo em que têm sua toxicidade reduzida.	Socioambiental
#5 - Solventes e auxiliares mais seguros O uso de substâncias auxiliares (p.e. solventes, agentes de separação, etc.) deve ser tornado desnecessário sempre que possível ou inócuos se usados.	Econômica-ambiental
#6 - Projeto para eficiência energética As exigências energéticas devem ser reconhecidas pelos seus impactos ambientais e econômicos e devem ser minimizadas. Métodos sintéticos devem ser conduzidos a temperatura e pressão ambientes.	Econômica-ambiental
#7 - Uso de matérias primas renováveis Uma matéria prima deve ser renovável sempre que técnica e economicamente viável.	Econômica-ambiental
#8 - Redução de derivados Processos que envolvem intermediários com grupos bloqueadores, proteção/desproteção, ou qualquer modificação temporária da molécula por processos físicos e/ou químicos devem ser evitados sempre que possível.	Econômica
#9 – Catálise Reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são superiores a reagentes estequiométricos.	Econômica
#10 - Projeto para degradação Produtos químicos devem ser projetados de modo a que ao final de sua utilização eles não persistam no ambiente e se degradem em produtos inócuos.	Econômica-ambiental
#11 - Análise em tempo real para a prevenção da poluição Metodologias analíticas necessitam ser desenvolvidas de modo a permitir o monitoramento e controle em tempo real antes da formação de substâncias perigosas.	Socioambiental
#12 - Química inerentemente segura para a prevenção de acidentes Substâncias e a forma de uma substância usada em um processo químico devem ser escolhidas de modo a minimizar o potencial de risco de acidentes químicos, incluindo liberações, explosões e incêndios.	Socioambiental

3.2. Química Verde na Rio+20 e perspectivas futuras

Na sequência, apresentam-se os resultados da análise da minuta do documento “*O Futuro que Queremos*”, na perspectiva da Química Verde e seus 12 princípios. Inicia-se com uma visão geral e, em seguida, apresentam-se as visões específicas por princípio da Química Verde, em um total de doze visões. Ressalta-se que, para cada parágrafo do documento objeto de análise, identificou-se uma oportunidade para formulação de políticas públicas, ações ou estudos posteriores.

3.2.1. Visão geral

O Quadro 2 apresenta uma síntese com a visão geral das interfaces.

Quadro 2. Química Verde na minuta do documento “O Futuro que Queremos”: visão geral

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Químicos #1	“Nós reconhecemos que a gestão adequada de substâncias químicas é crucial para a proteção da saúde humana e do ambiente. Nós ainda reconhecemos que a crescente produção e uso de produtos químicos e sua permanência no ambiente clama pelo aumento na cooperação internacional”.
Oportunidade	Apresentar a Química Verde como uma ferramenta para a gestão adequada de substâncias químicas.
Químicos #2	“Nós pedimos pela efetiva implementação e fortalecimento da Abordagem Estratégica para a Gestão Internacional de Substâncias Químicas (SAICM) que leve a um [sistema, estrutura/regime] robusto, coerente, efetivo e eficiente para a gestão adequada de produtos químicos ao longo de seu ciclo de vida, incluindo a resposta a desafios emergentes”.
Oportunidade	Colocar a Química Verde como uma ferramenta para a gestão adequada de substâncias químicas ao longo do ciclo de vida, particularmente respondendo a desafios emergentes.
Químicos #2	“Nós estamos profundamente preocupados que muitos países, em particular os menos desenvolvidos, não tenham a capacidade de fazer a gestão adequada de substâncias químicas e de resíduos ao longo do ciclo de vida. Esforços adicionais são necessários para aprimorar o trabalho na direção do fortalecimento das capacidades, incluindo por meio de parcerias, assistência técnica [e financeira] e estruturas de governança melhoradas. Nós encorajamos países e organizações que tenham feito progresso no sentido de atingir a meta de gestão adequada de substâncias químicas em 2020 a assistir outros países por meio da troca de conhecimento, experiências e melhores práticas”.
Oportunidade	Desenvolver parcerias e estruturas de governança para fortalecer capacidades em Química Verde.
Químicos #5	“Nós enaltecemos as parcerias existentes e convocamos novas e inovadoras parcerias público-privadas envolvendo a indústria, governos, academia e outras partes interessadas não governamentais, voltadas a aprimorar a capacidade e a tecnologia para a gestão ambiental adequada de substâncias químicas e de resíduos, incluindo a prevenção da geração de resíduos”.
Oportunidade	Desenvolver/aprimorar parcerias e estruturas de governança (redes) para fortalecer capacidades e tecnologias focadas em Química Verde.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Padrões sustentáveis de consumo e produção (SCP) #1	“Nós reafirmamos que padrões sustentáveis de consumo e produção (SCP) é um dos objetivos principais do desenvolvimento sustentável, e reconhecemos que mudanças fundamentais no modo pelo qual sociedades consomem e produzem são indispensáveis para atingir o desenvolvimento sustentável global. Nós, dessa forma, nos comprometemos a mudar padrões sustentáveis de consumo e produção, e eventualmente atingir um desligamento absoluto entre crescimento econômico e uso de recursos naturais. Nós reconhecemos as grandes disparidades nos níveis e padrões de consumo entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. Neste sentido, todos os países deveriam promover padrões sustentáveis de consumo e produção [com os países desenvolvidos assumindo a liderança e] com todos os países se beneficiando e aprendendo desta experiência de modo a mover todas nossas sociedades mais próximas de um futuro sustentável para todos. Nós também reconhecemos a necessidade de estratégias focadas para atender as necessidades básicas dos segmentos mais pobres da sociedade”.
Oportunidade	Promover a Química Verde como um instrumento para melhorar os padrões de produção na direção da sustentabilidade, particularmente nos países em desenvolvimento.
Padrões sustentáveis de consumo e produção (SCP) #2	“Nós convidamos todos os Estados, organizações internacionais relevantes, o setor privado e todos os grandes grupos a aprimorar seus esforços para conseguir mudanças sustentáveis nos padrões de consumo e produção enquanto criam novas oportunidades econômicas e trabalho decente, e [assegurando bons/aprimorando] padrões de vida [e protegendo grupos vulneráveis]”.
Oportunidade	Promover a Química Verde como um instrumento para melhorar os padrões de produção na direção da sustentabilidade, engajando todos os grandes grupos.
Padrões sustentáveis de consumo e produção (SCP) #7	“De modo a fazer as escolhas sustentáveis mais facilmente disponíveis, adquiríveis e atraentes aos consumidores, nós nos comprometemos a promover, em consulta com todas as partes interessadas, processos abertos, transparentes, balanceados, baseados em ciência [e multilaterais] para desenvolver padrões de produtos e outros mecanismos que [completamente reflitam o impacto de/promovam] produção e consumo [sustentáveis], segundo a melhor tecnologia disponível. Nós trabalharemos com o setor privado para assegurar que a rotulagem e a propaganda seja precisa e [confiável/verificável], de modo a prover os consumidores com a informação necessária [relevante e útil] para que façam escolhas informadas”.
Oportunidade	Desenvolver, tendo a Química Verde como base, padrões de produtos e outros mecanismos que reflitam o impacto de/promovam o consumo e produção sustentáveis, de acordo com a melhor tecnologia disponível.
Educação #2	“Nós reconhecemos que as novas gerações são as guardiãs do futuro, bem como a necessidade de melhor qualidade e acesso à educação além do nível primário. Desta forma, nós resolvemos melhorar a capacitação de nossos sistemas de educação para preparar pessoas a buscar o desenvolvimento sustentável, incluindo o melhor treinamento de professores, o desenvolvimento de currículos envolvendo sustentabilidade, o desenvolvimento de programas de treinamento que preparem estudantes para carreiras em campos ligados à sustentabilidade, e o mais efetivo uso de tecnologias de informação e comunicação para aprimorar os resultados do aprendizado. Nós solicitamos melhor cooperação entre escolas, comunidades e autoridades nos esforços para promover acesso a educação de qualidade em todos os níveis”.
Oportunidade	Divulgar e mostrar que a Química Verde é uma parte importante em currículos que tratem de sustentabilidade, não apenas em áreas ligadas à Química, mas sempre que a Química seja um componente importante.
Educação #3	“Nós resolvemos promover Educação para o Desenvolvimento Sustentável e a integrar o desenvolvimento sustentável mais ativamente na educação para além da Década das Nações Unidas da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (2005-2014)”.
Oportunidade	Inserir temas de desenvolvimento sustentável no ensino da química verde e vice-versa.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Educação #4	"Nós solicitamos que as instituições educacionais adotem boas práticas e promovam a participação ativa de todos os estudantes, professores e o restante de seu pessoal, seus parceiros locais e outras partes interessadas de modo a darem exemplo de sustentabilidade em seus campus e em suas comunidades. Nós encorajamos as instituições de ensino a ensinar desenvolvimento sustentável como um componente de integração entre disciplinas".
Oportunidade	Inserir temas de desenvolvimento sustentável no ensino da Química e Química Verde e vice-versa.
Educação #5	"Nós realçamos a importância de suportar instituições educacionais, especialmente instituições de nível superior em países em desenvolvimento, a realizar pesquisa e inovação para o desenvolvimento sustentável, incluindo no campo da educação, a desenvolver programas inovadores e de qualidade, incluindo empreendedorismo e treinamento para capacitação empresarial, profissional, técnico, treinamento vocacional e treinamento continuado, destinado a eliminar lacunas de habilidade profissional para levar a cabo objetivos nacionais de desenvolvimento sustentável".
Oportunidade	Inserir temas de desenvolvimento sustentável no ensino, pesquisa e inovação em química verde e vice-versa.
Clima #1	"[...] Nós reafirmamos que a mudança climática é um dos maiores desafios de nosso tempo, e nós expressamos profundo alarme que as emissões de gases de efeito estufa continuem a subir globalmente [...]"
Oportunidade	Usar e apresentar a Química Verde como instrumento de apoio na redução das emissões de gases de efeito estufa.
Tecnologia #1	"Nós reforçamos a importância do acesso por todos os países, particularmente os em desenvolvimento a tecnologias ambientalmente adequadas, novos conhecimentos, know-how, e perícia, e a importância de ação cooperativa e voluntária no desenvolvimento e transferência em termos e condições mutuamente aceitas destas tecnologias/atividades de pesquisa para o desenvolvimento de soluções sustentáveis. Nós concordamos em explorar modalidades para o melhor acesso a tecnologias ambientalmente adequadas aos países em desenvolvimento, ao mesmo tempo em que provemos incentivos e removemos desincentivos a inovadores, incluindo inovadores em países em desenvolvimento, de modo a promover pesquisa e desenvolvimento]. Neste sentido, nós buscaremos novas flexibilizações no regime de proteção intelectual".
Oportunidade	Promover a Química Verde como ferramenta para desenvolver tecnologias ambientalmente adequadas no Brasil, de modo cooperativo.
Tecnologia #2	"Nós ressaltamos a necessidade de ambientes que permitam o desenvolvimento, adaptação e disseminação/transferência voluntária de tecnologias sustentáveis/ambientalmente válidas em termos mutuamente acordados. Neste contexto, nós destacamos o papel dos investimentos estrangeiros diretos e do comércio internacional na transferência de algumas tecnologias ambientalmente válidas. Nós engajamos nossos países na cooperação internacional para promover investimentos em ciência, inovação e tecnologia para o desenvolvimento sustentável".
Oportunidade	Promover a Química Verde como ferramenta para desenvolver tecnologias ambientalmente válidas no Brasil, usando-a para atrair investimentos e cooperação internacionais em ciência, inovação e tecnologia.
Tecnologia #3	"Nós reconhecemos a importância de fortalecer a capacitação científica e tecnológica nacionais, incluindo nos países em desenvolvimento, para/que possa ajudar o desenvolvimento sustentável. Países em desenvolvimento deveriam ser capacitados para desenvolver suas próprias soluções inovadoras para o desenvolvimento sustentável, tecnologias ambientalmente válidas e pesquisa científica com o suporte da comunidade internacional. Para este fim, nós suportamos a construção de capacidade científica e tecnológica, incluindo homens e mulheres como contribuintes e beneficiários, por meio da colaboração entre instituições de pesquisa, universidades, o setor privado, governos, organizações não governamentais e cientistas de países desenvolvidos e em desenvolvimento".

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Oportunidade	Garantir o reconhecimento da importância da Química Verde como fonte de desenvolvimento científico e tecnológico em um contexto de desenvolvimento sustentável, para permitir melhorar a colaboração entre instituições de pesquisa, universidades, o setor privado, governos, organizações não governamentais e cientistas.
Tecnologia #4	“Nós afirmamos que deve ser considerado o papel da proteção de patentes e dos direitos de propriedade intelectual ao mesmo tempo que examinado seu impacto no acesso e à transferência de tecnologias ambientalmente válidas, em particular para países em desenvolvimento, bem como para continuar eficientemente o conceito do acesso assegurado aos países em desenvolvimento de tecnologias ambientalmente válidas em sua relação com os direitos de propriedade intelectual de modo a desenvolver respostas efetivas às necessidades dos países em desenvolvimento nesta área”.
Oportunidade	Enfatizar a necessidade de proteger os direitos de propriedade intelectual relacionados à pesquisa e ao desenvolvimento de tecnologia em Química Verde no Brasil.
Tecnologia #5	“Nós requisitamos que os fóruns competentes no sistema da ONU identifiquem opções para um mecanismo apropriado para facilitar a disseminação de tecnologias mais limpas para países em desenvolvimento, consistentemente com sistemas existentes de proteção de patentes e convidamos ao Secretário-Geral a reportar para o UNGA67 sobre as opções existentes. Nós resolvemos estabelecer um mecanismo internacional sob a Assembleia Geral para promover implementação e monitorar ações concretas, suportadas por contribuições estáveis, adequadas e previsíveis e focadas e reduzir a lacuna tecnológica entre países desenvolvidos e em desenvolvimento e a facilitar a transferência de tecnologias em desenvolvimento sustentável e a fortalecer a capacitação nacional, o entendimento científico e a avaliação tecnológica em países em desenvolvimento”.
Oportunidade	Promover o intercâmbio e a disseminação da Química Verde entre os países em desenvolvimento de interesse do Brasil, suportados por contribuições financeiras internacionais.
Tecnologia #8	“Nós damos as boas vindas aos esforços feitos por governos e outras partes interessadas para [fazer/ suportar] pesquisa básica e aplicada que contribua para o desenvolvimento sustentável e encoraje maiores laços e cooperação para promover esses esforços. Nós [concordamos em aprimorar/ suportar] pesquisa colaborativa internacional para tratar de desafios globais por meio de soluções que sejam [acessíveis para/apropriadas para] países em desenvolvimento, particularmente os menos desenvolvidos (LDCs), incluindo tecnologias ambientalmente válidas. Nós reconhecemos o trabalho dos centros de transferência tecnológica existentes, e encorajamos o estabelecimento e formação de redes envolvendo tais centros em países em desenvolvimento. Nós também encorajamos os líderes tecnológicos mundiais, tanto públicos como privados, a aumentar sua participação como parceiros em parques tecnológicos e centros de inovação ao redor do mundo”.
Oportunidade	Fortalecer ou criar centros e redes de Química Verde, dedicados à transferência de tecnologia e à inovação.
Capacitação #1	“Nós realçamos a necessidade de melhor desenvolvimento de capacitação para o desenvolvimento sustentável e, neste sentido, conclamamos o fortalecimento de cooperação científica e tecnológica Norte-Sul, Sul-Sul e triangular. Nós reiteramos a importância do desenvolvimento de recursos humanos incluindo treinamento, troca de experiências e conhecimento, transferência de conhecimento e assistência técnica para o desenvolvimento de capacitação, que envolve fortalecer a capacidade institucional, incluindo a capacidade para o planejamento, gestão e monitoramento”.
Oportunidade	Melhorar a capacitação nacional para a Química Verde.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Capacitação #4	“Nós convidamos todas as agências relevantes do sistema das Nações Unidas e outras agências internacionais relevantes a suportar países em desenvolvimento e, em particular, os países menos desenvolvidos, em desenvolvimento de capacitação e desenvolvimento para desenvolver economias inclusivas e eficientes no uso de recursos naturais, incluindo por meio de: (a) Compartilhando práticas sustentáveis em vários setores econômicos; (b) Disseminando várias ferramentas para compilar ou executar inventários de recursos naturais e a desenvolver sistemas de gestão para uso sustentável de recursos; (c) Aprimorando conhecimento e capacidade para integrar a redução no risco de desastres e a resiliência nos planos de desenvolvimento; (d) Suportar cooperação [Norte-Sul], Sul-Sul e triangular para a transição para uma economia eficiente no uso de recursos naturais; (e) Promover parcerias público-privadas”.
Oportunidade	Apresentar a Química Verde e as redes de Química Verde como ferramentas para desenvolver economias eficientes no uso de recursos naturais.

3.2.2. Visões específicas por princípio da Química Verde

Os Quadros 3 a 14 apresentam as visões específicas por princípio da Química Verde, em um total de 12 visões. A exemplo da visão geral, identificou-se por parágrafo uma oportunidade para formulação de políticas públicas, ações ou estudos posteriores.

Quadro 3. Química Verde na minuta do documento “*O Futuro que Queremos*”: visão segundo o Princípio #1

Princípio #1 - Economia de átomos: Métodos sintéticos deveriam ser projetados buscando maximizar a incorporação de todos os materiais usados dentro do produto final

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Químicos #6	“Nós reconhecemos a importância de adotar uma abordagem de ciclo de vida e posterior desenvolvimento e implementação de políticas para a eficiência do uso de recursos naturais e gestão adequada de resíduos. [Desta forma, nós nos comprometemos a continuar a reduzir, reutilizar e reciclar resíduos (3Rs), bem como a aumentar a recuperação de energia a partir de resíduos e a encorajar a redução de aterros de modo a que por volta do ano 2030, a maioria dos resíduos sejam gerenciados como recurso. Em 2030 o nível de aterros deveria ser significativamente reduzido]. Resíduos sólidos, tais como resíduos eletrônicos e plásticos, representam desafios em particular, que deveriam ser trabalhados. Nós clamamos pelo desenvolvimento e cumprimento de políticas, estratégias, leis e regulamentos nacionais e locais abrangentes”.
Oportunidade	Promover a Química Verde como alternativa para desenvolver alternativas para reduzir a geração de resíduos e promover seu reuso e reciclagem.
Cidades #2	“[...] Nós suportamos a urbanização sustentável, incluindo o desenvolvimento de edifícios e infraestrutura resilientes, e eficientes no uso de energia e de água. Nós ainda suportamos a gestão sustentável de resíduos por meio da aplicação dos 3Rs (reduzir, reutilizar e reciclar), e realçamos a importância de considerar plenamente a redução no risco de desastres e a resiliência [e riscos climáticos] no planejamento urbano. [...]”

Princípio #1 - Economia de átomos: Métodos sintéticos deveriam ser projetados buscando maximizar a incorporação de todos os materiais usados dentro do produto final

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Oportunidade	Usar a prevenção de resíduos proveniente da Química Verde para reduzir a geração de resíduos sólidos urbanos.
Oceanos #7	"Nós tomamos nota com receios que a saúde dos oceanos e da biodiversidade marinha esteja negativamente afetada pela poluição marinha, incluindo lixo marinho, poluentes orgânicos persistentes, metais pesados, e compostos nitrogenados provenientes de um sem número de fontes marítimas e terrestres, incluindo descargas marítimas e terrestres. Nos comprometemos a tomar ações para reduzir a incidência e impactos de tal poluição nos ecossistemas marinhos. [...]"
Oportunidade	Usar a prevenção da geração de resíduos resultante da aplicação de produtos e processos baseados em Química Verde para reduzir impactos da poluição nos oceanos.

Quadro 4. Química Verde na minuta do documento *"O Futuro que Queremos"*: visão segundo o Princípio #2

Princípio #2 - Economia de átomos: Métodos sintéticos deveriam ser projetados buscando maximizar a incorporação de todos os materiais usados dentro do produto final.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Químicos #6	"Nós reconhecemos a importância de adotar uma abordagem de ciclo de vida e posterior desenvolvimento e implementação de políticas para a eficiência do uso de recursos naturais e gestão adequada de resíduos. [Desta forma, nós nos comprometemos a continuar a reduzir, reutilizar e reciclar resíduos (3Rs), bem como a aumentar a recuperação de energia a partir de resíduos e a encorajar a redução de aterros de modo a que por volta do ano 2030, a maioria dos resíduos sejam gerenciados como recurso. Em 2030 o nível de aterros deveria ser significativamente reduzido]. Resíduos sólidos, tais como resíduos eletrônicos e plásticos, representam desafios em particular, que deveriam ser trabalhados. Nós clamamos pelo desenvolvimento e cumprimento de políticas, estratégias, leis e regulamentos nacionais e locais abrangentes".
Oportunidade	Promover a economia de átomos como estratégia para reduzir resíduos e maximizar a eficiência no uso de recursos naturais.
Padrões sustentáveis de consumo e produção (SCP) #3	"Nós conclamamos pelo fim de práticas insustentáveis e geradoras de desperdícios no uso e extração de recursos naturais. [Nós nos comprometemos a significativamente melhorar a eficiência global no uso de recursos naturais, medida pela razão entre o PIB e o consumo nacional de materiais ou outros indicadores internacionalmente acordados]. Nós pretendemos melhorar a eficiência no uso de recursos naturais em setores econômicos relevantes por meio da implementação acelerada e ampliada de melhores práticas e técnicas, e nos [comprometemos/propomos] a continuar o desenvolvimento de cooperação internacional neste sentido [, incluindo melhor desenvolvimento de capacitação e assistência técnica a países em desenvolvimento]".
Oportunidade	Promover a economia de átomos como estratégia para maximizar a eficiência no uso de recursos naturais em setores econômicos relevantes, por meio da implementação acelerada e ampliada de melhores práticas e técnicas.

Princípio #2 - Economia de átomos: Métodos sintéticos deveriam ser projetados buscando maximizar a incorporação de todos os materiais usados dentro do produto final.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Químicos #9	"Nós reconhecemos a importância das avaliações de risco baseadas em ciência relacionadas aos riscos criados por substâncias químicas aos seres humanos e ao ambiente e de reduzir a exposição humana a substâncias químicas perigosas. Nós encorajamos o desenvolvimento de alternativas ambientalmente válidas e mais seguras a substâncias perigosas em produtos e processos. Neste sentido, encorajamos análises de ciclo de vida, informação pública, responsabilidade estendida do produtor, pesquisa e desenvolvimento, design sustentável e troca de experiências, como for mais apropriado".
Oportunidade	Promover a Química Verde como ferramenta para desenvolver alternativas mais seguras para substâncias químicas perigosas em processos e produtos/artigos.
Tecnologia #9	"Nós reconhecemos a importância de fortalecer a capacidade internacional, regional e nacional em [pesquisa e] avaliação tecnologia [e onde necessário, sistemas legais], especialmente tendo em vista o rápido desenvolvimento e possível uso de novas tecnologias que possam também ter impactos negativos não previstos, em particular sobre a biodiversidade e à saúde, ou outras consequências não imaginadas".
Oportunidade	Fortalecer a capacidade nacional em Química Verde para avaliação de novas tecnologias, tais quais as nano e biotecnologias.

Quadro 5. Química Verde na minuta do documento "O Futuro que Queremos": visão segundo o Princípio #3

Princípio #3 - Sínteses químicas menos perigosas: Sempre que praticável, metodologias sintéticas deveriam ser projetadas para usar e gerar substâncias que possuam pequena ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao meio ambiente.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Químicos#9	"Nós reconhecemos a importância das avaliações de risco baseadas em ciência relacionadas aos riscos criados por substâncias químicas aos seres humanos e ao ambiente e de reduzir a exposição humana a substâncias químicas perigosas. Nós encorajamos o desenvolvimento de alternativas ambientalmente válidas e mais seguras a substâncias perigosas em produtos e processos. Neste sentido, encorajamos, inter alia, análises de ciclo de vida, informação pública, responsabilidade estendida do produtor, pesquisa e desenvolvimento, design sustentável e troca de experiências, como for mais apropriado".
Oportunidade	Promover a química verde como ferramenta para desenvolver alternativas mais seguras para substâncias químicas perigosas em processos e produtos/artigos.
Tecnologia #9	"Nós reconhecemos a importância de fortalecer a capacidade internacional, regional e nacional em [pesquisa e] avaliação tecnologia [e onde necessário, sistemas legais], especialmente tendo em vista o rápido desenvolvimento e possível uso de novas tecnologias que possam também ter impactos negativos não previstos, em particular sobre a biodiversidade e à saúde, ou outras consequências não imaginadas".
Oportunidade	Fortalecer a capacidade nacional em química verde para avaliação de novas tecnologias, tais quais as nano e biotecnologias.

Quadro 6. Química Verde na minuta do documento “O Futuro que Queremos”: visão segundo o Princípio #4

Princípio #4 - Projetar substâncias químicas mais seguras: produtos químicos deveriam ser projetados para preservar sua eficácia ou função, enquanto reduzem a toxicidade.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Químicos #9	“Nós reconhecemos a importância das avaliações de risco baseadas em ciência relacionadas aos riscos criados por substâncias químicas aos seres humanos e ao ambiente e de reduzir a exposição humana a substâncias químicas perigosas. Nós encorajamos o desenvolvimento de alternativas ambientalmente válidas e mais seguras a substâncias perigosas em produtos e processos. Neste sentido, encorajamos análises de ciclo de vida, informação pública, responsabilidade estendida do produtor, pesquisa e desenvolvimento, design sustentável e troca de experiências, como for mais apropriado”.
Oportunidade	Promover a Química Verde como ferramenta para desenvolver alternativas mais seguras para substâncias químicas perigosas em processos e produtos/artigos.
Água #4	“Nós [nos comprometemos/reconhecemos a necessidade] de adotar medidas, de acordo com legislações nacionais e estruturas de planejamento, para melhorar a qualidade da água, significativamente reduzir a poluição das águas de fontes domésticas, industriais e agrícolas, e a proteger ecossistemas aquáticos, [como o propósito de reduzir doenças originárias da água, erradicar a pobreza e promover a proteção ambiental]. Nos comprometemos a melhorar significativamente o tratamento de águas residuais e a promover o uso sustentável de águas de reuso como recurso e onde apropriado, outras fontes não convencionais de água, tal como água dessalinizada. Nos comprometemos [em 2030] a significativamente melhorar a eficiência no uso de água, particularmente em edifícios, sistemas de fornecimento, processos agrícolas e industriais, e na produção de energia, por meio de indicadores e planos de eficiência no uso de água, tratando tanto o suprimento como a demanda [com o propósito de reduzir significativamente a percentagens de bacias fluviais que estão em situação de estresse”.
Oportunidade	Projetar produtos químicos mais limpos e seguros para melhorar a qualidade da água, aumentar sua disponibilidade (principalmente em áreas pobres), melhorar o tratamento de efluentes e reduzir a poluição das águas.
Transporte #2	“Nós suportamos o desenvolvimento de sistemas de transporte sustentáveis, incluindo sistemas de transporte multimodal energeticamente eficientes, notadamente sistemas públicos de transporte de massa, veículos que trafegam com combustíveis limpos, bem como sistemas melhorados em áreas rurais. [...]”.
Oportunidade	Projetar produtos químicos mais limpos e seguros que sejam componentes de combustíveis limpos e veículos de transporte eficientes.
Oceanos #7	“Nós tomamos nota com receios que a saúde dos oceanos e da biodiversidade marinha estejam negativamente afetadas pela poluição marinha, incluindo lixo marinho, poluentes orgânicos persistentes, metais pesados, e compostos nitrogenados provenientes de um sem número de fontes marítimas e terrestres, incluindo descargas marítimas e terrestres. Nós nos comprometemos a tomar ações para reduzir a incidência e impactos de tal poluição nos ecossistemas marinhos. [...]”
Oportunidade	Projetar produtos químicos mais limpos e seguros que reduzam os impactos da poluição nos oceanos.
Tecnologia #9	“Nós reconhecemos a importância de fortalecer a capacidade internacional, regional e nacional em [pesquisa e] avaliação tecnologia [e onde necessário, sistemas legais], especialmente tendo em vista o rápido desenvolvimento e possível uso de novas tecnologias que possam também ter impactos negativos não previstos, em particular sobre a biodiversidade e à saúde, ou outras consequências não imaginadas”.

Princípio #4 - Projetar substâncias químicas mais seguras: produtos químicos deveriam ser projetados para preservar sua eficácia ou função, enquanto reduzem a toxicidade.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Oportunidade	Fortalecer a capacidade nacional em Química Verde para a avaliação de novas tecnologias, tais como as nanotecnologias e biotecnologias.

Quadro 7. Química Verde na minuta do documento “O Futuro que Queremos”: visão segundo o Princípio #5

Princípio #5 - Solventes e auxiliares mais seguros: o uso de substâncias auxiliares (p.ex. solventes, agentes de separação, etc.) deveria ser tornado desnecessário, sempre que possível, e inócuos, quando usados.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Químicos #9	“Nós reconhecemos a importância das avaliações de risco baseadas em ciência relacionadas aos riscos criados por substâncias químicas aos seres humanos e ao ambiente e de reduzir a exposição humana a substâncias químicas perigosas. Nós encorajamos o desenvolvimento de alternativas ambientalmente válidas e mais seguras a substâncias perigosas em produtos e processos. Neste sentido, encorajamos análises de ciclo de vida, informação pública, responsabilidade estendida do produtor, pesquisa e desenvolvimento, design sustentável e troca de experiências, como for mais apropriado”.
Oportunidade	Promover a estratégia de diminuição no uso de auxiliares ou de usar alternativas mais limpas e seguras de modo a reduzir a exposição a substâncias químicas perigosas.

Quadro 8. Química Verde na minuta do documento “O Futuro que Queremos”: visão segundo o Princípio #6

Princípio #6 - Projeto para eficiência energética: os requisitos energéticos deveriam ser reconhecidos por seus impactos ambientais e econômicos e deveriam ser minimizados. Processos sintéticos deveriam ser conduzidos à temperatura e pressão ambientes.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Químicos #6	“Nós reconhecemos a importância de adotar uma abordagem de ciclo de vida e posterior desenvolvimento e implementação de políticas para a eficiência do uso de recursos naturais e gestão adequada de resíduos. [Desta forma, nós nos comprometemos a continuar a reduzir, reutilizar e reciclar resíduos (3Rs), bem como a aumentar a recuperação de energia a partir de resíduos e a encorajar a redução de aterros de modo a que por volta do ano 2030, a maioria dos resíduos sejam gerenciados como recurso. Em 2030 o nível de aterros deveria ser significativamente reduzido]. Resíduos sólidos, tais como resíduos eletrônicos e plásticos, representam desafios em particular, que deveriam ser trabalhados. Nós clamamos pelo desenvolvimento e cumprimento de políticas, estratégias, leis e regulamentos nacionais e locais abrangentes”.
Oportunidade	Usar recuperação energética a partir de resíduos como estratégia para aumentar a eficiência energética em processos baseados em Química Verde.

Princípio #6 - Projeto para eficiência energética: os requisitos energéticos deveriam ser reconhecidos por seus impactos ambientais e econômicos e deveriam ser minimizados. Processos sintéticos deveriam ser conduzidos à temperatura e pressão ambientes.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Água #4	“Nós [nos comprometemos/reconhecemos a necessidade] de adotar medidas, de acordo com legislações nacionais e estruturas de planejamento, para melhorar a qualidade da água, significativamente reduzir a poluição das águas de fontes domésticas, industriais e agrícolas, e a proteger ecossistemas aquáticos, como o propósito de reduzir doenças originárias da água, erradicar a pobreza e promover a proteção ambiental. Comprometemo-nos a significativamente melhorar o tratamento de águas residuárias e a promover o uso sustentável de águas de reuso como recurso e onde apropriado, outras fontes não convencionais de água, tal como água dessalinizada. Comprometemo-nos [em 2030] a significativamente melhorar a eficiência no uso de água, particularmente em edifícios, sistemas de fornecimento, processos agrícolas e industriais, e na produção de energia, por meio de indicadores e planos de eficiência no uso de água, tratando tanto o suprimento como a demanda com o propósito de reduzir significativamente a percentagens de bacias fluviais que estão em situação de estresse”.
Oportunidade	Usar a eficiência energética em processo de Química Verde para reduzir perdas de água na produção e uso de produtos químicos.
Energia #3	“Nós reafirmamos o suporte para a implementação de/ a aspiração de implementar políticas nacionais e sub nacionais e estratégias de baixa emissão baseadas em circunstâncias e aspirações de desenvolvimento nacionais, usando um mistura apropriada de alternativas energéticas para permitir atender às necessidades de desenvolvimento, incluindo pelo aumento do uso de fontes de energia renováveis [incluindo hidroelectricidade] e outras tecnologias [seguras e sustentáveis] de baixa emissão, o uso mais eficiente de energia, maior confiança em tecnologias energéticas [avançadas/sustentáveis] [incluindo tecnologias mais limpas baseadas em uso de combustíveis fósseis, e o uso sustentável de recursos energéticos tradicionais]”.
Oportunidade	Melhorar a eficiência energética na produção e uso de produtos químicos de modo a dar suporte à aspiração de fornecer energia para todos e reduzir a dependência de combustíveis fósseis.
Energia #4	“[Nós reconhecemos a importância de melhorar a eficiência energética e aumentar a parcela de energias renováveis]. Nós também reconhecemos a importância de tecnologias energéticas mais limpas e eficientes para responder às mudanças climáticas [e de atingir o objetivo de limitar [o aumento da] temperatura média global [abaixo de 2 graus Celsius do acima dos níveis pré-industriais] [levando em consideração o princípio das responsabilidades comuns porém diferenciadas e [as responsabilidades históricas/e respectivas capacidades]. Nós também reconhecemos a necessidade de medidas de eficiência energética no planejamento urbano, no transporte, na produção de bens e serviços e no projeto de produtos. Nós também reconhecemos a importância de promover incentivos a favor de, e de remover desincentivos a, eficiência energética e à diversificação das fontes de energia, incluindo a promoção de pesquisas [tecnológicas] e desenvolvimento em [todos os países, incluindo] países em desenvolvimento”.
Oportunidade	Promover e usar a Química Verde como ferramenta no projeto de processos e produtos mais eficientes energeticamente, em especial naqueles com maior potencial de ganhos.

Quadro 9. Química Verde na minuta do documento “*O Futuro que Queremos*”: visão segundo o Princípio #7

Princípio #7- Uso de matérias primas renováveis: uma matéria prima ou recurso deveria ser renovável sempre que técnica e economicamente viável.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Químicos #6	“Nós reconhecemos a importância de adotar uma abordagem de ciclo de vida e posterior desenvolvimento e implementação de políticas para a eficiência do uso de recursos naturais e gestão adequada de resíduos. [Desta forma, nós nos comprometemos a continuar a reduzir, reutilizar e reciclar resíduos (3Rs), bem como a aumentar a recuperação de energia a partir de resíduos e a encorajar a redução de aterros de modo a que por volta do ano 2030, a maioria dos resíduos sejam gerenciados como recurso. Em 2030 o nível de aterros deveria ser significativamente reduzido]. Resíduos sólidos, tais como resíduos eletrônicos e plásticos, representam desafios em particular, que deveriam ser trabalhados. Nós clamamos pelo desenvolvimento e cumprimento de políticas, estratégias, leis e regulamentos nacionais e locais abrangentes”.
Oportunidade	Promover a eficiência no uso de recursos por meio do uso de resíduos de fontes renováveis como matérias primas.
Padrões sustentáveis de consumo e produção (SCP) #3	“Nós conclamamos pelo fim de práticas insustentáveis e geradoras de desperdícios no uso e extração de recursos naturais. [Nós nos comprometemos a significativamente melhorar a eficiência global no uso de recursos naturais, medida pela razão entre o PIB e o consumo nacional de materiais ou outros indicadores internacionalmente acordados]. Nós pretendemos melhorar a eficiência no uso de recursos naturais em setores econômicos relevantes por meio da implementação acelerada e ampliada de melhores práticas e técnicas, e nós [comprometemos/propomos] a continuar o desenvolvimento de cooperação internacional neste sentido [incluindo melhor desenvolvimento de capacitação e assistência técnica a países em desenvolvimento]”.
Oportunidade	Promover o uso de matérias primas renováveis com estratégia para reduzir a extração de recursos naturais não renováveis e melhorar a eficiência no uso de recursos em setores econômicos relevantes, por meio de uso de melhores práticas e técnicas em pesquisa e desenvolvimento tecnológico, incluindo escalonamento de processos.
Biodiversidade #5	“Nós suportamos a ideia de dar importância central à consideração dos impactos e benefícios da conservação e uso sustentável da biodiversidade e de seus componentes, bem como dos [ecossistemas/serviços dos ecossistemas], levando-a para dentro de programas e políticas em todos os níveis, de acordo com as legislações nacionais, circunstâncias e prioridades. Nós encorajamos investimentos, por meio de incentivos e políticas adequadas, que suportem a conservação e uso sustentável [e restauração] da diversidade biológica e ecossistemas, de modo consistente e em harmonia com a Convenção de Biodiversidade e outras obrigações internacionais relevantes”.
Oportunidade	Promover o uso adequado de matérias primas renováveis para produção de substâncias químicas via Química Verde.
Florestas #1	“Nós destacamos os benefícios sociais, econômicos e ambientais das florestas às pessoas e as contribuições da gestão sustentável das florestas aos temas e objetivos da Conferência. Nós suportamos políticas intersetoriais e interinstitucionais que promovam a gestão sustentável de florestas. Reafirmamos que o amplo espectro de produtos e serviços que [florestas/ecossistemas florestais] provêm cria oportunidades para resolver muitos dos desafios mais prementes para o desenvolvimento sustentável. Nós conclamamos por mais esforços para conseguir a gestão sustentável das florestas, reflorestamento e florestação, e nós suportamos todos os esforços para efetivamente diminuir, paralisar e reverter o desmatamento e a degradação florestal”.

Princípio #7- Uso de matérias primas renováveis: uma matéria prima ou recurso deveria ser renovável sempre que técnica e economicamente viável.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Oportunidade	Integrar o uso de matérias primas renováveis e gestão sustentável de florestas de modo a permitir o desenvolvimento de novas alternativas para produção de substâncias químicas por meio da Química Verde.

Quadro 10. Química Verde na minuta do documento “*O Futuro que Queremos*”: visão segundo o Princípio #8

Princípio #8 - Reduzir derivados: derivação desnecessária (grupos bloqueadores, proteção/desproteção, modificação temporária) deveria ser evitada sempre que possível.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Químicos #6	“Nós reconhecemos a importância de adotar uma abordagem de ciclo de vida e posterior desenvolvimento e implementação de políticas para a eficiência do uso de recursos naturais e gestão adequada de resíduos. [Desta forma, nós nos comprometemos a continuar a reduzir, reutilizar e reciclar resíduos (3Rs), bem como a aumentar a recuperação de energia a partir de resíduos e a encorajar a redução de aterros de modo a que por volta do ano 2030, a maioria dos resíduos sejam gerenciados como recurso. Em 2030 o nível de aterros deveria ser significativamente reduzido]. Resíduos sólidos, tais como resíduos eletrônicos e plásticos, representam desafios em particular, que deveriam ser trabalhados. Nós clamamos pelo desenvolvimento e cumprimento de políticas, estratégias, leis e regulamentos nacionais e locais abrangentes”.
Oportunidade	Promover a estratégia de reduzir derivados como forma de aumentar a eficiência no uso de recursos.

Quadro 11. Química Verde na minuta do documento “*O Futuro que Queremos*”: visão segundo o Princípio #9

Princípio #9 - Catálise: reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são superiores a reagentes estequiométricos.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Químicos #6	“Nós reconhecemos a importância de adotar uma abordagem de ciclo de vida e posterior desenvolvimento e implementação de políticas para a eficiência do uso de recursos naturais e gestão adequada de resíduos. [Desta forma, nós nos comprometemos a continuar a reduzir, reutilizar e reciclar resíduos (3Rs), bem como a aumentar a recuperação de energia a partir de resíduos e a encorajar a redução de aterros de modo a que por volta do ano 2030, a maioria dos resíduos sejam gerenciados como recurso. Em 2030 o nível de aterros deveria ser significativamente reduzido]. Resíduos sólidos, tais como resíduos eletrônicos e plásticos, representam desafios em particular, que deveriam ser trabalhados. Nós clamamos pelo desenvolvimento e cumprimento de políticas, estratégias, leis e regulamentos nacionais e locais abrangentes”.

Princípio #9 - Catálise: reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são superiores a reagentes estequiométricos.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Oportunidade	Usar catalisadores para aumentar a eficiência no uso de recursos naturais.

Quadro 12. Química Verde na minuta do documento “*O Futuro que Queremos*”: visão segundo o Princípio #10

Princípio #10 - Projeto para degradação: produtos químicos deveriam ser projetados para que ao final de sua vida útil eles não persistam no ambiente e se degradem em produtos inócuos.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Químicos #6	“Nós reconhecemos a importância de adotar uma abordagem de ciclo de vida e posterior desenvolvimento e implementação de políticas para a eficiência do uso de recursos naturais e gestão adequada de resíduos. [Desta forma, nós nos comprometemos a continuar a reduzir, reutilizar e reciclar resíduos (3Rs), bem como a aumentar a recuperação de energia a partir de resíduos e a encorajar a redução de aterros de modo a que por volta do ano 2030, a maioria dos resíduos sejam gerenciados como recurso. Em 2030 o nível de aterros deveria ser significativamente reduzido]. Resíduos sólidos, tais como resíduos eletrônicos e plásticos, representam desafios em particular, que deveriam ser trabalhados. Nós clamamos pelo desenvolvimento e cumprimento de políticas, estratégias, leis e regulamentos nacionais e locais abrangentes”.
Oportunidade	Usar a degradação como forma de reduzir aterros e volumes de resíduos, quando viável e tecnicamente adequado.
Químicos #9	“Nós reconhecemos a importância das avaliações de risco baseadas em ciência relacionadas aos riscos criados por substâncias químicas aos seres humanos e ao ambiente e de reduzir a exposição humana a substâncias químicas perigosas. Nós encorajamos o desenvolvimento de alternativas ambientalmente válidas e mais seguras a substâncias perigosas em produtos e processos. Neste sentido, encorajamos análises de ciclo de vida, informação pública, responsabilidade estendida do produtor, pesquisa e desenvolvimento, design sustentável e troca de experiências, como for mais apropriado”.
Oportunidade	Promover a Química Verde como ferramenta para pesquisa, desenvolvimento e projeto de alternativas mais seguras e ambientalmente adequadas.

Quadro 13. Química Verde na minuta do documento “*O Futuro que Queremos*”: visão segundo o Princípio #11

Princípio #11 - Análise em tempo real para a prevenção de poluição: metodologias analíticas necessitam ser aprimoradas para permitir monitoramento e controle de processos em tempo real, antes da formação de substâncias perigosas indesejadas.

Parágrafo	Texto e oportunidade identificada para Química Verde
Químicos #9	“Nós reconhecemos a importância das avaliações de risco baseadas em ciência relacionadas aos riscos criados por substâncias químicas aos seres humanos e ao ambiente e de reduzir a exposição humana a substâncias químicas perigosas. Nós encorajamos o desenvolvimento de alternativas ambientalmente válidas e mais seguras a substâncias perigosas em produtos e processos. Neste sentido, encorajamos análises de ciclo de vida, informação pública, responsabilidade estendida do produtor, pesquisa e desenvolvimento, design sustentável e troca de experiências, como for mais apropriado”.
Oportunidade	Promover a estratégia de monitoramento aperfeiçoado dos processos para evitar a formação de substâncias perigosas não desejadas.

Quadro 14. Química Verde na minuta do documento “*O Futuro que Queremos*”: visão segundo o Princípio #12

Princípio #12 - Química inerentemente segura para a prevenção de acidentes: substâncias e a forma das substâncias usadas em um processo químico deveriam ser escolhidas de modo a minimizar o potencial para acidentes químicos, incluindo emissões, exposições e incêndios.

Parágrafo	Texto
Químicos #9	“Nós reconhecemos a importância das avaliações de risco baseadas em ciência relacionadas aos riscos criados por substâncias químicas aos seres humanos e ao ambiente e de reduzir a exposição humana a substâncias químicas perigosas. Nós encorajamos o desenvolvimento de alternativas ambientalmente válidas e mais seguras a substâncias perigosas em produtos e processos. Neste sentido, encorajamos análises de ciclo de vida, informação pública, responsabilidade estendida do produtor, pesquisa e desenvolvimento, design sustentável e troca de experiências, como for mais apropriado”.
Oportunidade	Promover a estratégia de usar substâncias químicas inerentemente seguras para reduzir o risco de grandes acidentes industriais e a exposição a produtos químicos resultante de acidentes químicos.

Como pode ser constatado nos Quadros 3 a 14, foi possível identificar inúmeras interfaces entre os temas da Química Verde e tópicos que integram a minuta do documento “*O Futuro que Queremos*”. As oportunidades aqui mencionadas foram ilustradas durante a apresentação com exemplos como a redução de uso de produtos químicos perigosos, a economia de energia na indústria química e o gerenciamento integrado de resíduos. As conclusões referentes a esse tema encontram-se sintetizadas na Seção 8 do presente documento.

4. Química Verde como oportunidade de inovação e competitividade na indústria química

Discutiu-se nesse tema o papel da Química Verde como oportunidade de inovação e competitividade na indústria química, ilustrando-se com o caso da empresa DSM – objeto de uma das palestras. Enfatizou-se nas duas apresentações a construção de uma nova indústria – a indústria de biocombustíveis e bioprodutos ou bioindústria – cuja conformação é bastante diferente da indústria hoje existente. A abordagem explorada nas palestras considera que a construção da indústria baseada em biomassa deve ser entendida como um processo de inovação e que diversos fatores podem ser vistos como determinantes do interesse crescente pela utilização de matérias primas renováveis pela indústria de processo.

Esses fatores sugerem que as inovações baseadas no desenvolvimento de bioprocessos e bioprodutos possam vir a ter um peso importante na indústria no decorrer do século 21. Citam-se como fatores de maior peso: (i) o potencial da biologia industrial; (ii) as restrições ambientais ao uso de matérias primas fósseis; (iii) a orientação das estratégias empresariais; e (iv) a perspectiva da inovação tecnológica como saída de crise.

A seguir, sintetizam-se os tópicos principais abordados nesse tema: (i) bioindústria, bioeconomia e Química Verde; (ii) Química Verde como oportunidade de inovação e competitividade na indústria química: a construção da bioindústria; (iii) Bioprocessos e bioprodutos: variedade de alternativas e natureza das inovações; e (iv) Estratégias das empresas e novos modelos de negócio.

4.1. Bioindústria, Bioeconomia e Química Verde

Inicialmente, apresentaram-se os conceitos de bioindústria e bioeconomia, para em seguida, alinhá-los aos princípios da Química Verde.

A bioindústria promete ser uma das maiores do planeta nas próximas décadas. O conhecimento científico, pesquisas e desenvolvimento tecnológico se agregarão e convergirão para o desenvolvimento sustentável, especialmente nas áreas de química, energia, alimentação e agricultura, farmacêutica e saúde, informação e meio ambiente.

Agrega-se ao universo de empresas de biociências, ou ciências da vida, aquelas cujos produtos e serviços são frutos dos avanços recentes do conhecimento sobre processos e sistemas biológicos. Entre elas, se destacam: serviços de validação de novos medicamentos (ensaios pré-clínicos e clínicos) e desenvolvimento de dispositivos médicos de última geração. Essas empresas são

representantes da bioindústria, que surge e avança velozmente rumo à economia mundial do futuro, já denominada por alguns estudiosos como bioeconomia.

Segundo o *VTT Technical Research Center*, da Finlândia, o paradigma da bioeconomia pode ser descrito como o conjunto das atividades econômicas que captam o valor latente em processos biológicos e nos biorecursos renováveis, para produzir melhores condições de saúde, além de crescimento e desenvolvimento sustentáveis.

A construção em curso da bioindústria pode ser vista como um processo de inovação em que múltiplas alternativas se colocam e são testadas pelos competidores. Algumas dessas alternativas tendem a sobreviver como inovações que se difundem pela economia, enquanto outras não podem não passar no teste de aceitação e difusão. Nesse processo de seleção, além de soluções tecnológicas aos problemas existentes, os inovadores experimentam novos modelos de negócios e inovações de ruptura (*disruptive innovations*) que podem alterar as cadeias de valor estabelecidas e propiciar a entrada de novos competidores e o surgimento de novas conformações da indústria. Nesse cenário de grandes mudanças, a Química Verde pode ser vista como impulsionadora de inovações e competitividade na Indústria Química.

Entre os princípios da Química Verde abordados na primeira seção deste relatório, destaca-se no contexto da bioeconomia e, particularmente, da bioindústria, o sétimo princípio – “Uso de matérias-primas renováveis”. Segundo esse princípio, o uso de biomassa como matéria-prima deve ser priorizado no desenvolvimento de novas tecnologias e processos da indústria química.

4.2. Química Verde como oportunidade de inovação e competitividade na indústria química: a construção da bioindústria

Os biocombustíveis e bioprodutos caracterizam-se, em princípio, por uma definição clara e objetiva do desempenho esperado. No entanto, essa definição vem se modificando e evoluindo com o tempo, em paralelo aos esforços de pesquisa e desenvolvimento e implementação comercial. A qualidade das respostas às questões ambientais tem se tornado cada vez mais aguda. Enfatizam o tipo de matéria prima e os efeitos diretos e indiretos sobre o uso da terra; o desempenho em termos de balanço energético e redução de gases de efeito estufa. Além disso, o debate em torno da adequação ao parque industrial existente (biocombustíveis que exigem adaptações dos carros e construção de infraestrutura de distribuição *versus* biocombustíveis *drop in*) tem gerado, por exemplo, uma certa ansiedade para os potenciais produtores de etanol celulósico nos EUA ao perceberem as limitações do etanol (menor poder calorífico, necessidade de adaptação dos motores, necessidade de construção de infraestrutura de transporte e distribuição). O processo

de adoção das inovações se torna assim de difícil previsão e crescentemente sujeito à influência de efeitos de construção social em detrimento de méritos estritamente técnicos.

Antes de se discutir a dinâmica de inovação da indústria química, ressaltou-se brevemente porque uma nova indústria baseada em biomassa voltada aos biocombustíveis e bioprodutos está sendo construída. Algumas questões, relacionadas às limitações dos biocombustíveis ditos de primeira geração e às condições que devem preencher os biocombustíveis para que ocupem um espaço no mercado de combustíveis nas próximas décadas, justificam o ambiente de busca de inovações em biocombustíveis e bioprodutos. Entre elas, destacam-se:

- os biocombustíveis de 1ª geração competem com alimentos diretamente ao utilizarem matérias primas nobres e de uso alimentar;
- os biocombustíveis de 1ª geração competem com os alimentos, mesmo se não deslocam alimentos para uso energético, ao ocuparem terras férteis e deslocarem a produção de alimentos;
- os biocombustíveis de 1ª geração, exceto o etanol de cana de açúcar, não são sustentáveis do ponto de vista ambiental;
- os biocombustíveis de 1ª geração não têm condição, pelo nível de produtividade atual, de serem produzidos nos volumes previstos para atender os programas de utilização de energia renovável;
- os biocombustíveis de 1ª geração utilizam matérias primas com problemas de qualidade, disponibilidade e preços que comprometem a viabilidade econômica da indústria;
- os biocombustíveis de 1ª geração (etanol) não são substitutos ideais dos derivados de petróleo em termos energéticos e ainda exigem a construção de infraestrutura de transporte, distribuição e a adaptação dos motores.

Esse movimento costuma ser designado como voltado para o desenvolvimento dos chamados biocombustíveis de segunda geração ou biocombustíveis avançados. Considerando-se a diversidade de alternativas tecnológicas e concepções que têm sido propostas, a denominação “segunda geração” está se tornando inadequada por destacar essencialmente algumas opções iniciais, como etanol de materiais celulósicos, em detrimento de um espectro muito mais rico e complexo que está sendo desenvolvido na direção do aproveitamento integral da biomassa (biocombustíveis, produtos químicos e bioeletricidade).

4.3. Bioprocessos e bioprodutos: variedade de alternativas e natureza das inovações

Abordou-se o subtema “Bioprocessos e bioprodutos” segundo as seguintes dimensões:

- a quantidade e diversidade das alternativas propostas;
- a natureza das inovações, destacando as particularidades relacionadas a matérias primas, processos e produtos;
- o perfil, estratégias das empresas (*background* do conhecimento, associações, empresas de base tecnológica, entrantes e as grandes empresas estabelecidas) e os novos modelos de negócios.

4.3.1. Quantidade e diversidade das alternativas propostas

Observa-se um número expressivo de iniciativas lançadas nas últimas duas décadas para responder aos desafios e explorar as oportunidades que a “energia do futuro” e as matérias primas renováveis oferecem.

Do ponto de vista tecnológico, as alternativas em desenvolvimento podem ser resumidas pelo desafio de transformar a luz do sol em combustíveis líquidos, bioprodutos e bioenergia, atuando, de forma combinada ou não, no aumento de produtividade e modificação da própria biomassa e nas diversas alternativas de conversão da biomassa, rotas diretas ou em duas etapas, por via fermentativa, enzimática, química ou termoquímica, para obter diferentes tipos de produtos.

A diversidade de propostas de inovações pode ser constatada, em primeiro lugar, nos diferentes tipos de matérias primas: culturas existentes, novas culturas com finalidade energética e aproveitamento de resíduos de diversas origens e qualidades. Em cada um dos casos, por sua vez, diferentes abordagens e caminhos são propostos e experimentados, de forma combinada ou não: (i) aumento de produtividade; (ii) utilização de terras e recursos não relacionados a alimentos; e (iii) facilidade logística e preço. Cada uma dessas abordagens, por sua vez, pode trazer também uma variedade de formas para atingir os objetivos traçados. A título de ilustração, podem se citadas as múltiplas abordagens para cultivo e utilização das algas.

No nível das tecnologias de conversão, a variedade contempla rotas bioquímicas, termoquímicas ou químicas que podem ainda serem combinadas entre si em alguns processos. Mas a variedade ocorre ainda dentro de cada uma das rotas como a utilização de enzimas e fermentações diversas ou as diferentes opções testadas para a gaseificação da biomassa e conversão em bio-óleo.

Como esperado, a variedade em produtos é menor. Entretanto, a observação da indústria sugere que ela seria atualmente crescente por duas razões. Em primeiro lugar, o interesse por combustíveis *drop in*, que teriam desempenho próximo ou igual ao dos derivados convencionais, não exigiria modificações dos motores e aproveitariam a infraestrutura de distribuição existente, tem

sido crescente. Uma atenção destacada tem sido observada para projetos com essa perspectiva, como atestam muitos dos projetos citados ao final desta seção.

Em segundo lugar, a diversificação da linha de produtos de modo a associar combustíveis, de alto volume e baixos preços e margens, com produtos químicos, de menor volume e de margens mais altas, tem levado cada vez mais ao surgimento de propostas no estilo biorrefinaria integrada com múltiplos e novos produtos. Esses projetos estão em relativo atraso, quando comparados à produção dedicada de biocombustíveis. No entanto o conceito é visto como central no futuro da bioindústria. Deve ser lembrado ainda que a diversificação de produtos favorece o resultado ambiental da exploração das biomassas, o que é crítico para a utilização de algumas matérias primas como, por exemplo, o milho.

A combinação das múltiplas alternativas em matérias primas, tecnologias de conversão e variedade de produtos compõe o quadro de diversidade que retrata o estágio atual da indústria baseada em biomassa. Naturalmente, a tradução dessa diversidade em inovações difundidas no mercado de combustíveis e de bioprodutos não pode ser antecipada no presente estágio de desenvolvimento das tecnologias. Trata-se efetivamente de um processo voltado para a geração de variedades que, dentro da dinâmica da inovação, serão selecionadas ao longo do tempo e contribuirão para a construção da indústria baseada em biomassa do futuro.

Assim, os projetos em desenvolvimento se voltam para a busca de melhores produtos, melhores processos e melhores matérias primas (de preços mais baixos e estáveis, e com menores problemas de disponibilidade) para a produção de biocombustíveis que possam superar as limitações atuais da indústria e de bioprodutos e se apresentar como alternativas aos produtos de base fóssil.

4.3.2. Natureza das inovações: as matérias-primas

A análise da dinâmica tecnológica e de inovação em biocombustíveis pode ser desenvolvida segundo as três dimensões que orientam as inovações tecnológicas em biocombustíveis: matérias primas, processos de conversão e produtos. Essa forma de observação permite ultrapassar a habitual segmentação entre 1ª e 2ª geração a qual não traduz inteiramente o processo em curso como um processo de inovação envolvendo as indústrias estabelecidas e a indústria de biocombustíveis e bioprodutos do futuro.

A busca da matéria prima ideal, ou de algumas matérias primas ideais, está em aberto e evoluindo rapidamente. Os requisitos das matérias primas incluem fatores múltiplos e não facilmente conciliáveis: disponibilidade, preço, qualidade em relação ao processo de conversão, sem esquecer a sustentabilidade ambiental.

No estágio atual parece claro que a cana de açúcar, cultivada nos níveis da produtividade brasileira, seria, dentre as matérias primas disponíveis, a mais próxima do ideal. Essa matéria prima tem sido utilizada até agora apenas como fonte de etanol a partir da fermentação do caldo, além da produção de eletricidade a partir do bagaço. Entretanto, outras alternativas de combustíveis e bioprodutos a partir da cana como o diesel *drop in* da Amyris, o projeto Veranium/BP de etanol celulósico ou o polietileno da Braskem têm surgido, reforçando o valor e potencial da cana de açúcar na indústria baseada em biomassa. Outras culturas energéticas têm sido desenvolvidas como, por exemplo, *switchgrass* e *miscanthus* nos EUA e Canadá, e pinhão manso na Índia e outras regiões. O processo de desenvolvimento dessas culturas tem sido difícil como é da natureza das inovações com esperanças e decepções que se alternam em resposta aos esforços dos pesquisadores e investidores. Parece claro que o processo de introdução do cultivo e uso de novas plantas exige um tempo de maturação que não pode ser ignorado e cujos resultados são por natureza incertos.

Na busca desses resultados uma via que tem sido privilegiada é o uso da engenharia genética e dos recursos da biotecnologia moderna para aumentar a produtividade e otimizar o balanço entre as características positivas e negativas das plantas. São desenvolvidas pesquisas em matérias primas já consagradas, como a cana de açúcar, e em matérias primas ainda não utilizadas largamente pela indústria, como os materiais celulósicos em geral, as algas e novas plantas. No caso de plantas ainda não utilizadas, o desenvolvimento é feito na expectativa de que os novos processos de conversão dos materiais celulósicos venham a se tornar comerciais. No caso do etanol, as inovações na produtividade da cana de açúcar reforçam os processos convencionais de produção além de reforçar a própria posição da cana de açúcar como matéria prima de eleição.

Nesse processo de busca de solução para o problema das matérias primas, duas alternativas merecem no momento o foco das atenções: as algas, em primeiro lugar, e os resíduos urbanos, em particular os resíduos sólidos.

Apesar do grande interesse que a utilização de algas como matéria prima para a produção de biocombustíveis e bioprodutos tem despertado recentemente, os problemas existentes são vistos ainda como importantes. Não há produção competitiva hoje. O potencial é reconhecido: alto rendimento em óleo (60%), rápido crescimento, utilização de terras e recursos de baixo custo de oportunidade, não competição com alimentos e possível utilização de CO₂. Por isso, os investimentos têm sido expressivos, estimando-se em cerca de US\$84 milhões de recursos de venture capital além de investimentos como: LiveFuels: \$10M (2007), Aurora BioFuels: \$20M (2008), Sapphire Energy: \$100M (2008), Solazyme: \$45M (2008), Algenol Biofuels: \$850M. O anúncio recente (julho 2009) da Exxon, até então ausente de projetos de biocombustíveis, de apoiar o projeto da Synthetic Genomics com o investimento de US\$ 300 milhões, com

possibilidade de mais US\$ 300 milhões mais à frente, é visto como um fato marcante não só do potencial das algas como matéria prima como da própria tendência das inovações em biomassa: utilização de recursos de engenharia genética e busca de combustíveis *drop in*. O volume de recursos concentrados numa única alternativa e numa única empresa é sem precedentes na história da indústria.

É também crescente o interesse na utilização do lixo como matéria prima, que se insere na construção de uma economia baseada na gestão integrada dos resíduos sólidos. A perspectiva de novos modelos de negócios que associam a solução desse difícil problema das cidades e a geração eficiente e sustentável de energia é uma das linhas de desenvolvimento. Esse tema será abordado na Seção 6 deste Relatório.

No que se refere à produção de biocombustíveis, alguns projetos têm merecido a atenção dos analistas. O lixo tem grandes vantagens como matéria prima no que se refere ao custo, que pode ser negativo, ao contrato de fornecimento, que pode ser estabelecido com as municipalidades em prazos compatíveis com a vida útil dos projetos, e à localização, que, sendo próxima ao mercado consumidor dos produtos gerados, simplifica o transporte e a necessidade de infraestrutura adicional. Os desafios da sua utilização, que se colocam então do lado das tecnologias de conversão, têm sido enfrentados por algumas empresas com projetos inovadores em diferentes estágios de maturação como os da Enerkem e Coskata, entre outros.

4.3.3. Natureza das inovações: as tecnologias de conversão

A análise das inovações de processo mostra em primeiro lugar uma amplitude de técnicas em desenvolvimento, utilizando diversas bases de conhecimento (fermentação, processos enzimáticos, engenharia genética, gaseificação, pirólise e ainda catálise e reações químicas), que traduzem o desafio dos biocombustíveis avançados de forma muito mais ampla do que a simples produção de etanol de celulose. Longe de ser irrelevante, a produção de etanol a partir de materiais celulósicos é um desafio tecnológico importante, e que vem sendo perseguido por diversas empresas, mas que não pode ser visto como sinônimo de biocombustíveis avançados, como parece ser às vezes a percepção dominante.

Cabe destacar que, ampliando o grau de variedade e multiplicidade das alternativas em jogo, mesmo tecnologias de conversão de mesma natureza e utilizando a mesma base de conhecimento estão sendo desenvolvidas segundo linhas variadas. O exame mais minucioso das diversas tecnologias de conversão em desenvolvimento traria por certo a percepção de que a competição pelas soluções a serem adotadas se dá não só entre as tecnologias gerais mas também dentro de cada uma delas.

A via bioquímica pode utilizar duas etapas (hidrólise e fermentação) para converter a lignocelulose em etanol ou procurar fazê-lo numa única etapa. A via termoquímica propõe diversas alternativas para a gaseificação, algumas inovadoras, como a gaseificação por plasma e por metal líquido, outras mais próximas das utilizadas comercialmente, e ainda diversas opções de transformar o gás de síntese gerado em produto final, incluindo a mais conhecida conversão FT (*Fisher-Tropsch*) ou a ação de microorganismos, como propõe Coskata. Ainda no campo dos tratamentos térmicos, não se pode deixar de mencionar o destaque que vem sendo dado à pirólise para produção de bio-óleo. Da mesma forma, os processos químicos continuam sendo testados e alguns projetos destacados têm proposto a utilização da hidrólise ácida para a produção de etanol a partir de lignocelulose (*Bluefire*) ou a conversão química de açúcares em combustíveis *drop in* (*Virent*). A rota química tem ainda sido mencionada em algumas pesquisas como alternativa para a produção de intermediários de síntese para a construção de plataformas químicas como a do hidroximetilfurfural (HMF) que vem despertando interesse crescente.

A utilização de diferentes bases de conhecimento faz com que na maioria dos casos as empresas se vejam inevitavelmente em projetos que privilegiam uma das rotas, o que coloca um nível de incerteza elevado no futuro dessas empresas caso suas apostas venham a perder espaço na evolução da indústria. Algumas empresas e investidores de maior porte e disponibilidade de recursos têm tratado essa incerteza multiplicando suas apostas em diversas plataformas com a perspectiva de desmobilizar eventualmente as que se mostrarem menos competitivas. É o caso, por exemplo, de Shell e Khosla Ventures. Outras empresas de porte e com volumes de investimento importantes em biocombustíveis e bioprodutos, entretanto, têm diversificando suas apostas de forma mais orientada em termos de tecnologia de conversão, focalizando determinadas áreas do conhecimento. É o caso por exemplo de BP e DuPont que se concentram na biotecnologia e nas rotas bioquímicas em suas diversas iniciativas.

A variedade de processos aponta ainda para a presença de empresas com backgrounds variados de conhecimento e que tradicionalmente não estavam presentes nos mercados de energia e de química. É o caso de forma notável das empresas de biotecnologia, algumas com histórico de desenvolvimentos importantes em outras indústrias como a farmacêutica.

4.3.4. Natureza das inovações: produtos diversificados

Uma dimensão importante que pode ser evidenciada pela análise das propostas de inovação em desenvolvimento é a relacionada aos novos produtos. Inovações de produto são raras em combustíveis líquidos. A lógica natural da indústria é estabelecer especificações bem definidas de alguns produtos e buscar em inovações de processos a redução de custo e a melhoria de características¹. Nessa linha, boa parte dos esforços é de trabalhar para desenvolver novos processos para a produção de combustíveis já conhecidos e utilizados, como o etanol. Mas o

estágio atual da indústria vislumbra oportunidades de introduzir novos produtos, de origem renovável, que se aproximem da condição de combustíveis ideais e de outros bioprodutos que possam competir com produtos químicos de base fóssil. Um número crescente de projetos tem se interessado pela inovação de produto.

Além dos aspectos citados, destaca-se o conceito de biorrefinaria. Esse conceito sugere que a exploração das biomassas precisa integrar uma visão multiproduto, explorando diversas correntes e processos, à semelhança das refinarias de petróleo que derivam do óleo um conjunto variado de produtos. No caso da biorrefinaria, os produtos energéticos aparecem ao lado de produtos químicos. As biorrefinarias têm sido financiadas com empenho pelo governo americano (DOE e NREL), existindo cerca de 6 projetos em andamento. Essa tendência de valorização de bioprodutos ao lado de combustíveis de grande volume é vista como importante na indústria baseada em biomassa que seria no futuro centrada em processos integrados de biorrefino gerando biocombustíveis e outros bioprodutos.

4.4. Estratégias das empresas e novos modelos de negócio

Amyris, LS9, Solazyme, Butamax, Codexis, Iogen, Virent e Mascoma são algumas das mais conhecidas entre as novas empresas da bioindústria. Seus movimentos estratégicos são frequentemente destacados na imprensa especializada. Algumas já fizeram seus IPO e já captaram sócios importantes como BP, Du Pont, Total e Shell. Essas e muitas outras empresas foram pré-selecionadas na 1ª etapa do PAISS, programa conjunto BNDES/FINEP, que pretende financiar a bioindústria do futuro.

O ponto interessante e original dessas empresas é o fato de virem para o Brasil estando ainda num estágio de desenvolvimento inicial dos projetos, ainda na etapa piloto. Nosso país é para elas, antes de tudo, a rota do precioso açúcar, indispensável para o desenvolvimento em escala comercial dos projetos. A base de produção de etanol em escala é outra atração. Em muitos casos, os novos processos fermentativos podem ser adaptados às usinas convencionais de etanol, diminuindo o custo de investimento para a produção dos novos biocombustíveis e bioprodutos. É o que a Amyris, por exemplo, está procurando fazer nos seus modelos de produção em desenvolvimento. Não se deve esquecer ainda que o acesso ao bagaço também pode ter valor estratégico, principalmente se considerarmos a outra corrida do açúcar de que falaremos mais à frente.

Em síntese, as empresas que vêm contribuindo com o seu conhecimento tecnológico de base para o desenvolvimento da bioindústria são: (i) empresas de biotecnologia com experiência anterior em outras indústrias, como, por exemplo, a farmacêutica; e (ii) empresas criadas diretamente para atuar em bioenergia ao lado de *start ups* com outras bases de conhecimento (engenharia química, química, por exemplo).

Movimentos recentes de empresas como Monsanto (adquirindo *start ups* brasileiras de genética da cana) e da Basf anunciando o interesse em encontrar parceiros para atuar também na biotecnologia aplicada à cana de açúcar reforçam a diversidade de novos atores em biocombustíveis. Essas empresas contribuem com conhecimentos e experiência em engenharia de processos indispensáveis para a produção em escala industrial. Esses conhecimentos são particularmente ausentes nas empresas de base tecnológica que saem das universidades e centros de pesquisa.

Algumas empresas podem ser caracterizadas pelo seu envolvimento com os combustíveis convencionais: empresas de petróleo e indústria automobilística. Essas empresas, além do aporte de financiamento para os projetos de pesquisa, podem ser importantes detentores de ativos complementares estratégicos para a introdução e adoção das inovações no mercado de combustíveis líquidos. No caso das empresas de petróleo, o negócio representa igualmente uma oportunidade de diversificação em relação aos combustíveis fósseis.

Encontram-se ainda empresas ligadas ao negócio agroindustrial. Aqui aparecem as empresas tradicionais como Cargill e ADM, com história de envolvimento na agroindústria de alimentos. Essas empresas podem ser vistas também como detentoras de ativos complementares, nesse caso ligados à cadeia de produção agrícola e logística de suprimento.

A título de ilustração, mencionam-se os seguintes projetos de bioprodutos e bioprocessos:

- Amyris e LS9: combustíveis *drop in* e bioquímica;
- Enerkem: SMW como matéria-prima;
- Coskata: termoquímica + fermentação;
- Envergent (UOP/Ensys): projetos de pirólise e bio-óleo;
- Solazyme: algas “*grow in the dark*”, materiais celulósicos, combustíveis de aviação e produtos farmacêuticos e cosmocêuticos;
- Synthetic Genomics: algas, biologia sintética, *drop in*, sendo a maior aplicação de recursos de um investidor (Exxon) em um único projeto;
- Renmatix: processo de produção de açúcar baseado em tratamento do material lignocelulósico por vapor d’água em estado supercrítico;
- DSM: processo de fabricação de ácido succínico a partir de matérias-primas vegetais (*biosuccinium*);
- Braskem: polipropileno verde.

Como mostrado nas apresentações referentes ao tema “Química Verde como oportunidade de inovação e competitividade na indústria química”, muitas questões ainda estão em aberto para as estratégias empresariais e formulação de políticas públicas relacionadas à construção da bioindús-

tria. O ambiente é de incertezas e de muitas oportunidades. As conclusões e algumas questões em aberto referentes a esse tema encontram-se sintetizadas na Seção 8 do presente documento.

5. Agronegócio e Química Verde: um binômio para o desenvolvimento sustentável

O Brasil é um dos pioneiros na produção de agroenergia. Desde o projeto do álcool, até a atual produção de biodiesel, o país vem se destacando nessa área e busca atingir metas internas de substituição gradativa de combustíveis derivados de petróleo, encaminhando-se para uma das mais promissoras alternativas econômicas para um futuro não tão distante. Apresentaram-se na discussão desse tema as principais possibilidades de agronegócio como fonte de matérias primas para a Química Verde. Discutiram-se e analisaram-se as rotas mais promissoras a partir de diferentes tipos de matérias primas verdes.

No início da primeira apresentação, foi mencionado que o Ministro da Agricultura, Mendes Ribeiro Filho, havia apresentado no início de junho de 2012 o documento oficial de sua pasta para a Conferência Rio+20. O documento intitulado *"Contribuição da Agropecuária Brasileira na Construção de uma Sociedade sem Fome e sem Miséria e de uma Economia Sustentável"* baseou-se em dez premissas: (i) qualidade do alimento; (ii) associativismo e cooperativismo, (iii) liberalização dos mercados agrícolas, (iv) universalização da segurança alimentar; (v) assistência técnica e extensão rural; (vi) biotecnologia; (vii) agricultura orgânica; (viii) sustentabilidade da matriz energética; (ix) sistemas agroflorestais; e (x) agricultura de baixo carbono.

Destacam-se da introdução desse documento, os seguintes condicionantes e tendências relacionadas ao tema "Agronegócio e Química Verde", a saber:

- A população mundial atingiu 7 bilhões de habitantes em 2011, e as projeções apontam que a humanidade atingirá 9 bilhões de pessoas em 2050 (dados das Nações Unidas);
- Para atender à população do planeta em 2050, a produção de alimentos no mundo terá que sair dos atuais 2,1 bilhões para 3 bilhões de toneladas de cereais, e avançar dos atuais pouco mais de 200 milhões para 470 milhões de toneladas de carne (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO - 2010);
- Segundo a ONU, 925 milhões de pessoas passam fome hoje e necessitam, não somente ter acesso a alimentos, mas a uma alimentação nutritiva, dentro dos padrões mínimos recomendados pela Organização Mundial de Saúde;

- O grande desafio do setor agrícola e pecuário mundial é alimentar essa crescente população considerando, ao mesmo tempo, a sustentabilidade ambiental, social e econômica, bem como recuperação da degradação ambiental.
- O Brasil ocupa posição de destaque entre os países que podem contribuir para a superação de tal desafio, podendo participar ainda mais expressivamente no aumento da oferta global de alimentos e na redução da instabilidade dos preços agrícolas no mercado mundial. Isso devido à disponibilidade de terra agricultável e uma agricultura moderna e dinâmica, com elevada capacidade produtiva e capacidade de aumento dos crescentes ganhos de produtividade que vem apresentando a cada ano.
- Há indicações de que biomassa e biorefinarias desempenharão papel cada vez mais importante em resposta às alterações climáticas, atendendo às demandas globais por energia sustentável, produtos químicos e novos materiais de base biológica. A emergente cadeia de valor em torno da biomassa tem criado significativas oportunidades para novos negócios e um novo paradigma tecnológico e industrial baseado em baixo carbono;
- O crescimento da bioeconomia poderá gerar múltiplas oportunidades de crescimento econômico e de geração de novos empregos, inclusive nas áreas rurais. Estima-se que a cadeia de valor a ser criada em torno da biomassa poderá gerar, até 2030, um potencial de receitas de US\$ 15 bilhões para insumos agrícolas, US\$ 89 bilhões para produção de biomassa, US\$ 30 bilhões para o comércio de biomassa, US\$ 10 bilhões para biorrefino de múltiplos produtos industriais, US\$ 80 bilhões para biorrefino de combustíveis, US\$ 6 bilhões para produção de bioplásticos e polímeros e US\$ 65 bilhões em energia para aquecimento, conforme indica o relatório *"The Future of Industrial Biorefineries"*, publicado em 29 de junho de 2010 pelo *World Economic Forum*.

A Figura 3 representa esquematicamente a contribuição da agroindústria para um futuro sustentável, com destaque para a geração de biocombustíveis e bioprodutos, de forma alinhada aos princípios da Química Verde, particularmente o princípio – *"Uso de matérias-primas renováveis"*. Como mencionado anteriormente, o uso de biomassa como matéria-prima deve ser priorizado no desenvolvimento de novas tecnologias e processos da indústria química.

A partir dessa visão mais geral sobre o tema, foram abordados subtemas mais diretamente relacionados ao Agronegócio e à Química Verde, a saber: (i) agronegócio no Brasil; (ii) biorrefinarias e agronegócio: um binômio sustentável; e (iii) conversão de biomassa: rotas tecnológicas mais promissoras.

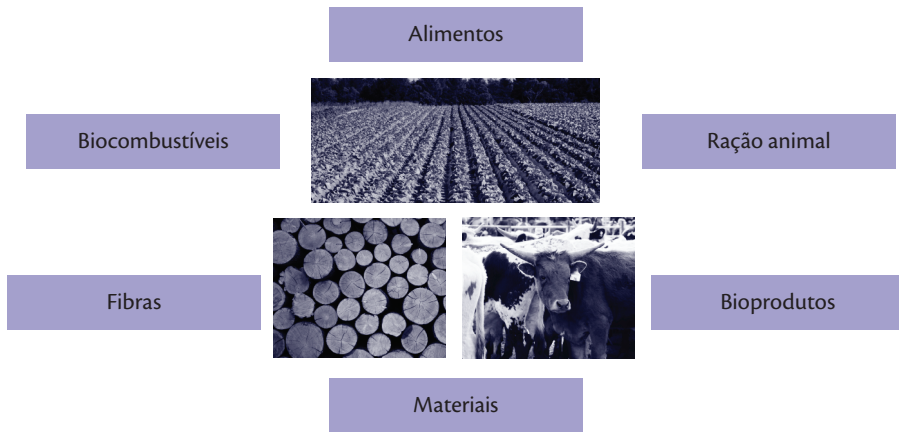


Figura 3. Agronegócio e Química Verde: um binômio para o desenvolvimento sustentável

5.1. Agronegócio no Brasil

Até a década de 1970, o Brasil ainda dependia da importação de alguns alimentos básicos. Nos anos seguintes, os investimentos na formação e capacitação humana em vários campos do conhecimento, principalmente em pesquisa e inovação tecnológica, fizeram o país autossuficiente, não obstante o crescimento forte da população. De 1970 a 2011, a produtividade média das lavouras de grãos passou de 783 kg para 3.173 kg/hectare, um salto de 774%.

A produção de alimentos quase triplicou nos últimos 20 anos, atingindo 162,9 milhões de toneladas na safra 2010/2011, o que situa o Brasil entre os principais produtores e exportadores agrícolas mundiais, conforme o Quadro 15, a seguir.

Esses avanços na produção agropecuária brasileira têm levado em consideração a legislação ambiental brasileira, que criou a obrigatoriedade de Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reservas Legais dentro de propriedades privadas, além de outras modalidades de áreas de proteção, como as unidades de conservação em áreas públicas e privadas.

Dos cerca de 8 milhões de quilômetros quadrados do território brasileiro, 10% são áreas urbanas, cerca de 60% são florestas e menos de 30% são áreas de produção rural.

Com ganhos em eficiência produtiva, a agricultura brasileira respondeu às demandas de uma população urbana crescente, ofertando alimentos relativamente mais baratos e acessíveis, que contribuíram para a redução de pressões inflacionárias, e, com isso, a mobilidade, para melhor, nas classes sociais, observada na última década.

Adicionalmente, a diversificação e intensificação das exportações agrícolas ao longo das últimas décadas geraram superávits na balança comercial e ampliaram a capacidade de investimento e desenvolvimento do País.

Quadro 15. Brasil: Produção e exportação de alimentos

Principais produtos	Produção	Exportação	Números de países	Total exporta- do US\$ Bilhões
Açúcar	1º	1º	113	6,2
Café	1º	1º	134	3,4
Suco de Laranja	1º	1º	82	1,5
Soja	2º	1º	74	9,3
Carne Bovina	2º	1º	144	3,9
Fumo	2º	1º	114	1,7
Álcool	2º	1º	40	1,6
Frango	3º	1º	145	3,2
Milho	3º	4º	34	0,5
Suínos	4º	4º	72	1,0

5.2. Biorrefinarias e agronegócio: um binômio sustentável

O termo biorrefinarias representa um novo conceito que envolve muitas áreas e que pode ser assim enunciado: “é um conceito que envolve as instalações e os processos através dos quais, a partir de biomassa renovável, biocombustíveis e outros produtos clássicos do refino tradicional do petróleo, tais como petroquímicos, são produzidos. Procura-se, a partir dessa definição, dar uma visão mais direcionada para o refino tradicional, de modo a enquadrar as biorrefinarias como refinarias que utilizam uma matéria-prima alternativa ao petróleo, ou seja, a biomassa, quer na forma de produtos de origem animal ou vegetal (como exemplo, óleos vegetais ou gorduras animais) ou ainda rejeitos de origem orgânica, como, por exemplo, bagaço e palha de cana”.

Os futuros esquemas de refino podem assumir diversas configurações que vão desde esquemas tradicionais, baseados em hidrorrefino, até esquemas inovadores, que utilizam gás natural, biomassa e resíduos e integram processos de pirólise, gaseificação, síntese química, como por exemplo, o processo *Fischer-Tropsch* (FT), fermentação e biorrefino. O *Department of Energy* (DOE) dos EUA incentivou uma parceria entre as indústrias de petróleo para identificar as

necessidades dessa indústria na área de pesquisa e desenvolvimento. Essa parceria, chamada *"Petroleum Refining Industry of the Future"* foi encerrada após a geração de dois documentos com a visão da indústria de refino americana sobre o futuro do refino.

Segundo a visão descrita nos referidos documentos, em 2020, a indústria de refino terá evoluído por meio de melhorias contínuas relativas ao uso eficiente da matéria prima, ao desempenho ambiental das refinarias e de seus produtos e à confiabilidade e segurança das instalações de refino. As refinarias terão uma operação mais simples e utilizarão processos bem compreendidos em seus fundamentos. Para alcançar esta visão será necessário atuar em três vetores estratégicos: (i) eficiência energética e melhoria de processos; (ii) desempenho ambiental; e (iii) tecnologias de inspeção e materiais.

Para melhorar a eficiência energética dos processos, as refinarias integrarão tecnologias avançadas com baixa intensidade energética e economicamente viáveis, como, por exemplo, separações, catalisadores, sensores e controladores, biotecnologia, dentre outras tecnologias. O resultado será uma refinaria altamente flexível e eficiente que poderá produzir uma maior variedade de produtos a partir de crus de qualidade variável e de cargas não convencionais. As refinarias aproveitarão melhor as oportunidades de geração ou co-geração de energia para venda, o que aumentará sua lucratividade. Haverá uma utilização crescente de processos biológicos, como por exemplo, bioprocessamento de petróleo, biotratamento de águas residuais, biorremediação de solos, etc.

Tendo em vista a melhoria de seu desempenho ambiental, a indústria de refino buscará a redução de suas emissões. Todas as etapas do processo produtivo (produção, armazenamento e transporte) estarão sob controle pela utilização de sensores para evitar ou detectar e corrigir emissões de poluentes. As emissões veiculares serão reduzidas através de uma combinação de novas regulações e melhorias no projeto dos veículos, dos sistemas de transporte e das formulações dos combustíveis. Uma abordagem de análise de ciclo de vida (LCA) será utilizada para minimizar a poluição de todo o processo, do refino ao uso final no veículo. Novas tecnologias de inspeção e de materiais reduzirão o custo de manutenção, aumentarão a segurança industrial e a vida útil dos equipamentos. As tecnologias de inspeção serão globais, em linha, não invasivas e em alguns casos, operadas remotamente e os equipamentos serão altamente instrumentados para monitorar sua integridade estrutural.

O *US Department of Energy* também patrocina um projeto chamado *"Vision 21"*, com o objetivo de fomentar o desenvolvimento de uma planta modular capaz de produzir energia elétrica, calor, combustíveis e matérias primas, a partir de diversos insumos como carvão, petróleos pesados, gás natural, biomassa e resíduos, sem emitir poluentes locais e utilizando sequestro de carbono, para diminuir a emissão de gases de efeito estufa.

Esse projeto foi concebido originalmente para viabilizar a utilização das reservas de carvão dos EUA, porém, seus objetivos foram evoluindo e, atualmente, são bastante ambiciosos e, se forem atingidos, poderão revolucionar a indústria de combustíveis e de energia nos próximos 15 anos. Esse programa visa ao desenvolvimento de um conjunto de tecnologias modulares que podem ser interconectadas de diversas formas para gerar os produtos desejados (energia elétrica, calor, combustíveis, etc.) a partir de diversos insumos. As eficiências esperadas são 60% para conversão de carvão em eletricidade, 75% para conversão de gás em eletricidade e 75% para produção de H_2 a partir de carvão.

Algumas tecnologias utilizadas nos módulos já estão sendo desenvolvidas fora desse Programa e incluem: combustão com baixa emissão de poluentes, gaseificação, fornos e trocadores de calor de alta eficiência, turbinas a gás avançadas, células a combustível e síntese de combustíveis. Outras tecnologias críticas e técnicas de integração de sistemas serão desenvolvidas durante o projeto. Quando os sistemas desenvolvidos neste projeto forem combinados com sistemas de captura de dióxido de carbono e posterior reciclo ou sequestro, seu impacto ambiental será minimizado.

As tecnologias mais importantes que estão sendo desenvolvidas neste projeto são: (i) combustão e trocadores de calor de alta temperatura; (ii) gaseificação com flexibilidade de matéria-prima; (iii) turbinas com flexibilidade de combustíveis; (iv) células a combustível; (v) processos químicos para transformação de hidrocarbonetos gasosos em combustíveis líquidos, também conhecidos como processos “*gas-to- liquids*” (GTL).

É importante enfatizar que os objetivos do projeto “*Vision 21*” são muito ambiciosos, uma vez que combinam eficiência térmica muito alta, emissões de poluentes próximas a zero e custos competitivos num prazo bastante reduzido. Alcançar esses objetivos exigirá saltos de desenvolvimento (*breakthroughs*) em várias tecnologias, tanto com relação aos seus custos quanto com relação ao seu desempenho técnico.

Um documento importante nesse tema, mencionado durante o Painel, foi “*The Future of Industrial Biorefineries*” desenvolvido no âmbito do *World Economic Forum*. Trata-se do primeiro trabalho do grupo *Collaborative Innovation Initiative*, criado em 2009 para identificar tendências importantes na economia mundial e contribuir para o desenvolvimento cooperativo das inovações. Fora a produção de primeira geração (etanol de cana de açúcar e milho, biodiesel de óleos vegetais), existem centenas de projetos inovadores em desenvolvimento no mundo. O que se pode observar, como já comentado na Seção 4 deste Relatório, é uma grande diversidade das alternativas propostas. Encontram-se inovações relacionadas a matérias primas, aos processos de conversão e aos produtos, além de inovações nos modelos de negócios.

A Figura 4 mostra a representação da cadeia de valor da produção de biocombustíveis, desde as matérias-primas agrícolas, que integra esse documento.

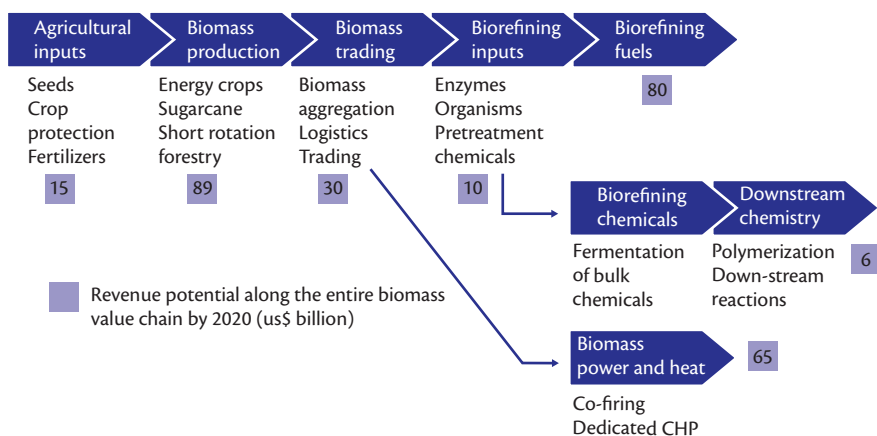


Figura 4. Cadeia de valor das refinarias industriais do futuro (World Economic Forum)

5.3. Conversão de biomassa: rotas tecnológicas mais promissoras

A conversão de biomassa é certamente uma solução não só para os requisitos das refinarias industriais do futuro, mas também para resolver o problema dos resíduos agrícolas (tema abordado também na Seção 6 deste Relatório).

Ao se considerar apenas a parte relativa à biomassa, constata-se que, independentemente de sua origem (sacarínea, amilácea, celulósica ou oleaginosa) ou forma (bagaço, palha, rama seca, óleo, cavacos, etc.), a biomassa deverá sofrer um tratamento termoquímico para transformar-se em gás de síntese ($\text{CO} + \text{H}_2$), segundo uma rota denominada gaseificação. A biomassa é convertida pela rota termoquímica em intermediários.

As tecnologias de processamento podem ser categorizadas como gaseificação, pirólise ou processamento hidrotérmico. Os produtos intermediários incluem gás de síntese ($\text{CO} + \text{H}_2$), bio-óleo e gases ricos em metano ou hidrogênio. Esses intermediários podem ser, por sua vez, convertidos em gasolina, diesel, álcoois, éteres, gás natural, sintética e também H_2 .

A biomassa é convertida pela rota termoquímica em intermediários. As tecnologias de processamento podem ser categorizadas como gaseificação, pirólise ou processamento hidrotérmico. Os produtos intermediários incluem gás de síntese ($\text{CO} + \text{H}_2$), bio-óleo e gases ricos em metano ou

hidrogênio. Esses intermediários podem ser, por sua vez, convertidos em gasolina, diesel, álcoois, éteres, gás natural, sintética e também H_2 .

A Figura 5 apresenta uma visão geral das rotas mais promissoras a partir de diferentes tipos de matérias primas verdes. São elas: (i) sucroquímica; (ii) termoquímica; e (iii) oleoquímica.

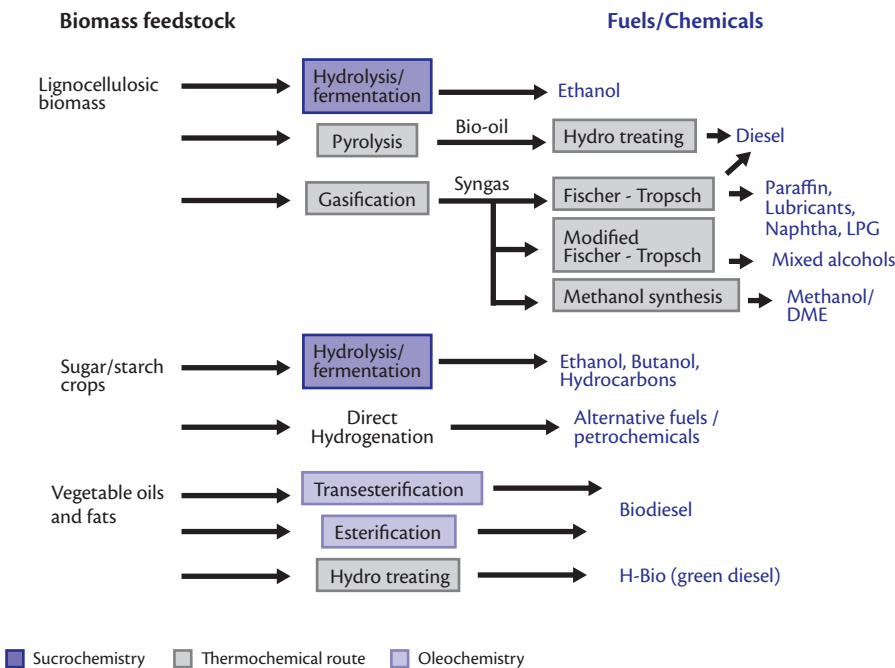


Figura 5. Rotas mais promissoras para a conversão de biomassa: termoquímica, sucroquímica e oleoquímica

As principais rotas termoquímicas que envolvem catalisadores heterogêneos são as seguintes:

- H-BIO (também chamado de *green diesel*);
- BTL (compreendendo gaseificação, *Fischer-Tropsch* e hidrotratamento);
- Bio éter dimetílico (DME) / metanol Bio;
- Pirólise.

Em síntese, os processos de conversão de biomassa poderão melhorar a economicidade do agronegócio e de outras indústrias (por exemplo, açúcar, álcool, papel e celulose, dentre outras). Além disso, a integração de processos, como apontado em diversos estudos internacionais mencionados no Painel, permitirá a utilização de biomassa de forma mais eficiente (com redução de custos, produção de energia e produção paralela de biocombustíveis e produtos químicos).

6. Química Verde como solução para gestão de resíduos

Em um cenário de produção mais limpa, atendendo aos preceitos da responsabilidade socioambiental, insere-se a Química Verde, também conhecida como Química Limpa, que é uma estratégia de prevenção de poluição causada por atividades socioprodutivas, especialmente na área de Química. Essa estratégia visa desenvolver metodologias e processos que usem e gerem a menor quantidade de materiais tóxicos ou perigosos (estratégia de minimização de resíduos). Desse modo, os riscos poderão ser minimizados e os custos com tratamento de resíduos poderão ser menores.

Destacaram-se nas apresentações sobre o tema “Química Verde como solução para gestão de resíduos” os principais desafios e alguns casos de sucesso na gestão de resíduos sólidos (industriais, agroindustriais, vegetais e urbanos). Ressaltou-se nesses casos, como a Química Verde pode contribuir para a eficácia da gestão de resíduos. Os tópicos abordados nas apresentações foram:

- Sustentabilidade socioeconômica e ambiental;
- Resíduos sólidos: problema ambiental ou oportunidade de negócio?
- Resíduos industriais: casos de sucesso na siderurgia a coque;
- Resíduos agrícolas: caso de sucesso na cadeia produtiva de cana-de-açúcar;
- Potencial de transformação de resíduos em produtos, por meio de inovações baseadas em Química Verde e pela minimização de resíduos.

6.1. Sustentabilidade socioeconômica e ambiental

O paradigma de desenvolvimento sustentável traz para a indústria, em especial, o grande desafio de gerar inovações necessárias à existência humana sustentável sem agressão ao meio ambiente. Partindo-se do pressuposto de que futuras tecnologias e inovações tecnológicas impulsionarão a chamada produção limpa, propiciando às empresas novas opções de criação de valor, o desafio é descobrir de que maneira as empresas que atuam em ambientes cada vez mais complexos possam incorporar a visão de sustentabilidade socioeconômica e ambiental – igualmente complexa – em seus negócios.

Dentre os mecanismos de sustentabilidade socioeconômica e ambiental, destacam-se:

- Ecoeficiência;
- Adoção de códigos voluntários;
- Atuação responsável (indústria química);
- Sistemas de Gestão Ambiental;

- ISO 14.001 (SGA);
- ISO 14.040 (Análise do Ciclo de Vida);
- Produção Mais Limpa.

6.2. Resíduos sólidos: problema ambiental ou oportunidade de negócio?

Segundo a Norma ABNT NBR 10004:1987, resíduos sólidos são resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades da comunidade, de origem: industrial, doméstica, de serviços de saúde, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Consideram-se também resíduos sólidos os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpo d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

A caracterização de um resíduo sólido depende da sua avaliação, qualitativa e quantitativa, devendo ser investigados os parâmetros que permitam a identificação de seus componentes principais e também a presença e/ou ausência de certos contaminantes. A investigação de contaminantes é, normalmente, baseada no conhecimento das matérias-primas e substâncias que participaram do processo que originou o resíduo sólido.

O processo de caracterização de um resíduo sólido permite identificar se esse deve ser qualificado como perigoso por apresentar características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Essas características devem nortear os cuidados no gerenciamento dos resíduos sólidos. A escolha de uma alternativa para a destinação de um resíduo sólido, por sua vez, depende da composição química, do teor de contaminantes, do estado físico do resíduo sólido, entre outros fatores.

A classificação de um resíduo sólido, por si só, não deve impedir o estudo de alternativas para a sua utilização. No entanto, essa classificação orienta para os cuidados especiais na gestão de resíduos sólidos, os quais podem inviabilizar sua utilização quando não se puder garantir segurança ao trabalhador, ao consumidor final ou ao meio ambiente. É comum proceder ao tratamento de resíduos industriais com vistas à sua reutilização ou pelo menos à sua inertização. Em função da diversidade dos resíduos, não existe um processo de tratamento pré-estabelecido, havendo sempre a necessidade de realizar pesquisas e desenvolvimento de processos economicamente viáveis.

Para a utilização de um resíduo sólido ou misturas de resíduos sólidos na fabricação de um novo produto ou para outras finalidades, esse último deve estar em conformidade com os requisitos estabelecidos pelos órgãos responsáveis pela liberação do produto. Destaca-se ainda que, da mesma forma que para qualquer atividade industrial, as restrições a que estão sujeitas as

unidades receptoras de armazenamento, utilização, tratamento ou disposição final de resíduos sólidos são resultantes dos seus projetos, das condições de saúde ocupacional e outros fatores determinados pelos órgãos regulamentadores pertinentes, dependendo da extensão e aplicação do resíduo.

Como abordado na Seção 3, particularmente na indústria química as atividades produtivas são normalmente de risco e potenciais causadoras de poluição, uma vez que operam com substâncias tóxicas ou perigosas, que podem gerar um “lixo tóxico” a ser tratado posteriormente (resíduos). Após um processo químico pode-se: (i) encaminhar os resíduos para as estações de tratamento, nas quais se realiza o ajuste das cargas emitidas aos parâmetros estabelecidos para os lançamentos; (ii) reciclar ou reutilizar os resíduos; e (iii) incinerar os resíduos tratados.

A Figura 6 representa o fluxo residual ambiental no contexto da responsabilidade socioambiental.

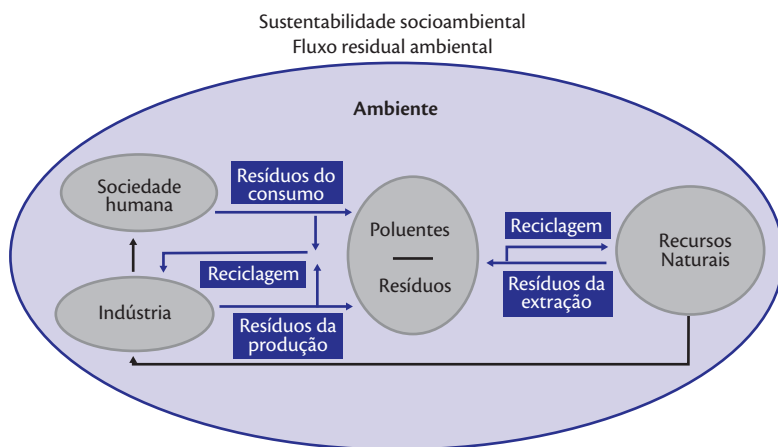


Figura 6. Fluxo residual ambiental no contexto da responsabilidade socioambiental

Dentre os processos de gestão de resíduos, destacam-se:

- Redução da geração;
- Reutilização;
- Reciclagem;
- Recuperação;
- Co-processamento;
- Incineração;
- Disposição final;

As principais abordagens são várias e incluem:

- Minimizar: abordagem preventiva, reduzindo o volume e impacto dos resíduos;
- Criar valor: abordagem econômica, com redução do custo de destino e criação de valor via novos negócios;
- Reutilizar: abordagem corretiva, os resíduos voltam para o ciclo de produção;
- Eliminar: abordagem passiva, que inclui a contenção dos efeitos de resíduos.

6.3. Resíduos industriais: casos de sucesso na siderurgia a coque

Na siderurgia a coque, para cada tonelada de aço produzida, geram-se 600 kg resíduos sólidos. A distribuição desses resíduos é a seguinte: (i) escória de AF (270 kg/t); (ii) escória de LD (100 kg/t); (iii) pós e lamas (60 kg/t); (iv) carepas (10 kg/t); (v) finos de coque (15 kg/t); e (vi) outros resíduos (140 kg/te).

No Brasil, a coleta seletiva encontra-se implementada. Observam-se taxas medianas de reciclagem e recuperação de resíduos ferrosos. A maior parte dos resíduos ferrosos é reciclada nas sinterizações, ou comercializada, sem agregação de valor.

Os casos de sucesso na siderurgia a coque enfatizam: (i) o uso de práticas de reciclagem e recuperação com baixo nível de investimentos e tecnologia; (ii) desenvolvimento de alternativas que agreguem valor aos resíduos em curso; e (iii) foco no atendimento à legislação.

As tecnologias consolidadas empregadas para reciclagem e recuperação de resíduos portadores majoritariamente de ferro são: classificação e concentração; blendagem e homogeneização; aglomeração; injeção; redução e fusão.

As perspectivas futuras de melhorias na gestão de resíduos na siderurgia a coque incluem:

- Elevação nas taxas de reciclagem e recuperação de resíduos ferrosos;
- Investimentos em processos e equipamentos que agreguem valor aos resíduos;
- Foco em alternativas sustentáveis de gestão de resíduos;
- Produção de metálicos a partir de resíduos.

6.4. Resíduos agrícolas: caso de sucesso na cadeia produtiva de cana-de-açúcar

O subtema “Resíduos agrícolas” trata da adoção dos preceitos da responsabilidade socioeconômica e ambiental na gestão de resíduos gerados pelas atividades da agroindústria, de uma forma geral.

Com as pressões legais voltadas para a preservação ambiental, tornou-se imperativo para a agroindústria buscar meios para gestão de resíduos animais e vegetais, de forma racional, sendo uma dessas alternativas a utilização desses resíduos como fertilizante na agricultura.

A título de ilustração, os dejetos de suínos e aves são uma excelente fonte de nutrientes e quando manejados adequadamente, podem suprir, parcial ou totalmente o fertilizante químico na produção de grãos. Estima-se que uma adequada gestão de resíduos animais possa fornecer 10% do potássio consumido na agroindústria brasileira.

Já os rejeitos secos originados em agroindústrias totalizam 291 milhões de t/ano (produção de soja, milho, cana-de-açúcar, feijão, arroz, trigo, café, cacau, coco, banana, laranja, uva e castanha de caju).

Os benefícios potenciais da gestão eficaz desses resíduos incluem:

- Geração de energia
- Uso em outras indústrias (produtos farmacêuticos e cosméticos)
- Alimentação animal (produção de ação animal)
- Fertilizantes;
- Produção de biocombustíveis;
- Outros usos.

Um caso de sucesso apresentado refere-se à produção de cana-de-açúcar, ilustrado na Figura 7.

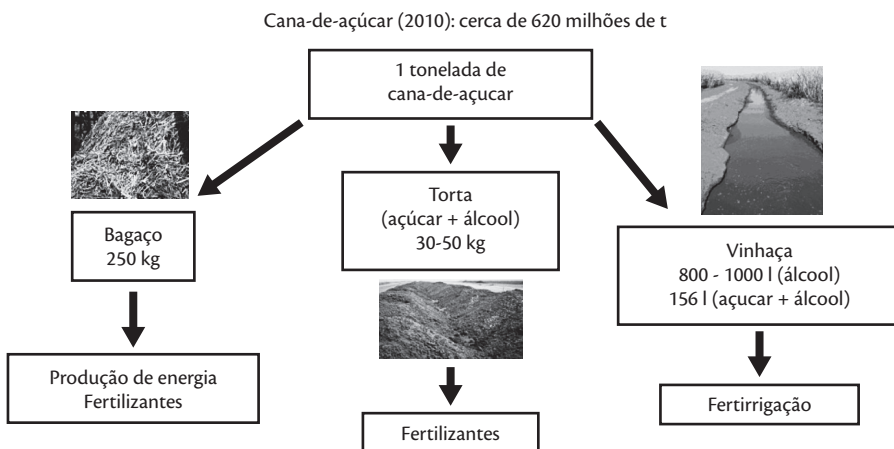


Figura 7. Caso de sucesso de gestão de resíduos da produção de cana-de-açúcar

Não obstante os casos de sucesso de gestão de resíduos agrícolas, ainda há muito que fazer, como as indicações a seguir:

- Inovação nos processos de compostagem de resíduos;
- Pós-tratamento para tornar o transporte e aplicação dos resíduos economicamente viáveis;
- Transferência de tecnologias
- Desenvolvimento de novas tecnologias geração de biocombustíveis a partir de resíduos;
- Desenvolvimento de novos produtos a partir de resíduos.

6.5. Potencial de transformação de resíduos em produtos, por meio de inovações baseadas em Química Verde e pela minimização de resíduos

Como mostrado nas sínteses das duas palestras, os benefícios associados à gestão de resíduos, com adoção de estratégias baseadas nos princípios da Química Verde, são inúmeros:

- Preservação dos recursos naturais;
- Conservação de energia;
- Redução na geração de gases estufa;
- Economia de espaços utilizados para sua disposição em aterros industriais.

As conclusões referentes a esse tema encontram-se sintetizadas na Seção 8 do presente documento.

7. The International Biotechnology Symposium 2014

Esta seção do Relatório refere-se à divulgação da 16ª edição do *International Biotechnology Symposium 2014* acontecerá no Brasil, em Fortaleza, no período de 14 a 19 de setembro de 2014. O tema geral do Simpósio é "*Biotechnologia para o Desenvolvimento da Economia Verde*".

Apresentou-se uma visão geral do evento, como representado na Figura 8.

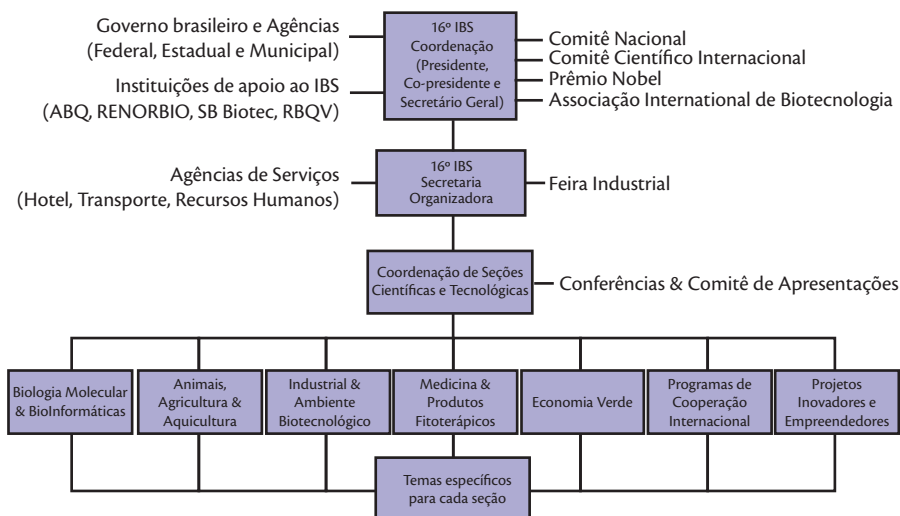


Figura 8. Visão geral da organização do *International Biotechnology Symposium 2014*

Em seguida, foram apresentados os parceiros institucionais para a realização do evento, a saber: UFC, UECE, Unifor, IFECe, EQ-UFRJ, Petrobras Biocombustíveis, ACQ – CFQ, ABC, ABQ, Abiquim, Sindusfarma, Anpei, CGEE, INT, Padetec, IOC – Fiocruz, Butantan, SBM, FIEC/CNI, FAEC/CNA, Única e MPX.

Como parte da estrutura organizacional do *International Biotechnology Symposium 2014*, foram criados três Comitês, cujos membros são apresentados a seguir.

O Comitê Organizador é composto pelos seguintes membros:

- Prof. Dr. José O. B. Carioca – UFC – Coordenação
- Prof. Dr. Eduardo Falabella S. A. – UFRJ, Cenpes – Indústria
- Prof. Dr. José Ferreira Nunes – UECE, Renorbio – FAPS
- Prof. Dra. Paula Lenz C. L. – UECE, Renorbio – Agências
- Prof. Dr. Antônio Carlos M. – UFC, ABQ – ABQ, CFQ
- Dr. Antônio Lucas Leite – Embrapa/CNPAT - ICT
- Prof. Dra. Claudia Pessoa – UFC
- Prof. Dr. Renato de Azevedo Moreira – Unifor.

Do Comitê Nacional, participam:

- Profª Drª Adelaide Antunes – INPI;
- Drª Lucia Apple – INT;
- Prof. Dr. Peter Seidl – EQ-UFRJ;
- Prof. Dr. Ricardo Moreira Chaloub – UFRJ;
- Prof. Dr. Ofélia Araújo – UFRJ;
- Prof. Dr. Caetano Moraes – UFRJ;
- Prof. Dr. Ney Pereira – UFRJ;
- Prof. Dr. Claudio Mota – UFRJ;
- Dr. Marlos Alves Bezerra – CNPAT/Embrapa;
- Dr. Gustavo Sveda – CNPAT/Embrapa;
- Dr. Maria Fátima Grossi – CENARGEN/Embrapa;
- Prof. Dr. Paulo Coutinho – Braskem;
- Dr. Paulo Eagler
- Profª Drª Maria Fatima Ludovico de Almeida – PUC-Rio;
- Prof. Dr. Carlos Calmanovici – ANPEI;
- Dr. Paulo Gadelha – Fiocruz
- Dra. Tânia Cremonini de Araújo-Jorge – IOC;
- Prof. Dr. Eduardo – EPM/SP;
- Profª. Dra. Soraya – RP/SP;
- Prof. Francisco- Farmácia/USP;
- Prof. Claudio Oller – EQ/USP;
- Prof. Flávio Tavares – ESALQ/SP;
- Profª. Helena Santini - ESALQ/SP;
- Prof. Isaias Carvalho de Macêdo – Unicamp.

E, finalmente, os membros do Comitê Internacional são:

- Dr. Murray Young – Canadá;
- Prof. Dr. Fabio Fava – University of Bologna, Itália;
- Prof. Dr. Feng Wu Bai – University of Dalian, China;
- Dr. Agathos Spiros – Bélgica;
- Profª Drª Eugenia J. Olguin – México;
- Dr. Rainer Jonas – GBF/Alemanha;

- Dr. Willi Keim – Aachen/ Alemanha;
- Prof. Dr. Giuseppe Vasapolo – University of Lecce, Itália;
- Prof. Dr. Mauro Majone – University of Rome, Itália;
- Prof. Dr. Phillips – Florence – Itália;
- Prof. Dr. Philipie – Suíça;
- Profª Drª Martina Macková – República Tcheca;
- Prof. Dr. Prof. Dr. José Duarte – Portugal;
- Dra. Eleonora – Israel;
- Dr. Gimenez – Argentina.

A divulgação do *International Biotechnology Symposium 2014* encerrou o ciclo de apresentações do Painel “Química Verde: Desafios para o Desenvolvimento Sustentável”.

8. Conclusões

Apresentam-se, a seguir, uma síntese das conclusões por tema abordado no Painel.

8.1. A Química Verde como impulsionadora do Desenvolvimento Sustentável

Identificaram-se as ligações entre a Química Verde e o Desenvolvimento Sustentável e os tópicos nos quais a Química Verde está relacionada aos temas incluídos na minuta do documento político da Conferência Rio+20 “*O Futuro que Queremos*”, de modo a prover elementos para ações futuras no País, primariamente pela Rede Brasileira de Química Verde, mas também pela indústria, academia e outras partes interessadas neste assunto.

Pode-se concluir que a minuta do documento político “*O Futuro que Queremos*” apresenta muitos parágrafos que têm interfaces diretas ou indiretas com a Química Verde, especialmente aqueles relacionados aos tópicos “Químicos”, “Resíduos” e “Tecnologia”. A minuta do documento, devido a sua abrangência e escopo, é uma referência para as prioridades globais e, tal como este Relatório buscou sintetizar, pode ser usado como mapa para permitir o desenvolvimento de políticas e ações em Química Verde por parte do governo, academia, indústria e outra partes interessadas.

A Química Verde tem um grande potencial para contribuir para o Desenvolvimento Sustentável, uma vez que pode propiciar melhorias significativas no modo pelo qual substâncias químicas são pesquisadas, produzidas, usadas e reutilizadas, além de poder responder a muitas demandas sociais atuais e futuras.

Salientou-se ainda que a Química Verde é parte de uma “Química Sustentável” mais ampla, uma vez que ela não fornece diretamente elementos relacionados a algumas dimensões do Desenvolvimento Sustentável, mais especificamente à dimensão social. Fora isso, a Química Verde pode desempenhar um papel vital na promoção das eficiências de recursos naturais e de energia e a segurança química, elementos básicos de uma química responsável e sustentável.

8.2. Química Verde como oportunidade de inovação e competitividade na Indústria Química

As empresas de diferentes setores e diferentes bases de conhecimento estão em competição para construir a bioindústria. A nova indústria representa uma oportunidade para novos competidores, empresas e países, mas os conceitos dominantes ainda não estão definidos.

A bioindústria será muito diferente da indústria de hoje. Muitos pontos ainda estão em aberto para as estratégias empresariais e formulação de políticas públicas. O ambiente é de incertezas e de muitas oportunidades. Durante os debates, foram levantadas as seguintes questões:

- Qual o espaço dos biocombustíveis de primeira geração (etanol e biodiesel) na bioindústria do futuro?
- Em que extensão as vantagens competitivas da indústria sucroalcooleira valem na bioindústria do futuro?
- Qual o papel do Brasil na bioindústria o futuro?
- Quais os obstáculos mais importantes para o desenvolvimento dos projetos inovadores, como os da Amyris, Solazyme e outros, que estão entrando na fase comercial?
- Quais as estratégias e modelos de negócios mais promissores?

Essas e outras questões apontam para a conclusão de que a competição na bioindústria se dá numa indústria, cuja estrutura ainda não está definida. As vantagens competitivas nessa nova indústria tendem a ser construídas internamente ou por meio de alianças e associações, e não pela aquisição externa direta de tecnologia como na indústria de primeira geração. Especialmente para o Brasil, as vantagens na indústria de 1ª geração podem não se manter na bioindústria do futuro, se as novas tecnologias não forem internalizadas. Existem importantes oportunidades para a internalização de tecnologias e cooperação com outros países.

8.3. Agronegócio e Química Verde: um binômio para o Desenvolvimento Sustentável

No Brasil a biomassa é amplamente disponível a partir de agroindústria de base. Portanto, tecnologias de conversão de biomassa parece ser uma alternativa atraente para reciclar resíduos de biomassa e produzir combustíveis de alto valor agregado e produtos químicos de forma ambientalmente amigável.

No Brasil, o tamanho e o dinamismo do agronegócio coloca o País na liderança mundial, em termos de desenvolvimento tecnológico na agricultura tropical. Os programas de biocombustíveis no País mostram que é possível fazer alterações nos padrões de produção e consumo de matérias-primas fósseis para renováveis.

O uso de matérias-primas renováveis e adoção de rotas promissoras de conversão de biomassa fortalecem a Química Verde e devem ser incentivados. O uso integrado de diversas matérias-primas em biorrefinarias tem aumentado a eficiência energética e vem permitindo a obtenção de produtos com maior valor agregado. O uso de matérias-primas renováveis em biorrefinarias reduz as emissões de gases de efeito estufa na obtenção de produtos químicos, alimentos, rações, fertilizantes e bioenergia excedente.

As iniciativas bem sucedidas no Brasil e em outros países mostram que é possível substituir, de forma sustentável, matérias-primas fósseis por renováveis em diversas aplicações. Torna-se necessário, no entanto, um esforço de pesquisa intensa para o desenvolvimento ou adaptação de processos que utilizam matérias-primas fósseis para o futuro uso de biomassa como matéria-prima. A adaptação de processos pode ser iniciada com o tratamento conjunto de matérias-primas fósseis e renováveis em unidades já existentes.

8.4. Química Verde como solução para gestão de resíduos

Resíduo não é problema ambiental, ou melhor, passivo ambiental, desde que se tenha uma gestão efetiva e sustentável. Resíduo deve ser visto como oportunidade de negócios e inovações.

Considerando-se que o desenvolvimento sustentável baseia-se na concepção de ciclo de vida dos produtos e processos industriais, buscando-se a minimização de fluxos de massa e energia, além da redução de lançamentos para a atmosfera, corpos hídricos e solo, percebe-se claramente que o emprego de rotas eficazes de reciclagem e recuperação de resíduos insere-se com precisão neste contexto, tendo a adoção dos princípios da Química Verde como estratégia de escolha.

Entre os princípios da Química Verde, enfatizam-se a minimização de resíduos e o desenvolvimento industrial de processos eficientes, limpos e seguros. Apresentaram-se casos de sucesso na indústria siderúrgica e na cadeia produtiva da cana-de-açúcar, porém apontou-se em ambas as palestras que há muito espaço para ações de C,T&I voltadas para a gestão eficiente e eficaz de resíduos, tendo a adoção dos princípios da Química Verde como uma estratégia de escolha.

Referências

Anastas, P.T.; Warner, J.C. Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press: New York, 1998.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma ABNT NBR 10004:1987. Resíduos sólidos – Classificação. São Paulo: ABNT, 1987.

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Química verde no Brasil: 2010 – 2030. Brasília: CGEE, 2010.

Confederação nacional da Indústria. Abiquim. The road to sustainability of the Brazilian chemical industry. São Paulo: CNI/Abiquim, 2012.

International Energy Agency. EIA Bioenergy. Bio-based chemicals: value added products from biorefineries. Geneva: IEA Bioenergy, 2012.

Ministério da Agricultura. Contribuição da Agropecuária Brasileira na Construção de uma Sociedade sem Fome e sem Miséria e de uma Economia Sustentável. Brasília: MA. 2012

United Nations. Report of the World Summit on Sustainable Development, Johannesburg, South Africa, 26 August – 4 September 2002 (United Nations publication, Sales No. E. 03. II. A. 1 and corrigendum), chap. I, resolution 2, annex.

WCED. Our Common Future. The Brundtland Commission, formally the World Commission on Environment and Development – WCED, 1987.

World Economic Forum. The Future of Industrial Biorefineries. Geneva: World Economic Forum. 2010.