

Sérgio A. M. Carbonell  
Luís A. B. Cortez  
Luís F. C. Madi  
Lilian C. Anefalos  
Ricardo Baldassin Jr.  
Rodrigo L. V. Leal

# Bioeconomia Tropical

*Roadmaps e Diretrizes*  
para o Desenvolvimento  
da Bioeconomia no Brasil

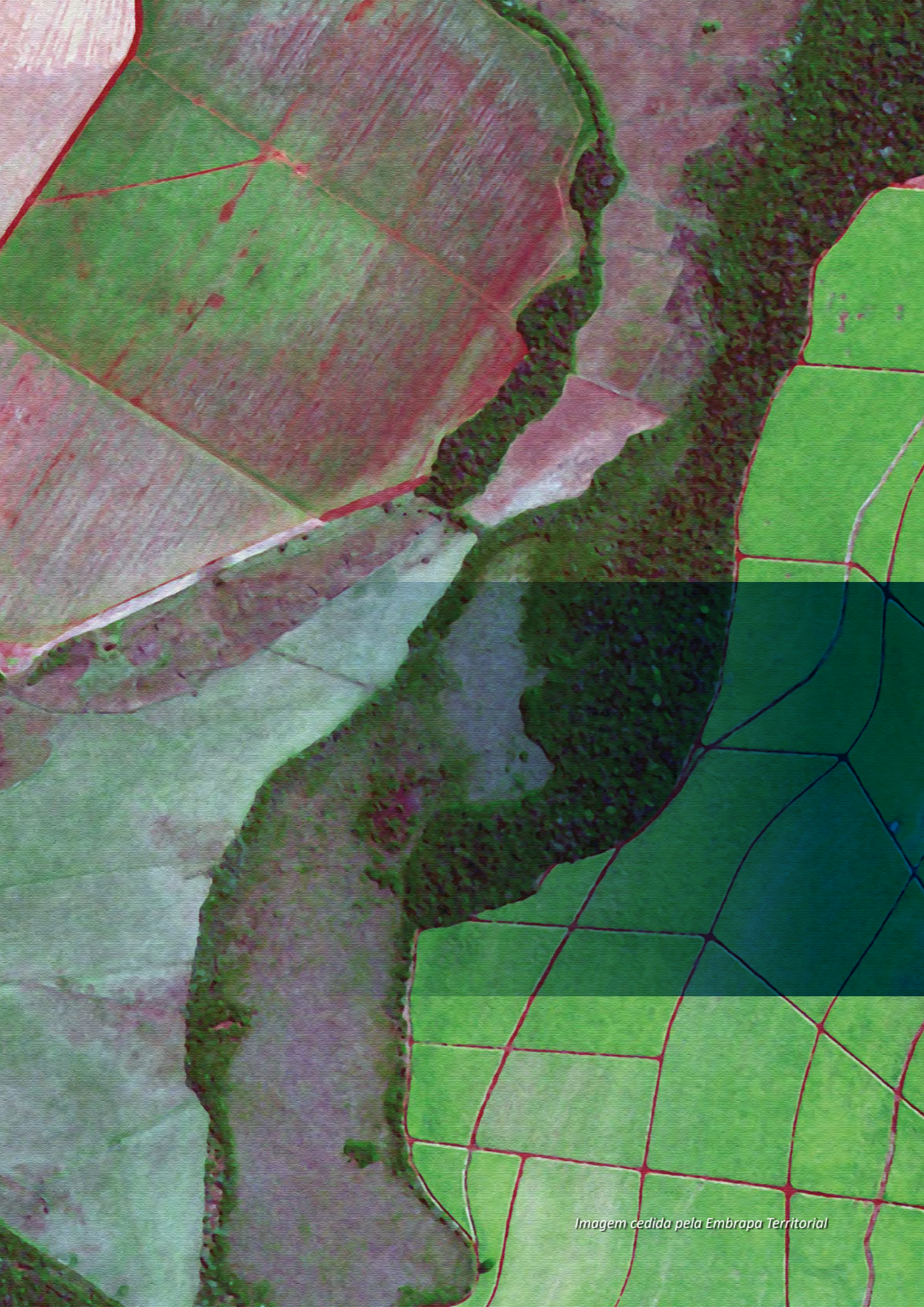
ISBN: 978-65-994280-1-2



9 786599 428012

a





Sérgio A. M. Carbonell  
Luís A. B. Cortez  
Luís F. C. Madi  
Lilian C. Anefalos  
Ricardo Baldassin Jr.  
Rodrigo L. V. Leal

# Bioeconomia Tropical

*Roadmaps* e Diretrizes  
para o Desenvolvimento  
da Bioeconomia no Brasil

Campinas • 2021



áttema

*Imagem cedida pela Embrapa Territorial*

Copyright © 2021 • Todos os direitos reservados aos autores.

Nenhuma parte deste livro pode ser reproduzida ou usada de qualquer maneira sem a permissão por escrito do proprietário dos direitos autorais.

Esta publicação foi financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (2016/50198-0)

#### CAPA, PROJETO GRÁFICO E EDITORAÇÃO

Áttema :: Assessoria editorial, Comunicação & Design : [www.attema.com.br](http://www.attema.com.br)

#### IMAGENS EMPREGADAS NESTE LIVRO

Embrapa Territorial

#### COORDENAÇÃO

Sérgio A. M. Carbonell

Luís A. B. Cortez

Luís F. C. Madi

Lilian C. Anefalos

Ricardo Baldassin Jr.

Rodrigo L. V. Leal

#### AGROPOLO CAMPINAS-BRASIL

##### Secretaria Executiva:

Sérgio A. M. Carbonell

Luís A. B. Cortez

Luís F. C. Madi

Lilian C. Anefalos

#### FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Bioeconomia tropical [livro eletrônico] : *roadmaps* e diretrizes para o desenvolvimento da bioeconomia no Brasil / organização Sérgio A. M. Carbonell ... [et al.]. -- 1. ed. -- Santo André, SP : Sian Martins Comunicação, 2021. PDF

Outros organizadores: Luís A. B. Cortez, Luís F. C. Madi, Lilian C. Anefalos, Ricardo Baldassin Jr., Rodrigo L. V. Leal  
ISBN 978-65-994280-1-2

1. Biodiversidade - Brasil 2. Bioeconomia 3. Desenvolvimento econômico - Brasil 4. Desenvolvimento social  
5. Diretrizes 6. Inovação tecnológica 7. Pesquisa I. Carbonell, Sérgio A. M. II. Cortez, Luís A. B. III. Madi, Luís F. C.  
IV. Anefalos, Lilian C. V. Baldassin Junior, Ricardo. VI. Leal, Rodrigo L. V.

21-60002

CDD-338.981

#### Índices para catálogo sistemático:

1. Bioeconomia : Brasil : Desenvolvimento econômico : Economia 338.981  
Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964

# Sumário

Prefácio .....	9
Agradecimentos .....	11
A cidade de Campinas e as oportunidades em Bioeconomia .....	15
André Luiz de Camargo von Zuben	
A Pesquisa em Bioeconomia Tropical .....	17
Carlos Henrique de Brito Cruz	
O Papel das <i>Startups</i> no Ecosistema Inovador da Bioeconomia .....	19
Flávio Grynszpan	
Parques tecnológicos: inovação e competitividade regional .....	23
José Luiz Guazzelli, Lucas Baldoni	
<b>Parte I • Bioeconomia</b>	
I.1 Bioeconomia: oportunidades e desafios .....	27
José Vitor Bomtempo, Thiago Falda Leite, Flávia Alves, Fábio Oroski	
I.2 Ecosistema de Inovação em Bioeconomia: Oportunidades, Vantagens Competitivas e Desafios para a Região Metropolitana de Campinas .....	33
Maurício Serra, Eduardo Gurgel, Celso Barbosa	
I.3 Agro sustentável .....	41
Roberto Rodrigues	
I.4 A indústria de alimentos e bebidas .....	47
João Dornellas	
I.5 Bioenergia moderna .....	53
Isaias C. Macedo	
I.6 Produtos bioquímicos: desafios & oportunidades .....	59
João Bruno Valentim Bastos, Mariana Doria, Paulo Coutinho, Victoria Santos	
I.7 Oportunidades, vantagens competitivas e principais desafios e barreiras para o Brasil se consolidar como referência mundial em “cosméticos, artigos de higiene pessoal e fragrâncias” .....	67
João Carlos Basilio, Francine Leal Franco	
I.8 Construindo a Bioeconomia Tropical para o Brasil .....	73
Luís Cortez	

>>

>>

## Parte II • *Roadmap* para Bioeconomia Tropical

### Abordagem do Agropolo Campinas-Brasil

A Bioeconomia no Mundo .....	79
Sérgio Augusto Morais Carbonell, Lilian Cristina Anefalos, Ricardo Baldassin Jr.	
Metodologia do <i>Roadmap</i> .....	83
Rodrigo Lima Verde Leal, Ricardo Baldassin Jr., Lilian Cristina Anefalos	
II.1 Agricultura .....	87
Heitor Cantarella	
II.1.1 Resíduos agrícolas e urbanos: energia, reciclagem de nutrientes e fertilizantes ..	88
Heitor Cantarella, Ronaldo S. Berton, Bruna de Souza Moraes, Raffaella Rossetto Antonio Carlos Delbin	
II.1.2 Óleos essenciais e plantas medicinais e aromáticas .....	92
Marcia Ortiz, Juliana Rolim Salomé Teramoto, Pedro Melillo de Magalhães, Ilio Montanari Junior, Glyn Maria Figueira, Marta Cristina Teixeira Duarte, Sandra Maria Pereira da Silva Mauricio Cella	
II.1.3 Agricultura de precisão .....	96
Lucas Rios do Amaral, Paulo Sérgio Graziano Magalhães, Luiz Henrique A. Rodrigues Tsen Chung Kang	
II.1.4 Sistema de produção animal: pecuária de baixo carbono .....	100
Renata Arnandes, Linda Monica Premazzi, Flávia Maria A. Gimenes, Antônio Batista, Ana Eugênia de C. Campos César de Almeida Franzon	
II.1.5 Uso sustentável da água .....	104
Regina Célia de Matos Pires, José Teixeira Filho Marcus Henrique Tessler	
II.1.6 Nova Indústria da Bioeconomia: Café .....	108
Júlio Cesar Mistro, Maria Bernadete Silvarolla, Terezinha de Jesus Garcia Salva, Julietta Andrea Silva de Almeida, Oliveira Guerreiro Filho, Gerson Silva Giomo André Cunha, Tuffi Bichara, Daniella Pelosini	
II.1.7 Nova Indústria da Bioeconomia: Citros .....	112
Dirceu de Mattos Jr, Marcos Antonio Machado, Mariângela Cristofani-Yaly Ricardo Franzini Krauss	
II.2 Alimento & Saúde .....	117
Luis Fernando Ceribelli Madi	
II.2.1 Ingredientes e alimentos processados funcionais .....	118
Airton Vialta, Luis Madi Eduardo Carità	
II.2.2 Embalagens para alimentos e bebidas .....	122
Eloisa Garcia, Sílvia T. Dantas, Aline B. Lemos, Ana Paula R. Noletto, Anna Lucia Mourad, Beatriz M. C. Soares, Claire Sarantópoulos, Leda Coltro, Marisa Padula Jorge Caminero Gomes	

>>

>>

II.2.3 Tecnologias de processamento de alimentos e bebidas .....	132
Maria Isabel Berto, Michele Berteli e Izabela Dutra Alvim Fernanda de Oliveira Martins	
II.3 Bioenergia & Química Verde .....	137
Luís Augusto Barbosa Cortez	
II.3.1 Biocombustíveis avançados: aviação e transporte pesados .....	138
Telma T. Franco, Luuk van der Wielen	
II.3.2 Valorização da biomassa para produtos químicos .....	142
Gustavo Paim Valença	
II.3.3 Enzimas e Química Verde .....	146
Andreas Gombert, Isabel Arends	
II.4 <i>Roadmap</i> Não-tecnológico .....	151
Rodrigo Lima Verde Leal, Ricardo Baldassin Jr., Lilian Cristina Anefalos	

## Parte III • Diretrizes para o desenvolvimento da Bioeconomia no Brasil

Diretrizes para o desenvolvimento da Bioeconomia no Brasil .....	157
Sobre as imagens empregadas no livro .....	162



# Prefácio

**A** Bioeconomia, em particular, a **Bioeconomia Tropical** é uma oportunidade incrível, principalmente para os países em desenvolvimento, para promover o desenvolvimento econômico e social. É uma possibilidade real para reduzir o uso de recursos fósseis e, conseqüentemente, seus impactos ambientais, pavimentando assim os caminhos da sustentabilidade na exploração e transformação dos recursos naturais. Até o momento, diversos países têm incorporado a Bioeconomia em suas estratégias políticas em todo o mundo, incentivados pelos recentes avanços e perspectivas futuras na biociência e na biotecnologia, e o grande potencial para impulsionar os resultados econômicos.

No entanto, a implantação da Bioeconomia e, conseqüentemente, o alcance dos seus benefícios, exigirá novas e inovadoras abordagens em ciência, desenvolvimento tecnológico, negócios e, principalmente, políticas globais e mecanismos regulatórios fortemente focadas no desenvolvimento social e conservação e preservação dos recursos ambientais.

A Bioeconomia Tropical representa um enorme desafio, uma vez que as culturas desenvolvidas vêm de climas temperados, onde estão localizadas as economias mais avançadas. Além disso, a complexa biodiversidade existente nas áreas tropicais do mundo representa grandes dificuldades, mas também maiores oportunidades, seja aumentando a produtividade ou adicionando novas áreas agrícolas seja agregando valor às *commodities*.

O Brasil, como o maior país tropical do mundo e uma economia de renda média, busca novas oportunidades de mercado. Desta forma, o desenvolvimento da Bioeconomia Tropical, inovadora e sustentável, é de suma importância hoje.

Para explorar as oportunidades da Bioeconomia Tropical foi desenvolvido um *roadmapping* tecnológico entre junho/2015 e junho/2018, envolvendo mais de 1.500 especialistas, incluindo pesquisadores, técnicos do setor privado, formuladores de políticas públicas e outras partes interessadas. Os principais resultados apontaram as principais oportunidades e os desafios tecnológicos e não tecnológicos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) para 13 áreas estratégicas para o Brasil, abrangendo agricultura, alimentos, saúde, bioenergia e química verde, incluindo as principais políticas públicas necessárias.

A iniciativa de pesquisa foi apoiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) no âmbito do projeto “Agropolo Campinas-Brasil: *roadmap* das áreas estratégicas de pesquisa visando a criação de um ecossistema em bioeconomia de classe mundial” (Projeto PPBio - 2016 / 50198-0) e os principais resultados estão resumidos neste livro.

---

*O Agropolo Campinas-Brasil foi criado em junho de 2015, como resultado de um acordo de cooperação técnico-científico entre o Brasil e a França, para desenvolver um ecossistema de inovação de classe mundial com foco em Bioeconomia na cidade de Campinas, Brasil. O Agropolo nasceu inspirado no modelo de desenvolvimento regional da cidade de Montpellier, na França, baseado no conceito de inovação colaborativa conduzido pelo Agropolis International.*

*Durante 2015-2018, as atividades do Agropolo estiveram focadas no desenvolvimento de um roadmap tecnológico em Bioeconomia Tropical, a fim de orientar o desenvolvimento da bioeconomia no Estado de São Paulo. A governança da Agropolo é liderada por representantes dos Institutos de Pesquisa do Governo do Estado de São Paulo (Instituto Agrônomo-IAC, Instituto de Tecnologia de Alimentos-ITAL, Instituto de Zootecnia-IZ e Instituto Biológico-IB), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), a Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA-SP), a Secretaria de Economia, Desenvolvimento, Inovação, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo (SDECT-SP), a Prefeitura de Campinas (PMC), o TechnoPark Campinas, e o Agropolis International / França, com apoio do Consulado Geral da França em São Paulo e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).*

*Imagem cedida pela Embrapa Territorial*

# Agradecimentos

**B**ioeconomia Tropical – *Roadmaps* e Diretrizes para o Desenvolvimento da Bioeconomia no Brasil é um resultado do projeto “Agropolo Campinas-Brasil: *roadmaps* de áreas estratégicas para criação de um ecossistema de classe-mundial em bioeconomia”, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (2016/50198-0).

O Projeto foi iniciado, conceitualizado e desenvolvido pelos membros da Secretaria Executiva do Conselho Administrativo do Agropolo Campinas-Brasil, Sérgio Augusto Morais Carbonell, Luís Augusto Barbosa Cortez, Luis Fernando Ceribelli Madi e Lilian Cristina Anefalos, com apoio gerencial do Ricardo Baldassin Jr e dos membros do Conselho Administrativo do Agropolo Campinas-Brasil, Jonas Donizete (Prefeitura Municipal de Campinas), José Tadeu Jorge (sucedido por Marcelo Knobel, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP), Arnaldo Jardim (Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo - SAA), Márcio França (Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado de São Paulo - SDECTI), Miguel Gilberto Pascoal e José Luiz Camargo Guazzelli (Techno Park Campinas), e Bernard Hubert e Eric Fargeas (Agropolis International/ Montpellier, França).

Agradecimentos para os Editores, responsáveis pelo projeto, elaboração/revisão e edição dos conteúdos, Sérgio Augusto Morais Carbonell, Luís Augusto Barbosa Cortez, Luis Fernando Ceribelli Madi, Lilian Cristina Anefalos, Ricardo Baldassin Jr e Rodrigo Lima Verde Leal.

Agradecimento para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, em especial o Centro Nacional de Pesquisa em Inteligência, Gestão e Monitoramento Territorial – CNPM, pela licença de uso das imagens do Satélite GeoEye, utilizadas no livro.

Reconhecimento e agradecimento aos Coordenadores de Área, pela governança das equipes de pesquisadores, Heitor Cantarella, Luís Augusto Barbosa Cortez, e Luis Fernando Ceribelli Madi; e aos Coordenadores das Áreas Estratégicas, pelo planejamento e execução dos workshops, Airton Vialta, Aline Brionísio Lemos, Ana Eugênia de Carvalho Campos, Ana Paula Reis Noletto, Andreas Gombert, Anna Lucia Mourad, Antônio Batista, Beatriz Maria Curtio Soares, Bruna de Souza Moraes, Claire Sarantópoulos, Dirceu de Mattos Junior, Eloisa Garcia, Flávia Maria de Andrade Gimenes, Gerson Silva Giomo, Glyn Maria Figueira, Gustavo Paim Valença, Izabela Dutra Alvim, José Teixeira Filho, Juliana Rolim Salomé Teramoto, Julieta Andrea Silva de Almeida, Júlio Cesar Mistro, Leda Coltro, Linda Monica Premazzi, Ilio Montanari Junior, Lucas Rios do Amaral, Luiz Henrique Antunes Rodrigues, Luuk van der Wielen, Marcia Ortiz Mayo Marques, Marcos Antonio Machado, Maria Bernadete Silvarolla, Maria Isabel Berto, Mariângela Cristofani-Yaly, Marisa Padula, Marta Cristina Teixeira Duarte, Michele Berteli, Oliveiro Guerreiro Filho, Paulo Sérgio Graziano Magalhães, Pedro Melillo de Magalhães, Raffaella Rossetto, Regina Célia de Matos Pires, Renata Arnandes Branco, Ronaldo Severiano Berton, Sandra Maria Pereira da Silva, Sílvia Tondella Dantas, Telma Teixeira Franco e Terezinha de Jesus Garcia Salva.

Nós também agradecemos os Autores Externos, André Cunha, Antonio Carlos Delbin, Celso Barbosa, César de Almeida Franzon, Daniella Pelosini, Eduardo Carità, Eduardo Gurgel, Fábio Oroski, Fernanda de Oliveira Martins, Flávia Alves, Francine Leal Franco, Isabel Arends, Isaias Macedo, João Bruno Valentim Bastos, João Carlos Basilio, João Dornellas, Jorge Caminero Gomes, José Vitor Bomtempo, Luuk van der Wielen, Marcus Henrique Tessler, Mariana Doria, Mauricio Cella, Maurício Serra, Paulo Coutinho, Ricardo Franzini Krauss, Roberto Rodrigues, Thiago Falda Leite, Tsen Chung Kang, Tuffi Bichara e Victoria Santos.

Nós também agradecemos aos palestrantes e debatedores representantes da academia, indústria, sociedade civil e instituições governamentais pelas apresentações, opiniões e perspectivas durante os workshops temáticos.

Agradecimento especial a todos os participantes dos workshops, pelo atendimento e comprometimento, que foram de essenciais para a construção dos *roadmaps*. O gerenciamento e a participação do Ricardo Baldassin Jr, em todas as etapas e discussões ao longo dos workshops temáticos, fundamental para a concretização dos resultados e formatação deste livro.


Imagem cedida pela Embrapa Territorial

Agradecemos à toda a equipe de apoio que trabalhou intensamente, de forma uníssona e colaborativa, em prol do pleno desenvolvimento do projeto, da qual fizeram parte servidores, funcionários, estagiários, jornalistas, e demais colaboradores das instituições parceiras. Destacamos as contribuições de Janice Aparecida de Paulo, que se dedicou intensamente na organização e execução dos workshops temáticos.

Reconhecimento e agradecimento especial ao Rodrigo Lima Verde Leal, pelo apoio técnico no desenvolvimento e aplicação da metodologia do *roadmap*, e para a equipe da Áttema Assessoria Editorial, por todo esforço e empenho no projeto e desenvolvimento deste livro.

Adicionalmente, nós estendemos nossos agradecimentos para o Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético – NIPE/UNICAMP, Alibra, Jacto, Associação Brasileira das Indústrias de Tecnologia em Nutrição Vegetal – ABISOLO, Faculdade de Engenharia Química – FEQ/UNICAMP, BASF, DSM, Duas Rodas, Pronutrition, Funcional Mikron, Koelnmesse, Sun Foods, Instituto SENAI de Inovação em Biossintéticos – SENAI CETIQT, Centro Pluri-disciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas – CPQBA/UNICAMP, Braskem, Klabin, Plantic/Kuraray, Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa do Agronegócio - Fundepag, Nestlé do Brasil, Premix, Toledo do Brasil, Grupo de Trabalho da Pecuária Sustentável – GTPS, Sociedade Rural Brasileira – SRB, Faculdade de Engenharia de Alimentos – FEA/UNICAMP, TU Delft (Países Baixos), Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI/UNICAMP, SANASA Campinas, e a Confederação Nacional da Indústria – CNI, pelo financiamento e/ou apoio institucional na realização dos workshops temáticos.

Finalmente, nós gostaríamos de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo seu total apoio e financiamento ao projeto, e a todos os parceiros do Agropolo Campinas-Brasil, por sua atuação em todas as fases do Projeto, dos quais: Prefeitura Municipal de Campinas, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo – SAA, Instituto Agrônomo – IAC, Instituto de Tecnologia dos Alimentos – ITAL, Instituto de Zootecnia – IZ, Instituto Biológico – IB, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA, Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado de São Paulo - SDECTI, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Techno Park, Agropolis International (França), Consulado Geral da França em São Paulo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Be-Basic (Países Baixos), Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola – FUNDAG, Consulado Geral dos Países Baixos em São Paulo, Câmara de Comércio Exterior de Campinas e Região – CCCER, Fraunhofer IVV (Alemanha), Centro Alemão de Ciência e Inovação - São Paulo (DWIH São Paulo), IAR Pole (França), CPqD, New Frontiers in Food Project (Foodvalley, Valorial, Vitagora, Clusaga e Wagrallim), e o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM / Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol – CTBE. ■



*“Ser reconhecida nacional e internacionalmente como a Cidade do Conhecimento e da Inovação”*

*Planejamento Estratégico de Ciência, Tecnologia e Inovação de Campinas - 2015-2025*

*Imagem cedida pela Embrapa Territorial*

# A cidade de Campinas e as oportunidades em Bioeconomia

**André Luiz de Camargo von Zuben** – *Secretário Municipal de Desenvolvimento Econômico, Social e de Turismo (Gestão 2017-2020), Prefeitura Municipal de Campinas*

A visão de futuro do PECTI 2015-2025 da cidade de Campinas reflete a sua capacidade e o seu potencial de crescimento, capacidade esta pautada nas vocações e escolhas do passado e consolidada hoje pelos avanços alcançados ao longo dos seus 245 anos.

Campinas tem status de grande município, sendo o 11º PIB do país e figurando entre as 30 melhores cidades para se viver no Brasil, segundo a ONU. O parque industrial é um diferencial: das 500 maiores empresas do mundo, 50 delas estão presentes na Região Metropolitana de Campinas (RMC); mais de 70 mil empresas estão sediadas na cidade; a RMC é a terceira maior produtora de manufaturados do Brasil; e concentra mais de 20% da indústria de alimentos e bebidas do Estado de São Paulo.

Aliado ao seu poder econômico, a capacidade científica e tecnológica merece destaque, sendo classificada como o 3º maior Polo de Pesquisa e Desenvolvimento, resultado dos esforços dos diversos Institutos, Centros de Pesquisa e Universidades, públicos e privados. É sede do maior conglomerado de Parques Tecnológicos do Brasil, com um total de cinco parques, quatro deles credenciados no Sistema Paulista de Parques Tecnológicos – SPTec.

A combinação dos fatores econômicos, científicos e tecnológicos, associada à infraestrutura local e aos programas que vêm sendo implementados pelos setores público e privado, classifica Campinas como a 3ª melhor cidade para Negócios e para Empreender, transformando assim o potencial para Inovação uma realidade próxima.

Diante desse contexto, a sustentabilidade e a inovação constituem os pilares do Plano Diretor Estratégico (PDE) da cidade (Lei Complementar no 189, de 08/01/2018). Nesse documento, duas importantes ações merecem destaque: o Programa Cidades Sustentáveis (PCS) e o Plano Estratégico Campinas Cidade Inteligente (PECCI).

O Programa Cidades Sustentáveis foi inspirado nos compromissos de Aalborg (Dinamarca) - um pacto po-

lítico com o desenvolvimento sustentável - que conta com a assinatura de mais de 650 municípios em todo o mundo, principalmente europeus, onde 207 municípios brasileiros são signatários. O programa objetiva a implantação de agendas para a promoção da sustentabilidade nas cidades, incorporando de maneira integrada as dimensões sociais, ambientais, econômicas, políticas e sociais, em consonância aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU.

Já o Programa Estratégico Campinas Cidade Inteligente 2019-2029 (PECCI) é um robusto esforço que visa viabilizar que o município empreenda uma jornada de transformação digital, não somente pela implementação de tecnologias de informação e comunicação (TICs), mas mediante a implantação de soluções que promovam desenvolvimento sustentável, melhoria na infraestrutura e uma governança ativa e eficiente. Assim como o PCS, o PECCI também está em consonância com os ODS da ONU, criando assim uma total harmonia entre os seus respectivos objetivos.

Todos esses fatores, aliados à vocação agrônoma da região - iniciada pela introdução da cana-de-açúcar e, posteriormente, do café durante os séculos XVIII e XIX e o nascimento do Instituto Agrônomo (IAC) no final do século XIX - e somados à capacidade científica e tecnológica criada desde então com os nascimentos de importantes instituições como o Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), o Instituto Biológico (IB), o Instituto de Zootecnia (IZ), a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), o CTI Renato Archer, o Centro de Pesquisa de Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), o Instituto Eldorado, dentre outros, tornaram o município um importante contribuidor para o desenvolvimento do agronegócio nacional, e certamente um dos ambientes mais favoráveis para o desenvolvimento da bioeconomia no Brasil. ■



# A Pesquisa em Bioeconomia Tropical

Carlos Henrique de Brito Cruz – Diretor Científico (2005-2020), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP

**H**á enormes oportunidades para o Brasil e para o Estado de São Paulo no setor econômico que veio a ser denominado de Bioeconomia, e a presente obra demonstra a vigorosa iniciativa da região de Campinas para fazer da cidade um dos mais importantes polos no tema.

A existência na região de algumas das mais importantes entidades de Ciência e Tecnologia do país em Campinas torna possível mobilizar a pesquisa e o desenvolvimento para criar novo conhecimento básico e aplicado nos temas da Bioeconomia. A FAPESP tem incentivado a iniciativa, inicialmente por meio do projeto de pesquisa “Agropolo Campinas-Brasil: roadmap para identificação de áreas estratégicas de pesquisa visando à criação de um ecossistema bio-econômico de classe mundial, liderado pelo Dr. Sérgio Carbonell do IAC e o Prof. Luiz Cortez da Unicamp. O projeto faz parte do programa FAPESP de Pesquisa sobre Políticas Públicas, que estimula a pesquisa em temas com potencial claro para aplicação na formulação e implementação de políticas públicas.

A iniciativa do IAC e da Unicamp de tratar do importante tema da Bioeconomia, e a adesão da Prefeitura Municipal de Campinas ao projeto, colocam a região ao lado de vários países e regiões no mundo que têm trabalhado na agenda de pesquisa em bioeconomia como parte do esforço de aumentar a sustentabilidade regional e mundial.

Neste sentido, a iniciativa do Agropolo Campinas-Brasil de organizar uma proposta inicial de pesquisa, mudando a forma como os grupos de pesquisa são compostos e focando em temas considerados estratégicos, reveste-se de grande importância para a Fapesp.

O projeto cujos resultados são aqui descritos buscou evitar um recorte disciplinar, organizando a pesquisa em

torno de objetivos econômicos e ambientais. Para montar esse modelo de pesquisa colaborativa, os organizadores buscaram inspiração na experiência do Agropolis de Montpellier, França.

Dez áreas da bioeconomia foram escolhidas, explorando-se a complementaridade entre as instituições participantes. Uma metodologia foi implantada de modo a identificar assuntos relevantes e desafiadores de pesquisa, que poderão resultar em grandes contribuições futuras e ajudar a manter o dinamismo da economia do agronegócio paulista. Vários especialistas estrangeiros contribuíram para as atividades de pesquisa do grupo, trazendo visões e ideias dentro das melhores práticas internacionais.

À medida que os resultados da fase inicial vão se consolidando, é razoável se esperar que o projeto de bioeconomia tropical crie oportunidades para pesquisa colaborativa entre universidades e institutos públicos e empresas, acelerando a criação de desenvolvimento econômico regional baseado em ciência internacionalmente competitiva.

Como sempre acontece nas coisas do conhecimento, obter resultados nunca significa que o trabalho terminou. Novas questões e desafios acabam por ser descobertos e ainda muito deve ser realizado. Quando se fala de aplicações do conhecimento, a complexidade do problema aumenta muito, pois o sucesso não depende somente da qualidade da ciência criada, mas principalmente da capacidade de atores externos ao mundo da ciência – governos, indústria – agirem de maneira efetiva com base no conhecimento criado. Os resultados aqui apresentados, obtidos em estreita articulação com setores de governo e empresas, são um importante primeiro passo para tornar real a promessa de desenvolvimento científico, social e econômico baseado no uso sustentável dos recursos existentes nos trópicos. ■

Imagem cedida pela Embrapa Territorial



# O Papel das *Startups* no Ecosystema Inovador da Bioeconomia

Flávio Grynszpan – Diretor do Instituto iCorps Brazil e Instrutor do Programa PIPE/FAPESP

**A**s *startups* têm um papel fundamental no processo da inovação, participando tanto na transferência do resultado das pesquisas realizadas nas nossas Universidades e Institutos de Pesquisa, como também na incorporação da inovação na Empresa.

Há países, como os Estados Unidos, onde muitos dos atuais grandes *players* da Economia eram, faz pouco tempo, empresas nascentes, como, por exemplo, a Amazon, Facebook e Google. Mais recentes exemplos, são a Uber, Airbnb e Tesla.

Outros países, como Israel, têm sua economia centrada nas ações de pequenas *startups* inovadoras, nascidas, na sua grande maioria, das pesquisas nas Universidades Israelenses. Israel é conhecido como “*The Startup Nation*” ou como “*The Entrepreneur Country*”.

No Brasil, a criação de *startups* inovadoras é bem recente. Mas nota-se a sua importância pela intensidade com que o tema está sendo discutido pela sociedade, que entende que as *startups* serão de grande importância para a geração de novos negócios, na criação de empregos qualificados e na transformação do nosso setor produtivo. O Governo já avança com legislação que facilita a criação de novas empresas e procura fomentar o seu desenvolvimento, com programas como o PIPE da FAPESP

## As *Startups* e as Pesquisas Acadêmicas

Em 2008, os Estados Unidos foram atropelados por uma grave crise financeira, que rapidamente se espalhou pela economia mundial. Empresas foram fechadas e empregos foram perdidos. A crise continuou nos anos seguintes, pressionando os governos e as instituições a se ajustarem à nova realidade.

Em 31 de Janeiro de 2011, o Presidente Barack Obama lançou o Programa *Startup America*, colocando o empreendedorismo no centro das discussões sobre a retomada do desenvolvimento americano. Até então, o empreendedorismo estava limitado a alguns centros, como o Silicon Valley, Boston e Nova York, principalmente.

A crise, também, chegou ao meio acadêmico, obrigando a *National Science Foundation* a solicitar ao Congresso um reforço no seu orçamento. Pressionado pelas Universidades, o Congresso resolveu atender às demandas, mas, no entanto, incluiu uma condição à NSF: que todo o pesquisador que recebesse recursos da agência deveria participar ativamente do esforço de recuperação da economia. Para viabilizar o modelo do comprometimento do pesquisador, a Comissão de Ciência e Tecnologia da Câmara foi buscar o Prof. Steve Blank, que ensinava os alunos da *Business School* das Universidades de Stanford e Berkeley a criarem novas empresas na região do Silicon Valley.

Daí nasceu o Programa Innovation Corps, ou iCorps, na NSF, em 2011. Pelo iCorps, os pesquisadores deveriam transferir o resultado das pesquisas apoiadas pela NSF através da criação de uma *startup*. Como a NSF é uma das mais importantes agências de fomento nos Estados Unidos, rapidamente o empreendedorismo se tornou tema central na pesquisa acadêmica americana. Como os resultados iniciais se mostraram muito positivos, rapidamente os outros órgãos da Administração aderiram ao Programa: em 2013, foram a *National Institute of Health* (NIH) e a *Small Business Innovation Research* (SBIR), uma irmã do PIPE da Fapesp; em 2014, os Departamentos de Defesa, de Energia e a NASA e, a partir de 2015, todos os demais programas federais de fomento do Governo. Hoje, o Programa iCorps roda nas 83 mais importantes Universidades de Pesquisa dos Estados Unidos. A

Imagem cedida pela Embrapa Territorial

expectativa é que estas startups formarão as bases do futuro setor produtivo americano.

Nos Estados Unidos, as startups estão se tornando o principal vetor de transferência dos resultados das pesquisas acadêmicas para o setor produtivo.

## As Startups e as Empresas

Em 1997, no seu clássico livro *The Innovator's Dilemma*, o Prof. Clayton Christensen explica o motivo pelo qual as grandes empresas líderes nos seus mercados não conseguem manter o seu domínio, porque são obrigadas a proteger o seu mercado e, assim, inovam apenas incrementalmente. Em consequência, ficam vulneráveis quando aparece um competidor com uma inovação disruptiva.

Uma conclusão similar chegou a consultora McKinsey, ao criar o modelo dos três horizontes de inovação: no horizonte 1 estão as empresas líderes, que focam na melhoria da execução do seu atual modelo de negócios. Neste horizonte, a empresa inova em processos, procedimentos e custos, com seu pessoal interno. É uma inovação incremental.

No horizonte 2 estão os negócios ou oportunidades emergentes que podem gerar lucros futuros, mas que exigem investimentos adicionais e fazem a empresa correr algum risco, pois não controla completamente o novo ambiente. Como a empresa não quer assumir este risco, para diminuir a incerteza, a empresa prefere fazer uma parceria ou aquisição de outra empresa externa, pois é mais barato e menor risco, do que tentar internamente. Se a empresa externa for uma startup, ela está sempre disposta a correr o necessário risco. Este é o caso da Open Innovation.

No horizonte 3 estão as inovações mais disruptivas, realizadas por startups que praticam novos modelos de inovação. São inovações que, caso sejam bem sucedidas, podem afetar substancialmente o mercado da empresa líder. A solução usada pela empresa líder é de fazer um pequeno investimento na startup, para acompanhar de perto a sua evolução e decidir se e quando precisa adquirir a entrante.

Tanto no caso do horizonte 2 como do horizonte 3 a startup é central no processo da inovação das principais empresas.

## A Inserção Internacional das Startups Brasileiras

Como o Brasil é um importante player mundial na Bioeconomia, esta área representa uma grande oportunidade para a inserção internacional das nossas star-

tups. A startup que quer competir globalmente precisa escolher uma das duas estratégias:

- a) se tornar uma startup escalável – que vai atrás de investimentos externos de capital de risco para crescer. Precisa ser atrativa aos investidores, mostrando uma perspectiva de alta taxa de crescimento;
- b) ser uma startup comprável – cujo papel é levar a sua inovação disruptiva para fazer uma parceria ou ser absorvida por média ou grande empresa que esteja competindo no mercado.

Nos dois casos, o apoio dos órgãos públicos, como a Fapesp, é essencial, tanto para servir de capital semente, através do Programa PIPE, quanto capacitar a startup através do treinamento PIPE Empreendedor, que ajuda no ajuste do seu produto ou serviço à real necessidade do mercado (*product x market fit*).

## Oportunidades para as Startups Brasileiras na Bioeconomia

As startups brasileiras podem aproveitar que o País já penetrou nos principais mercados do mundo com seus produtos, dando foco em quatro iniciativas:

- a) consolidar sua liderança em áreas como o agro-negócio e a bioenergia, criando produtos e serviços inovadores, que usam as novas tecnologias de *analytics*, *big data*, *machine learning*, inteligência artificial e genética;
- b) aumentar o valor agregado nas *commodities* que exportamos;
- c) resolver os atuais gargalos e necessidades internas da nossa cadeia produtiva, como por exemplo, os relacionados à produção de defensivos e fertilizantes orgânicos, melhoria da conectividade no campo e transferência e adoção de soluções tecnológicas para os pequenos produtores rurais, de modo a evitar que alarguemos o fosso entre o grande e pequeno produtor, temas recentemente levantados no seminário de startups inovadores, realizado, em agosto/2019, pelo Instituto iCorps, em parceria com o Agropolo Campinas-Brasil e com os Institutos de Pesquisa da APTA/SAA.

A médio prazo, precisaremos de soluções competitivas para: agricultura de precisão, produtos e serviços inovadores de aplicação mundial, tecnologias modernas para processamento de alimentos e alimentos para bem-estar.

- d) acelerar o processo de inserção internacional, através da participação das nossas startups nas principais aceleradoras dos países líderes.

Revendo o mercado dos Estados Unidos, identificamos algumas áreas de prioridade para inserção no mercado americano, exemplificadas por estas aceleradoras:

### Aceleradora AgTech – Áreas prioritárias:

- Biotechs Agrícolas – insumos agrícolas para produção animal e vegetal, incluindo genética, microbioma e melhoramento genético;
- Bioenergia e bio-materiais – tecnologias para processamento e extração de matérias-primas não alimentares;
- Softwares de gestão agrícola, sensoriamento e internet das coisas (IoT) – captura de dados, softwares de suporte a decisão, *big data analytics*;
- Mercado/E-commerce de alimentos – online-do produtor ao consumidor, kits de refeições, e entrega especializada de alimentos para o consumidor;
- Alimentos inovadores – proteínas alternativas e novos ingredientes
- Novos sistemas de cultivo – fazendas indoor para produção de insetos, algas e micro-organismos;
- Robótica, mecanização e equipamentos – maquinário agrícola, automação, fabricação de drones, e de equipamentos para cultivo agrícola;
- Tecnologias para as cadeias de suprimento – alimento seguro e rastreabilidade, logística e transporte, e processamento de alimento.

### Aceleradora Food X – Áreas prioritárias:

- Intersecção do alimento e a medicina – produtos saudáveis;
- Redução dos resíduos;
- Aplicação de tecnologia avançada;
- Proteínas sustentáveis;
- Embalagens sustentáveis inovadoras.

### Aceleradora Plug & Play – Áreas prioritárias:

- Nutrição personalizada;
- Alimento fresco e seguro;
- Automação;
- Alimento funcional;
- Proteína alternativa;
- Redução dos resíduos. ■



# Parques tecnológicos: inovação e competitividade regional

José Luiz Guazzelli - Diretor do Parque Tecnológico Techno Park Campinas

Lucas Baldoni - Membro do Comitê de CT&I do Techno Park Campinas

Os Parques Tecnológicos promovem a cultura da inovação e da competitividade regional através do fluxo de conhecimento gerado e convertido em inovações disruptivas, além de fomentar a interação entre diversos atores do ecossistema de inovação, por exemplo, as indústrias de alta intensidade tecnológica, as Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs), os investidores de *venture capital* e o governo.

Fundamentados na oferta de serviços de alto valor agregado e de infraestrutura de qualidade, os Parques oferecerem as condições favoráveis de localização, suporte técnico e científico para que as empresas instaladas possam interagir com o ecossistema e ampliar seus processos de inovação e difusão tecnológica. A lógica de funcionamento de um Parque demanda que ele seja gerido com regras do setor privado, já que as empresas e indústrias intensivas em conhecimento esperam encontrar em um Parque Tecnológico uma gestão ágil sem os eventuais contingenciamentos de verbas públicas.

Os Parques de iniciativa privada, como o Techno Park Campinas, um empreendimento idealizado pelos irmãos Miguel Gilberto Pascoal e Luis Norberto Pascoal, no final da década de 1990, possuem características consideradas chaves para a competitividade, a consolidação de ecossistemas dinâmicos e o fomento à inovação industrial.

O Techno Park Campinas está implantado em Campinas, SP, região com forte vocação para atrair Empresas de Base Tecnológica (EBTs). Com uma área de 525.00 m<sup>2</sup> e um projeto embasado na moderna conceituação do desenvolvimento sustentável, contribui para o desenvolvimento da região, com base na sua capacidade de converter conhecimento em produtos inovadores por meio das EBTs. Desde sua implantação, tem atraído várias EBTs – hoje 47 de um total de 62 empresas –, reflexo do exemplar nível de infraestrutura do seu projeto,

da ampla gama de *facilities* oferecidas e dos cerca de R\$200 milhões investidos até 2018.

Com mais de 5.000 colaboradores, as empresas instaladas atuam nos segmentos industrial; tecnologia da informação e comunicação; bioeconomia; equipamentos médicos; alimentar e agroenergia; automação, mecânico-automotivo; energia elétrica e logística. A unidade gestora do Parque é a ASSOCITECH – Associação dos Proprietários do Techno Park Campinas, que atua em três frentes: gestão administrativa, operação da infraestrutura e CT&I. O Comitê de CT&I é composto por uma equipe de empresários e acadêmicos com forte inserção no ecossistema de Campinas, com assessoria técnica da empresa LINKAGES

Os Parques Tecnológicos participam de ações em conjunto com as ICTs locais e entidades internacionais para o fomento da inovação industrial em áreas estratégicas, através da rede de parceiros, como é o caso do Techno Park com a sua participação no Agropolo Campinas-Brasil. Outra vertente muito importante da atuação dos Parques é de contribuir na formulação de políticas públicas para a ampliação da competitividade das EBTs.

Vale ressaltar que a rede de parceiros institucionais do Techno Park gera efeitos positivos para as EBTs instaladas no Parque, pois proporciona a troca de informação entre cientistas e empresários envolvidos com a mesma temática, possibilitando sobretudo a realização de convênios de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) em assuntos específicos.

A força de um ecossistema de tecnologia não está ligada somente à quantidade de atores localizados no território, mas principalmente nos elos que os unem. Conclui-se, portanto, que os Parques Tecnológicos desempenham um papel importantes para a criação de ambientes específicos para a atração das indústrias de alta intensidade tecnológica, como também são agentes facilitadores para a interação dessas indústrias com o ecossistema inovador e empreendedor localizado na sua região. ■

Imagem cedida pela Embrapa Territorial



# Parte I

# Bioeconomia

*Imagem cedida pela Embrapa Territorial*

# I.1

## Bioeconomia: oportunidades e desafios

**José Vitor Bomtempo** – Grupo de Estudos em Bioeconomia (GEBio), Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

**Thiago Falda Leite** – Associação Brasileira de Bioinovação (ABBI)

**Flávia Alves** – Grupo de Estudos em Bioeconomia (GEBio), Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

**Fábio Oroski** – Grupo de Estudos em Bioeconomia (GEBio), Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

**E**ste capítulo tem como objetivo identificar as principais dimensões do processo de construção da bioeconomia e discutir brevemente os desafios e oportunidades para o Brasil. Para explorar as oportunidades e os desafios na bioeconomia, é importante entender sua dinâmica tecnológica e de inovação. Nas seções a seguir, propomos uma leitura em cinco dimensões dessa dinâmica: matérias-primas, tecnologias, produtos, modelos de negócios e regulação. Cada dimensão é discutida brevemente.

### O que é Bioeconomia?

Muitas definições podem ser encontradas. A Comissão Europeia propõe uma definição útil e operacional: “A bioeconomia... abrange a **produção de recursos biológicos renováveis e a conversão desses recursos e dos fluxos de resíduos em produtos de valor agregado, como alimentos, rações, bioprodutos e bioenergia**. Seus setores e indústrias possuem forte potencial de inovação devido ao uso de uma ampla gama de ciências, viabilizando tecnologias industriais, com conhecimento local e tácito” (Comissão Europeia, 2012). A Associação Brasileira de Bioinovação (ABBI) apresenta uma definição semelhante que coloca as inovações tecnológicas no centro da bioeconomia e acrescenta duas características importantes: ser circular e gerar benefícios sociais e ambientais (ABBI, 2019). Em resumo, bioeconomia significa o uso de **recursos renováveis** de maneira **inovadora e sustentável**.

### Bioeconomia como um ambiente complexo em estruturação

Os setores da bioeconomia são ainda emergentes e não possuem estruturas industriais definidas. A competição nos setores de bioeconomia é baseada na inovação. A falta de um padrão de concorrência estabelecido cria uma janela de oportunidades para o país explorar suas vantagens comparativas. Mas como identificar nesses setores emergentes a natureza das oportunidades e desafios?

Trabalhos anteriores sobre bioeconomia e inovação (Bomtempo e Alves, 2014; Bomtempo, Alves e Oroski, 2017; IEL / Bomtempo, 2018) identificaram quatro dimensões principais que coevoluem nesse processo de estruturação: matérias-primas, tecnologias, produtos e modelos de negócios. Essas dimensões estão inseridas no macroambiente que a literatura de transição identifica como a paisagem sociotécnica. A Figura 1 ilustra a dinâmica de inovação que é central na evolução da bioeconomia. Na seção a seguir, essas quatro dimensões são discutidas, com uma discussão complementar adicional sobre os aspectos regulatórios. A regulação é crítica no processo de estruturação da bioeconomia, sendo um fator chave nas estratégias dos inovadores.

Matérias-primas são um fator histórico de estruturação nas indústrias de energia e química. No nível da indústria, a bioeconomia exige que novas cadeias de

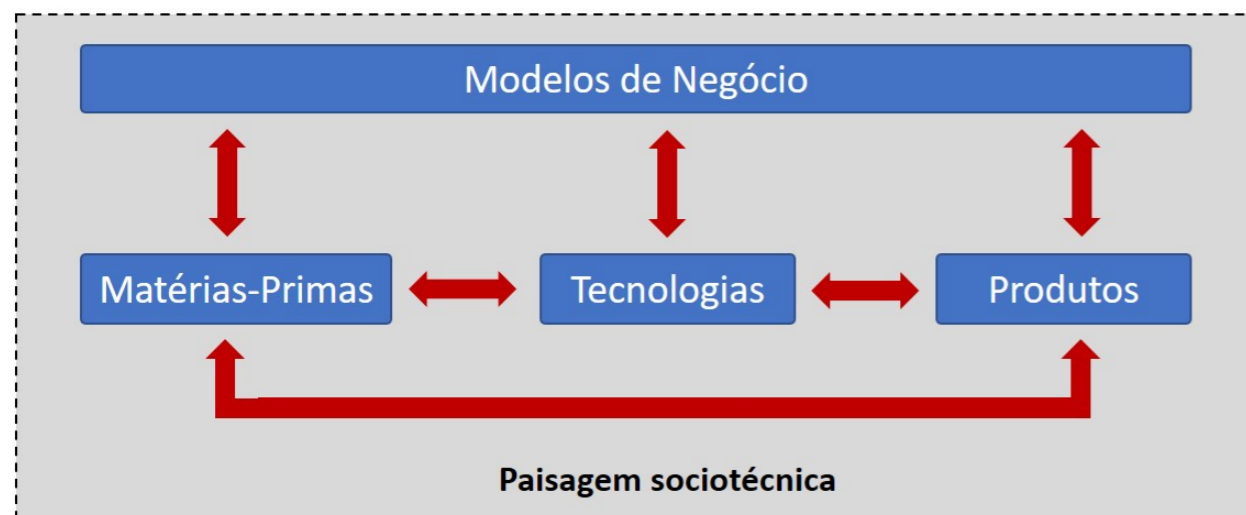


Figura 1. Estruturação da bioeconomia: matérias-primas, tecnologias, produtos, modelos de negócios e regulação

suprimentos e logística sejam desenvolvidas para usar a biomassa como matéria-prima. Esses desenvolvimentos são muito complexos e exigem competências ausentes em muitas empresas inovadoras que entram na bioeconomia. Em alguns casos, como resíduos urbanos e agroindustriais, especialidades da biodiversidade e novas culturas energéticas, o mercado fornecedor ainda não está organizado.

No caso brasileiro, a cadeia de suprimento é bem desenvolvida para as *commodities* (cana-de-açúcar, indústria de papel e celulose e agronegócio em geral), proporcionando uma importante vantagem competitiva. No entanto, para os resíduos e especialidades da biodiversidade, é um desafio a ser enfrentado pelos inovadores.

A disponibilidade de matéria-prima faz parte de um processo de inovação que busca construir a bioeconomia e passa por desenvolvimentos agronômicos (genética de plantas, produtividade, adequação para uso em processos industriais), tecnologia agrícola (manejo, plantio, colheita) e implementação de uma cadeia de suprimento sustentáveis (Niko et al. 2013; Meléndez, LeBel e Stuart, 2013).

Além disso, o tratamento da biomassa para obtenção dos produtos de partida - açúcares, celulose, lignina, glicerina, bio-óleos etc. - a serem processados pelas tecnologias de conversão, pode ser bastante desafiador. É o caso, por exemplo, da obtenção de açúcares a partir de materiais lignocelulósicos, o que tem sido um obstáculo significativo no desenvolvimento da bioeconomia (IEL / Bomtempo, 2018).

Existem múltiplas oportunidades em matérias-primas renováveis, mas a estruturação de uma oferta articulada com as tecnologias de conversão, produtos e modelos de negócios correspondentes é uma construção que desafia a capacidade inovadora do setor. Existem inúmeras alternativas tecnológicas, em desenvolvi-

mento, para a conversão de biomassa, incluindo rotas bioquímicas, termoquímicas e químicas. Os processos de fermentação podem ser conduzidos por microrganismos, naturalmente selecionados, produzidos por melhoramento genético, modificados geneticamente ou desenvolvidos usando as Novas Técnicas de Melhoramento (*New Breeding Technologies* - NBTs). Particularmente relevante é o conceito de biologia sintética, que permite a obtenção direta de novas moléculas de interesse, consolidando, em uma única etapa, rotas que, de outro modo, exigiriam várias etapas de reação (Bomtempo e Alves, 2014; IEL/Bomtempo, 2018).

Um desafio adicional está relacionado às biorrefinarias, como um novo conceito de plantas industriais (OCDE, 2019). Considerando a natureza das matérias-primas e os tipos de tecnologias de tratamento e conversão, o conhecimento convencional na concepção de plantas industriais, em relação à escala, escopo, localização e integração está sendo desafiado.

Em coevolução com as matérias-primas e as tecnologias, o campo dos bioprodutos tem se tornado cada vez mais diversificada. Oportunidades e iniciativas inovadoras são identificadas em biocombustíveis avançados, bio-plásticos, bioquímicos e nutrição humana e animal (IEA, 2017; Golden e Handfield, 2014; E4tech, nova-Institute, BTG e DECHEMA, 2019). Apesar do alto potencial, a escolha de qual bioproduto deve ser desenvolvido e lançado é um desafio. As empresas inovadoras enfrentam pelo menos três dilemas. Os bioprodutos podem ser finais ou intermediários; *commodities* ou especialidades; e *drop-in* ou *não drop-in*. Cada um desses dilemas constitui um grande desafio para os inovadores em bioeconomia (Oroski, Alves e Bomtempo, 2014).

Como seria de se esperar, os modelos de negócio são muito diversos e inovadores. As empresas ino-

vadoras buscam explorar suas competências específicas e, ao mesmo tempo, adquirir as capacidades adicionais, necessárias para testar modelos de negócio capazes de combinar matérias-primas, tecnologias e produtos em uma solução viável (Teixeira, Bomtempo e Oroski, 2019). E, ainda mais, esses modelos de negócios, também, devem atender aos requisitos regulatórios.

Nesse espaço de estruturação, é possível encontrar um conjunto diversificado de empresas de diferentes tamanhos, formações e bases de conhecimento, incluindo: *startups* de base tecnológica; empresas de indústrias estabelecidas, como a indústria química e petroquímica; produtores de petróleo e gás; do agronegócio e indústrias de alimentos; empresas de papel e celulose e até *brand-owners*.

As condições da estrutura regulatória são um fator crucial nas atividades de inovação. Se custo para o atendimento dos requisitos regulatórios e de conformidade, bem como da burocracia envolvida, for muito alto, certamente desencorajará o investimento e influenciará negativamente o processo de inovação. Por outro lado, é necessário garantir a segurança dos processos e dos produtos, bem como os direitos e benefícios dos agentes envolvidos no seu desenvolvimento. No contexto da bioeconomia, o rápido desenvolvimento de técnicas de biologia molecular, a dramática diminuição dos custos de sequenciamento biológico e o incrível potencial da biodiversidade para fornecer bioprodutos especializados tornam a regulação da biossegurança e da biodiversidade crucial para o seu desenvolvimento.

## Identificando os desafios

Considerando as dimensões-chave discutidas na seção anterior - matérias-primas, tecnologias, produtos, modelos de negócios e regulação - as empresas inovadoras devem enfrentar os desafios para explorar as oportunidades em bioeconomia. Os atributos de competitividade (IEL / Bomtempo, 2018), descritos abaixo, podem ser tomados como base para a formulação de políticas e estratégias em bioeconomia:

- Habilidade de captar a dinâmica da inovação do setor e orientar investimentos e políticas em um ambiente em estruturação.
- Estabelecimento de conhecimento, científico, tecnológico e operacional, avançado em biotecnologia industrial e, em particular, em biologia sintética;
- Reconhecimento da propriedade intelectual (PI) de material genético e processos de engenharia genética, fundamentais nas conversões de biomassa;

- Política efetiva para a precificação do carbono;
- Capacidade para estruturar o suprimento de biomassa;
- Capacidade para escalar e operar novos processos, particularmente aqueles que envolvem biotecnologia avançada;
- Capacidades em inovação de produtos, principalmente em aplicações e em desenvolvimento de mercados;
- Atualização e modernização frequente das estruturas regulatórias, garantindo regulamentação suficiente para assegurar a segurança necessária e evitar custos e burocracia desnecessários.

## Conclusões

As vantagens comparativas do Brasil são significativas, mas dependem de esforços tecnológicos e em novos negócios, para se tornarem competitivas e dar ao país uma posição de destaque na bioeconomia do futuro.

A competição na bioeconomia é baseada na inovação, o que inclui não apenas inovações em processos e produtos, mas, também, a capacidade de moldar setores industriais. A falta ainda de um padrão estabelecido de competição cria uma janela de oportunidade para o país explorar suas vantagens comparativas. Embora existam segmentos, como a biologia sintética, em que é necessária uma estratégia de *catching-up*, o uso de recursos biológicos renováveis tem uma especificidade local importante, o que requer a criação de soluções inovadoras próprias (*path-creating*) para as rotas tecnológicas. Políticas públicas e estratégias devem considerar e enfrentar os desafios únicos da construção da bioeconomia, um novo paradigma que será central para a economia do século XXI.

## Referências

- ABBI. Associação Brasileira de Bioinovação, 2019. Disponível em: [www.abbi.org.br](http://www.abbi.org.br)
- Bomtempo, J. V.; Alves, F. Innovation dynamics in the biobased industry. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 1:19, 2014.
- Bomtempo, J. V.; Alves, F. C.; Oroski, F. A. Developing new platform chemicals: what is required for a new bio-based molecule to become a platform chemical in the bioeconomy?. *Faraday Discussions*, 202, 213, 2017.

- E4tech, nova-Institute, BTG, DECHEMA. Road-to-Bio: Roadmap for the Chemical Industry in Europe towards a Bioeconomy, 2019. Disponível em: [www.roadtobio.eu/uploads/publications/roadmap/RoadToBio\\_strategy\\_document.pdf](http://www.roadtobio.eu/uploads/publications/roadmap/RoadToBio_strategy_document.pdf)
- European Commission. Innovation for sustainable growth: A bioeconomy for Europe, 2012. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1f0d8515-8dc0-4435-ba53-9570e47dbd51>
- Golden, J.S., and R.B. Handfield. Why Biobased? Opportunities in the Emerging Bioeconomy. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Office of Procurement and Property Management, 2014. Disponível em: [www.biopreferred.gov/files/WhyBiobased.pdf](http://www.biopreferred.gov/files/WhyBiobased.pdf)
- IEA Technology Roadmap: Delivering Sustainable Bioenergy, 2017. Disponível em: [www.ieabioenergy.com/wpcontent/uploads/2017/11/Technology\\_Roadmap\\_Delivering\\_Sustainable\\_Bioenergy.pdf](http://www.ieabioenergy.com/wpcontent/uploads/2017/11/Technology_Roadmap_Delivering_Sustainable_Bioenergy.pdf)
- IEL/Bomtempo J. V. Nota técnica: Química e Bioeconomia, projeto Indústria 2027. MEI/CNI, 2018. Disponível em: [www.industria2027.com.br](http://www.industria2027.com.br)
- Meléndez, J., LeBel, L., Stuart, P. A Literature Review of Biomass Feedstocks for a Biorefinery, Chapter 15. In: Stuart, P.; El-Halwagi, M. (ed.), Integrated Biorefineries, CRC Press, 2013.
- Niko, D., Valente, M., Milanez, A., Tanaka, A., Rodrigues, A. A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural?. BNDES Setorial, 37, 399 – 442, 2013.
- OECD. Innovation Ecosystems in The Bioeconomy, in OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, N. 76, 2019. Disponível em: [www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/innovation-ecosystems-in-the-bioeconomy\\_e2e3d8a1-en](http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/innovation-ecosystems-in-the-bioeconomy_e2e3d8a1-en)
- Oroski, F. A.; Alves, F. C.; Bomtempo, J. V. Bioplastics Tipping Point: drop-in or non-drop-in?. Journal of Business Chemistry, 2014. Disponível em: [www.businesschemistry.org/article/?article=187](http://www.businesschemistry.org/article/?article=187)
- Teixeira, L.; Bomtempo, J. V.; Oroski, F.; Alves, F. Exploring business model dynamics in fast-changing environments: the case of the bioeconomy. Apresentação realizada em LA BIOÉCONOMIE - Organisation, Innovation, Soutenabilité et Territoire, Reims, França, 2019. ■

## I.2

# Ecossistema de Inovação em Bioeconomia: Oportunidades, Vantagens Competitivas e Desafios para a Região Metropolitana de Campinas

**Maurício Serra** – Professor do Instituto de Economia (IE), Universidade Estadual de Campinas (IE/UNICAMP)

**Eduardo Gurgel** – Diretor do Parque Científico e Tecnológico da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e atual Presidente da Fundação Fórum Campinas Inovadora (FFCI)

**Celso Barbosa** – Vice-Diretor de Tecnologia do Centro de Indústrias do Estado de São Paulo (CIESP) e ex-Presidente da Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras (ANPEI)

**H**á um amplo consenso na literatura que o sucesso econômico de uma região é o resultado de um conjunto de fatores. A canalização de recursos financeiros para a inovação e a infraestrutura de apoio às atividades inovativas em contextos geográficos ou setoriais específicos é uma condição suficiente, mas não suficiente para garanti-la. As regiões bem-sucedidas dependem, em grande medida, de uma interação dinâmica entre vários atores que compartilham conhecimentos e experiências, incentivando assim a atividade cooperativa. Nesse sentido, as regiões podem facilitar essas interações, assim como a criatividade humana e a organização das atividades econômicas. É com base nesta percepção que emerge o conceito de ecossistema de inovação, que está intrinsecamente relacionado ao ambiente criativo, dinâmico e interativo no qual as inovações nascem e florescem. O termo tem conexões claras, não só com a noção de sistemas nacional e regional de inovação (Wessner, 2007; Oh et al., 2016), não sendo coincidência o fato de o conceito de ecossistema de inovação ser aplicado aos contextos nacional (Frenkel et al., 2011; Frenkel & Maital, 2014) e regional (Lappalainen et al., 2015; Markkula & Kune, 2015a; EU/CoR, 2016), mas também com a de *clusters* (Estrin, 2009), cujo exemplo

ilustrativo é fornecido pelo próprio Porter (1998), que se referia ao Vale do Silício como sendo um dos mais conhecidos *clusters* do mundo.

Em face da pressão populacional mundial e dos sérios problemas gerados por uma economia baseada em recursos naturais fósseis, a bioeconomia tem sido percebida por governos e especialistas como uma oportunidade de se compatibilizar crescimento econômico e sustentabilidade. Como a bioeconomia é fundamentalmente baseada em conhecimento, toda e qualquer estratégia que vise impulsioná-la ou fortalecê-la deve estar centrada principalmente em pesquisa e inovação. Entretanto, esses ingredientes, caso estejam isolados, são incapazes de promover a tão almejada prosperidade socioeconômica e ambiental. Consequentemente, a formação de capital humano qualificado, a interação entre as instituições de ensino superior e o setor produtivo, e um papel proativo dos governos são elementos essenciais nesse processo e partes de um ecossistema de inovação. Dentro desse contexto, Campinas emerge como uma região potencial para o desenvolvimento de um ecossistema de inovação em bioeconomia, na medida em que reúne todos os elementos mencionados e, ao mesmo tempo, possui uma natural vocação empreendedora.

Este capítulo analisa as oportunidades e os desafios para a criação de um ecossistema regional de inovação em bioeconomia em Campinas. O capítulo está estruturado da seguinte forma: a primeira seção discute brevemente o conceito de ecossistema de inovação; a segunda seção destaca a importância da bioeconomia, não apenas na geração de consideráveis externalidades positivas, como também nas estratégias de desenvolvimento regional orientadas para o futuro. Esta seção também ressalta que o Estado de São Paulo tem um tremendo potencial para sediar um ecossistema de inovação em bioeconomia em que o *locus* por excelência é Campinas, o foco de análise da terceira seção. Na quarta e última seção, algumas considerações são tecidas.

## Ecossistema de Inovação: um breve panorama

O conceito de ecossistema de inovação é mais abrangente do que conceitos similares na medida em que incorpora os principais elementos constituintes das contribuições teóricas mencionadas e, ao mesmo tempo, fornece uma sólida estrutura analítica para melhor compreender e explicar os fatores estruturais e dinâmicos responsáveis por um intenso e contínuo processo de inovação tecnológica, o que faz dos ecossistemas potenciais promotores do desenvolvimento social e econômico regional.

Em termos gerais, um ecossistema de inovação é caracterizado por congregar um amplo e diversificado conjunto de atores e, ao mesmo tempo, complexos e dinâmicos processos colaborativos, que somados geram inovações contínuas e sistêmicas. Segundo Oksanen e Hautamäki (2014), algumas características são comuns a todos os ecossistemas, tais como: a presença de renomadas universidades e instituições de pesquisa; um nível satisfatório de financiamento para novas empresas e projetos de pesquisa; um arranjo interativo de grandes empresas estabelecidas e novas *startups*; a especialização de empresas e a cooperação entre elas; a existência de empresas de serviços especializados para atendimento das necessidades das empresas locais; um mercado local suficientemente amplo para os novos produtos inovadores; uma rede global que esteja conectada com outros centros de inovação; e uma comunidade de destino ("*community of fate*"), ou seja, uma comunidade na qual os atores regionais percebem que o seu sucesso está associado ao sucesso de toda a região.

Esses elementos se tornam poderosas engrenagens de transformação quando funcionam em conjunto, posto que isolados são incapazes de imprimir o dina-

mismo e a maleabilidade tão característicos nos ecossistemas de inovação. Além disso, outros elementos também são relevantes para o sucesso dos ecossistemas, cabendo destacar aqui o talento ou a qualidade dos indivíduos. Como as inovações estão diretamente relacionadas às ações coletivas e às redes, a qualidade destas depende fundamentalmente da qualidade ou do talento dos indivíduos (Lawton Smith et al., 2005). Na realidade, o estoque e a formação de talentos também são fatores importantes para a construção das vantagens regionais e, principalmente, para o próprio desenvolvimento da região.

Se a estrutura institucional e a base de conhecimento regional são importantes para a geração de inovações, também o são os ambientes criativos, dinâmicos e cooperativos, que se constituem em características marcantes dos ecossistemas. O Vale do Silício, na Califórnia, é o exemplo clássico e, muito provavelmente, o mais ilustrativo de um ambiente de inovação dinâmico e criativo. Esse ambiente rico e vibrante não pode ser dissociado, em absoluto, de uma forte cultura empreendedora que estimula a criatividade, apoia o desejo de experimentar e instiga a disposição em assumir risco.

Embora cada ecossistema de inovação tenha características específicas, o que torna impossível, e mesmo indesejável, replicá-los, os exemplos bem sucedidos, tais como o do Vale do Silício, que continua sendo uma referência primordial para outras iniciativas do gênero ao redor do mundo, servem como fonte inesgotável de aprendizado. O crescimento e o sucesso do Vale do Silício, de acordo com Bahrami e Evans (2000), se deve ao contínuo rearranjo de uma multiplicidade de distintos e especializados atores que se alimentam e se apoiam mutuamente e, sobretudo, interagem entre si. Na verdade, este processo de "reciclagem flexível" não só nutre e renova o ecossistema, mas também fornece uma estabilidade necessária ao desenvolvimento das empresas, tanto as novas quanto as já estabelecidas, que podem se tornar fontes potenciais de inovação e de emprego e, ao mesmo tempo, continuar sendo suficientemente maleáveis para absorver as mudanças em curso.

A "reciclagem" também é apontada por Saxenian (2006) como uma característica importante do ecossistema do Vale do Silício em função de o fluxo contínuo de pessoas favorecer tremendamente o estabelecimento de redes informais, as quais são excelentes canais para a disseminação de informações e ideias. Nesta linha, Estrin (2009) sublinha que o ecossistema de inovação é composto por três comunidades - pesquisa, desenvolvimento e aplicação - de pessoas com múltiplas e distintas competências e habilidades, sendo a inovação fruto

direto da interação dessas comunidades. O sucesso daquele ecossistema também reside nas inovações organizacionais (Saxenian, 2006), que acabam por estimular a formação de redes capazes de mobilizar rapidamente os recursos necessários para a criação de empresas em função de oportunidades de negócios.

A combinação de todos esses elementos cria a atmosfera necessária para uma interação efetiva dos diversos atores do ecossistema de inovação, os quais se sentem estimulados e incitados a ampliar o potencial e o impacto econômico de suas pesquisas e inovações. Na verdade, a flexibilidade, o dinamismo, a abertura e a qualidade e intensidade das interações existentes entre os atores são bons indicadores não somente da saúde e da eficiência de um ecossistema de inovação, mas principalmente de um promissor desempenho inovativo e de uma substancial contribuição para o desenvolvimento regional. A recomendação da União Europeia (EU/CoR, 2013) em explorar os ecossistemas regionais de inovação se deve exatamente ao potencial e a esse rol de características dos ecossistemas.

Além disso, os ecossistemas de inovação se encaixam perfeitamente na nova estratégia de desenvolvimento regional europeia: a especialização inteligente (*smart specialisation*), elaborada para o período de 2014-2020, e que desempenha um papel de extrema relevância no investimento em pesquisa e inovação no continente europeu, uma vez que ela é uma pré-condição para a utilização do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (McCann, 2015). Essa estratégia é direcionada para o crescimento econômico baseado na inovação e tem como foco prioritário o potencial competitivo e as características primordiais das regiões, o que significa dizer que a diversidade regional é fortemente encorajada (McCann & Ortega-Argilés, 2011; Foray et al., 2012; McCann, 2015). O reconhecimento da diversidade regional europeia - tanto dentro dos países quanto entre estes - implica que não há um modelo ideal de política de inovação a ser imitado em toda e qualquer região, sendo portanto indispensável uma abordagem diferenciada de política regional de inovação (Töttdling & Trippl, 2005).

Um exemplo ilustrativo da conjugação da estratégia de especialização inteligente e ecossistema regional de inovação é fornecido por Markkula e Kune (2015a; 2015b), que mostram a experiência da região de Helsinki em elaborar e implementar a sua especialização inteligente com base no seu ecossistema de inovação. Esses autores ressaltam a necessidade de uma abordagem colaborativa e de criação conjunta que envolva todos os atores da sociedade na formulação de uma política regional que centre a sua atenção na geração de novas oportunidades para aumentar o crescimento econômico, a com-

petição e a qualidade de vida regional. O aprendizado conjunto é parte fundamental da colaboração em um ecossistema e o envolvimento direto de todos os atores, no entender de ambos os autores, é um prerequisite para a transformação do potencial regional em melhor qualidade de vida, estando o florescimento das regiões intrinsecamente relacionado ao desenvolvimento de lugares atraentes para se trabalhar e viver. Às universidades cabe a missão de infundir conhecimento na região, sendo a criação de conhecimento, a sua disseminação e o seu uso elementos essenciais para fazer com que as regiões se tornem ou permaneçam "inteligentes".

## São Paulo: um grande potencial para a construção da bioeconomia

O ponto central é que os ecossistemas de inovação, em face do seu potencial de transformação, têm atraído cada vez mais a atenção de governos, que procuram, através de políticas de inovação, incitar o desenvolvimento de suas regiões e países. No que tange ao Brasil, algumas de suas regiões apresentam capacidades promissoras para o desenvolvimento de ecossistemas de inovação. Dadas as características nacionais, a macrorregião mais desenvolvida é a Sudeste, cabendo destaque ao estado de São Paulo, que se sobressai em relação aos demais estados da federação tanto pelo seu dinamismo econômico, quanto por sua pujança em ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Esta condição é confirmada por alguns dados importantes e expressivos, que indicam que o estado de São Paulo é responsável por 32,2% do PIB brasileiro e por 38,6% da indústria de transformação (IBGE, 2016); detém 29,5% de todos os programas de doutorado no país e 55% dos existentes na região Sudeste (CGEE, 2016); e, em 2014, titulouse 37% dos doutores no país e 61% dos da região Sudeste, cabendo aqui sublinhar que no estado, naquele ano, formaram-se praticamente o dobro do número de doutores da região Sul, que é a segunda macrorregião brasileira mais desenvolvida (CGEE, 2016).

Cabe aqui sublinhar que São Paulo também mantém uma posição de destaque no cenário nacional em relação aos dispêndios em pesquisa e desenvolvimento (P&D), que corresponderam, em 2011, a 1,61% do seu PIB (este índice é denominado intensidade de dispêndio em P&D), percentual este superior ao do governo federal, cujo dispêndio foi de 1,14% do PIB nacional. Cumpre notar que a intensidade dos dispêndios em P&D em São Paulo era, em 2011, superior à de vários países da União Europeia, tais como a Itália (1,25%), Espanha (1,33%) e Portugal (1,49%), e próximos a de países como o Reino Unido e Canadá (FAPESP, 2014).

Além disso, São Paulo apresenta uma característica singular que o distingue dos demais estados da federação: as empresas privadas, que em 2011 contribuíram com a maior parcela dos dispêndios em P&D, ao passo que o dispêndio público é predominante no restante do país. Esta particularidade aproxima São Paulo das economias industrializadas (FAPESP, 2014).

Na realidade, São Paulo é reconhecido como o Estado brasileiro com maior destaque em CT&I e sua força e vitalidade se refletem em importantes setores da economia ligados à bioeconomia, que tem sido percebida como uma oportunidade crucial para compatibilizar crescimento e desenvolvimento econômico com proteção ambiental. Como resultado direto de uma verdadeira revolução em inovações aplicadas à área das ciências biológicas, a bioeconomia abrange setores da agricultura, silvicultura, pesca, alimentos, produção de celulose e papel, e também parte das indústrias química, biotecnológica e energética. Cumpre ressaltar que esses setores têm um elevado potencial inovativo devido ao uso de várias ciências (agronomia, ecologia, ciência de alimentos, ciências da vida e ciências sociais), que viabilizam as tecnologias industriais (nanotecnologia, engenharia, biotecnologia e tecnologias da informação e comunicação) e aumentam o conhecimento local e tácito (EC, 2012; 2014; 2017).

Ao produzir aproximadamente 2,3 trilhões de euros (aproximadamente US\$ 2,55 trilhões) em volume de negócios e responder por 8,2% da força de trabalho da União Europeia, a bioeconomia tem sido considerada um elemento-chave não só para o funcionamento da economia da União Europeia, mas principalmente para seu sucesso, que está indissociavelmente ligado à criação de empregos e à competitividade. De fato, em 2015, a bioeconomia gerou 621 bilhões de euros (cerca de US\$ 686 bilhões) em valor agregado na União Europeia (o que equivale a 4,2% do seu PIB) e empregou mais de 18 milhões de pessoas (aproximadamente um em cada dez trabalhadores) na região. No que diz respeito às indústrias de base biológica, espera-se que um milhão de novos empregos sejam criados até 2030 (EC, 2018). A biotecnologia e outras tecnologias modernas serão de vital importância para esse crescimento acelerado na medida em que oferecem novas maneiras de melhorar e aumentar a produtividade, a eficiência e a robustez de outros setores.

Devido ao seu notável potencial de gerar impactos socioeconômicos e ambientais positivos, a bioeconomia terá um papel central nas políticas orientadas para o futuro. Nesse contexto, a maioria dos países europeus tem elaborado estratégias de desenvolvimento para explorar o potencial da bioeconomia por conta própria (EC, 2017). Isso está de acordo com as conclusões da

Conferência de Bioeconomia de Bratislava, que destacou não apenas que as regiões são de importância fundamental para a bioeconomia europeia, mas também que países e regiões devem ser estimulados a conceber suas estratégias de bioeconomia, nacional e regional, em sinergia com as suas estratégias de especialização inteligente (BBEC, 2016). Apesar das diferenças existentes, o ponto crucial é que as estratégias de bioeconomia têm sido desenvolvidas e implementadas pelos países e regiões da Europa com o claro propósito de pavimentar o caminho para sociedades mais inovadoras, eficientes em termos de recursos e competitivas que sejam capazes de harmonizar o crescimento econômico com a preservação ambiental.

As estratégias de bioeconomia europeias são bastante ilustrativas em muitos aspectos. De fato, elas mostram as distintas características da bioeconomia na União Europeia e, ao mesmo tempo, um entusiasmo crescente por promovê-la nos próximos anos. Esse sentimento de excitação e interesse é, em grande medida, resultado direto de uma grande diversidade de fatores que estimulam os países e regiões da Europa a investir na bioeconomia. O ponto-chave, no entanto, é que os principais fatores estão essencialmente baseados em aspectos endógenos (EC, 2017), o que significa que eles estão disponíveis nas regiões onde seus ativos e recursos naturais e biológicos podem ser encontrados e valorizados por meio de processos e técnicas inovativas. Independentemente da força do setor econômico, cabe aqui ressaltar que um setor empresarial bem estabelecido e dinâmico, renomadas instituições de ensino superior, governos (de todos os níveis) capazes de agir e forjar uma visão de futuro, e a disposição de todos os atores em cooperar entre si são ingredientes essenciais de um bem-sucedido ecossistema regional de bioeconomia.

## Bioeconomia: oportunidades reais para Campinas

Olhando para São Paulo, fica muito claro que o Estado atende a todas as condições necessárias para sediar um ecossistema de inovação em bioeconomia. No entanto, deve-se ressaltar que a sua infraestrutura de CT&I e ativos tecnológicos não estão uniformemente distribuídos em todo o seu território (Suzigan et al., 2011). Dentro desse contexto, Campinas ganha ainda mais relevância devido à sua alta concentração espacial de atividades econômicas intensivas em conhecimento. Um exemplo emblemático de sua importância e dinamismo é o setor de biotecnologia, que está no coração da bioeconomia. De fato, cerca de metade das empresas de biotecnologia no Brasil estão concentradas em São Paulo, e a maioria delas está localizada em Campinas (Cebrap & BRBiotec, 2011; Bianchi, 2013; Freire, 2014).

Cumpre aqui ressaltar que Campinas possui uma vocação empreendedora inata. Uma robusta literatura (Etzkowitz & Klofsten, 2005; Etzkowitz, 2008; Lawton Smith, 2013; Feldman, 2014) aponta que um elemento crucial na construção das vantagens competitivas regionais é o empreendedorismo, cujo ethos deve estar incorporado nas empresas de uma região, nos atores políticos e nas instituições de pesquisa. De fato, esse é um pré-requisito para a construção de espaços de consenso (Etzkowitz, 2008) ou de visões empreendedoras (Lawton Smith, 2013), que funcionam, através de uma rede de diferentes atores, como um mecanismo frutífero de ação coletiva na promoção do desenvolvimento econômico regional. É justamente nesses espaços que uma visão coletiva é forjada e os recursos financeiros são alocados para fins comuns, que são materializados por meio de atividades coordenadas.

Entretanto, deve-se enfatizar que a conexão entre a atividade empreendedora e a prosperidade regional não é automática e nem determinística. Segundo Feldman (2014), o que mais importa é o caráter do lugar, ou seja, o espírito de autenticidade, comprometimento e de propósito comum da região. Esse caráter é essencialmente determinado pelos atores econômicos que estão localizados na região e podem criar instituições e tomar decisões. As regiões bem-sucedidas dependem, em certa medida, de uma interação dinâmica entre vários atores que compartilham conhecimento e experiência, incentivando assim atividades cooperativas. Portanto, as regiões facilitam essas interações, a criatividade humana e a organização das atividades econômicas (Feldman & Kloeger, 2010; Feldman, 2014).

Além de reunir uma excelente universidade pública (Unicamp) e várias universidades privadas, incubadoras, parques de ciência e tecnologia (C&T), institutos de pesquisa, laboratórios de P&D, empresas de tecnologia e instituições de serviços tecnológicos, Campinas possui uma excelente infraestrutura logística, um espírito empreendedor, disponibilidade de capital, uma localização geográfica estratégica, muitas empresas que operam em vários setores específicos da bioeconomia, e atores políticos que entendem a inovação e a sustentabilidade como alavancas do crescimento econômico. Em suma, Campinas oferece condições altamente favoráveis para o estabelecimento de um ecossistema de inovação em bioeconomia. Isto significa que as oportunidades e as vantagens competitivas da região para viabilizar um ecossistema de inovação são concretas.

Apesar deste contexto promissor, há desafios substanciais a serem enfrentados com o propósito de transformar todo o potencial existente em uma realidade efetiva. A este respeito, a principal dificuldade

reside no fato de que os atores regionais estão dispersos e operam de acordo com sua própria lógica e interesses, o que implica ações descoordenadas e isoladas. De fato, as interações e a cooperação entre todos os atores são fracas e incertas, uma vez que eles não se sentem (ou sentem-se muito pouco) estimulados a trabalhar juntos ou até mesmo compartilhar conhecimento. Esta fraca sinergia revela a falta não só de coesão regional, mas também de uma visão coletiva para o futuro da região. Há uma inextricável conexão entre essa visão coletiva e uma comunidade de destino (como definido acima), na medida em que as percepções individuais e coletivas são convergentes, ou seja, o sucesso de uma empresa está entrelaçada com a de toda a região. Cumpre notar que esta visão coletiva está em consonância com o espaço de consenso – que é um terreno neutro onde distintos atores regionais se reúnem tanto para gerar quanto para apoiar novas ideias, a fim de promover o desenvolvimento socioeconômico - ou visão empreendedora mencionados anteriormente. O ponto principal, no entanto, é que a interação, a cooperação, a coesão e uma visão coletiva são fatores-chave para o crescimento e a consolidação de um ecossistema de inovação. Nesse sentido, a capacidade não só de coordenar os esforços conjuntos, mas também de forjar uma visão comum entre todos os atores regionais é crucial.

Há uma consciência crescente na região sobre a necessidade de se preencher essa lacuna. Nesse sentido, dois exemplos ilustrativos devem ser citados aqui: a criação da Fundação Fórum Campinas Inovadora (FFCI) e a implantação do Agropolo Campinas-Brasil. O FFCI, constituído por representantes do setor produtivo, do governo e das instituições de pesquisa e ensino superior, foi criado para articular todos os esforços necessários em prol do desenvolvimento socioeconômico regional sustentável, um objetivo que somente será alcançado através de uma visão comum do futuro da região e de ações conjuntas. O Agropolo, inspirado no modelo francês (Agropolis International, Montpellier), é uma plataforma interinstitucional entre universidades (incluindo a Unicamp), centros e institutos de pesquisa e empresas de alta tecnologia, cujo principal objetivo é desenvolver projetos de cooperação técnica nas áreas de bioeconomia (agricultura, alimentação, saúde, química verde e bioenergia). Com o forte apoio dos governos de Campinas e do Estado de São Paulo e da Associação de Proprietários do Technopark de Campinas (Associtech) e da Agropolis International, essa iniciativa visa promover uma interação mais estreita entre todos os atores regionais, nos quais o resultado esperado é a geração de renda e o aumento do número de empregos em atividades de bioeconomia.

## Considerações finais

Devido ao seu potencial econômico, social e ambiental, a bioeconomia tem atraído um crescente interesse de diferentes níveis governamentais ao redor do mundo e certamente desempenhará um papel crucial nas estratégias de desenvolvimento regional orientadas para o futuro. Como a pesquisa e a inovação são fatores decisivos na bioeconomia, São Paulo se destaca no cenário brasileiro não só por seu dinamismo econômico, mas principalmente por sua força em CT&I. No entanto, sua infraestrutura e ativos tecnológicos estão dispersos de maneira desigual em todo o território. Dentro desse contexto, Campinas emerge como a principal região para desenvolver um ecossistema de inovação em bioeconomia em virtude dos seus diversos atributos, que incluem a presença de uma conceituada universidade (Unicamp), instituições de pesquisa, empresas importantes que atuam em distintas áreas da bioeconomia, uma excelente infraestrutura logística e uma natural vocação empreendedora. Isso implica que as oportunidades e as vantagens competitivas da região de Campinas para construir um ecossistema de inovação em bioeconomia viável são consideráveis.

O nó górdio de um ecossistema de inovação em bioeconomia em Campinas reside em tênues interações e cooperações entre todos os atores regionais. Isso mostra claramente a falta de coesão regional e, ao mesmo tempo, de uma visão coletiva para o futuro da região. É sempre oportuno e necessário enfatizar que o que mais importa é o espírito de autenticidade, de comprometimento e de propósito comum de uma região (Feldman, 2014). Portanto, a capacidade não apenas de criar uma visão comum entre todos os atores regionais, mas também de coordenar esforços conjuntos é crucial para a prosperidade atual e futura do ecossistema regional de inovação em bioeconomia. Apesar desse desafio real, iniciativas promissoras, tais como a criação do FFCL e a implementação do Agropolo Campinas-Brasil, ocorreram em Campinas, sugerindo que os obstáculos existentes estão a caminho de serem superados.

## Referências

- Bahrami, H.; Evans, S. Flexible Recycling and High-Technology Entrepreneurship. In: Kenney, M. (ed.), *Understanding Silicon Valley: The Anatomy of an Entrepreneurial Region*, Stanford, CA: Stanford University Press, p.165-189, 2000.
- BBEC. BBEC Conclusions: The Role of Regions in European Bioeconomy. Bratislava Bioeconomy Conference, Slovakia, October, 2016. Disponível em: [www.bioeconomybratislava2016.eu/conclusion.html](http://www.bioeconomybratislava2016.eu/conclusion.html)
- Bianchi, C. A Indústria Brasileira de Biotecnologia: Montando o Quebra-Cabeça. *Revista Economia & Tecnologia*, 9 (2): 90-107, 2013.

- CEBRAP & BRBIOTEC. *Brazil Biotech Map 2011*. São Paulo: Cebrap, 2011.
- CGEE/MCTIC. *Mestres e Doutores 2015: Estudos da demografia da Base Técnico-Científica Brasileira*, Brasília-DF: CGEE/MCTIC, 2016.
- EC. *Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe*. Brussel: European Union, 2012.
- EC. *Where Next for the European Bioeconomy?*. Brussel: European Union, 2014.
- EC. *Bioeconomy Development in EU Regions: Mapping of EU Member State/Regions' Research and Innovation Plans & Strategies for Smart Specialisation (RIS3) on Bioeconomy*. Brussel: European Union, 2017.
- EC. *A Sustainable Bioeconomy for Europe: Strengthening the Connection between Economy, Society and the Environment*. Brussel: European Union, 2018.
- Estrin, J. *Closing the Innovation Gap: Reigniting the spark of Creativity in a Global Economy*. New York: McGraw Hill, 2009.
- Etzkowitz, H. *The Triple Helix: University-Industry-Government Innovation in Action*. Routledge: New York, 2008.
- Etzkowitz, H. & Klofsten, M. *The Innovating Region: Toward a Theory of Knowledge-based Regional Development*. *R&D Management*, 35 (3): 243-255, 2005.
- EU/CoR. *Opinion of the CoR on "Closing the Innovation Divide"*. *Official Journal of the EU*, v. 56, p.12-21, 2013.
- EU/CoR. *Regional Innovation Ecosystems: Learning from the EU's Cities and Regions*. Brussel: European Union, 2016.
- FAPESP. *Indicadores FAPESP de CT&I*. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, Boletim N. 4, São Paulo: FAPESP, maio de 2014.
- FAPESP. *Indicadores FAPESP de CT&I*. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, Boletim N. 5, São Paulo: FAPESP, dezembro de 2014.
- Feldman, M. *The Character of Innovative Places: Entrepreneurial Strategy, Economic Development, and Prosperity*. *Small Business Economics*, 43 (1): 9-20, 2014.
- Feldman, M.; Koegler, D. *Stylized Facts in the Geography of Innovation*. In: Hall, B.; Rosenberg, N. (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation*, New York: North Holland, p. 381-410, 2010.
- Foray, D. et al. *Guide to Research and Innovation Strategies for Smart Specialisation*. Brussels: European Commission, 2012.
- Freire, C. E. *Biotecnologia no Brasil: Uma Atividade Econômica baseada em Empresa, Academia e Estado*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Sociologia, São Paulo: USP, 2014.
- Frenkel, A. et al. *Towards Mapping National Innovation Ecosystems: Israel's Innovation Ecosystem*. Technion City, Haifa: Samuel Neaman Institute, 2011.
- Frenkel, A.; Maital, S. *Mapping National Innovation Ecosystems: Foundations for Policy Consensus*. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2014.
- IBGE. *Contas Regionais do Brasil: 2010-2014*. Rio de Janeiro: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016.

- Lappalainen, P. et al. *Orchestrating Regional Innovation Ecosystems*. Otavan Kirjapaino Oy: Aalto and Laurea Universities/Built Environment RYM Ltd, 2015.
- Lawton Smith, H. et al. *The Geography of Talent: Entrepreneurship and Local Economic Development in Oxfordshire*. *Entrepreneurship & Regional Development*, 17(6): 449-478, 2005.
- Lawton Smith, H. et al. *Entrepreneurial Regions: Evidence from Oxfordshire and Cambridgeshire*. *Social Science Information*, 52 (4): 653-673, 2013.
- Markkula, M.; Kune, H. *Making Smart Regions Smarter: Smart Specialisation and the Role of Universities in Regional Innovation Ecosystems*. *Technology Innovation Management Review*, 5(10): 7-15, 2015a.
- Markkula, M.; Kune, H. *Toward Smart Regions: Highlighting the Role of Universities*. In: Lappalainen, P. et al. (ed.), *Orchestrating Regional Innovation Ecosystems*. Otavan Kirjapaino Oy: Aalto University/Laurea University/Built Environment RYM Ltd., p. 51-66, 2015b.
- McCann, P.; Ortega-Argilés, R. *Smart Specialisation, Regional Growth and Applications to EU Cohesion Policy*. *Economic Geography Working Paper*, University of Groningen: Faculty of Spatial Sciences, 2011.
- McCann, P. *The Regional and Urban Policy of the European Union: Cohesion, Results-Oriented and Smart Specialisation*. Cheltenham: Edward Elgar, 2015.

- Oh, D. et al. *Innovation Ecosystems: A Critical Examination*. *Technovation*, v. 54, p.1-6, 2016.
- Oksanen, K.; Hautamäki, A. *Transforming Regions into Innovation Ecosystems: A Model for Renewing Local Industrial Structures*. *The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal*, 19 (2), article 5, 2014.
- Porter, M. *Clusters and the New Economics of Competition*. *Harvard Business Review*, 76 (6): 77-90, 1998.
- Saxenian, A. *The New Argonauts: Regional Advantage in a Global Economy*. Harvard, MA: Harvard University Press, 2006.
- Suzigan, W. et al. *Elementos para a Caracterização do Padrão de Interação Universidade-Empresa no Estado de São Paulo*. In: Suzigan, W. et al. (orgs.), *Em Busca da Inovação: Interação Universidade-Empresa no Brasil*, p.73-108, Belo Horizonte: Autêntica, 2011.
- Wessner, C. *Innovation Policies for the 21st Century: Report of a Symposium*. Washington: The National Academies Press, 2007. ■

## I.3

# Agro sustentável

**Roberto Rodrigues** – Coordenador do Centro de Agronegócio da Fundação Getúlio Vargas (FGV) e Embaixador Especial da FAO para as Cooperativas

No começo do século XXI a Organização das Nações Unidas (ONU) lançou um estudo mostrando que até 2050 a produção mundial de alimentos deveria crescer algo em torno de 60% para garantir segurança alimentar para todos os habitantes do planeta, que deveriam ser mais de um bilhão e seiscentos milhões. Como a preocupação da ONU é defender e garantir a paz universal, o estudo fazia todo sentido, visto que não haverá paz enquanto houver fome. As trágicas mortes que ocorrem quase todas as semanas no Mediterrâneo são a prova mais recente e contundente dessa realidade: gente foge da guerra e da fome em seus países de origem na África, na Ásia e onde mais houver essa desgraça.

E isso marca um dos maiores desafios atuais da humanidade: produzir permanentemente comida para todo mundo sem destruir os recursos naturais. Em outras palavras, produzir sustentavelmente. Vale sublinhar que sustentabilidade não é uma palavra de moda passageira: é uma condição basilar da competitividade. Quem quiser conquistar mercados terá que investir nas tecnologias mais modernas e poupadoras da natureza para gerar produtos aceitáveis aos consumidores de todos os quadrantes. E não há nisso nenhuma grande dificuldade: instituições de pesquisa em todos os quadrantes estão mergulhadas em planos e projetos com tal objetivo, notadamente tendo em vista as mudanças climáticas anunciadas, os eventos extremos que se repetem cada vez com maior frequência e, principalmente, o uso da água.

Há dezenas de trabalhos sérios sobre este tema, e um dos melhores foi feito pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em conjunto com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) no come-

ço do século XXI, mais recentemente adotado também, pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), olhando 10 anos à frente, e revisado anualmente. O estudo mostra que será necessário aumentar a oferta de alimentos em 20% no período citado para atender à demanda global. Parece fácil, mas não é: nos Estados Unidos o aumento será de 10%, na União Europeia de 12%, na Rússia de 7%, na China de 15%, e assim por diante. Para chegar a aumentar a oferta em 20%, diz o estudo, o Brasil tem que ampliar a sua em 41%, o dobro do que crescerá o mundo todo. Trata-se de um desafio inédito, “de fora para dentro”, que não podemos ignorar: a academia internacional nos coloca um apelo formidável que nos levará ao campeonato mundial da segurança alimentar e, portanto, da Paz.

*Porque estes estudos concluíram que podemos aumentar nossa produção de alimentos em 41% em 10 anos? Por três razões principais: temos uma tecnologia tropical sustentável no campo, temos disponibilidade de terras para crescer e temos gente bem preparada em todos os elos das cadeias produtivas. Há outras relevantes, mas que se encontram também em outros países, como políticas públicas estimuladoras do agro (e tivemos algumas muito importantes, como o aumento de recursos para crédito rural com juros menores), e agropecuaristas empreendedores.*

A primeira razão é a qualidade da tecnologia tropical sustentável, aqui gerada, difundida e aplicada pelos produtores rurais. Os números a esse respeito são esclarecedores. Usando o Plano Collor, de março de 1990 como ponto de partida, verificamos que a área plantada com grãos no Brasil cresceu de 38 milhões de hectares para 62 milhões em 2018, um aumento de 63%. Mas a produção de grãos saltou de 58 milhões de toneladas para 228 milhões, ou seja, mais

293%! Estes dados impressionam por si só, mas por trás deles há algo ainda mais notável: se tivéssemos hoje a mesma produtividade por hectare que tínhamos no dia do Plano Collor, teríamos que desmatar mais 87 milhões de hectares para colher a safra de grãos de 2018. Em outras palavras, estas florestas ou cerrados foram poupados, o que indica uma alta sustentabilidade. E não é um ganho somente em grãos. Os canais, hoje ocupando 9 milhões de hectares no país todo, precisariam ser 6 milhões maiores para colher a safra em andamento.

E não é só na agricultura. Do Plano Collor aos nossos dias a produção de carne de frangos cresceu 462%, a de suínos 255% e a de carne bovina outros 89%. E a área de pastagem diminuiu 16%. Tudo muito sustentavelmente.

Por outro lado, a agroenergia tem sido um importante fator de redução de emissões de gases de efeito estufa. O etanol de cana, por exemplo, emite apenas 11% do CO2 equivalente emitido pela gasolina. E já temos no país uma frota *flex* de mais de 77% de todos os automóveis em circulação e outros 30% das motocicletas. A cogeração de eletricidade realizada pelas indústrias sucroalcooleiras, por sua vez, é produzida exatamente durante a safra canieira que acontece no inverno seco do Centro-Oeste/Sudeste, de modo que entra nas redes de distribuição de eletricidade complementarmente à das hidrelétricas, cujas reservas de água diminuem no período. Não é por outra razão que a energia dos canais já corresponde a 17% da produzida no país, acima da hidrelétrica e inferior apenas à de origem fóssil, por enquanto. E já vem chegando o etanol de milho que irá se incorporar ao da cana para melhorar ainda mais a sustentabilidade do setor.

Inovações no campo não param de chegar: o Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono) vem ganhando mais adeptos a cada ano. A integração lavoura/pecuária/floresta, por exemplo, já ocupa mais de 14 milhões de hectares, revolucionando a tecnologia da pecuária e aumentando a produtividade de carne por hectare. Assim também o “plantio direto” (sem aração do solo), agricultura de precisão, a fixação biológica de nitrogênio ao solo, a recuperação de áreas degradadas são projetos do ABC que crescem sistematicamente. Aliás, já temos cerca de 10 milhões de hectares plantados com florestas, e deveremos chegar a 12 milhões até 2030.

Todos estes fatos darão ao setor rural um destacado protagonismo no cumprimento das metas de redução de emissões de GEE assumidas pelo governo brasileiro na COP 21, realizada em Paris em 2015, segundo as quais devemos reduzir em 43% as emissões até 2030, com base no emitido em 2005.

A segunda condição é a disponibilidade de terras. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), dos 850 milhões de hectares do nosso território, só 9% estão ocupadas com todas as culturas do agro, inclusive florestas plantadas. Outros 21,2% estão com pastagens. Juntando tudo (pastagens e áreas agricultadas) temos apenas 30,2% de território brasileiro ocupado com TODAS as nossas atividades agro-silvo-pastoris. E 74,3% do território ainda estão ocupados com vegetação protegida, preservada e conservada. A melhoria da exploração pecuária produzirá mais carnes e leite em menos pastos, e cerca de 10 milhões de hectares destes poderão ser transformados em agricultura. Com isso será sim possível ao Brasil oferecer ao mundo mais 40% de alimentos exportáveis em 10 a 12 anos.

Certamente precisamos de gente para tal, e há uma brilhante geração de jovens graduados em Faculdades de Ciências Agrárias e em escolas de nível médio em todo o país, hoje trabalhando em fazendas, cooperativas e associações rurais, na pesquisa, no ensino e na assistência técnica pública e privada, nas empresas de insumos e de serviços, na indústria de equipamentos e na de alimentos. Esta massa jovem e comprometida com o futuro do país terá papel central na geração e difusão de inovações tecnológicas ao longo das cadeias produtivas do agro.

Tudo isso, que já temos, é necessário para atender à demanda global de alimentos no prazo já referido, mas não é suficiente. E os dados econômicos existentes nos encorajam a acreditar que conseguiremos este objetivo. O agronegócio representa cerca de 21% do PIB brasileiro, e tem crescido, a cada ano, mais do que o PIB total do país. Gera 20% dos empregos e tem sido um dos setores que preservam empregos, melhorando a média salarial, no momento de maior desemprego da nossa história recente. E tem sido o responsável pelo saldo comercial externo do Brasil. No ano de 2018, por exemplo, a participação percentual do agronegócio nas nossas exportações foi de 42,4%. Mas o saldo do setor foi de 87,6 bilhões de dólares, enquanto o saldo total da balança comercial foi de 58,7 bilhões, uma vez que os demais setores foram deficitários.

Aliás, as exportações do agronegócio saltaram de 20,6 bilhões de dólares no ano 2000 para 101,7 bilhões em 2018, um crescimento de quase 5 vezes, num período marcado pela grande crise econômica de 2008/2010 que se caracterizou por redução do comércio internacional. E isso ainda tem uma outra marca notável: em 2000 cerca de 59% das nossas exportações do agro foram para Estados Unidos e União Europeia, enquanto em 2018 esta porcentagem caiu para 24,2%. Claro, houve um exponencial aumento dos mercados em países

emergentes, como China e outros asiáticos. Tal desempenho nos coloca como o maior exportador mundial de açúcar, café, suco de laranja, soja, carne de frango, segundo em milho e carne bovina, quarto em carne suína e crescendo em algodão, frutas e alimentos orgânicos. Setores como leite e derivados, pescado, trigo, amendoim, sorgo e outros grãos estão ampliando sua presença global, mas ainda há muito a evoluir neles.

Tudo isso, que já temos, é necessário para atender à demanda global de alimentos no prazo já referido, mas não é suficiente. Para alcançar o grande objetivo de transformar nosso país no campeão mundial da segurança alimentar, será preciso uma estratégia que demandará o compromisso de todos os brasileiros e não apenas dos agricultores. Isso faz sentido: para evoluir no campo, o produtor depende da pesquisa feita em organizações científicas ou universidades, que são urbanas; fertilizantes e defensivos são produzidos em indústrias urbanas, assim como máquinas, equipamentos e veículos; serviços de assistência técnica, de crédito e de seguro são fornecidos por bancos ou empresas urbanas. As construtoras de estradas, ferrovias e portos, e a indústria de alimentos são urbanas, assim como a de embalagens, os supermercados e as *tradings*. Em resumo, todo cidadão brasileiro participa direta ou indiretamente das ações que acontecem no campo: quando não contribui com a produção, responde pelo consumo. Precisamos compreender que os governos dos países desenvolvidos estimulam e/ou subsidiam seus produtores rurais com o objetivo de abastecer o consumidor urbano, porque ele é muito mais numeroso e a estabilidade política e social depende disso. E os consumidores urbanos apoiam políticas de garantia da renda rural pagando impostos para isso porque ficam tranquilos quanto ao seu abastecimento. A Política Agrícola Comum, super protecionista, foi uma decisão dos governos europeus de buscar a autossuficiência alimentar em consequência da fome experimentada na segunda guerra mundial. Urbano e rural são irmãos siameses.

Para a estratégia funcionar, precisaremos, antes de mais nada, das reformas estruturais que organizem as contas públicas, como a previdenciária, a tributária e até a política; e depois, naturalmente, precisaremos de mais investimentos em ciência e tecnologia porque este é o alicerce da produtividade; de segurança jurídica que garanta a formação de parcerias-público-privadas para investir em ferrovias, rodovias, hidrovias e portos que eliminem os gargalos da infraestrutura e logística, inibidores da nossa competitividade; de uma política comercial que traga acordos bilaterais com grandes países consumidores, reduzindo a escalada tarifária e permitindo agregação de valor (e esse não é um desafio trivial, dadas as atuais escaramuças

entre países do ocidente e asiáticos que podem desencadear uma nova escalada protecionista); de uma política de renda que priorize o seguro rural e a modernização e desburocratização do crédito, porque assim bancos privados e os bancos cooperativos em grande momento de crescimento terão interesse em financiar o agro; de uma defesa sanitária que elimine episódios como a Carne Fraca e garanta a qualidade que consumidores do mundo todo desejam; de estímulos a programas que acabem com desmatamento ilegal, como o Pagamento por Serviços Ambientais previsto no Código Florestal e recentemente aprovado em nossa Câmara de Deputados; de apoio ao cooperativismo e ao associativismo, que dão a escala essencial para a sobrevivência e crescimento dos pequenos; de implementação de planos como o RenovaBio que pode ser uma grande revolução no capítulo de energia renovável de origem agro; da formação de recursos humanos especializados; de regularização fundiária que permita ao produtor assentado em programas sociais as garantias necessárias para oferecer aos agentes financeiros. E sobretudo, atenção para com a sustentabilidade, fator prioritário para a competitividade internacional de qualquer produto. E tudo isso é factível e deve ser metodicamente explicado à sociedade toda, grande beneficiária final de todo o processo.

E por isso são todos temas de uma estratégia que seja do Estado, e não apenas do Governo. Recentemente foi anunciado um Acordo Comercial entre a União Europeia e o Mercosul. Talvez esse seja o mais significativo sinal para a montagem da estratégia necessária. A “guerra comercial” entre Estados Unidos e China - as duas maiores potências mundiais - que tem em seu bojo a busca da hegemonia comercial, e também interesses eleitorais, vinha produzindo um neoprotecionismo entre os países mais ricos, que acabaria afetando os países emergentes, incapazes de competir com os tesouros daqueles. Este acordo anunciado mitigará a onda protecionista e nos trará de volta ao grande jogo comercial do qual estávamos excluídos desde a “morte” da Área de Livre Comércio das Américas (ALCA) e da nossa exclusão do Acordo Trans Pacífico (TPP). Isso somado à nossa ausência de acordos bilaterais com grandes países consumidores nos deixava perigosamente à margem dos mercados. O acordo abre uma nova oportunidade: afinal, ambos os blocos representam 25% da população da Terra, e com grande participação no PIB global. Mas sua implementação dependerá de terna capacidade de mostrar quão sustentável é a nossa atividade produtiva nas cadeias do agronegócio. E precisamos de forma contundente manifestar nossa condenação ao desmatamento ilegal - e não apenas na Amazônia, mas em todo o território nacional - e também nossa inconformidade com incêndios

criminosos que aumentaram recentemente em todo o país, bem como a marginalidade de avanços criminosos de garimpos e madeiras em terras indígenas e reservas legais. Nesse particular será necessária uma ampla campanha de divulgação interna e externa da real condição de nossa tecnologia agropecuária e agroindustrial quanto a sua sustentabilidade, associada à nossa intolerância quanto a qualquer ilegalidade que seja cometida em todo o território nacional.

Estamos atingindo a extraordinária cifra de um bilhão de toneladas na colheita de grãos, de cana de açúcar, de frutas e hortaliças, de café, algodão e outras fibras, de carnes, ovos, laticínios, de alimentos orgânicos e de madeira, volume que alimenta e veste com fartura todos os brasileiros e mais de um bilhão de pessoas pelo mundo a fora. E pode servir a muito mais gen-

te, aí incluída toda a vasta população vegetariana ou vegana que vai crescendo em todos os continentes. E nossos avanços tecnológicos precisam ocorrer mesmo para aumentar a produtividade, reduzir os custos de produção e os preços dos produtos, tornando-os mais acessíveis aos mais pobres e assim contribuindo também para a redução dos índices de inflação.

Caminharemos rumo ao campeonato mundial da segurança alimentar e da paz universal, maior galardão que podemos ambicionar para nossos filhos e netos. ■

# I.4

## A indústria de alimentos e bebidas

João Dornellas – Presidente Executivo da Associação Brasileira da Indústria de Alimentos (ABIA)

**R**esponsável por cerca de 10% do faturamento total do PIB (Produto Interno Bruto), a indústria de alimentos e bebidas é uma das principais locomotivas de desenvolvimento do Brasil, com receita de US\$ 179,5 bilhões, mais de 1,6 milhão de empregos diretos e investimentos da ordem de US\$ 5,9 bilhões em fusões e aquisições em 2018.

A maior indústria de transformação brasileira processa 58% de tudo o que é produzido no campo, congrega mais de 35 mil empresas e gera mais de 1,6 milhão de empregos – formais e diretos e 7,9 milhões na cadeia produtiva. No mercado externo, se destaca por fornecer alimentos para mais de 180 países. (ABIA, 2019)

### Comércio exterior

O Brasil é o segundo maior exportador de alimentos industrializados do mundo (em volume).

**Leva seus alimentos para mais de 180 países.**

#### Principais mercados\*\*\*\*

ÁSIA (35,9%)  
UE (19,2%)  
ORIENTE MÉDIO (14%)

\*\*\* Fonte: MDIC/SECEX  
Elaboração: ABIA (Associação Brasileira da Indústria de Alimentos)



50% Representa em alimentos industrializados 50% das exportações do agronegócio de alimentos



18% 18% das exportações totais brasileiras

### Importância para a balança comercial

\*o saldo da balança comercial da indústria de alimentos respondeu por cerca de 50% do saldo total da balança comercial do Brasil



US\$ 29,5 bilhões  
Saldo da balança comercial do setor



US\$ 58,7 bilhões  
Saldo da balança comercial brasileira

Imagem cedida pela Embrapa Territorial

Para se ter uma dimensão da importância desse desempenho internacional, vale registrar que 50% do saldo positivo total da balança comercial brasileira em 2018 veio da indústria de alimentos. (ABIA, 2019)

## 2050: 9,7 bilhões de pessoas para alimentar

No contexto internacional, relatório da ONU (Organização das Nações Unidas) aponta que a população mundial passará dos atuais 7,5 bilhões de pessoas para 9,7 bilhões em 2050. No âmbito da alimentação, a atual oferta de comida é considerada suficiente para o planeta, porém mal distribuída. No último relatório da FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) consta que mais de 800 milhões de pessoas passam fome no mundo, enquanto outra parcela da população está obesa.

Instituições como a OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), a FAO e o USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) vêm reiterando que em dez anos a produção de alimentos no mundo precisa crescer 20% para ser capaz de alimentar todo o planeta. e para que isso aconteça, o Brasil terá que aumentar sua produção em 40%.

Configurar entre os protagonistas e se tornar um dos principais centros de abastecimento de alimentos do planeta exigirá do Brasil um olhar mais alinhado às melhores práticas e experiências no campo da tecnologia e da inovação.

É um grande desafio e tenho certeza de que o Brasil estará à altura dele. Somos inovadores, somos sustentáveis e somos o segundo maior exportador de alimentos industrializados do mundo. E isso tudo é resultado de muito trabalho e de uma equação vitoriosa. Temos água, temos terra, temos uma tecnologia agropecuária tropical sustentável e temos profissionais competentes em todos os elos das cadeias produtivas, além de instituições de pesquisa e de tecnologia de excelência. (ABIA, 2019)

No campo da inovação, a agroindústria teve um imenso avanço em biotecnologia, fornecendo tecnologia para agricultores e permitindo fazer mais com menos, ou seja, aumentar a produção com o mesmo

espaço físico. Nesse campo, o Brasil é exemplo para o mundo em relação à conservação das áreas verdes sem impactar o desenvolvimento econômico.

O futuro é promissor desde que haja a consolidação de práticas sustentáveis em toda a cadeia produtiva. Os processos produtivos e administrativos precisam de atualização constante, investimentos em automação e sistemas de inteligência pelas empresas privadas, associações representativas, agroindústria e pequenos e médios produtores rurais.

Por outro lado, a desburocratização, o acesso facilitado ao crédito, o estímulo ao empreendedorismo e à produtividade e a concretização das reformas tributária e previdenciária são nós que já começam a ser desatados para promover a retomada do crescimento econômico e o social do nosso País.

## A indústria: inovação e responsabilidade

Imaginem um mundo sem o alimento industrializado. Seria possível? Desejável? Coerente? A indústria de alimentos e bebidas cumpre um papel fundamental e de muita responsabilidade na produção e no abastecimento de alimentos em todo o mundo. Ela permite que o alimento esteja disponível com qualidade, segurança e com preços acessíveis em todos os lugares do planeta – e inclusive fora dele.

Por mais óbvio que pareça, precisamos ficar lembrando a todo instante que praticamente todo alimento que consumimos passa por algum tipo de processamento, que pode servir para torná-lo próprio para consumo, melhor aproveitar as partes comestíveis, torná-lo adequado para preparações culinárias, manter o frescor, criar alimentos derivados do alimento em seu estado original e permitir que o alimento seja transportado e estocado.

Muitos desses processamentos foram criados pela humanidade há milhares ou centenas de anos. A produção em grande escala teve início somente a partir do século XVII e ampliou a distribuição de alimentos que já faziam parte, há séculos, de nossos hábitos alimentares.

## Do leite pasteurizado à comida de astronauta

Em 1862, o cientista francês Louis Pasteur descobriu um processo térmico capaz de matar bactérias patogênicas, aquelas que causam doenças. A técnica consiste em aquecer o alimento a uma determinada temperatura, por determinado tempo, e depois resfriá-lo a uma temperatura mais baixa do que antes. Foi uma revolução. A novidade - cuja tecnologia evoluiu até os dias de hoje – combateu infecções, reduziu as mortes e melhorou a qualidade de vida da humanidade, ao permitir que produtos como o leite pudessem ser esterilizados e transportados sem estragar.

A técnica de congelar comida evoluiu e deu origem à liofilização – um processo de desidratação que consiste em retirar água dos alimentos por meio de congelamento à vácuo. Uma tecnologia importante e que viabilizou viagens espaciais, como as do Mercury, o primeiro projeto tripulado da Nasa (Agência Espacial Norte-Americana), criado no final da década de 50.

Importante também lembrar da evolução das técnicas de conservação com o surgimento dos alimentos enlatados e desidratados, imprescindíveis para os programas sociais espalhados pelo mundo com o objetivo de enfrentar a desnutrição em países pobres, ou na distribuição de alimentos em regiões que passaram por tragédias naturais, como terremotos ou furacões.

Ao longo do tempo, a indústria sempre enfrentou obstáculos: às vezes, a maior dificuldade era levar o alimento até o consumidor. Outras, proporcionar uma dieta rica e variada. Outras, ainda, garantir as condições de segurança do alimento. Seja qual o novo desafio que se apresenta, a indústria de alimentos sempre trabalhou pela inclusão.

## Desafios recentes e os que ainda estão por vir

A partir de pesquisas e implementação de novas tecnologias, a indústria vem desenvolvendo, há algum tempo, alimentos diferenciados, como os fortificados com vitaminas e nutrientes, os enriquecidos com fibras, além dos alimentos para dietas especiais - light, diet, sem glúten, sem lactose.

Grandes inovações permitem também a produção de alimentos com teores reduzidos de sódio, açúcares, gorduras. A indústria de bebidas vem há anos ampliando seu portfólio com opções zero açúcar e também sem adição de conservantes. Com a pasteurização e técnicas de envase das embalagens, por exemplo, se tornou possível ter produtos 100% seguros sem o uso

de conservadores. Também foram lançadas embalagens em tamanhos diferenciados para atender às expectativas dos consumidores.

O setor tem que se reinventar para dar conta das novas exigências, que são desafiadoras e consideradas essenciais pelas novas gerações. Os consumidores querem alimentos e bebidas que sejam exclusivos, inovadores, sem aditivos, personalizados, produzidos com respeito ao meio ambiente, aos animais e às pessoas que trabalham em todos os elos da cadeia. E querem, ao mesmo tempo, que esse alimento seja duro, esteja disponível o ano todo e com preço acessível. E tudo isso com a velocidade comum aos tempos atuais: acelerada.

O dinamismo que imprime a sua marca no mundo traz transformações nas criações e projetos de P&D, abrindo espaço para parceria com as startups de alimentação, que surgem com tudo no horizonte. Do lado das embalagens, os desafios não são menores. A sociedade clama por um mundo sem plástico e se diferencia quem investe em embalagens modernas, inteligentes, biodegradáveis e customizadas.

As preocupações com a qualidade dos alimentos industrializados e sua composição nutricional não são recentes, mas se potencializam com o tempo e impulsionam debates e pressões para que as indústrias de alimentos invistam cada vez mais em ações de comunicação e transparência.


Nos últimos anos, a indústria brasileira inovou e implementou diversas ações que visam a saúde e o bem-estar da população. Desde 2007, a ABIA possui um Acordo de Cooperação Técnica com o Ministério da Saúde para a construção de um Plano Nacional de Vida Saudável, que inclui a melhoria no perfil nutricional dos alimentos industrializados.

Em um esforço conjunto das empresas associadas, já foram retiradas 310 mil toneladas de gorduras trans e mais de 17 mil toneladas de sódio de 35 categorias de alimentos industrializados. Há ainda a meta de retirar 144 mil toneladas de açúcares dos alimentos até 2022.

O compromisso com a transparência é fundamental. Prova disso é a o novo modelo de rotulagem nutricional frontal apresentado à Anvisa pela Rede Rotulagem, que reúne mais de 20 associações e mais de 2 mil empresas do setor de alimentos e bebidas. A proposta é de um rótulo na parte frontal das embalagens, que ofereça informações completas sobre a composição nutricional do alimento, de forma clara, acessível e sem alarmismo.


O intenso debate sobre a nova rotulagem nutricional de alimentos no Brasil traz à tona a enorme dicotomia existente sobre o tema, que não é privilégio verde-amarelo: os alimentos industrializados são vistos com


### Destaques

 Maior produtor e exportador mundial de suco de laranja

 Maior produtor mundial de carne (segundo exportador)

 Maior produtor e exportador mundial de açúcar

 Segundo maior exportador mundial de café solúvel

 Segundo maior exportador de óleo de soja

Dados: USDA e INTracen (2018)

descrença por grande parte da opinião pública em todo o mundo. O que revela o tamanho do desafio a ser superado: levar informações de qualidade, confiáveis e com respaldo científico a todos.

A polarização do tema e a falta de equilíbrio tanto nos debates quanto na alimentação e nutrição não trazem benefícios a ninguém e só prejudicam o consumidor. A saúde da população e a indústria de alimentos jamais estiveram em lados opostos e é leviano e simplista pensar dessa forma.

Há milhares de cientistas em todo o planeta, nesse exato momento, trabalhando pelas melhores práticas e tecnologias na produção de alimentos. O trabalho

em conjunto - do setor produtivo, da academia e da sociedade - é o caminho que trará, com toda certeza, os melhores resultados. E para alimentar 10 milhões de pessoas, precisaremos exatamente disso: as melhores soluções.

## Referência

ABIA. Associação Brasileira da Indústria de Alimentos – ABIA, 2019. Disponível em: [www.abia.org.br](http://www.abia.org.br). ■

# I.5

## Bioenergia moderna

Isaias C. Macedo – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

**A** bioenergia moderna deverá aumentar sua participação na **oferta total de energia primária** nas próximas décadas. Alguns desafios e oportunidades são considerados aqui, globalmente e no contexto brasileiro.

### O contexto energético atual

Bioenergia é o conteúdo energético de produtos derivados de biomassa e biogás. As energias renováveis incluem a bioenergia e a energia hidrelétrica, solar (fotovoltaica e térmica), eólica, geotérmica e das marés. A oferta total de energia primária no mundo, incluindo as fontes de energias renováveis e não renováveis, foi de 572 EJ em 2016, sendo 13,7% de origem renovável, dos quais a bioenergia foi responsável por 10% (IEA 2018a).

A biomassa sólida tem amplo uso no setor residencial (calefação e cocção); chamada de *Bioenergia Tradicional*, enquanto o restante da bioenergia (combustão em caldeiras modernas e processos térmicos ou biológicos de produção de gases ou biocombustíveis líquidos) é chamada de *Bioenergia Moderna*.

De 1990 a 2016, o aumento anual da taxa de oferta total de energia primária (global) foi de 1,7%; as energias renováveis cresceram 2%; e o crescimento anual da bioenergia foi de 12,3% para biogás, 10,0% para biocombustíveis líquidos e 1,1% para biocombustíveis sólidos.

### Décadas futuras e os problemas das mudanças climáticas

A produção de energia e as mudanças necessárias nas participações das fontes energéticas nas próximas décadas têm sido extensivamente analisadas e incluem as seguintes considerações:

— *Crescimento populacional e econômico e as demandas de alimento e energia*: estima-se que a população mundial crescerá de 7,5 bilhões (hoje) para 9 bilhões de pessoas em 2050, alcançando até 10 bilhões em 2100. As demandas por alimento e energia (mantendo as eficiências de produção e os usos atuais) deverão aumentar mais do que o crescimento populacional, considerando o aumento da riqueza mundial e as grandes perdas na produção e consumo de alimentos verificadas hoje. Cerca de 30-50% de todo o alimento produzido (aproximadamente 4 bilhões toneladas / ano) é perdido antes do consumo, entre a colheita e o consumidor. As projeções realizadas pela *International Energy Agency - IEA (Efficient World Scenario)*, baseado apenas na economia de energia possível com o uso de tecnologias existentes, mostra que o PIB global poderia dobrar entre 2017 - 2040, apenas com um aumento marginal na oferta mundial de energia primária (IEA 2018b).

— *A restrição necessária na utilização de combustíveis fósseis*: continuar as emissões de GEE nas taxas atuais pode levar a um aumento na temperatura da superfície terrestre / marítima muito além de 2°C (considerado que este é o “limite” para evitar impactos negativos significativos no clima) (IPCC 2014a). Os combustíveis fósseis são a principal fonte de emissões antropogênicas de GEE (65%; 32 Gt CO<sub>2</sub> / ano), gerando 87% de toda a energia em 2010 (IPCC 2014b). Os cenários de emissão de GEE (incluindo alguns ganhos em eficiência energética) foram utilizados para estimar o aquecimento global em 2100. Os cenários que provavelmente manteriam os aumentos da temperatura abaixo de 2°C (IPCC 2014a) sinalizam reduções necessárias nas emissões anuais totais de 40-70% dos níveis de emissões de 2010 e zero até 2100. Isso corresponde a uma restrição severa ao uso de combustíveis fósseis.

— *Bioenergia para mitigação das emissões de GEE*: as energias renováveis podem mitigar as emissões de GEE ao substituírem os combustíveis fósseis. Algumas rotas modernas de produção de bioenergia utilizadas comercialmente apresentam altos níveis de mitigação de emissões: etanol de cana (75%) e de milho (43%), ambos substituindo a gasolina (IPCC 2014a); e biodiesel de canola (33-58%) e de soja (32-38%) substituindo o diesel (Edwards, 2013). Na geração de eletricidade, a substituição em grandes usinas a carvão, petróleo ou gás natural por biomassa sólida (resíduos de madeira e resíduos florestais) reduz 93%, 90% e 83% das emissões de GEE, respectivamente (SCOPE 2015a). Esses números excluem as emissões de GEE da Mudança no Uso da Terra (LUC); as emissões diretas relacionadas à LUC são específicas do local. As mudanças nos estoques de carbono da cultura original (carbono orgânico do solo - SOC e biomassa) para culturas de bioenergia podem resultar em emissões positivas ou negativas. Metodologias, dados e valores padrões para estimar as emissões diretas de LUC são apresentados no IPCC (2006). Em geral, as culturas perenes levam a um SOC superior quando comparadas às culturas anuais; técnicas de cultivo com alta intensidade de movimentação de solo e alto uso de insumos (fertilizantes, resíduos orgânicos) também aumentam o SOC. As emissões pelas Mudanças no Uso Indireto da Terra (iLUC) (SCOPE 2015a) são propostas para contabilizar as emissões diretas de LUC quando a cultura que é substituída por uma cultura bioenergética é realocada para uma outra área. As primeiras estimativas do iLUC (2008) usaram premissas e modelos irrealistas (SCOPE 2015a). Melhores dados e modelos levaram a grandes reduções nas emissões estimadas de iLUC, de até 90% para etanol de milho ou cana. Legislação adequada para uso sustentável do solo (incluindo o uso para a produção de alimentos) é provavelmente a melhor maneira de reduzir (ou mesmo eliminar) emissões por iLUC. A maioria dos cenários para energia com menores emissões de GEE incluem aumentos no uso de bioenergia. A revisão realizada pelo Painel Intergovernamental das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e apresentada no relatório especial intitulado “Fontes de Energia Renováveis e Mitigação das Mudanças Climáticas” (*Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation – SRREN*) projeta valores de bioenergia em 2050 atingindo de 75 a 150 EJ / ano (para ~ 440–600 ppm de metas de concentração de CO<sub>2</sub> eq) e de 115 a 190 EJ / ano (<440 ppm de CO<sub>2</sub> eq) (IPCC 2011). As rotas para a produção de bioenergia estão em diferentes estágios de desenvolvimento, usando diferentes fontes de biomassa (culturas dedicadas ou resíduos) e processos para queima

ou conversão térmica (pirólise, gaseificação, processo de Fischer-Tropsch), bem como conversão bioquímica (hidrólise e fermentação para biocombustíveis) ou conversão anaeróbica de resíduos. Produtos específicos, como por exemplo os biocombustíveis de aviação, estão sob investigação. Grandes esforços têm sido feitos para a conversão bioquímica eficiente e econômica de materiais lignocelulósicos em biocombustíveis, de modo a possibilitar a produção de biocombustíveis em praticamente qualquer lugar.

— *Disponibilidade de terra para a produção de alimento e bioenergia*: em todo o mundo, há cerca de 1.400 Mha de terra apropriada para a agricultura sustentável não irrigada (SCOPE 2015b), e outros 1.500 Mha de terra marginal “disponível e utilizável”. Cerca de 960 Mha estão na América Latina e na África Subsaariana (FAO 2014), usados principalmente para pastagens de baixa intensidade. A demanda adicional de terras para produção de alimentos em 2050, mesmo considerando baixos rendimentos para culturas alimentares, é estimada em 130-219 Mha. Uma revisão abrangente (SCOPE 2015b) indica que, em 2050, seriam necessários cerca de 200 Mha para produzir 135 EJ de bioenergia moderna, mais 65 EJ da bioenergia tradicional. Neste mesmo ano, o excedente de terras apropriadas para a agricultura não irrigada seria de 905 Mha; as terras ‘moderadamente’ adequadas adicionariam outros 1.000 Mha. Além disso, as sinergias entre a produção de alimentos e a bioenergia são significativas (SCOPE 2015b)

— *Intensificação Sustentável* (pastagens e culturas agrícolas) é um fator muito importante para aumentar a disponibilidade de terra. As áreas de pasto e pradarias (3,4 Gha) são muito maiores que as áreas de cultivo de alimentos (1,5 Gha) em todo o mundo (FAO); e 40% da área de pastagem não possui gado pastando (Sheehan, 2014). A intensificação das pastagens poderia liberar mais 950 Mha (IRENA, 2018). No Brasil, a implementação de sistemas de intensificação sustentável (integração lavoura – pecuária – floresta (ILPF), já com 11,5 Mha em 2016), a redução da intensidade do cultivo e o plantio direto (86% em soja, milho e feijão, em 2014) e a prática de múltiplas lavouras / ano provavelmente aumentarão nas próximas décadas (Embrapa, 2018).

Em conclusão, a terra disponível é suficiente para apoiar uma importante contribuição para as necessidades globais de energia sustentável. O problema é, em vez de ter uma competição global por terra, é necessário decidir onde e como cada rota bioenergética poderá ser incorporada de maneira sustentável. De 2010 a 2017, o número de países que incluíram a eletricidade renovável dobrou para 120 e os que adotaram mandatos de biocombustíveis quase triplicaram para 90. *A bioenergia, embora essencial para ajudar a*

*resolver o problema do aquecimento global, pode não ser um recurso adequado para todos os países, ou uniformemente empregada dentro de um país.*

## Bioenergia no Brasil: oportunidades e desafios

O Brasil emprega a maior parcela de energias renováveis entre os maiores consumidores de energia do mundo: 42% da oferta total de energia primária, com 28% de bioenergia. Em 2018, o consumo de bioetanol foi de 33,1 Mm<sup>3</sup>, de biodiesel 4,5 Mm<sup>3</sup> e a eletricidade dos resíduos de cana (bagaço) totalizou 52,5 TWh (8,3% da demanda brasileira). O Brasil adquiriu grande experiência nos últimos 40 anos, com produtos da bioenergia (principalmente etanol, eletricidade e biodiesel) sendo utilizados em larga escala. As vantagens relativas à implantação de bioenergia no Brasil nas próximas décadas são:

*Grande disponibilidade de terra* apropriada para a produção de alimentos e bioenergia; dos 851 Mha, o Brasil possui 66% do território com vegetação natural, onde 9% são utilizados na agricultura e 21% com pastagens das quais 40% estimadas com alguma degradação. A intensificação e recuperação de áreas degradadas podem atingir 19 Mha adicionais em 2030, com uma área potencial muito maior (Embrapa, 2018). Pesquisas de zoneamento agroecológico indicam 65 Mha adicionais de terra para cana-de-açúcar (ZAE Cana, 2010) e 35 Mha para palma.

*O mercado interno em expansão*: a bioenergia se expandirá definitivamente no mercado interno; o aumento dos mercados externos dependerá da implementação de medidas para reduzir o uso de combustíveis fósseis em todo o mundo.

*A experiência* na produção de biomassa (cana-de-açúcar, soja, madeira), incluindo diferentes tipos de cultivares, técnicas de manejo, colheita e equipamentos agrícolas para cultivo em larga escala (cana-de-açúcar, até 150.000 ha / unidade); transporte e conversão (cana-de-açúcar; 367 usinas de produção de etanol, 209 usinas que também comercializam energia elétrica excedente); e o uso final (da mistura de etanol / gasolina a etanol 100%). Em todas essas etapas, foram obtidos aumentos significativos nas eficiências (Walter, 2014).

*O sistema de PD&I*, baseado em centros de tecnologia privados e fabricantes de equipamentos, indústria automotiva, instituições acadêmicas (universidades e institutos de pesquisa) e instituições de pesquisa financiadas pelo governo, bem como em programas conjuntos com grupos estrangeiros.

Os principais desafios estão relacionados ao desenvolvimento da governança, com legislação adequada para incluir plenamente a bioenergia nas políticas nacionais de energia, considerando externalidades (segurança energética, impactos sociais, benefícios ambientais) e apoio a eventuais volatilidades. A bioenergia moderna no Brasil iniciou com a implementação do programa Proálcool em 1975 e do programa biodiesel (PNPB) de 2005 a 2010, com mandatos e preços de apoio adequados. A exportação de eletricidade das usinas de açúcar para a rede avançou depois de 2000.

Os programas brasileiros são relativamente extensos, com impactos em muitos setores. As principais partes interessadas incluem o setor privado (produtores), indústrias automotivas, fabricantes de equipamentos e órgãos governamentais (meio ambiente, economia, energia, mão-de-obra). Os fatores que mudaram e se sobrepuseram desde 1970 incluem a redução das importações de petróleo (1975), o aumento de empregos nas áreas rurais e a poluição do ar nas áreas urbanas (1980) e a redução de emissões de GEE (após 1990). A legislação (proteção ambiental, questões sociais) foi gradualmente implementada, bem como ajustes nos mandatos. Não tem sido um caminho tranquilo, com mudanças internas nos fatores motivadores e preços instáveis da energia no mundo; uma melhor governança ainda é muito necessária. A recente legislação RenovaBio (Lei 13.576 / 2017) ajuda nessa direção, por meio do estabelecimento de metas de emissão de GEE para o sistema de distribuição de combustíveis e de créditos de descarbonização (renovabio.org.br).

## Bioenergia no Brasil: pesquisas e desenvolvimento tecnológico necessários

Este assunto tem sido tratado extensivamente por muitos grupos, incluindo o setor privado, produtores de equipamentos, universidades e instituições governamentais de P&D. Os tópicos listados abaixo incluem a necessidade de melhorias contínuas, bem como pesquisas básicas e novos processos:

- Intensificação sustentável de culturas e pastagens e recuperação de terras degradadas para produção de biomassa;
- Melhoramento genético convencional, engenharia genética e biologia sintética para novas variedades;
- Agricultura de precisão e transformação digital na produção de biomassa;
- Controle biológico de pragas e doenças;

- Reciclagem de nutrientes, interação solo / planta / microorganismo e melhores dados de emissão de N<sub>2</sub>O no solo;
- Impacto e riscos das mudanças climáticas na produção de biomassa no Brasil;
- Processos para conversão de material lignocelulósico em etanol; e para BTL (*biomass to liquid*), pirólise e HVO (*hydrotreated vegetable oils*);
- Processos para produção de biocombustíveis de aviação e diesel renovável;
- Uso final de biocombustíveis no setor de transporte: motores de alta eficiência, células a combustível e híbridos.

## Referências

- EDWARDS, R.; et al. Well-to-tank report v 4.0, JEC Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context, Italy, 2013
- EMBRAPA. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. Embrapa e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, 2018.
- FAO. Land Resources domain data. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/R/RL/E>
- IEA. Renewables Information 2018: Analysis and Forecasts to 2023. OECD/IEA, 2018a
- IEA. Energy Efficiency 2018: Analysis and Outlook to 2040. OECD/IEA, 2018b
- IME. Global Food: Waste Not, Want Not. Institution of Mechanical Engineers, London, 2013. Disponível em: [www.imeche.org/environment](http://www.imeche.org/environment)
- IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol 4 - Agriculture, Forestry and Other Land Use. The National Greenhouse Gas Inventories Programme - IPCC, Japan, 2006.
- IPCC. IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation (SRREN). The National Greenhouse Gas Inventories Programme – IPCC: Cambridge University Press, Cambridge, UK / New York, 2011.
- IPCC. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of WG3 to the AR5. The National Greenhouse Gas Inventories Programme – IPCC: Cambridge University Press, Cambridge, UK/New York, 2014a.
- IPCC. Climate Change 2014: Impacts and Vulnerability. Contribution of WG2 to the AR5. The National Greenhouse Gas Inventories Programme – IPCC: Cambridge University Press, Cambridge, U K/New York, 2014b
- IRENA. Sustainable pastureland intensification: Making room for energy crops without harming biodiversity. IRENA, Abu Dhabi, 2018. Disponível em: [www.irena.org/publications](http://www.irena.org/publications).
- SCOPE. Ch 17: Greenhouse Gas Emissions from Bioenergy. In: SCOPE 72. Bioenergy and Sustainability: Bridging the Gaps, São Paulo, 2015a.
- SCOPE. Ch 9: Land and Bioenergy. In: SCOPE 72. Bioenergy and Sustainability: Bridging the Gaps, São Paulo, 2015b.
- SCOPE. Ch 4: Land and Food Security. In: SCOPE 72. Bioenergy and Sustainability: Bridging the Gaps, São Paulo, 2015c.
- SHEEHAN, J. et al. Evaluation of the global pasture performance gap using climate binning. Livestock, Climate Change & Food Security, Madrid, May 19 - 20, 2014.
- WALTER, A. et al. Brazilian sugarcane ethanol: developments so far and challenges for the future. Wires Energy Environ, 3:70–92, 2014.
- ZAE CANA. Zoneamento Agroecológico da Cana de Açúcar. MAPA, Embrapa, 2010. ■

# I.6

## Produtos bioquímicos: desafios & oportunidades

João Bruno Valentim Bastos, Mariana Doria, Paulo Coutinho, Victoria Santos  
– SENAI Centro de Inovação em Biossintéticos (SENAI CETIQT)

A percepção do uso insustentável dos recursos naturais e suas consequências para as gerações futuras começaram na segunda metade do século XX. Governos, universidades e empresas têm procurado incansavelmente soluções para reduzir o impacto das ações da humanidade no planeta. Regulação, agendas de pesquisa e estratégias de negócios com foco na sustentabilidade têm sido constantemente revisados e atualizados.

A indústria química começou a responder a essas ambições na década de 1980, criando o Programa Atuação Responsável, um programa de gerenciamento ambiental iniciado no Canadá (*Responsible Care Program*) que rapidamente se espalhou por mais de 60 países. No Brasil, foi adotado em 1992 pela Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM).

Nesse sentido, um conjunto de doze princípios destinados a orientar a prática de uma indústria química sustentável foi publicado em 1998 por Paul Anastas e John Warner. Esses princípios orientam o desenvolvimento de produtos e processos químicos de modo que o uso e a geração de substâncias nocivas sejam eliminadas ou reduzidas e os processos e produtos químicos sejam projetados para garantir intrinsecamente a segurança e o uso responsável dos recursos naturais.

Com o surgimento da bioeconomia na primeira década do século XXI, a indústria química vem sendo desafiada a lidar com os princípios da Química Verde e a redefinir sua base de matérias-primas (Casa Branca, 2012). A transição para uma economia de base biológica ainda tem um longo caminho a percorrer e vários desafios a serem superados. Nesse sentido, este texto aborda a perspectiva do setor químico, por meio de uma breve visão sobre os produtos químicos de base biológica. O conteúdo encontra-se subdividido em quatro seções,

onde na primeira discute a bioeconomia no âmbito da indústria química; na segunda, descreve as tecnologias facilitadoras para garantir a competitividade de produtos químicos renováveis; na terceira, apresenta os produtos e processos renováveis atualmente em desenvolvimento e discute os principais aspectos que poderão levar às consolidações no mercado e; na quarta, a conclusão.

### A indústria química e a bioeconomia

A matéria-prima é uma questão fundamental para o desenvolvimento da indústria química. Seus custos, refletidos por sua disponibilidade e facilidade de transporte, são cruciais para a sobrevivência da indústria, sendo este o principal motivo do petróleo ainda ser um componente vital no segmento. A velocidade da transição de matérias-primas fósseis para renováveis depende, então, da competitividade da biomassa em comparação com o petróleo. Considerando uma previsão de preço abaixo de US\$ 100 por barril de petróleo (Banco Mundial, 2018), essa mudança poderá demorar mais do que o esperado.

O uso da biotecnologia e outras novas técnicas na agricultura podem compensar essa perspectiva, reduzindo significativamente o custo da biomassa. Paralelamente, a disponibilidade atual de material residual é um grande potencial a ser explorado. Portanto, a indústria deve se concentrar no desenvolvimento de novas tecnologias.

Novas tecnologias surgiram nas últimas décadas: intensificação de processos, biotecnologia, nanotecnologia e outras tecnologias de informação e comunicação. Essas são as principais tecnologias facilitadoras com potencial para alavancar a penetração de produtos químicos de base biológica no mercado.

Imagem cedida pela Embrapa Territorial

## Principais tecnologias facilitadoras

### INTENSIFICAÇÃO DE PROCESSOS

A melhor definição de intensificação de processo (PI) na indústria química seria “o desenvolvimento de dispositivos e técnicas inovadoras que ofereçam melhorias drásticas na fabricação e processamento de produtos químicos, reduzindo substancialmente o volume de equipamentos, o consumo de energia ou a formação de resíduos, levando a preços mais baixos, tecnologias mais seguras e sustentáveis” (Stankiewicz et al, 2000). Portanto, a intensificação de processos significa miniaturização de equipamentos ou consolidação em um único equipamento de duas ou mais operações unitárias. É composto, por exemplo, pelo uso de reatores de micro ou mili fluxo de alta performance, sistemas de destilação reativa e sistemas de fermentação e reação com membranas, dentre outros.

A intensificação de processos reduz dimensões e investimentos, reduzindo assim a importância do fator de escala. Isso pode tornar os processos químicos de base biológica mais competitivos.

### BIOTECNOLOGIA E BIOLOGIA SINTÉTICA

A biotecnologia tem sido responsável por fornecer produtos para a humanidade. Seus primeiros usos foram na produção de cerveja, queijo e pão por fermentação natural. A produção de penicilina, por fermentação em larga escala durante a Segunda Guerra Mundial, foi um marco para a biotecnologia industrial na sociedade moderna. Foi seguida pela produção de insulina humana sintética em 1978, comercializada pela Genentech em 1982 (Johnson, 1983).

Hoje, a biotecnologia tem sido reconstruída em conta dos avanços exponenciais das tecnologias e do surgimento de sofisticadas ferramentas de bioengenharia, impactando a produção sustentável de produtos químicos em muitos setores

As obtenções de compostos e materiais químicos de fontes renováveis de carbono, como a biomassa lignocelulósica, tem sido possível devido ao desenvolvimento de microorganismos geneticamente modificados usando ferramentas que compõem os sistemas de engenharia metabólica recém-desenvolvidos (Nielsen et al., 2014).

O advento de novas ferramentas para a construção e otimização de vias metabólicas, o surgimento de equipamentos extremamente sofisticados e a expansão da

bioinformática tem possibilitado uma forte aceleração no ciclo de pesquisa nessa área, levando ao aumento da eficiência do processo, rendimento e produtividade das rotas. Esse conjunto de novas ferramentas tem sido fundamental na crescente competitividade das rotas biotecnológicas em face das tradicionais petroquímicas.

A biologia sintética também pode ser considerada como uma ferramenta de intensificação de processos, uma vez que os microorganismos podem ser projetados para produzir, em um único estágio de fermentação, os produtos que são convencionalmente produzidos a partir de várias etapas reacionais. Butanodiol e ácido adípico são exemplos representativos. Seus processos petroquímicos convencionais exigem pelo menos três etapas de reação e purificação, enquanto empresas como a GENOMATICA ([www.genomatica.com](http://www.genomatica.com)) e VERDEZYNES introduziram sua produção em apenas um estágio de fermentação a partir de microorganismos geneticamente modificados.

### NANOTECNOLOGIA

A nanotecnologia surgiu nas últimas décadas do século XX e ainda enfrenta desafios para ser amplamente empregada na indústria.

Devido à sua escala, os nanomateriais podem apresentar novas propriedades químicas e físicas, como resistência, propriedades elétricas e térmicas e a capacidade de alterar propriedades por meio da adição de grupos funcionais. Isso significa que esses materiais apresentam um vasto potencial de uso e uma ampla gama de aplicações, incluindo compostos, sensores e componentes eletrônicos, sendo rapidamente explorados pela medicina, biotecnologia, eletrônica e pela ciência de materiais. Tais desenvolvimentos promissores também envolvem os setores agrícola e energético, entre outros.

Hoje, a nanotecnologia é usada pela indústria química na produção de novos materiais e tem sido responsável por permitir materiais mais leves e com melhor desempenho. Por exemplo, no setor agrícola, é possível reduzir a quantidade de produtos químicos pulverizados pela entrega inteligente de ingredientes ativos, minimizar as perdas de nutrientes na fertilização e aumentar o rendimento por meio do gerenciamento otimizado de água e nutrientes.

Além da biotecnologia e da biologia sintética, a nanotecnologia também tem um papel fundamental na competitividade das matérias-primas renováveis, dadas as propriedades imprevisíveis dos materiais nas escalas atômica, molecular e macromolecular.

### AUTOMAÇÃO E DIGITALIZAÇÃO

Desde a década de 1980, a indústria química tem passado por um crescente processo de automação de suas fábricas. Este processo ganhou força e derivações dos desenvolvimentos em hardware e software nas áreas de tecnologia da informação e computação.

A partir dos anos 2000, houve um aumento na capacidade e velocidade dos sensores (controle de processos), na implementação de sistemas de aquisição de dados, no crescimento de ferramentas de análise e no uso de redes neurais. Mais recentemente, isso foi consolidado como a quarta revolução industrial, a Indústria 4.0, uma expressão que abrange tecnologias para automação e troca de dados e utiliza conceitos de sistemas ciber-físicos, internet das coisas e computação em nuvem. Essas novas técnicas, de acordo com o conceito de convergência tecnológica (fusão de diferentes ciências), impactam e são impactadas pelas tecnologias mencionadas anteriormente.

De acordo com o conceito da Indústria 4.0, os sistemas de produção inteligentes que surgirão nos próximos anos terão as seguintes características: capacidade operacional em tempo real (aquisição e processamento de dados praticamente instantâneos, seguidos da tomada de decisões em tempo real); virtualização (cópia virtual das fábricas inteligentes, permitindo a rastreabilidade remota e monitoramento de todos os processos através dos inúmeros sensores espalhados ao longo da planta); descentralização (tomada de decisão pelos sistemas ciber-físicos de acordo com as necessidades da produção em tempo real); orientação a serviços (arquiteturas de software orientadas a serviços acopladas ao conceito *Internet of Services*); e modularidade (produção de acordo com a demanda).

O impacto da Indústria 4.0 se estende a toda a cadeia química e seus processos. A pesquisa e o desenvolvimento serão otimizados por meio da automação das operações, uso de novos sensores, aquisição e análise de dados e sistemas inteligentes e preditivos. No final, custos e riscos na atividade serão reduzidos.

A manutenção preditiva se torna dominante, a impressão 3D reduz a necessidade de peças de reposição, o monitoramento do cliente reduz a necessidade de capital de giro (entrega certa no momento certo). Toda a cadeia de suprimentos se tornará digital, fazendo surgir novos modelos de negócios.

As empresas que atuarem no início das operações de controle da cadeia, conjuntamente com as empresas que atuam nos diferentes estágios da cadeia, poderão otimizar os processos e os custos de capital, reduzindo

assim os custos dos produtos e, conseqüentemente, os preços para o consumidor final.

A convergência tecnológica torna essa revolução diferente das anteriores. Por exemplo, a combinação entre o sequenciamento de genes e a nanotecnologia, associada à evolução da computação convencional para a computação quântica, levará a ganhos que ainda não podem ser computados.

Os avanços da inteligência artificial a partir de 2030 levarão à chamada singularidade tecnológica (Vinge, 1993). Para a indústria química, isso significa o desenvolvimento de softwares capazes de projetar moléculas dedicadas para as diferentes aplicações, bem como catalisadores para reações específicas.

### Produtos químicos

Desde o início dos anos 2000, a indústria química tem visto um aumento nos esforços para a produção de produtos químicos a partir de fontes de base biológica. No entanto, o progresso foi dificultado pela queda nos preços do petróleo a partir de 2013. Em termos de valor de mercado, os produtos químicos de base biológica representam menos de 15% de todos os produtos químicos produzidos no Mundo. Em volume, esse número reduz para menos 5% (OCDE, 2009). No entanto, existem algumas controvérsias sobre esses dados. Esta seção apresenta vários exemplos desses esforços.

Muitos desses produtos são produtos químicos especiais ou finos. A complexidade das moléculas e as escalas de produção tornam os produtos de base biológica únicos ou mais competitivos devido à dificuldade e aos custos de usar moléculas compostas apenas de carbono e hidrogênio como base (matérias-primas fósseis). Esses produtos químicos vêm sendo comercializados com base no desempenho, e não no custo.

A transição de fóssil para base biológica requer, então, um aumento significativo de volume, supondo que existam produtos de base biológica capazes de competir em custo ou que tragam alguma relação custo-benefício atraente para o mercado. Isso pressupõe o uso total da biomassa, uma vez que altos rendimentos exigem a manutenção de átomos, além de H e C, na cadeia de produtos.

O *design* para custos envolve três parâmetros distintos: rendimento da matéria-prima, produtividade e escala de produção. A escala de produtividade e produção está intrinsecamente ligada ao investimento por tonelada e é responsável pelo custo fixo adicionado ao produto. A escala também é impactada pela disponibilidade e logística. Por exemplo, pode-se afirmar inicialmente que não haveria limites de distância para o transporte de petróleo. No entanto, esse não é o caso

do transporte de biomassa. O caso brasileiro mostra a inviabilidade de transporte além de 40 km para cana e 200 km para madeira. Isso limita as capacidades das usinas de cana e celulose e as escalas de produção de uma biorrefinaria com base nessas matérias-primas.

Um bom exemplo para o paradigma da escala produtividade-produtividade é a produção de biobutanol. A produção desse álcool por fermentação de açúcar, o processo ABE (coprodução de acetona, butanol e etanol), é conhecido desde o século XIX e durante muito tempo foi o processo utilizado comercialmente para produzir butanol. Isso mudou na segunda metade do século passado, com o advento da produção de butanol via petroquímica.

No início dos anos 2000, com a relação entre o preço de um barril de petróleo e os altos preços do açúcar, diversas *startups* visualizaram a oportunidade de produzir butanol a partir de açúcar de diferentes fontes (COBALT, GREEN BIOLOGICS, GS CALTEX, entre outras). Todas buscaram modificar microorganismos para aumentar o rendimento de produção de butanol e, ao mesmo tempo, usar a integração de processos para aumentar a produtividade.

O rendimento máximo teórico na fermentação foi de 0,40 kg de butanol / kg de açúcar e o rendimento no processo convencional seria de cerca de 0,5 g / L / h. Muito abaixo da produtividade do etanol, por exemplo, da ordem de 8 g / L / h. Nenhuma informação está disponível sobre os valores que essas empresas atingiram, mas pode-se inferir que seus rendimentos finais foram inferiores a 0,35 kg de butanol / kg de açúcar e que a produtividade (mesmo com técnicas de decapagem ou uso de membranas para remover butanol) não excedeu 2 g / L / h. Assim, uma usina de etanol, quando convertida em butanol, produziria apenas cerca de 25% da capacidade de produção original.

Com a queda nos preços do petróleo, houve uma redução do preço de mercado do butanol de US\$ 1.600 por tonelada para menos de US\$ 1.000 por tonelada. Portanto, pode-se dizer que o produto biológico não seria competitivo no mercado.

Destas empresas, a COBALT deixou o mercado e vendeu toda a propriedade intelectual gerada para a SOLVAY. A GREEN BIOLOGICS converteu uma planta de etanol nos EUA, que ainda está em operação. Dados os incentivos governamentais recebidos para produtos de base biológica, essas empresas podem ter alguma rentabilidade.

Os desenvolvimentos na área ainda estão em andamento. Novos estudos no campo da biologia sintética mostram vias metabólicas com potencial para elevar o rendimento teórico para números acima de 0,7 kg de butanol / kg de açúcar, e novas linhas de separação por

membranas podem exceder 2 g / L / h de produtividade. Isso poderia levar a um produto competitivo em comparação ao butanol de base de fósfil.

Desde 2005, a DUPONT TATE & LILE BIOPRODUCTS produz 1,3 propanodiol (1,3 DOP) nos EUA por fermentação direta de açúcar de milho. Sua capacidade de produção é de cerca de 60.000 toneladas por ano. O produto é usado para produzir tereftalato de politetrametileno (PTT / SORONA), poliésteres (CERENOL), poliésteres elastoméricos (HYTREL) e produtos de higiene pessoal (emolientes, umectantes e transportadores de ingredientes ativos, entre outros).

A empresa francesa Metabolic Explorer planeja construir uma fábrica de 1,3 DOP na Malásia usando fermentação direta de glicerina. Em 2009, a mais recente planta de 1.3 DOP da SHELL CHEMICAL, usando fontes fósseis (hidroformilação do óxido de etileno), foi fechada.

A ADM (EUA), a GLOBAL BIO-CHEM (China) e a OLEON (Bélgica, com instalações de produção na Malásia e na Europa) possuem instalações para produzir cerca de 220.000 toneladas por ano (8% da capacidade total instalada) de propileno glicol (1,2 DOP). ADM e OLEON produzem 1,2 DOP a partir de glicerol. Este produto é usado para produzir resinas de poliéster, anticongelante, alimentos, produtos de cuidados pessoais e produtos farmacêuticos.

Em fevereiro de 2012, a VINYTHAI (uma empresa que tem a SOLVAY e a PTT GLOBAL CHEMICALS como principais acionistas) inaugurou uma planta para produzir epícloridrina a partir de glicerol na Malásia. No mesmo ano, com tecnologia proprietária semelhante, duas outras empresas chinesas começaram a produzir na China. Hoje, juntos, eles representam cerca de 12% (300.000 toneladas por ano) da capacidade instalada em epícloridrina no mundo, para um mercado total de cerca de 1.300 mil toneladas por ano.

Segundo o SOLVAY, seu processo EPICEROL proporciona a produção de epícloridrina com redução de 60% nas emissões de gases de efeito estufa e 88% na geração de efluentes clorados em relação ao processo convencional a partir do propeno. Como no 1.3 DOP, espera-se que daqui a dez anos não haja produção de epícloridrina a partir do propeno. O produto é utilizado na produção de resinas epóxi (revestimentos, adesivos, compósitos, etc).

O ácido láctico é produzido e comercializado em todo o mundo desde meados do século passado. Com um rendimento teórico de 0,7 kg de ácido láctico / kg de açúcar, rapidamente tornou impossível qualquer produção via matéria-prima fósfil. É utilizado na produção de solventes para indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética, entre outros. É também a base para produzir PLA.

A NATUREWORKS (CARGIL) produz PLA a partir de milho (comercializado sob o nome INGENO). A meta de produção é 140.000 toneladas por ano, mas ainda não foi atingida, e há planos para uma nova instalação na Europa ou na Ásia. Este produto é comercializado como plástico e como fibra. Embora seu principal mercado seja a indústria de embalagens, há um esforço para expandir para outros usos, como em produtos mais duráveis. Ainda sofre de baixo desempenho, o que geralmente exige a mistura com outros polímeros fósseis. Concorre principalmente com polipropileno e poliestireno.

A CORBION também está buscando uma participação significativa nesse negócio. A empresa tem tradição na produção de ácido láctico e aponta que pode obter economias de escala associando as produções de ácido láctico, lactose e PLA. Atualmente, suas instalações de produção na Espanha vendem para as indústrias farmacêutica e de saúde com alto valor agregado. Eles usariam a mesma tecnologia para produzir produtos com propriedades térmicas aprimoradas (um grupo de isômeros D ou L). A CORBION tem procurado reposicionar o produto no mercado de plásticos de engenharia para competir com o ABS. O objetivo é transformá-lo em um produto especializado e escapar da concorrência com base no custo no mercado de *commodities* plásticas.

O polietileno de base biológica (PE) da BRASKEM é um sucesso. No entanto, o rendimento teórico da transformação açúcar-etileno (0,30 kg de etileno / kg de açúcar) mostra que o produto não seria competitivo com o PE fósfil. A empresa definitivamente vende com um prêmio e alcança nichos de mercado que concordam em pagar esse preço pelo produto de base biológica.

Isso mostra que haveria espaço para produtos de base biológica não competitivos, mas que esse espaço seria limitado a determinados nichos ou onde houvesse regulamentos específicos que beneficiem esses produtos, o mercado de combustíveis nos Estados Unidos, por exemplo.

Várias empresas já produzem ácido succínico a partir da fermentação de açúcares com microorganismos geneticamente modificados. Esse processo tem grandes vantagens sobre o processo petroquímico atual. Seu rendimento teórico é superior a 1,1 kg de ácido succínico / kg de açúcar, resultando em uma redução de custos superior a 40% em comparação ao processo petroquímico, e seu balanço de CO<sub>2</sub> é extremamente atraente, uma vez que o microorganismo precisa do mesmo ao longo do processo. Hoje, o consumo é próximo de 100.000 toneladas por ano.

A REVERDIA, uma *joint venture* entre a DSM e a ROQUETTE, lançou em dezembro de 2012 a primeira planta comercial a produzir 10.000 toneladas por ano

de ácido succínico em Cassano, Itália. A BASF formou uma *joint venture* com a CORBION (SUCCINITY) que possui uma planta de produção de 25.000 toneladas por ano em Barcelona, Espanha. A BIOAMBER estabeleceu parcerias com DUPONT, CARGILL, LANXESS e MITSUI, entre outros. Sua planta de produção responde por 34.000 toneladas por ano do produto em Sarnia, Canadá. A MYRIANT negociou sua tecnologia com a PTT e a MITSUBISHI para a construção de uma instalação na Tailândia de 36.000 toneladas por ano.

O ácido succínico pode ser usado na produção de polímeros, alimentos e medicamentos, entre outros produtos. O Instituto SENAI de Inovação para Biossintéticos modelou uma planta de ácido succínico usando o software ASPEN. A partir desse modelo, o preço que levaria a uma taxa de retorno de 15% para o valor investido seria de cerca de US\$ 3,00 por kg, valor muito próximo ao preço de US\$ 2,80 por kg praticado atualmente no mercado. Utilizando o modelo desenvolvido, uma planta com capacidade de 300.000 toneladas por ano (escala atual de plantas de tereftalato) poderia comercializar o produto na faixa de US\$ 1,50 por kg, sendo extremamente competitiva com os diácidos petroquímicos (adípicos e paratereftálicos) e seus derivados. Isso abriria portas para novos mercados para ésteres e poliésteres do ácido succínico.

O ácido succínico é o melhor exemplo do dilema da produção não *drop-in*. As moléculas não *drop-in* têm pouco ou nenhum volume de mercado, porque elas não existem ou devido ao seu alto preço em comparação com os custos de produção pela rota fósfil convencional. Até 2012, os preços do ácido succínico ultrapassavam US\$ 7.000,00 por tonelada. Com o advento do produto de base biológica, os preços caíram rapidamente e seu mercado aumentou de 40.000 toneladas por ano para 100.000 toneladas por ano em menos de cinco anos. No entanto, parece que atingiu o seu limite. Para entrar em novos mercados, os preços deverão cair abaixo de US\$ 2.000,00 por tonelada. Isso requer plantas de produção com escala superior a 100.000 toneladas por ano, igualando o tamanho do mercado atual. Isso tem atrasado a entrada de instalações por empresas que aguardam a consolidação do mercado atual e sinalizando a aceitação do produto em futuros setores em potencial. Portanto, há esforços para desenvolver novas aplicações de produtos.

Em 2013, a AMYRIS abriu sua planta industrial para produzir farneseno em Brotas, Brasil. O processo usava cana-de-açúcar como matéria-prima e sua tecnologia era baseada na fermentação de leveduras geneticamente modificadas. O farneseno é uma especialidade com uso potencial em produtos para cuidados pessoais, lubrificantes, surfactantes, modificadores de po-

límeros e elastômeros termoplásticos. Deve-se mencionar que o objetivo inicial da AMYRIS era produzir biodiesel, que seria obtido a partir da hidrogenação do próprio farneseno. No entanto, esse processo não é economicamente viável. Aparentemente, as metas de produção de açúcar e farneseno, inicialmente definidas pela empresa em sua pesquisa, consideravam uma relação de preço de petróleo e açúcar diferente da atual. Com o aumento dos preços do açúcar a partir de 2007 e a queda nos preços do petróleo a partir de 2013, esse rendimento não era mais suficiente para garantir a viabilidade comercial do processo de biocombustível. Hoje, a AMYRIS se concentra no desenvolvimento de aplicativos para suas especialidades, embora sua pesquisa e desenvolvimento continue procurando maneiras de aumentar o rendimento de conversão de açúcar em farneseno, viabilizando, assim, o negócio de biocombustíveis.

Em 2017, a AMYRIS vendeu sua planta de produção no Brasil para a DSM, que começará a produzir farneseno para usar em sua produção de vitamina E. Atualmente, a AMYRIS está desenvolvendo um projeto para instalar uma nova planta no Brasil, mas apenas para produtos químicos especiais, todos com base em sua plataforma metabólica de farneseno. Há também a necessidade de desenvolver aplicações para esta molécula.

Outro aspecto que deve ser considerado é a estratégia da AMYRIS. De energia e *commodities*, a empresa mudou seu foco para especialidades. Isso teve um impacto em seu relacionamento com o próprio mercado. Inicialmente, não fornecia amostras de farneseno para clientes ou academia para o desenvolvimento de aplicativos. Quando isso aconteceu, exigiu a propriedade intelectual do que estava sendo desenvolvido. Hoje, a AMYRIS disponibiliza o produto para venda em pequenas quantidades, com muito menos controle sobre a futura propriedade intelectual.

## Conclusões

A indústria química faz parte do dia a dia das pessoas. Está presente em medicamentos, alimentos, agricultura, roupas, habitação, transporte, dentre outros. O advento das tecnologias facilitadoras deve trazer para o setor uma nova onda de inovações nas próximas décadas.

Os desafios colocados à sociedade pelo aquecimento global e pelo aumento do consumo de recursos do planeta, em vez de uma ameaça, oferecem uma oportunidade para a indústria química e toda uma nova tendência de desenvolvimento econômico - a bioeconomia. É possível supor que esse setor possa, por meio de seus processos e produtos, armazenar CO<sub>2</sub>. É o caso de polímeros aplicados a setores das indústrias de bens duráveis e construção, entre outros.

O crescimento da bioeconomia, que pressupõe um aumento na disponibilidade e no uso de produtos químicos de base biológica, parece ser um caminho aberto para a indústria química. As principais tecnologias facilitadoras desempenharão um papel de liderança nesse crescimento, trazendo produtos competitivos ao mercado.

Embora a tecnologia tenha um papel vital, outros aspectos, como disponibilidade de matéria-prima, escalas de produção, tipos de produtos, desenvolvimento de aplicativos e velocidade de introdução de produtos não *drop-in*, e estratégias das empresas, por exemplo, também serão responsáveis pelo sucesso ou falha de iniciativas nessa área.

A necessidade de acelerar essa nova economia, no entanto, pode exigir algum tipo de tributação de CO<sub>2</sub> ou outros incentivos regulatórios, a fim de garantir competitividade para esses novos desenvolvimentos.

O Brasil pode ter uma posição de liderança no mundo nesse novo setor econômico. O país possui terra, água, sol e agricultura competitiva, graças a instituições de pesquisa como a EMBRAPA. No entanto, nenhuma das principais tecnologias facilitadoras discutidas aqui é totalmente desenvolvida; elas ainda estão nos estágios iniciais da evolução. O país tem a base para o seu desenvolvimento, mas é preciso fazer escolhas, pois os recursos financeiros disponíveis hoje são escassos devido à instabilidade econômica e política. Esses recursos devem ser focados em tecnologias com maior potencial e produtos com competitividade garantida.

Há ainda outra oportunidade que não deve ser descartada: o investimento no desenvolvimento de aplicações de moléculas com alto rendimento em relação a matérias-primas renováveis e, conseqüentemente, com alta competitividade em relação a produtos fósseis que possam alavancar alguns mercados específicos.

## Referências

- Stankiewicz, A. I.; Moulijn, J. A. Process intensification: transforming chemical engineering. *Chem Eng Prog.* 96, 22–34, 2000.
- The White House. National Bioeconomy Blueprint. Washington, 2012.
- Johnson, I. S. Human insulin from recombinant DNA technology. *Science.* 4585, 632–637, 2019.
- Nielsen, J. et al. Engineering synergy in biotechnology. *Nature Chemical Biology*, 5, 2014.
- Vinge, V. *Technological Singularity*, 1993.
- OECD. The Bioeconomy to 2030: designing a policy agenda. OECD Publishing, Paris, 2009.
- BNDES. Potencial de diversificação da Indústria Química Brasileira. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES, Rio de Janeiro, 2014. ■

## I.7

# Oportunidades, vantagens competitivas e principais desafios e barreiras para o Brasil se consolidar como referência mundial em “cosméticos, artigos de higiene pessoal e fragrâncias”

João Carlos Basilio e Francine Leal Franco – Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC)

**A**o falarmos em bioeconomia no setor de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos (HPPC), naturalmente associamos à biodiversidade brasileira, que apresenta um grande potencial de aplicação no setor com seus ativos naturais.

A Lei da Biodiversidade no Brasil trouxe, como principal promessa, o desentrelaçamento burocrático para pesquisa e inovação com ativos da biodiversidade do país. Na indústria de HPPC, os ativos naturais possuem grande potencial de aplicação, em especial os ativos brasileiros que, além de possibilitarem novas descobertas, possuem um apelo mercadológico muito atrativo, não apenas para o consumidor brasileiro, como também para o mercado internacional. O marco regulatório brasileiro traz grandes oportunidades para as indústrias em comparação a outras leis internacionais.

O uso sustentável da biodiversidade no setor é uma oportunidade para a construção de uma cadeia de valores inovadora, alinhada com a expectativa dos consumidores em termos de naturalidade e transparência, além de contribuir para gerar um impacto socioambiental positivo no planeta.

Vamos falar um pouco de história e da relação dos produtos de HPPC com ativos naturais - o que se traduz em um conceito moderno, porém, antigo: A Bioeconomia!

Podemos dizer que o nascimento de produtos cosméticos nos leva aos tempos de Cleópatra. Ela foi a primeira mulher na história a deixar gravada sua preocupação com cuidados pessoais. Desde essa época fala-se do uso do mel, leite e de resíduos vegetais para fazer pastas juntamente com gorduras animais ou de cera de abelhas para fazer cremes para a pele. Pinturas corporais deram origem às maquiagens, que inicialmente eram utilizadas como proteção solar e para rituais espirituais, não só por mulheres, mas também por crianças e homens. E desde essa época já se fazia uso de óleos perfumados e de essências, como cânfora e mirra.

Os Egípcios também nos presentearam com outra grande herança, a perfumaria: resinas perfumadas

eram queimadas em cerimônias religiosas. Naquela época, acreditava-se que um caminho conectava o céu à terra, e a fumaça acompanharia esse caminho, fazendo a conexão dos dois mundos. Assim, do latim veio o nome do que não vivemos sem: perfume (*per fumum*) - por meio da fumaça.

Dando um grande salto milenar, nos colocamos à época do descobrimento do Brasil, e aqui, mais uma curiosidade: o significado do nome do nosso país, resultado do primeiro grande marco econômico, em função da exploração madeireira do ibirapitanga (madeira vermelha) - ou em português “pau-brasil”. Mas vale dizer que parte desse interesse era justamente sobre o pigmento avermelhado retirado da resina da madeira, que só foi possível ser explorado pelos portugueses por meio do conhecimento indígena, que utilizava esse pigmento para pinturas corporais.

*Mas em meio à uma densa floresta, tantas árvores e animais, como os portugueses descobriram essa riqueza? A resposta é simples: por meio do conhecimento tradicional dos índios associado à essa espécie.*

Aqui temos conceitos básicos para fazer a relação histórica do uso de ativos naturais em produtos de HPPC:

1. O uso dos ativos naturais para cuidados pessoais é milenar e, sem esses atributos, não haveria a ciência da beleza e o desenvolvimento de produtos de HPPC.
2. São conhecimentos milenares, muitas vezes de cunho espiritual, passados de geração a geração, que enriquecem as possibilidades de desenvolvimento de produtos de HPPC e farmacêutico.
3. A bioeconomia é uma prática de sucesso no Brasil desde o início de sua história.

Com esses elementos, e com a história do pau-brasil, temos também alguns conceitos básicos no que se refere à regulamentação do uso de ativos naturais no mundo!. Os conceitos de recursos genéticos - ou patrimônio genético - e dos conhecimentos tradicionais associados. Os dois elementos protegidos pela Convenção da Diversidade Biológica (CDB), o Protocolo de Nagoya, dois acordos internacionais, e a Lei 13.123 de maio de 2015 no Brasil.

## Menos história e mais normatização

Para o setor de HPPC, sabemos que produtos cada vez mais naturais e com apelo de sustentabilidade são uma tendência e um anseio dos consumidores. Mas, como qualquer mudança de paradigmas ou de modelos pré-estabelecidos, as novas tendências lan-

çam também desafios. E um dos desafios dos produtos inspirados na natureza e desenvolvidos com ativos da biodiversidade está justamente relacionado aos aspectos regulatórios e obrigações derivadas da **Lei da Biodiversidade**.

O que temos hoje é apenas o medo do desconhecido. Os processos regulatórios e o sistema desenvolvido para gerenciar as pesquisas com ativos da biodiversidade brasileira são simples e precisam ser conhecidos e compreendidos.

Antes de mais nada, precisamos ter em mente que não se trata de uma obrigação definida apenas no Brasil, mas sim de uma Convenção internacional com mais de 100 países-parte que ratificaram o compromisso de cumprir as normas definidas no **Protocolo de Nagoya**.

Esse Protocolo regulamenta o acesso a recursos genéticos e a repartição justa e equitativa dos benefícios de sua utilização, contribuindo, dessa forma, para a conservação da diversidade biológica e o uso sustentável de seus componentes.

Nesse sentido, constata-se que essa é uma preocupação mundial, e *os países estão criando suas próprias normas sobre o uso da biodiversidade. Portanto, o uso dos recursos naturais passará a ser regulado em todo o planeta, tornando este um ponto crucial nas decisões de empresas que trabalham com produtos naturais, seja no Brasil ou em qualquer lugar do mundo.*

No Brasil, a regulamentação do tema foi inicialmente tratada por uma Medida Provisória (MP 2.186-16/01). As regras eram de difícil interpretação e grande burocratização, o que gerou elevado inadimplemento, multas altíssimas por parte dos órgãos fiscalizadores e desestímulo à pesquisa e ao desenvolvimento de produtos oriundos da biodiversidade brasileira.

A partir de diversas discussões, em 2015 entrou em vigor uma nova legislação com a promessa de segurança, agilidade e incentivo à pesquisa no Brasil: a Lei 13.123/2015, conhecida como a Lei da Biodiversidade. O objetivo é promover o uso sustentável dos recursos genéticos da biodiversidade e suscitar o interesse das empresas para o uso e regularização de suas atividades, por meio de um sistema auto-declaratório de cadastro das atividades que utilizam a biodiversidade brasileira.

Com base no “Projeto Brogotá” – Acesso e Repartição de Benefícios no cenário mundial: A Lei brasileira em comparação com as normas internacionais (CNI, 2017) -, mais de cem países já aderiram ao Protocolo de Nagoya, o que cria regras vinculantes entre os países, assim como cerca de 80 países possuem leis internas semelhantes às do Brasil.

Deste estudo podemos observar dois grandes movimentos:

- do ponto de vista público e político, os países iniciaram a criação (ou adequação para aqueles que, assim como o Brasil, já possuíam legislação desde a CDB - Convenção sobre Diversidade Biológica) de seus próprios regulamentos de acesso e repartição de benefícios - “ABS” (sigla em inglês para *Access and Benefi-Sharing*).
- já para o setor privado, algumas empresas que utilizam e mantem relacionamento comercial com países provedores de diversidade biológica e conhecimento tradicional associado, passaram a observar e se preparar para internacionalização do tema em seus modelos de negócios e adequação à legislação de ABS destes países.

Em resumo, o Brasil não é o único a possuir uma legislação para regular o uso de ativos naturais e a repartição de benefícios com comunidades tradicionais pela exploração econômica de produtos oriundos de acesso a recursos genéticos (biodiversidade) e conhecimentos tradicionais. Regulamentação e o olhar para a bioeconomia são tendências mundiais e podemos ver alguns exemplos:

**África do Sul:** possui legislação complexa, incluindo conceitos bem definidos e penalidades pelo acesso irregular. O país possui 24 Certificados de Conformidade Internacionalmente Reconhecidos (IRCCs – *Internationally Recognized Certificate of Compliance*) divulgados, todos para a finalidade comercial.

**Argentina:** possui diversas normas, federais e providenciais. Foram legalmente estabelecidos 17 tipos de repartições de benefícios, monetárias e não monetárias.

**Colômbia:** muito embora não existam IRCCs no ABSCH (*Access and Benefit-Sharing Clearing-House*), durante o estudo foi constatada a existência de listas de projetos autorizados pelo Governo Colombiano e que já possuem contrato de acesso, incluindo contratos para fins de pesquisa no âmbito de cosméticos.

**Costa Rica:** O solicitante da autorização deverá pagar ao Sistema Nacional de Áreas de Conservação, ao território indígena ou ao proprietário privado provedor da amostra do recurso genético a ser acessado até 10% do valor da pesquisa científica e até 50% de *royalties*. Caso o solicitante da autorização de acesso seja o próprio proprietário, o valor de até 50% de *royalties* deverá ser feito em favor do CONAGEBIO, órgão competente local.

**Índia:** O guia de ABS nacional dispõe que a repartição de benefícios poderá variar entre 0,1% a 5,0%, conforme situações específicas. Até o momento, o país divul-

gou 86 IRCCs, o que demonstra que os procedimentos de autorização vêm sendo amplamente cumpridos.

**Peru:** possui procedimento administrativo complexo e prévio para obtenção de autorização de acesso. Apesar de não especificar valores de repartição de benefícios no caso de acesso ao patrimônio genético, para acesso a conhecimento coletivo foi estipulado um valor mínimo de 10% das vendas brutas resultantes dos produtos desenvolvidos a partir do conhecimento coletivo.

## E no Brasil:

Conforme resultados obtidos, a legislação brasileira demonstra-se visionária, com menos lacunas e inseguranças jurídicas em relação aos países estudados. Pode-se dizer que tal fato se baseia na abertura de diálogo do Governo com os demais setores, inclusive o empresarial que foi e ainda é participativo na elaboração das normas brasileiras sobre ABS.

Apesar de existirem países com valores definidos, o Brasil é o único a prever situações de isenção de repartição de benefícios, como as hipóteses a seguir:

- redução da repartição de benefícios para 0,1% no caso de Acordo Setorial;
- isenção de diversos atores: micro e pequenas empresas, por exemplo;
- aplicação da repartição de benefícios em um único elo (o fabricante do produto acabado);
- no produto acabado, apenas quando o recurso genético for um dos elementos principais de agregação de valor ou houver apelo mercadológico;
- não incidência de repartição sobre patentes.

Além disso, o Brasil possibilita a redução do valor da repartição de benefícios em 0,75% da receita líquida quando a repartição de benefícios se der diretamente com as comunidades ou em projetos de conservação da biodiversidade e valorização dos conhecimentos tradicionais associados - o que pode ser revertido em ganhos de imagem para a empresa e marketing espontâneo.

Em nenhum outro país foi encontrado um sistema *on-line* e auto declaratório como o instituído pela nova Lei da Biodiversidade no Brasil. O SisGen, plataforma eletrônica gerenciada pelo Ministério do Meio Ambiente, passa a ser um grande avanço internacional no processo de rastreabilidade de insumos naturais e um mecanismo moderno de registro de informações. Em suma, o Brasil só tem a ganhar com o desenvolvimento de produtos cada vez mais baseados na nossa riqueza natural.

A Lei brasileira é executada por um único órgão, o CGen – Conselho de Gestão do Patrimônio Genético –,

sendo que em muitos países é comum encontrar mais de dois órgãos públicos responsáveis por “subtemas” referentes a ABS, tornando os procedimentos evidentemente mais burocráticos nestes países.

Por fim, o CGen mostra-se experiente e maduro na condução do tema, sendo composto por representantes de todos os atores envolvidos: Governo, setor industrial, setor acadêmico e entidades ou organizações representativas das populações indígenas, comunidades tradicionais e agricultores tradicionais. Este formato foi elaborado para ampliar a participação da sociedade civil que já era notável antes mesmo da promulgação da Lei nº13.123/2015. A representação do setor privado se dá por meio da Confederação Nacional das Indústrias, onde a **Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC)** possui um assento e participa ativamente das reuniões e tomadas de decisão, sendo responsável inclusive pela sugestão e redação de diversas normativas.

Em resumo, o objetivo dessas normas é conservar e incentivar o uso sustentável dos recursos naturais, valorizar os conhecimentos tradicionais associados, e garantir uma repartição justa e equitativa dos benefícios quando esses recursos forem utilizados no desenvolvimento de produtos, garantindo também a soberania nacional sobre os nossos recursos.

E para a indústria brasileira, é importante pensarmos que - sendo o Brasil parte do Protocolo de Nagoya ou não - as regras para uso de ativos exóticos também são um risco ao negócio e à imagem da empresa. Valorizar os nossos insumos, conservar a biodiversidade e valorizar os conhecimentos ancestrais dos nossos povos é, além de ter seus negócios com base ética e responsável, agregar valor à reputação das marcas e empresas. Isso tudo faz parte da nova economia verde, ou de uma forma mais tecnológica de pensar, é o exemplo claro de bioeconomia no setor de HPPC.

## Na prática! Produtos de HPPC e ingredientes naturais

Para ilustrar um pouco de tudo isso, vejamos alguns dos ingredientes naturais mais utilizados pela indústria de HPPC: Cacau, Mamona (*Castor oil*), Tonka (Cumaru), Óleo de Palma (*Palm oil*) e o Coco.

O cacau é proveniente da América Central, incluindo Peru, Brasil e Costa Rica. A tonka, o ingrediente amplamente utilizado em fragrâncias, é da América do Sul, incluindo Peru e Brasil. O óleo de mamona é proveniente da África do Sul e o coco é da Índia. Já a palma é de Moçambique.

Isso significa que, para utilizar todos esses ingredientes, algumas normas deveriam ser observadas. Usar o cacau ou a tonka do Brasil é menos burocrático e menos custoso do que os demais ingredientes! Portanto, o receio sobre o uso de ativos brasileiros se mostra sem fundamento. Usar ativos naturais do Brasil continua sendo uma grande vantagem competitiva!

## Natureza, globalização, biodiversidade, consumidor, indústria e leis. O que isso representa na nossa vida e no setor de HPPC para os próximos anos?

Os consumidores, especialmente os mais jovens, vem buscando cada vez mais informações sobre os produtos que compram, os alimentos que consomem, as roupas que usam. Com os produtos de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos não é diferente. Os consumidores estão cada vez mais em busca de produtos naturais, além de demonstrarem uma preocupação crescente em relação à sustentabilidade, os impactos e a rastreabilidade das matérias-primas desses produtos. As pessoas passaram a analisar os produtos e suas origens e a exigir um compromisso das marcas.

O Brasil tem um papel importante nesse cenário todo. Além de ser um dos grandes mercados consumidores de produtos de HPPC no mundo, é um dos países mais ricos em biodiversidade do planeta. Naturalmente, produtos brasileiros, especialmente com o apelo amazônico, são um sucesso em qualquer lugar do globo!

Esse é o potencial da bioeconomia para o setor de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos e, acima de tudo, para o Brasil!

## Referência

CNI. Acesso e repartição de benefícios no cenário mundial: a lei brasileira em comparação com as normas internacionais. Confederação Nacional da Indústria - CNI, GSS Sustentabilidade e Bioinovação, Natura Inovação e Tecnologia de Produtos: Brasília, 2017. Disponível em: [www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2017/11/acesso-e-reparticao-de-beneficios-no-cenario-mundial-lei-brasileira-em-comparacao-com-normas-internacionais/](http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2017/11/acesso-e-reparticao-de-beneficios-no-cenario-mundial-lei-brasileira-em-comparacao-com-normas-internacionais/) ■

## I.8

# Construindo a Bioeconomia Tropical para o Brasil

Luís Cortez – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

**O** Brasil é o maior país tropical do mundo, com a maior biodiversidade. Segundo um estudo publicado por Butler (2016), o Brasil possui: 17,6% das aves, 13,6% dos anfíbios, 11,8% dos mamíferos, 7,9% dos répteis, 13,7% dos peixes e 20,8% das plantas vasculares do Mundo, com o mais alto "Índice BioD". Devido às características dessa biodiversidade e da sua dimensão, o Brasil é talvez o país com o maior potencial de desenvolvimento nas áreas da bioeconomia.

Além disso, o Brasil é o maior produtor e o segundo maior exportador mundial dos mais importantes produtos agrícolas e provavelmente apresenta o maior potencial de crescimento da produção agrícola. Esse crescimento poderá ocorrer aumentando a produtividade e adicionando novas áreas agrícolas, mas também agregando valor, criando novas oportunidades por meio do que chamamos de bioeconomia tropical.

Hoje, o agronegócio representa quase 50% do comércio exterior brasileiro e é internacionalmente visto como altamente competitivo. Apesar do excelente desempenho dos produtos agrícolas brasileiros, curiosamente, nenhum é originário do Brasil. Provavelmente isso aconteceu porque os mercados para esses produtos não foram desenvolvidos nem controlados inicialmente pelo Brasil desde o início.

Nesse sentido, é claro, a exploração adequada de todo o potencial do Brasil representa um desafio e uma imensa oportunidade. Nesse sentido, comparado com outras áreas tropicais do mundo, o Brasil provavelmente pode ser considerado o país com o maior potencial ainda não desenvolvido de seus vastos recursos naturais, mais especificamente os bio-recursos.

## A necessidade de uma estratégia de inovação no Brasil

Apesar do grande potencial de biodiversidade e dos ganhos significativos registrados nas últimas décadas em vários setores do agronegócio, o Brasil não apresenta o mesmo desempenho em inovação, onde ocupa a 64ª posição no Índice Global de Inovação 2018 (GII).

Alguns exemplos podem demonstrar a lacuna que precisa ser atravessada pela inovação entre "o potencial da biodiversidade" na bioeconomia tropical e sua realização: provavelmente não há melhor caso do que o café, um produto que é um dos símbolos do Brasil. O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, mas não possui uma estratégia comercial mundial, nem mesmo uma empresa de classe mundial nesse segmento. Frutas são outro caso. Considerado o terceiro maior produtor, as exportações de frutas brasileiras não alcançam US \$ 1 bilhão. Por exemplo, o Brasil está praticamente ausente no comércio internacional de banana, a fruta comercializada mais importante em todo o mundo, que passa a ser totalmente controlada por países não produtores.

Portanto, para corrigir essa situação, o país deve reunir seus principais atores, utilizando a plataforma Agropolo Campinas-Brasil e os conhecimentos desenvolvidos no Projeto PPPBio da FAPESP, e desenvolver uma estratégia clara de Bioeconomia Tropical, em um esforço para criar projetos que integrem todos os aspectos envolvidos, da ciência ao negócio.

## Os passos a serem tomados em direção a uma Bioeconomia Tropical

Usar o método de tentativa e erro utilizado até o momento não é a melhor solução para abordar as oportunidades existentes nos biomas tropicais do Brasil, como a Floresta Amazônica, a Mata Atlântica, o Cerrado e o Pantanal, para mencionar as maiores. É necessário criar uma estratégia geral de inovação, uma estratégia constituída pelas seguintes etapas:

1ª Etapa: O primeiro e fundamental passo para construir uma Bioeconomia Tropical é identificar os problemas a serem resolvidos. No caminho para o progresso econômico, as nações desenvolvidas de hoje foram capazes de definir claramente seus problemas e empregar os recursos necessários (pessoas qualificadas, capital, esforço) para superar as dificuldades encontradas. Exemplos disso são o desenvolvimento de tecnologia de refrigeração para transportar frutas e legumes da Califórnia para Nova York e a tecnologia de dessalinização da água desenvolvida por Israel. Uma nação que realiza esse primeiro passo e acaba resolvendo os problemas identificados, cria autoconfiança e fica mais preparada para projetos mais desafiadores.

Por exemplo, o Brasil tentou, pelo menos parcialmente, implementar alguns projetos, como o programa Proalcool e o projeto de barragens hidrelétricas, na tentativa de resolver os problemas existentes. No entanto, em nenhum desses dois casos o Brasil conseguiu atingir o limiar além do qual a inovação criaria um “ciclo virtuoso”. Um ciclo virtuoso é importante porque se tornará o “passaporte” para o desenvolvimento socioeconômico duradouro. Por outro lado, quando um ciclo virtuoso não é criado, a nação não deve tentar resolver problemas mais difíceis. O risco de falhar novamente é enorme...

Podem ser dados exemplos de problemas que provavelmente são muito difíceis de serem enfrentados pelo Brasil, como ir ao espaço, eliminar déficits de habitação e saneamento ou desenvolver uma tecnologia de etanol de segunda geração (etanol 2G).

Portanto, para desenvolver a Bioeconomia Tropical, o país precisa primeiro considerar a solução de problemas mais modestos para adquirir a confiança e a experiência necessárias. O exercício começa identificando problemas modestos e resolvendo-os até que o ciclo seja concluído, criando confiança e uma geração de cientistas e empreendedores comprometidos em trabalhar em estreita colaboração com o mercado.

Para realizar adequadamente e plenamente seu potencial de bioeconomia tropical existente, o Brasil deve reunir equipes qualificadas de pesquisadores com sólida formação científica (2ª Etapa) em áreas específicas como biologia, agronomia, medicina e agricultura, alimentos, engenharia química, entre outras. Idealmente, essas equipes de pesquisa qualificadas devem trabalhar em cooperação com o setor privado, que se espera que seja mais focado.

Vários países ricos de hoje já seguiram esse caminho. O Brasil possui uma comunidade científica sólida e um forte mercado consumidor. Além disso, o Brasil está em uma posição única para utilizar de maneira sustentável seus vastos recursos naturais. Se falta alguma coisa nos recursos humanos do país, é o *know-how* nos negócios e uma mentalidade de solução de problemas, mas essas características estão amadurecendo e, nos próximos anos, acredito que o país finalmente encontrará seu caminho.

A 3ª Etapa é tentar entender “o que o mercado precisa” e depois cruzar essas informações com “o que existe no ambiente tropical”, para criar um roteiro adequado para o problema a ser resolvido. A matriz é então construída cruzando o mapeamento biológico com necessidades ou oportunidades, criando assim uma técnica de solução de problemas.

O processo de interação constante com o mercado e o trabalho conjunto em possíveis soluções pode ser considerado preliminar, seguido pela geração de empresas *spin-off* (4ª Etapa) que terão maiores chances de sucesso devido à posse de soluções orientadas ao mercado. A equipe de pesquisa inicia o processo, seguida, no momento apropriado, pelo link comercial.

A interação adequada e oportuna com o mercado é fundamental em todas as etapas, desde o início em que o problema é definido e a necessidade de conhecimento científico adicional é compreendida. Os pesquisadores devem trabalhar juntos para definir corretamente o problema a ser resolvido e, em seguida, criar uma forte estratégia de inovação que planeje uma solução adequada, levando à criação, quando necessário, de empresas *spin-off* capazes de entrar no mercado com as condições necessárias para ter sucesso.

Por outro lado, simplesmente copiar ou importar uma solução de outros países não apenas daria a falsa impressão de ter resolvido o problema, mas, pior ainda, criaria um mau hábito de dependência: “alguém o fará...”.

Como a biodiversidade e os problemas encontrados no Brasil são únicos, as soluções não podem ser simplesmente importadas. Os problemas identificados precisam ser estudados aqui, e todos os esforços devem ser feitos para superá-los.

A figura abaixo fornece uma ideia das etapas e partes interessadas envolvidas em todo o processo de inovação e visa mostrar uma imagem mais clara da estratégia geral envolvida na construção de uma Bioeconomia Tropical no Brasil.

seja encontrada. Além disso, cientistas do setor público devem trabalhar mais próximos do setor privado, em particular com empresas brasileiras, até que a solução seja alcançada e o conhecimento acumulado possa ser transformado em negócios de sucesso.

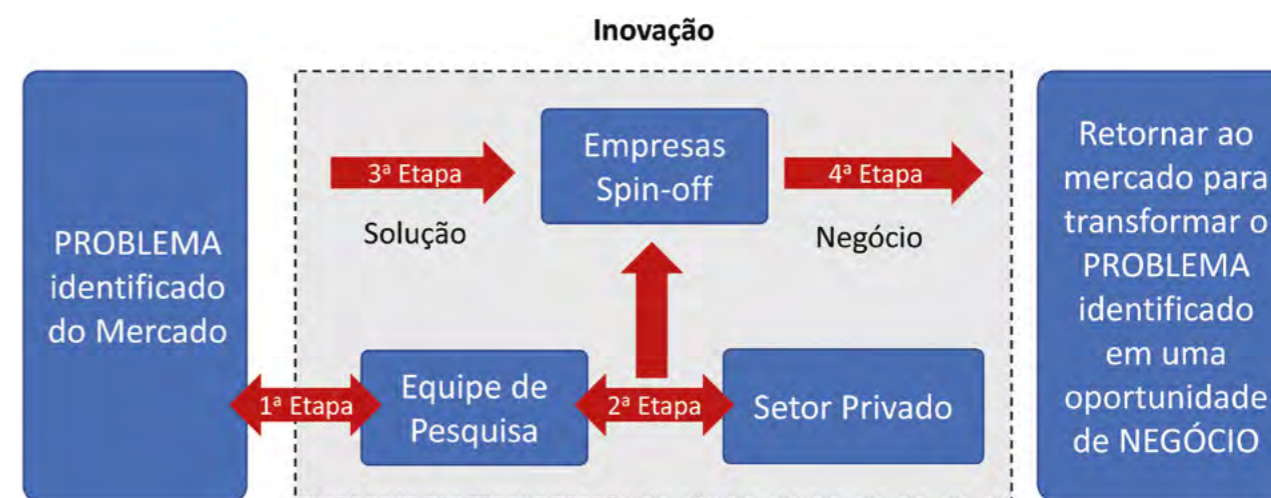


Figura 1. Da identificação do problema ao trabalho na solução: as 4 etapas fundamentais para a construção da estratégia de Bioeconomia Tropical.

## Conclusões

O Brasil tem um imenso potencial no desenvolvimento de sua bioeconomia tropical. O país já demonstrou capacidade de ser competitivo no agronegócio. No entanto, para construir uma bioeconomia tropical sustentável, agregando seus produtos, o país precisa definir uma estratégia, seguindo etapas fundamentais do conhecimento científico às oportunidades de negócios. Entre as coisas necessárias a serem feitas, está a capacidade de entender os problemas reais que precisam ser resolvidos e persistir por esse caminho até que a solução

## Referências

- BUTLER, R. A. The Top 10 Most Biodiverse Countries. 2016. Disponível em: <https://news.mongabay.com/2016/05/top-10-biodiverse-countries/>
- FGV. Brazilian Agribusiness Overview. Fundação Getúlio Vargas – FGV, N. 25, 83p, Rio de Janeiro, 2015.
- GII. Global Innovation Index 2018. Disponível em: <https://globalinnovationindex.org> ■



# Parte II

## *Roadmap* para Bioeconomia Tropical

Abordagem do  
Agropolo Campinas-Brasil



# A Bioeconomia no Mundo

Sérgio Augusto Morais Carbonell, Lilian Cristina Anefalos e Ricardo Baldassin Jr.  
– Instituto Agrônomo (IAC)

A primeira ação estratégica nacional em Bioeconomia foi implementada pela Alemanha, em 2011, e desde então, outros países têm buscado alinhar seus planos de desenvolvimento e, conseqüentemente, de ciência e tecnologia, para atender às novas diretrizes. Segundo um levantamento realizado pelo *German Bioeconomy Council*, em 2018, cerca de 50 países estão trabalhando para incorporar a Bioeconomia em suas políticas estratégicas em todo o mundo, dos quais 15 fazem parte da União Europeia e dos países Nórdicos Ocidentais.

Os recentes esforços para a consolidação da Bioeconomia não estão restritos às políticas nacionais de Estado, mas compostos por iniciativas do setor privado, estimuladas pelas oportunidades de mercado, e por ações que visam explorar a sinergia entre o setor público e privado, em especial entre a indústria e as instituições públicas de ciência e tecnologia, por meio das formações de *clusters* e *hubs*. Nesse sentido, têm sido agregadas iniciativas para o desenvolvimento de regiões específicas em função das suas vocações naturais, de macro-regiões ou guiadas pelo interesse e pelas oportunidades do setor industrial, com destaque para os segmentos farmacêutico, de alimentos e de biocombustíveis.

Outro importante ponto a ser considerado é que, em cada nação ou bloco econômico, a construção de uma economia mais sustentável tem se alicerçado em rotas tecnológicas distintas e de políticas e ações pautadas nas suas aptidões, competências e, principalmente, tendo em vista a riqueza dos seus recursos naturais. Essa tendência pode ser observada no caso da União Europeia, que tem concentrado seus esforços na Economia Circular, nos Estados Unidos, Reino Unido e China, que têm priorizado as inovações de alta tecnologia, em especial, biologia sintética, digitalização e manu-

fatura avançada e no Canadá e a Finlândia, que estão estruturando os “produtos da floresta”.

Nesse sentido, vislumbra-se um grande potencial e perspectivas futuras para que a Bioeconomia seja consolidada no Brasil, principalmente em vista de amplas oportunidades oferecidas pela biodiversidade tropical do país. Há que se entender que as soluções dos países do Hemisfério Norte não servirão como modelo, dada a realidade socioeconômica brasileira. Entretanto, estas deverão ser utilizadas como referência para implementarmos ações colaborativas em ciência e desenvolvimento tecnológico, acesso a novos mercados e a criação e implantação de políticas regulatórias nacionais e internacionais, tornando assim possível ampliarmos os benefícios econômicos, sociais e ambientais nessa nova era.

Ao analisar as iniciativas em Bioeconomia nos países que detêm ecossistemas tropicais, com algumas semelhanças às do Brasil, observa-se um número restrito de planos de ação já implementados, com visão holísticas, com destaque para a Tailândia e a Malásia. Ao se incorporar os países do Hemisfério Sul, há que aludir às iniciativas da África do Sul e da Austrália, com agendas de inovação voltadas para o desenvolvimento regional. Por outro lado, outros países têm conduzido esforços para a construção de economias sustentáveis e verdes, incorporando temas como bio-produtos e bioeconomia nas suas políticas de desenvolvimento, como por exemplo a produção sustentável de biomassa (alimentação e bioenergia) e a biotecnologia.

Na América Latina e Caribe, além do Brasil, a Argentina, Colômbia, Paraguai, Uruguai, Equador e Costa Rica, também têm trabalhado para a implantação de planos de ação em Bioeconomia. Em termos regionais, a Comissão Econômica para a América Latina e Caribe das Nações Unidas (UN ECLAC) tem se mobilizado para

organizar eventos em Bioeconomia, com o intuito de promover a troca de experiências entre o Governo, o setor privado e as instituições de ciência e tecnologia, estimulando assim maior convergência de ações entre as nações e grupos econômicos.

No Brasil, o tema Bioeconomia foi introduzido pela Confederação Nacional das Indústrias (CNI), em 2013, com a apresentação da “Bioeconomia: Agenda para o desenvolvimento do Brasil” (CNI, 2013). Essa relevante iniciativa teve por objetivo estimular a discussão do assunto no país. Como consequência dos esforços empreendidos desde então, no âmbito da Ciência, Tecnologia e Inovação, recentemente, foram lançados, no âmbito do Governo Federal, Planos de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação em biotecnologia (PACTI-Biotecnologia) e em bioeconomia (PACTI-Bioeconomia), como desdobramentos da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI): 2016-2022 (MCTIC, 2016, CGEE/MCTIC, 2018a, CGEE/MCTIC, 2018b). Nesse sentido, o fortalecimento de mecanismos públicos e privados de incentivo e fomento ao empreendedorismo e à inovação serão imprescindíveis para que tenhamos ações estruturantes e contínuas para a construção dessa nova economia (CGEE, 2019). No âmbito industrial, há relevantes casos de sucesso, a partir de projetos liderados por empresas nacionais e multinacionais para o desenvolvimento de tecnologias e produtos elaborados a partir da biodiversidade brasileira, com destaque para os seguintes segmentos: alimentos, medicamentos, biocombustíveis avançados, cosméticos, higiene pessoal, perfumaria e produtos químicos. Com a interação cada vez mais sinérgica das instituições de ciência e tecnologia brasileiras com o setor privado, será possível acelerarmos ainda mais o desenvolvimento tecnológico e a inovação, inclusive com a ampliação de novas oportunidades de negócios e alternativas mais sustentáveis nos próximos anos.

No Brasil, a economia verde tem se fortalecido ao longo dos anos, com base em sua ampla biodiversidade, com atuação diferenciada dos segmentos de alimentos e de bioenergia. No caso da bioenergia, a experiência já supera 40 anos e o setor tem trabalhado fortemente para o fortalecimento contínuo de planos nacionais de produção, consumo e expansão, principalmente de biocombustíveis (etanol e biodiesel) e bioeletricidade. O Programa Renovabio, recentemente criado pelo Governo Federal, é um exemplo dos esforços para a produção e para a expansão sustentável da bioenergia no país.

Com o intuito de contribuir para o fortalecimento da Bioeconomia no Brasil, o Agropolo Campinas-Brasil tem trabalhado, intensamente, para a construção de uma plataforma de inovação colaborativa. Entre os anos de 2015 e 2018 foram identificados 13 temas estratégicos e delineadas, de forma participativa e envolvendo todos os players, as principais oportunidades, desafios, as pesquisas e as políticas públicas necessárias para o desenvolvimento da Bioeconomia no país, nos horizontes de curto, médio e longo prazo. Essa importante iniciativa foi financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e, também, contou com o apoio de diversas instituições públicas, privadas e governamentais do Brasil e do Exterior. Os resultados desse relevante projeto são apresentados a seguir.

## Referências

- CNI. Bioeconomia: uma agenda para o Brasil. Brasília: Confederação Nacional da Indústria - CNI, 2013. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2019/4/bioeconomia-uma-agenda-para-brasil/>
- CGEE/MCTIC. Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Biotecnologia. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE e Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC, 2018a. Disponível em: <https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/Publicacoes/ENCTI/PlanosDeAcao.html>
- CGEE/MCTIC. Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Bioeconomia. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE e Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC, 2018b. Disponível em: <https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/Publicacoes/ENCTI/PlanosDeAcao.html>
- MCTIC. Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: 2016-2022. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC, 2016. Disponível em: <https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/Publicacoes/ENCTI/PlanosDeAcao.html>
- CGEE. Bioeconomy in the Americas – 2030 Short report. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE, 2019. ■

# Metodologia do Roadmap

Rodrigo Lima Verde Leal – CPQD

Ricardo Baldassin Jr., Lilian Cristina Anefalos – Instituto Agrônomo (IAC)

As identificações das ações, necessárias para o desenvolvimento da Bioeconomia, foram realizadas com base na construção de *roadmaps* (*roadmapping processes*). Sua implementação foi baseada na metodologia desenvolvida pela Agência Internacional de Energia - IEA (*Energy Technology Roadmaps - a guide to development and implementation*) e guiada pela VISÃO de “criar uma nova economia baseada no BIO no Brasil”. O HORIZONTE TEMPORAL de estudo considerou três prazos: curto (2018 - durante o período de desenvolvimento do projeto), médio (projeção para 2030) e longo (visão para 2050). O estudo foi delineado no âmbito de três GRANDES ÁREAS (Agricultura, Alimento & Saúde, e Bioenergia & Química Verde) e buscou identificar os potenciais PRODUTOS a serem desenvolvidos, com foco em três importantes metas: contribuir para a redução das emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa), aumentar o número e a qualidade de empregos formais e criar novos produtos de alto valor agregado.

O estudo foi desenvolvido em três etapas durante o período de junho de 2015 e junho de 2018, por meio de workshops e oficinas, realizados na cidade de Campinas, Estado de São Paulo, Brasil, com ampla participação de formadores de opinião, especialistas, *policy makers* e *stakeholders*. O escopo das etapas de construção dos *roadmaps* é apresentada na Tabela 1 e descritas a seguir.

- Etapa 1 – Planejamento e Preparação: as atividades, nesta etapa, foram realizadas em duas fases distintas. Na primeira fase foram realizados workshops e oficinas de discussão, com formadores de opinião, visando designar os membros do comitê executivo (coordenadores gerais) e identificar as novas demandas e oportunidades. Neste momento, também, foram definidos,

preliminarmente: o escopo, a VISÃO, os objetivos, as ÁREAS ESTRATÉGICAS, as lideranças (coordenadores de área) e os apoiadores e, conseqüentemente, identificados os problemas que requeriam um *roadmap*. Na segunda fase foi realizado um amplo workshop, sob coordenação do comitê executivo e com participações de especialistas, *policy makers* e apoiadores, com o objetivo de apresentar, debater, revisar e validar os elementos identificados na fase anterior;

- Etapa 2 – Desenvolvimento: consistiu na realização de workshops com as lideranças (coordenadores de área), sob coordenação do comitê executivo, visando a elaboração dos Termos de Referência (*Terms of Reference – ToR*), onde foram identificados, preliminarmente: i) os produtos, as tecnologias e os processos desejados, ii) as variáveis críticas do sistema, iii) as GRANDES ÁREAS TECNOLÓGICAS, iv) os *DRIVERS* e as metas, v) a capacidades científicas e tecnológicas, vi) as lacunas e barreiras, e vii) os cronogramas, rotas prioritárias e recomendações.;

- Etapa 3 – Implementação: consistiu na realização de treze amplos workshops temáticos (um para cada ÁREA TEMÁTICA), sob a gestão dos coordenadores de área e com participações de especialista, *policy makers* e *stakeholders*, com o objetivo de apresentar, debater, revisar e validar os cenários apresentados nos Termos de Referência. Os workshops contaram com três partes distintas. A primeira foi composta por sessões técnicas, com a participação de especialistas convidados, onde foram apresentados e debatidos conteúdos e questões, preliminarmente, definidos nos Termos de Referência. Na segunda parte foram realizadas oficinas de discussão (dinâmicas), onde todos os participantes dos workshops puderam manifestar seus posicionamentos, de forma escrita, em painéis, preliminarmente, definidos pelos coordenadores. Na terceira e última

Imagem cedida pela Embrapa Territorial

**Tabela 1. Etapas de construção dos roadmaps (roadmapping process), baseado na metodologia proposta pela Agência Internacional de Energia - IEA (IEA, 2014)**

	Etapa 1 - Atividades preliminares		Etapas 2 e 3	
	PLANEJAMENTO E PREPARAÇÃO	VISÃO	DESENVOLVIMENTO	IMPLEMENTAÇÃO
<b>Especialistas &amp; Consenso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecer um Comitê Executivo</li> <li>Definir os objetivos do <i>roadmap</i></li> <li>Selecionar os parceiros e os apoiadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar Workshop com líderes, visando identificar os objetivos e as metas de longo prazo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar Workshops com especialistas, visando identificar as barreiras e as prioridades, tecnologias, políticas, prazos e limites</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar Workshops com ampla audiência</li> <li>Revisar os Termos de Referência</li> </ul>
<b>Informações, Dados &amp; Análise</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Situação atual: produtos, consumidores, fornecedores e processos</li> <li>Mercado Futuro: tendência de mercado e projeções</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar as variáveis críticas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avaliar as áreas tecnológicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoramento, revisões e melhorias *</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Elaborar os Termos de Referência</li> <li>Realizar revisões e consultas a apoiadores e parceiros</li> </ul>	

Nota: \* esta atividade não foi realizada.

fase, os participantes dos workshops discutiram e revisaram os planos de ação (agenda) para o desenvolvimento de cada ÁREA ESTRATÉGICA. A implementação dos planos de ação e, conseqüentemente, suas revisões e melhorias não foram alvos do projeto.

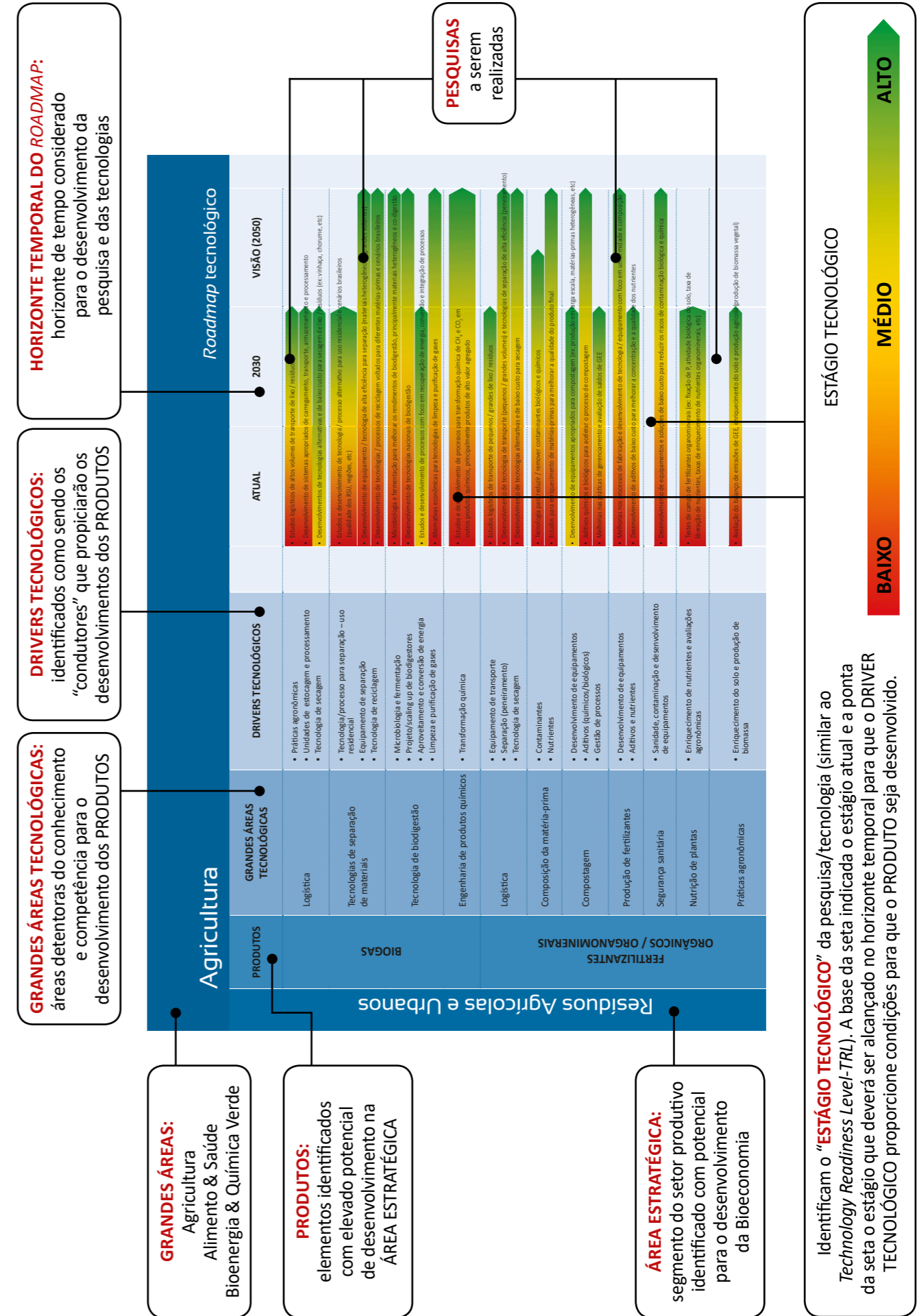
Os resultados apresentados, a seguir, refletem o consenso de especialistas, em consonância com os cenários e as diretrizes propostas pelo estudo, sobre as principais oportunidades e necessidades e sobre as demandas tecnológicas (PESQUISA) necessárias para atendê-las. Objetiva-se com este estudo identificar e criar mecanismos para antecipar o desenvolvimento tecnológico (e não tecnológico), bem como subsidiar apoio mais sólido às decisões de planejamento e de gestão de P&DI.

Nos capítulos II.1, II.2 e II.3 são apresentados os *roadmaps* tecnológicos desenvolvidos para as três ÁREAS

ESTRATÉGIAS e no capítulo II.4 o *roadmap* não-tecnológico, que é apresentado de forma agregado, uma vez que as AÇÕES identificadas nos workshops apresentaram demandas similares e de caráter transversal.

## Referências

IEA. Energy Technology Roadmaps - a guide to development and implementation. International Energy Agency – IEA, Paris, France, 2014. Disponível em: <https://www.oecd.org/publications/energy-technology-roadmaps-a-guide-to-development-and-implementation-9789264086340-en.htm> ■



# Agricultura

Heitor Cantarella – Instituto Agrônômico (IAC)

**A**tualmente o Brasil é o segundo maior exportador de alimentos do mundo em volume, produzindo cerca de quatro vezes mais que a demanda interna. Entretanto, esse protagonismo somente foi alcançado recentemente, pois há cerca de 50 anos o país era importador de alimentos. Naquela época, a escassez alimentar era apontada como um dos principais entraves para o processo de industrialização e crescimento do país. Para aumentar a produção e a produtividade agrícola, o governo implantou um conjunto de ações, dos quais o crédito rural, a extensão rural e a pesquisa agropecuária constituíam os pontos centrais.

Nas décadas seguintes os resultados começaram a ser colhidos. Entre 1978 e 1998 a produção de grãos duplicou, saindo de 38 para 76 milhões de toneladas. E os resultados continuaram a ser colhidos. Em 2018 a produção de grãos alcançou 242 milhões de toneladas!

Os resultados também ocorreram na pecuária, onde prevalecia sistemas produtivos arcaicos e basicamente de subsistência hoje encontramos ambientes de alta produção e produtividade. A produção de carne nacional (suína, bovina e de frango) salto de 2 milhões de toneladas para cerca de 35 milhões de toneladas, entre os anos de 1970 e 2018. Hoje, o protagonismo no mercado internacional de carne bovina e de frango é uma realidade.

Esse impressionante desempenho teve como principal vetor os ganhos de produtividade, reflexo da abundância de recursos naturais, políticas públicas assertivas, competência e perseverança dos agricultores brasileiros e, principalmente, pelos investimentos na pesquisa agropecuária, que tornaram possível avançar na ciência, desenvolver tecnologias apropriadas e inovar. Nos últimos 40 anos a área utilizada para a produção das 15 principais culturas anuais no Brasil aumentou 63%, mas, a produção aumentou 409%. Com a tecnologia de 1977 o Brasil precisaria de cerca de 190 Mha para produzir o que produz hoje em 61 Mha. Neste contexto, o efeito “poupa terra”, reflexo dos ganhos de produtividade, é um fator de destaque da produção agrícola nacional.

Se os investimentos em pesquisa feitos no passado nos trouxeram até a situação de destaque atual, a agricultura brasileira e sua competitividade no cenário internacional nas próximas décadas dependem das pesquisas e desenvolvimentos científicos e tecnológicos que o país realizar a partir de hoje. Os novos desafios que se apresentam para a agricultura brasileira são amplos e mais complexos, à luz das mais recentes exigências da sociedade. É preciso aumentar a produtividade otimizando o uso de recursos naturais dentro do conceito de uma economia circular. Atenção deve ser dada à redução dos impactos ambientais e das emissões de gases de efeito estufa, ampliando e integrando a produção de alimentos e bioenergia. A moderna bioeconomia, em que a biomassa é utilizada em novas aplicações, traz renovados desafios, mas, também oportunidades para a agricultura. Aos tradicionais conceitos de qualidade dos alimentos devem-se incorporar os conceitos de alimentos funcionais e biofortificados. A cadeia de produção passa a ser mais complexa, com novos atores e novas tecnologias agregadas ao campo, com maior emprego de tecnologia da informação e modernas especialidades.

Visando prospectar as principais oportunidades para a agricultura brasileira e os avanços científicos e tecnológicos necessários neste novo cenário, foram identificadas sete áreas potenciais:

1. Resíduos agrícolas e urbanos: energia e fertilizantes
2. Óleos essenciais e plantas aromáticas e medicinais
3. Agricultura de precisão
4. Sistema de produção animal
5. Água
6. Café
7. Citros

A seguir são apresentados os *roadmaps* tecnológicos desenvolvidos para cada área, para que o Brasil continue crescendo, produzindo alimentos de forma sustentável, melhorando as condições de vida da população e alcançando novos mercados. ■

Imagem cedida pela Embrapa Territorial

## II.1.1

# Resíduos agrícolas e urbanos: energia, reciclagem de nutrientes e fertilizantes

### ACADEMIA

Recentemente, a bioeconomia adquiriu um novo significado para caracterizar o uso de recursos biológicos para produção de energia ou obtenção de novos produtos, ou para obtenção de produtos destinados a substituir aqueles originários de recursos fósseis. No entanto, grande parte da economia tradicional é de base biológica, pois as matérias-primas para a maioria das atividades humanas advêm da agricultura, silvicultura ou da pecuária. As oportunidades oferecidas pelo uso adequado de resíduos agrícolas e urbanos são, talvez, o melhor elo entre a bioeconomia tradicional e a nova bioeconomia.

A maioria dos resíduos agrícolas é historicamente reciclada no campo para fornecer matéria orgânica e nutrientes às culturas. Por outro lado, o destino usual dos resíduos urbanos no Brasil tem sido o despejo em lixões ou aterros, forma pela qual a sociedade se livra de seus resíduos. Mas os resíduos agrícolas e urbanos precisam ser vistos como materiais ricos em recursos. Por exemplo, os resíduos urbanos, além de materiais recicláveis como plástico, metais, papel e outros, são compostos por materiais orgânicos, que armazenam energia fotossintética e carbono de origem orgânica, além de nutrientes da planta original.

À medida que aumenta a conscientização nas sociedades modernas sobre a necessidade de melhor utilizar os resíduos gerados, e a tecnologia evolui, surgem novas oportunidades para transformá-los em energia e matéria-prima para uma infinidade de novos produtos. No final, o que resta ainda pode servir como fontes de matéria orgânica e nutrientes para a agricultura.

Atualmente, as discussões realizadas focaram os resíduos urbanos da cidade de Campinas e em resíduos agrícolas gerados pela indústria da cana. A escolha deste último se deve ao seu volume e importância no estado de São Paulo e ao fato de coletar e o uso desses materiais

serem mais fáceis e baratos. Os aterros sanitários em Campinas foram desativados e os resíduos estão sendo transportados para outra cidade a um custo elevado. Por outro lado, Campinas possui boas instalações para coletar e tratar lodo de esgoto e uma boa estrutura para coletar resíduos verdes (jardins) e alimentos. Portanto, a busca por soluções sustentáveis é urgente. Campinas poderá ser um exemplo e um modelo para as cidades brasileiras de médio e grande porte que precisam resolver o problema da disposição dos resíduos que geram.

As opções disponíveis são muitas, incluindo a produção de biogás e fertilizantes orgânicos e orgânicos-minerais com tecnologias conhecidas. Mas também existem muitos desafios e oportunidades. Quais são as escolhas ou rotas que maximizam a criação de empregos, geração de renda e benefícios ambientais? Como esses recursos podem ser usados para promover a criação de uma nova indústria com novos produtos de base biológica que poderão substituir aqueles que dependem das antigas matérias-primas fósseis?

Essa tarefa deverá ser abordada por esforços conjuntos de instituições de pesquisa, do governo e do setor privado, pois cada um deles possui informações que precisam ser conectadas nessa complexa equação. Os resultados potenciais são enormes. Um pequeno, porém importante primeiro passo foi dado com a criação do projeto Reciclagem Verde, parceria entre os governos do Estado de São Paulo e de Campinas. Todos os esforços para expandir essa iniciativa e incluir parceiros valerão a pena. ■

**Heitor Cantarella, Ronaldo S. Berton**

– Instituto Agrônomo (IAC)

**Bruna de Souza Moraes** – Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético (NIPE), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

**Raffaella Rossetto** – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Polo Regional Piracicaba (APTA)

### INDÚSTRIA

Brasil produz diariamente cerca de 210.000 toneladas de resíduo domiciliar urbano (RDU), segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE. Deste total, 92,5% são coletados e apenas cerca de 40% tem sua destinação correta, um número bastante distante das diretrizes do Plano Nacional de Resíduos Sólidos de 2010.

Neste contexto, a biodigestão anaeróbia da fração orgânica biodegradável apresenta-se como uma excelente alternativa para a geração de biogás, e seu aproveitamento, ou seja, a reciclagem energética, considerando resultados obtidos com a captação do biogás dos aterros sanitários, pode chegar a 525.000 Nm<sup>3</sup>/h, com teores de metano de 50%. Esse montante representa uma capacidade de geração de energia elétrica equivalente a 954 MWh, energia suficiente para atender cerca de 4,6 milhões de famílias, com consumo mensal de 150 kWh.

Outra opção é a rota tecnológica da purificação e geração de biometano, com teores de metano de 95%. Neste cenário, a equivalência energética com a gasolina comum é de 1 litro por m<sup>3</sup> de biogás, ou seja, 2.420 milhões de litros/ano de gasolina poderiam deixar de ser produzidos na matriz dos combustíveis fósseis.

Na linha do controle das emissões de gases de efeito estufa, este processo possibilitaria gerar cerca de 39,5 milhões de toneladas anuais em créditos de carbono, que poderiam ser utilizados nos planos de compensação ou redução dos atuais níveis de emissão.

Outro ponto importante a ser avaliado na adoção da linha tecnológica do tratamento por digestão anaeróbia, não no aterro sanitário, mas em biodigestores, é a produ-

ção do composto orgânico, que após a digestão, pode ser utilizado na agricultura como condicionador de solo. Existem vários estudos já realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), bem como vários casos de sucesso em outros países, principalmente da Europa e Ásia. O potencial de produção anual deste tipo de material é de 10,5 milhões de toneladas.

O maior desafio são as dimensões continentais de nosso País e, principalmente, a desigualdade social e econômica nas regiões Brasileiras.

Diante deste panorama, as políticas públicas regionais e com foco na formação de consórcio de pequenos municípios para a implementação de soluções de tratamento e disposição adequadas dos resíduos, favoreceriam a economia de escala, permitindo equilibrar e viabilizar o CAPEX (Custo de Capital) e o OPEX (Custo Operacional), incentivando assim a participação da iniciativa privada em projetos de médio e longo prazo.

Mecanismos de contratação de longo prazo, associados a segurança jurídica, imunes às volatilidades das mudanças nas administrações públicas e tendências partidárias, seriam um norte bastante promissor na adoção de soluções para avançarmos no tratamento e aproveitamento energético do RDU no Brasil. ■

**Antonio Carlos Delbin** - *Cruzeiro do Sul Engenharia e Serviços Ltda.*

PRODUTOS	GRANDES ÁREAS TECNOLÓGICAS	DRIVERS TECNOLÓGICOS	ATUAL	2030	VISÃO (2050)
BIOGAS	Logística	<ul style="list-style-type: none"> <li>Práticas agrônômicas</li> <li>Unidades de estocagem e processamento</li> <li>Tecnologia de secagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudos logísticos de altos volumes de transporte de lixo / resíduos</li> <li>Desenvolvimento de sistemas apropriados de carregamento, transporte, armazenamento e processamento</li> <li>Desenvolvimentos de tecnologias alternativas e de baixo custo para secagem de lixo / resíduos (ex: vinhaça, chorume, etc)</li> </ul>		
	Tecnologias de separação de materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnologia/processo para separação – uso residencial</li> <li>Equipamento de separação</li> <li>Tecnologia de reciclagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudos e desenvolvimento de tecnologia / processo alternativo para uso residencial e cenários brasileiros (qualidade dos RSU, regiões, etc)</li> <li>Desenvolvimento de equipamento / tecnologia de alta eficiência para separação (materiais heterogêneos e grandes volumes)</li> <li>Desenvolvimento de tecnologias / processos de reciclagem voltados para diferentes matérias-primas e cenários brasileiros</li> </ul>		
	Tecnologia de biodigestão	<ul style="list-style-type: none"> <li>Microbiologia e fermentação</li> <li>Projeto/scaling up de biodigestores</li> <li>Aproveitamento e conversão de energia</li> <li>Limpeza e purificação de gases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Microbiologia e fermentação para melhorar os rendimentos de biodigestão, principalmente materiais heterogêneos e co-digestão</li> <li>Desenvolvimento de tecnologias nacionais de biodigestão</li> <li>Estudos e desenvolvimento de processos com foco em recuperação de energia, conversão e integração de processos</li> <li>Alternativas econômicas para tecnologias de limpeza e purificação de gases</li> </ul>		
	Engenharia de produtos químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transformação química</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudos e desenvolvimento de processos para transformação química de CH<sub>4</sub> e CO<sub>2</sub> em outros produtos químicos, principalmente produtos de alto valor agregado</li> </ul>		
FERTILIZANTES ORGÂNICOS / ORGANOMINERAIS	Logística	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipamento de transporte</li> <li>Separação (peneiramento)</li> <li>Tecnologia de secagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudos logísticos de transporte de pequenos / grandes de lixo / resíduos</li> <li>Desenvolvimento de tecnologia de transporte (pequenos / grandes volumes) e tecnologias de separação de alta eficiência (peneiramento)</li> <li>Desenvolvimento de tecnologias alternativas e de baixo custo para secagem</li> </ul>		
	Composição da matéria-prima	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminantes</li> <li>Nutrientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnologia para reduzir / remover contaminantes biológicos e químicos</li> <li>Estudos para enriquecimento de matérias-primas para melhorar a qualidade do produto final</li> </ul>		
	Compostagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de equipamentos</li> <li>Aditivos (químicos/biológicos)</li> <li>Gestão de processos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de equipamentos apropriados para compostagem (ex: produção em larga escala, matérias-primas heterogêneas, etc)</li> <li>Aditivos químicos e biológicos para acelerar o processo de compostagem</li> <li>Melhorias nas práticas de gerenciamento e avaliação de saldos de GEE</li> </ul>		
	Produção de fertilizantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de equipamentos</li> <li>Aditivos e nutrientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melhorias nos processos de fabricação e desenvolvimento de tecnologia / equipamento com foco em uniformidade e composição</li> <li>Desenvolvimento de aditivos de baixo custo para melhorar a concentração e a qualidade dos nutrientes</li> </ul>		
	Segurança sanitária	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sanidade, contaminação e desenvolvimento de equipamentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de equipamentos e soluções de baixo custo para reduzir os riscos de contaminação biológica e química</li> </ul>		
	Nutrição de plantas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enriquecimento de nutrientes e avaliações agrônômicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Testes de campo de fertilizantes organominerais (ex: fixação de P, atividade biológica do solo, taxa de liberação de nutrientes, taxas de enriquecimento de nutrientes organominerais, etc)</li> </ul>		
	Práticas agrônômicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enriquecimento do solo e produção de biomassa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avaliação do balanço de emissões de GEE, enriquecimento do solo e produção agrícola (produção de biomassa vegetal)</li> </ul>		

# Óleos essenciais e plantas medicinais e aromáticas

## ACADEMIA

**O** Brasil ocupa posição de destaque mundial por abrigar a maior diversidade vegetal do mundo, incluindo considerável número de espécies aromáticas e medicinais. Como tal, constitui um importante potencial de desenvolvimento socioeconômico para o país como fonte de corantes, óleos vegetais, antioxidantes, fitoterápicos e óleos essenciais.

Industrialmente, os óleos essenciais são empregados como matérias-primas para as indústrias de higiene e limpeza, alimentos, farmacêutica, cosmética, perfumaria e agropecuária, setores da economia que necessitam de constantes inovações.

A efetiva exploração econômica e o crescimento da cadeia produtiva de óleos essenciais, plantas aromáticas e medicinais, bem como a necessidade da exploração ambientalmente sustentável destes recursos naturais, tem demandado da comunidade científica brasileira o desenvolvimento de intensas pesquisas com foco na bioprospecção de óleos essenciais e ativos vegetais, atividade biológica, domesticação e cultivo de espécies, beneficiamento, tecnologias de extração limpas e sustentáveis e desenvolvimento de novos produtos, em áreas como de saúde animal, controle de pragas e doenças de plantas, cosmética e perfumaria.

Apesar dos avanços científicos em pesquisa, a expansão do uso e a busca na agregação de valor e por produtos inovadores (óleos essenciais e extratos vegetais), aliada as demandas de mercado e a sustentabilidade ambiental, tem exigido avanços em P&D, dos quais destacam-se: o aprimoramento das tecnologias

de cultivo e processamento de plantas aromáticas e medicinais; o desenvolvimento e/ou aprimoramento de processos para a obtenção de produtos naturais a partir de tecnologias limpas (consonância aos princípios da Química Verde); desenvolvimento de formulações (encapsulação e emulsão); e transformação de ingredientes aromáticos por via biotecnológica.

Dentre os principais desafios não tecnológicos da cadeia produtiva, destacam-se: o alto custo de investimento em P&D; falta de recursos humanos capacitados (práticas agrícolas); elevada rigidez dos instrumentos regulatórios (Lei de acesso patrimônio genético, proteção de cultivares, registro de novos produtos agropecuários); e políticas públicas ineficientes para uma maior integração entre os setores público-privado e agências de fomento. ■

**Marcia Ortiz, Juliana Rolim Salomé**

*Teramoto – Instituto Agrônomo (IAC)*

**Pedro Melillo de Magalhães, Ilio Montanari Junior, Glyn Maria Figueira, Marta Cristina Teixeira Duarte**

*Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas (CPQBA), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)*

**Sandra Maria Pereira da Silva** – *Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Polo Regional Vale do Paraíba (APTA)*

## INDÚSTRIA

**A** flora brasileira é considerada uma das mais ricas do mundo em biodiversidade. Essa diversidade de espécies vegetais, resulta em um importante potencial para o desenvolvimento sustentável de novos ingredientes naturais para os mercados de perfumaria, cosmético e higiene pessoal.

Para a indústria de Fragrâncias, o uso de óleos essenciais exclusivos e olfativamente diferenciados é uma das principais formas de inovação. Somado a isso, nos últimos anos a tendência do uso de produtos com apelo “*orgânico, origem ética e natural*” tem sido impulsionada pelos programas de responsabilidade social implementados pelas empresas.

Importante destacar que a cadeia produtiva dos óleos essenciais no Brasil apresenta grandes desafios, sobretudo na forma de obtenção destes produtos, dos quais merecem destaque: as práticas de cultivo e/ou extrativismo, a localização geográfica da planta, o beneficiamento, o armazenamento, as tecnologias de extração tradicionais e/ou verdes, a caracterização química e biológica, a padronização, a qualidade e a segurança. Vale ressaltar que a disponibilidade da planta, a capacidade de produção (volume) e o rendi-

mento, impactam o preço final do produto e são críticos para a comercialização do produto. Os impactos sociais e ambientais, os aspectos regulatórios (acesso ao patrimônio genético) e as certificações também têm se tornado elementos relevantes no processo.

Outro aspecto importante que envolve a cadeia produtiva de óleos essenciais é a crescente demanda pelo aproveitamento dos resíduos do processo de extração, pois esses subprodutos também podem ser utilizados para fins comerciais. Nesse contexto, novos conceitos e novos produtos poderão ser contemplados.

O ponto de vista mercadológico também deve ser considerado, onde a comunicação, legislação, interesse do consumidor, dentre outros, agregam valor em todos os elos da cadeia. ■

**Mauricio Cella** – *Diretor de Tecnologia e Inovação na América Latina, Givaudan do Brasil*

PRODUTOS	GRANDES ÁREAS TECNOLÓGICAS	DRIVERS TECNOLÓGICOS	ATUAL	2030	VISÃO (2050)
ÓLEOS ESSENCIAIS	Domesticação e Melhoramento Genéticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cultivares e variedades protegidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ferramentas biotecnológicas para pré-melhoramento e o aumento da eficiência no uso de recursos genéticos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Zoneamento agroecológico, identificação e sistematização de plantas "candidatas"</li> <li>Formação de bancos de germoplasma</li> <li>Seleção genética, clonagem e domesticação (plantas de interesse e de alta produtividade)</li> <li>Tecnologia de análise rápida e de baixo custo para compostos químicos de interesse no campo</li> </ul> </li> </ul>		
	Cultivo e Processamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Certificações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnologias de cultivo, material de propagação, padronização e rastreabilidade da matérias prima                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Sistemas produtivos locais: sistemas agroflorestais adensados (floresta em pé) e agroflorestas econômicas</li> <li>Tecnologia para colheita mecanizada (parte aérea de plantas herbáceas e arbustivas)</li> <li>Rastreabilidade da matéria prima</li> <li>Tecnologia de secagem e embalagem (preservação dos compostos ativos, contaminação, umidade)</li> <li>Cultivo in vitro de células e tecidos vegetais em fermentadores</li> <li>Clonagem de plantas de alta produtividade de óleos essenciais</li> <li>Metodologias padronizadas de cultivo e domesticação</li> </ul> </li> </ul>		
FITOPRODUTOS saúde animal, alimentos e controle de pragas e doenças na agricultura	Transformação e Extração	<ul style="list-style-type: none"> <li>Química Verde &amp; Biotecnologia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento e/ou aprimoramento de processos para obtenção de produtos naturais a partir de tecnologia limpa                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Produção de insumos por tecnologia supercrítica em escala industrial</li> <li>Uso e destinação de hidrolato</li> <li>Sistemas compactos e modulares para bioconversão e processamento de biomassa em comunidades remotas</li> <li>Tecnologias para aproveitamento de subprodutos industriais</li> <li>Tecnologia de baixo custo para medição da umidade para folha, casca, raiz, frutos e sementes (fresca e seca)</li> <li>Embalagens apropriadas (controle da umidade, resistência mecânica, baixo custo, etc.)</li> <li>Modelos experimentais para testes clínicos de novos produtos</li> <li>Tecnologias e técnicas para aproveitamento integral das plantas</li> </ul> </li> </ul>		
	Tecnologia de Produto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formulação</li> <li>Fracionamento, Purificação e Identificação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de produtos contendo óleos essenciais, ou extratos ativos de plantas aromáticas e medicinais                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de produtos: aditivos, antimicrobianos, antibióticos, conservantes naturais, novos produtos de resíduos de plantas, outros</li> <li>Uso de resíduos de cascas e sementes na produção de fitoprodutos</li> <li>Estudos e tecnologia de baixo custo para testes in vitro e in vivo</li> <li>Screening in vitro da atividade biológica (rápido e baixo custo)</li> <li>Uso de nanopartículas em bio defensivos e fitoterápicos</li> <li>Otimização das tecnologias de formulação, encapsulação e emulsão</li> <li>Tecnologia para concentração e fracionamento de matrizes complexas</li> <li>Desenvolvimento de produtos a base de plantas/substâncias geralmente reconhecidas como seguras (GRAS)</li> <li>Embalagens biodegradáveis a partir de plantas</li> <li>Herbicida natural para plantio direto</li> <li>Fitoprodutos para controle de pragas de produtos armazenados</li> <li>Métodos analíticos mais rápidos e de menor custo</li> </ul> </li> </ul>		

# Agricultura de Precisão

## ACADEMIA

O conceito de agricultura de precisão (AP), apesar de não ser novo, somente pode ser viabilizado em larga escala com o advento das técnicas de geolocalização por meio do Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS - *Global Navigation Satellite System*) e com o fim da disponibilidade seletiva imposta pelo Departamento de Defesa dos EUA em meados do ano 2000 ao sinal de GPS (*Global Position System*), tornando-se um marco revolucionário na medida em que permitiu tratar o campo agrícola de acordo com a sua variabilidade espacial e assim monitorar operações agrícolas.

Pergunta-se, portanto, qual seria o papel da agricultura de precisão em um mundo cada vez mais preocupado com a produção sustentável e de baixo custo? Seria possível conceber sistemas complexos e de larga escala que possam, ao mesmo tempo, responder às demandas por maior sustentabilidade e baixos custos?

A agricultura de precisão oferece o potencial de automatizar e simplificar a coleta e análise de informações. Permite que decisões de gerenciamento sejam tomadas e implementadas rapidamente em pequenas áreas dentro de áreas maiores. Além disso, a agricultura de precisão permite que pequenos e grandes produtores compreendam melhor por que um gerenciamento específico deve ser feito em uma determinada parte do campo, permitindo otimizar o gerenciamento. Consequentemente, a agricultura de precisão mostra potencial para aumentar a quantidade e a qualidade da produção agrícola, otimizando o uso de insumos (água, energia, fertilizantes, pesticidas, etc) e os lucros, assim como reduzindo os impactos ambientais.

Uma ampla gama de tecnologias habilitadoras para agricultura de precisão está disponível, porém muitas lacunas precisam ser preenchidas. Os produtores frequentemente enfrentam dificuldades em implementar ferramentas de agricultura de precisão que foram projetadas e desenvolvidas por grandes empresas para culturas e sistemas de produção específicos. Assim, é necessário desenvolver equipamentos e técnicas adequadas para os sistemas de produção e as culturas agrícolas brasileiras. Por outro lado, os pequenos produtores geralmente não adotam as soluções existentes, pois as tecnologias disponíveis foram projetadas para grandes agricultores ou sistema altamente tecnificados (intensivos) de outras partes do globo. Assim, também é obrigatório o desenvolvimento de tecnologias que atendam às particularidades dos pequenos produtores brasileiros, que geralmente não são adeptos ao uso de tecnologias.

Com base nesse cenário e considerando os avanços da agricultura de precisão em todo o mundo, os três principais processos tecnológicos identificados para o desenvolvimento da agricultura de precisão e com um rápido retorno do investimento dos produtores foram: caracterização espacial do solo; monitoramento de culturas e; gestão localizada de pragas. ■

.....  
**Lucas Rios do Amaral, Paulo Sérgio Graziano Magalhães, Luiz Henrique A. Rodrigues** –  
*Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI),  
 Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)*

## INDÚSTRIA

A agricultura de precisão tem registrado um crescimento crescente nos últimos 10 anos e continuará se expandindo com a introdução de novas tecnologias capazes de fazer medições cada vez mais rápidas, mais baratas e mais precisas que, por sua vez, levarão a melhores tomadas de decisão e gerenciamento de culturas.

Os quatro principais fatores que moldam o conhecimento agrícola virão do desenvolvimento de: i) novas tecnologias agrônômicas, ii) tecnologias 4.0, iii) variáveis não controláveis que continuam desafiando as práticas agrícolas em todo o mundo, e iv) a integração desses três fatores.

Embora novas ferramentas agrícolas de precisão continuem sendo desenvolvidas e aprimoradas, especialmente em a) caracterização espacial do solo em alta resolução, b) monitoramento avançado das culturas e c) manejo de pragas específicas do local, atualmente muitos atores estão trabalhando na integração de diferentes ferramentas já existem para oferecer soluções mais significativas e completas, fáceis de usar e implantar nas operações dos agricultores.

Uma estrutura típica para desenvolver soluções integradas no conhecimento agrícola será:

1. Diagnóstico: Usando muitos sensores e tecnologias de comunicação de campo diferentes para realizar uma avaliação das condições da colheita / campo.
2. Sistema preditivo: após a realização do diagnóstico, criar algoritmos para simular a evolução das condições da cultura / campo no futuro.

3. Sistemas prescritivos: Com base nos resultados da simulação, decidir qual será a prescrição agrônômica necessária para a cultura / campo.
4. Operação: aplicar a prescrição recomendada no cultivo / campo.
5. Avaliação da operação: avaliar a qualidade da operação executada.
6. Diagnóstico: reavaliar as condições da colheita / campo para garantir a eficácia da prescrição.

Essas são as principais etapas de um ciclo de controle em uma safra de produção agrícola. Hoje, esse ciclo de controle é feito manualmente com a ajuda de algumas ferramentas, mas se torna cada vez mais automático, podendo vir a ser realizado uma vez por semana e, eventualmente, uma vez por dia. Este é um sistema altamente integrado pelo qual todos estão buscando.

Não há dúvida de que o Brasil é um dos melhores lugares do mundo para a Bioeconomia do ponto de vista dos recursos naturais (abundância de biodiversidade, sol, água e terra), com potencial para ser líder mundial em tecnologia agrícola e produtos agrícolas.

O Conhecimento Agrícola deve emergir como um dos trabalhos mais legais do mundo. ■

.....  
**Tsen Chung Kang** – *Diretor de Pesquisa de Novos Negócios, Jacto Máquinas Agrícolas SA e Professor da Fatec Shunji Nishimura.*

PRODUTOS	GRANDES ÁREAS TECNOLÓGICAS	DRIVERS TECNOLÓGICOS	ATUAL	2030	VISÃO (2050)
CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DO SOLO	Espectroscopia Tecnologias de detecção	• Caracterização do solo	• Desenvolvimento de tecnologias para caracterização das propriedades do solo por espectroscopia (refletância difusa na região visível e próxima ao infravermelho dos espectros e outras abordagens, como quebra induzida por laser, espectroscopia de raio-x, infravermelho médio e impedância)		
		• Classificação do solo	• Desenvolvimento de tecnologias para classificação do solo por sensores (sensores de condutividade elétrica aparente- CEa e Susceptibilidade Magnética- SM), com aplicação de sensores adicionais para amostragem do solo para mapeamento de fertilidade, mapeamento de classificação, irrigação de taxa variável, delimitação de zonas de manejo, etc.		
		• Tecnologia de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA)	• Desenvolver / melhorar as tecnologias de RPA para quantificação e fornecimento de dados auxiliares		
		• Sensores seletivos de íons	• Desenvolvimento de tecnologias para avaliação de nutrientes no solo por seleção seletiva de íons, como alternativa à espectroscopia (ex: para quantificar alguns elementos específicos no solo, como detecção de nitrato e potássio, e amostras de solos enriquecidas com nutrientes vegetais)		
MONITORAMENTO DE CULTURAS	Imagens de RPA e Espectroscopia	• Estações de comunicação sem fio	• Desenvolvimento de redes de sensores sem fio (RSSF), considerando principalmente sistemas de produção agrícola em larga escala (grandes áreas e infraestrutura precária)		
		• Comunicação e transferência de dados	• Eliminar os gargalos da comunicação e transferência de dados		
	Comunicação e transferência de dados	• Interpretação de dados e modelagem	• Desenvolvimento de sistemas de interpretação e modelagem de dados em tempo real, com base em diversos sinais de sensores, para prever uma ocorrência futura e indicar ações a serem adotadas no tempo adequado.		
		• RPA para monitoramento e fornecimento de dados auxiliares	• Desenvolver / melhorar as tecnologias da RPA para monitorar e fornecimento de dados auxiliares		
GESTÃO LOCALIZADA DE PRAGAS	Modelagem	• Armadilhas inteligentes para insetos	• Desenvolvimento de armadilhas inteligentes de insetos para monitoramento e previsão (monitor de pragas / doenças)		
		• Modelagem para alerta de pragas	• Desenvolvimento de alertas de pragas e/ou infestação de doenças por modelagem, com base em previsões meteorológicas e / ou leituras sensoriais		
	Tecnologias de detecção	• Gerenciamento autônomo localizado	• O desenvolvimento de sistemas autônomos de gerenciamento localizado para prever uma ocorrência futura e indicar ações a serem adotadas no tempo adequado		
		• RPA para identificação de variabilidade e fornecimento de dados auxiliares	• Desenvolver / melhorar as tecnologias da RPA para identificação de variabilidade e fornecimento de dados auxiliares		

## Sistema de produção animal: pecuária de baixo carbono

ACADEMIA & INDÚSTRIA

**A** liderança mundial nas exportações de carne bovina, baseada no maior rebanho comercial do mundo e a produção predominante de boi a pasto, tem exigido do Brasil novas estratégias para superar seus desafios e assim alcançar novos mercados, aumentar a qualidade, a produtividade e, no final das contas, proporcionar maior rentabilidade à cadeia produtiva. Vários fatores têm contribuído para o aumento da competitividade da carne bovina brasileira, entre eles os avanços no conhecimento de técnicas de criação e manejo, nutrição, melhoramento animal e comercialização. Apesar dos avanços alcançados nos últimos anos, o grande obstáculo ainda é a produtividade, pois apesar de termos mais que o dobro de animais dos Estados Unidos, por exemplo, ainda é baixa a taxa de desfrute brasileira.

No contexto do melhoramento animal, peso ou ganhos de peso, ou ainda eficiência reprodutiva, são características consideradas em critérios de seleção de quase todos os programas de bovinos de corte, por serem de fácil obtenção, alta acurácia, e por apresentarem alta correlação com o peso da carcaça. Carcaças de animais jovens, com maior deposição de músculo e gordura de cobertura, tendem a ser melhor remuneradas. Embora isso seja uma necessidade, essas características ainda não são amplamente consideradas nos programas de melhoramento.

Em sistemas de produção de bovinos de corte, a dieta representa uma forte determinante do desempenho animal, por meio da qualidade e quantidade ingerida de nutrientes. Como a alimentação representa o item de maior importância econômica dentro dos sistemas de produção de carne, sendo um dos fatores responsáveis pelas flutuações na lucratividade, melhorias na eficiência de uso dos alimentos, bem como dos seus

nutrientes, devem ser sempre perseguidas. Uma alternativa para melhoria da lucratividade na produção de carne bovina é a seleção para características de eficiência alimentar aliado a fertilidade e precocidade do animal. Porém, a dificuldade de mensurar o consumo alimentar individual em bovinos de corte fez com que a seleção para essas características seja negligenciada até hoje. Outra razão para essa lacuna em programas de melhoramento genético é que sempre se assumiu que a eficiência estaria intimamente correlacionada à taxa de ganho. Resultados recentes de estudos de eficiência em bovinos deixam claras as necessidades de se enfatizar a redução dos “inputs”, a fim de aumentar a eficiência e maximizar a lucratividade do sistema de produção como um todo. Isto é ainda mais relevante quando se constata que a redução do uso de recursos naturais, bem como de geração de poluentes (esterco, metano, etc.) por unidade de carne produzida, é uma necessidade, tanto do ponto de vista econômico quanto no marketing da carne bovina.

A possibilidade de melhorar a eficiência de produção, aliada às ações sustentáveis no setor, mediante a exploração da variação genética do consumo alimentar residual (CAR) e da possível variação existente nas características relacionadas com a emissão de gases de efeito estufa (GEE), depende, não somente da existência de variação genética dessa característica em animais jovens, mas também da magnitude das correlações genéticas com as outras características de importância econômica para bovinos de corte. Essa característica precisa ser amplamente estudada e deverá aliar as características de qualidade de carcaça e carne, de modo a obtermos uma carne de qualidade e mais acessível.

No entanto, o conhecimento restrito sobre os mecanismos de controle biológico e os custos proibitivos de ob-

tenção do CAR em larga escala, têm resultado em pouco progresso nas implementações dessas características nos programas de melhoramento genético. Além disso, muitas discussões têm ocorrido com respeito ao fenótipo do CAR ser dieta-específico. Há certamente informação limitada sobre a repetibilidade do CAR, assim como de características associadas, medidas nas diferentes fases do ciclo de produção, a qual é extremamente necessária para adoção dessa característica em larga escala pelos selecionadores. Compreender a relação entre a ingestão de um animal em pastagem e sua ingestão diária de alimentos em confinamento é essencial para selecionar animais de maior eficiência, e assim atender as demandas dos consumidores por carnes de maior qualidade e produzida de forma sustentável

É essencial estimular a pesquisa, a capacitação e a extensão de modo a expandir o conhecimento e as tecnologias existentes, elementos estes importantes para o aumento da qualidade e a expansão das oportunidades no mercado interno e externo. As novas pesquisas deverão ser integradas, e ainda levar em conta a melhoria da qualidade de vida nas áreas rurais, a agregação de valor ao produto, a melhoria na qualidade do solo e a promoção de técnicas de manejo mais sustentáveis e que promovam e preservação dos ecossistemas locais.

Diante dos aumentos sem precedentes no custo de alimentos e energia e a volatilidade geral nos custos

de produção, é urgente a necessidade de identificar alternativas para reduzir o custo de produção de carne bovina de qualidade. Isso deverá ser feito usando estratégias que irão atingir essas reduções de custos de forma sustentável. Existem os prós e contras de muitas abordagens diferentes para melhorar a eficiência alimentar, e muitos benefícios estratégicos para a indústria na adoção do CAR como uma métrica preferencial. Tem grandes vantagens e potenciais de melhoria em resposta à seleção genética e em resposta à melhoria dos aspectos específicos da nutrição. Ao aprimorar e aperfeiçoar o conhecimento dos fatores fisiológicos da variação no CAR podemos melhorar as estratégias de gerenciamento e seleção genética, aumentando de forma sustentável a produtividade da cadeia. ■

.....  
**Renata Arnandes, Linda Monica Premazzi,**  
**Flávia Maria A. Gimenes** – Instituto de Zootecnia (IZ)  
**Antônio Batista, Ana Eugênia de C.**  
**Campos** – Instituto Biológico (IB)  
**César de Almeida Franzon** – Gerente de  
*Desenvolvimento de Mercado, CRV Lagoa*

PRODUTOS	GRANDES ÁREAS TECNOLÓGICAS	DRIVERS TECNOLÓGICOS	ATUAL	2030	VISÃO (2050)
ANIMAIS PRODUZIDOS EM SISTEMA DE PRODUÇÃO COM BAIXA EMISSÃO DE CARBONO	Sistemas de Produção	• Sistemas de produção	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de sistemas consorciados de produção: sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP), sistemas integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e sistemas de integração pecuária-floresta (IPF)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Definição e implantação de indicadores de produtividade e sustentabilidade para sistemas integrados (componentes plantas e animais)</li> <li>Identificação de pragas e doenças em sistemas integrados</li> <li>Consórcio de leguminosas e gramínea forrageira</li> <li>Estudos de viabilidade técnica-econômica regionais dos diferentes sistemas integrados de produção</li> </ul> </li> </ul>		
		• Recuperação de áreas degradadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de técnicas e tecnologias para recuperação de áreas degradadas                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Adubação biológica para aumentar a biodiversidade microbiana do pasto e reestruturação do solo</li> <li>Sistemas consorciados de produção</li> </ul> </li> </ul>		
	Nutrição e alimentação animal	• Aditivos e suplementos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de aditivos e suplementos nutricionais para nutrição animal                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Estudo e desenvolvimento de novos aditivos nutricionais: redução na emissão de metano entérico e aumento do desempenho animal</li> <li>Uso de resíduos agrícolas, sub-produtos agroindustriais e novas matérias primas na alimentação de ruminantes (bagaços, sub-produtos do beneficiamento de grãos, farelos, tortas, algas, etc.)</li> <li>Modulação da microbiota ruminal visando maximizar o aproveitamento dos nutrientes da dieta</li> <li>Uso de extratos vegetais como suplementação animal com fins nutracêuticos (ex: antimicrobianos)</li> <li>Uso de enzimas fibrolíticas em alimentos fibrosos</li> </ul> </li> </ul>		
		• Forragem	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de forragem de alta qualidade: baixas concentrações de fibras e maior digestibilidade</li> </ul>		
	Genética	• Melhoramento genético	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melhoramento genético                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Construção de banco de dados de genótipos e fenótipos</li> <li>Avaliação e obtenção de genéticas apropriadas para diferentes regiões e sistemas de produção (ex: elevada eficiência produtiva, resistente à doenças, reduzidas emissões de carbono, etc)</li> <li>Aprimoramento das biotécnicas de reprodução</li> <li>Análises de genotipagem de baixo custo</li> </ul> </li> </ul>		
Sanidade animal	• Novos produtos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de novos produtos de uso veterinário                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Geração de dados moleculares (genomas, transcriptomas) de endo e ectoparasitas e criação de uma base de dados para prospecção de moléculas imunogênicas por meio de análise in silico</li> <li>Desenvolvimento e teste (in vitro / in vivo) de vacinas (endo/ectoparasitoses) e medidas preventivas</li> <li>Desenvolvimento de modelos de sistemas de produção com uso mínimo de microbianos</li> <li>Desenvolvimento e teste de antibióticos à base de extratos vegetais com propriedades antimicrobianas</li> <li>Desenvolvimento e teste de produtos naturais (antiparasitários, terapêuticos, controle biológico e outras drogas) para melhoria da saúde animal</li> </ul> </li> </ul>			

## 11.1.5

# Uso sustentável da água

### ACADEMIA

**O** Brasil detém cerca de 12 % da água doce superficial do mundo. No entanto, a disponibilidade dos recursos hídricos verificada no país é irregular e concentra-se na Bacia do Rio Amazonas, com cerca de 78% da vazão total.

Nos 22% restantes, principalmente nas proximidades das regiões metropolitanas, a situação dos cursos e dos corpos d'água é preocupante, pois a maioria encontra-se poluído. Nesses ambientes, mesmo que os volumes sejam suficientes para atender às demandas, o consumo fica inviabilizado por parâmetros físico-químicos, por exemplo devido a presença de metais pesados. Tal aspecto deverá causar nas próximas décadas grandes impactos na saúde humana, na economia e no meio ambiente, uma vez que poderão comprometer o abastecimento de água para a população, a geração de energia e as atividades industriais e rurais, assim como a fauna e a flora.

Para evitar situações de escassez de água e danos irreversíveis no meio ambiente, será crucial intensificar e modernizar os processos de gestão dos recursos hídricos no país, levando em conta os aspectos de sustentabilidade nos diferentes níveis de usuários da água e visando assegurar a qualidade e a quantidade de água para uso agrícola, urbano e industrial. Para isso, será necessário desenvolver pesquisa, aprimorar as competências e desenvolver processos e tecnologias nas seguintes temáticas: gestão da água, irrigação, manejo da água, reúso de efluente na agricultura e redução das cargas difusas.

Neste contexto, os desafios acerca do tema da sustentabilidade hídrica passam por aspectos tecnológicos e não tecnológicos.

No âmbito tecnológico, destacam-se as técnicas e/ou tecnologias para o uso de esgoto tratado na agricultura (sistemas de tratamento, sistema logístico, técnicas de aplicação e monitoramento ambiental e biológico), irrigação e manejo das culturas (redução do uso de insumos, plantio direto, adoção da irrigação com déficit hídrico, irrigação de precisão, técnicas de manejo da irrigação em maior intensidade e em diferentes escalas) e gestão dos recursos hídricos (captação e reservação, monitoramento quali-quantitativo, transmissão de dados, softwares de gestão de bacias hidrográficas e ferramentas de auxílio à tomada de decisão).

Vale ressaltar que há conhecimento científico e tecnológico relacionado a sustentabilidade e gestão hídrica no Brasil e no exterior, bem como capacidade científica e tecnológica para desenvolver produtos e processos, gerar conhecimento e qualificar recursos humanos na esfera federal, estadual, municipal e não governamental (iniciativa privada e organizações sociais). No entanto, maiores avanços carecem de uma maior organização, priorização e um planejamento integrado dos recursos hídricos no país.

No âmbito não tecnológico, os destaques são para as ações que incentivem o uso racional e sustentável da água, ampliem a capacitação e busque integrar e compartilhar as informações do setor, bem como minimizar os conflitos na exploração dos recursos naturais (solo e água). ■

Regina Célia de Matos Pires – Instituto Agrônomo (IAC)  
José Teixeira Filho – Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

### INDÚSTRIA

**É** comum afirmar que até 70% do suprimento de água é usado para irrigar diferentes culturas. O ciclo hidrológico que mostra que uma parte significativa de toda a água consumida pela agricultura retorna à natureza nem sempre é bem ou amplamente compreendido; o conceito de uso consuntivo de água deve ser melhor explicado, para mudar a percepção de que a irrigação é uma “vilã”, quando se trata de consumo de água. Embora apenas 20% da terra arável total do mundo seja irrigada, ela é responsável por mais de 40% da produção total de alimentos. À medida que as populações crescem, a irrigação se torna uma ferramenta importante para garantir a segurança alimentar no mundo.

O setor de irrigação no Brasil está totalmente alinhado à sustentabilidade, concentrando-se principalmente em duas áreas. A primeira está relacionada ao próprio equipamento; as empresas estão constantemente desenvolvendo melhores produtos e sistemas, visando maior eficiência na aplicação de água. A segunda refere-se ao gerenciamento da água, que inclui sensores, softwares e conhecimentos agrônômicos (solos e lavouras) que indicam quando e a quantidade de água que deve ser aplicada.

Um desenvolvimento recente na indústria é o número crescente de *startups* envolvidas no gerenciamento de água para irrigação. Essas empresas são baseadas

nas tecnologias digitais e na internet, aconselhando os produtores sobre os volumes adequados de água a serem aplicados. A utilização de drones para monitorar a eficiência da aplicação de água no campo é outra tendência crescente, incluindo técnicas de termometria por infravermelho, que auxiliam na avaliação e correção de eventuais problemas nos sistemas de irrigação.

A irrigação por gotejamento, geralmente utilizada em hortaliças e em culturas perenes plantadas em linha (café, cítricas e frutas), está se tornando comum nas culturas de cana-de-açúcar e outras culturas *commodities*, como a soja e o milho. A alta eficiência associada aos sistemas de gotejamento (até 95%) é outro avanço para minimizar o uso da água em culturas de grande escala.

A combinação de equipamentos e técnicas de gerenciamento faz parte do futuro da irrigação. A inteligência (*know-how* agrônômico) conectada a hardwares sofisticados (maior eficiência) nos permitirá minimizar a quantidade de água aplicada e maximizar a produção. ■

Marcus Henrique Tessler – Diretor, Netafim.

PRODUTOS	GRANDES ÁREAS TECNOLÓGICAS	DRIVERS TECNOLÓGICOS	ATUAL	2030	VISÃO (2050)
	Gestão dos Recursos Hídricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão de Recursos hídricos e redução de riscos</li> <li>Monitoramento: qualidade e disponibilidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de modelos de gerenciamento de recursos hídricos e redução de riscos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Banco de dados integrado: solos, dados hidrológicos, imagens de satélites e dados climáticos</li> <li>Mapeamento do uso de águas subterrâneas</li> <li>Adequação dos modelos de gestão dos recursos hídricos das bacias hidrográficas, simulação de cenários e tomada de decisão: impactos da qualidade e da disponibilidade da água (emissão de GEE, atividades produtivas locais, qualidade de vida da população) e mudanças climáticas – perspectivas de curto, médio e longo prazo</li> </ul> </li> <li>Desenvolvimento de tecnologias e modelos para monitoramento da qualidade e disponibilidade da água                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento e implantação de tecnologias nacionais para monitoramento em tempo real da qualidade da água nos corpos hídricos (inclusive das cargas difusas) e uso da água - confiabilidade, durabilidade e baixo custo</li> <li>Identificação dos pontos estratégicos de monitoramento (água e clima)</li> <li>Desenvolvimento de modelos e sistemas de previsão e alerta de eventos extremos</li> </ul> </li> </ul>		
	Agricultura irrigada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnologias de manejo da água</li> <li>Gestão e tomada de decisão</li> <li>Agricultura digital e conectividade no campo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de tecnologias de gestão, manejo e controle do uso da água na agricultura                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnologias agronômicas: materiais genéticos eficientes no uso da água, irrigação com déficit, eficiência do uso da água e dos nutrientes na agricultura irrigada</li> <li>Tecnologias de irrigação: irrigação de precisão, pacotes tecnológicos com baixo custo e consumo de energia (pequenos agricultores e horticultores), sensores e conectividade no campo (acessibilidade e baixo custo)</li> <li>Modelos de gestão e uso da água para diferentes culturas agrícolas: performance e eficiência de diferentes métodos de irrigação, modelos de otimização do uso da água e manejo de nutrientes</li> </ul> </li> </ul>		
	Cargas difusas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caracterização, ações e demandas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestão e impacto das atividades agrícolas na geração de cargas difusas                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Estudos do impactos das atividades agrícolas sobre os fluxos de massa nas bacias hidrográficas (regimes hidrológicos e saldos, alocação de recursos hídricos, dinâmica da erosão, mudanças na qualidade da água, outros)</li> <li>Avaliação dos impactos na quantidade e qualidade da água e do solo em função das mudanças no uso da terra e dispersão de poluentes</li> <li>Desenvolvimento de modelos para prevenção e mitigação dos efeitos das cargas difusas no ambiente</li> <li>Desenvolvimento de técnicas e dispositivos de proteção/barreira para contenção das cargas difusas, inclusive incorporando técnicas de restauração de áreas degradadas e conservação do solo</li> </ul> </li> </ul>		
	Uso de efluentes na agricultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso de efluentes e melhoria da eficiência</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de tecnologias para adoção e monitoramento do uso de água de reuso na agricultura                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de tecnologias de filtragem e tratamento de contaminantes (microorganismos e resíduos de medicamentos) de efluentes para fertirrigação</li> <li>Novas técnicas e tecnologia para aplicação de água residuária na agricultura</li> <li>Tecnologias e sistemas nacionais para monitoramento da qualidade do solo e qualidade da água nos diferentes ambientes</li> <li>Estudos sanitários do uso de efluentes na fertirrigação, inclusive no uso de efluentes urbanos</li> <li>Estudo de viabilidade do uso de efluentes na agricultura, inclusive sob o ponto de vista logístico e ambiental</li> </ul> </li> </ul>		

## 11.1.6

# Nova Indústria da Bioeconomia: Café

### ACADEMIA

O agronegócio brasileiro do café tem um faturamento de cerca de 5,2 bilhões de dólares, em uma cadeia de produção que envolve de viveiristas a varejistas. No estado de São Paulo, o café é uma das dez principais atividades agrícolas, envolvendo cerca de 1 bilhão de dólares por ano. A produção nacional de café é apoiada por um forte sistema regulatório liderado por agências do governo federal, em áreas que incluem políticas comerciais e financiamento para apoiar produtores e processadores rurais em épocas de crise, além de interesses estratégicos para impulsionar o setor. Nos últimos 30 anos, a produção de café aumentou significativamente, passando de 27 milhões de sacas em 1990 para 50 milhões em 2018, abastecendo um mercado muito bem estruturado e em expansão. A área de cultivo do café foi reduzida em meio milhão de hectares, devido ao desenvolvimento e introdução de cultivares mais produtivas, adequadas para cultivo adensado, resistentes a fatores bióticos e abióticos e aliadas à nutrição adequada das plantas, além da adoção de práticas de manejo de primeira linha e o uso de novas tecnologias de colheita e pré-tratamento. O crescimento da produção brasileira de café é resultado de programas nacionais de melhoramento genético.

Paralelamente ao desenvolvimento e implementação de técnicas agronômicas adequadas, a sociedade moderna mudou seu estilo de vida. As novas demandas dos consumidores incluem informações detalhadas sobre o produto, destacando a certificação de pureza, declaração de ponto de torra, análise sensorial,

características das cultivares, identificação da produção rural (ou seja, garantia de qualidade) e a rastreabilidade total em toda a cadeia produtiva. A exigência por maior qualidade levou a melhorias no pré-tratamento e processamento do café cru, incluindo fermentação carbônica, uso de linhagens microbianas selecionadas durante o processo de secagem ao sol e armazenamento de café verde em barris, dentre outros. Hoje, a maior parte do consumo de café é na forma de bebida, mas o interesse é crescente na exploração de café cru e no processamento de subprodutos, principalmente para a formulação de bebidas energéticas, cosméticos, aditivos em produtos de higiene pessoal, materiais de construção, bioenergia e antibacterianos naturais. Existem tecnologias bem desenvolvidas (em alguns casos, em andamento) para melhorar a eficiência do sistema de produção de café e viabilizar a conversão total do grão de café, melhorando a sustentabilidade de toda a cadeia produtiva. No entanto, é crucial fortalecer as relações entre os atores ao longo da cadeia produtiva, aumentar os investimentos e acelerar os esforços em pesquisa, treinamento e transferência de tecnologia. ■

**Júlio Cesar Mistro, Maria Bernadete Silvarolla, Terezinha de Jesus Garcia Salva, Julieta Andrea Silva de Almeida, Oliveira Guerreiro Filho, Gerson Silva Giomo** – Instituto Agrônomo (IAC)

### INDÚSTRIA

As plantações de café expandiram para algumas áreas tradicionais usadas anteriormente como pastagem e plantio de soja, milho e cana-de-açúcar, indicando as oportunidades, o grande potencial e a força dessa cultura em várias regiões brasileiras. O Brasil é o maior produtor mundial de café e tem a maioria da produção comercializada como *commodity*. Esse cenário enfatiza a necessidade de melhorias no marketing, principalmente considerando os grãos de café de alta qualidade.

Estamos caminhando para uma segmentação das atividades ao longo da cadeia produtiva do café, com o objetivo de melhorar a eficiência e agregar valor, apoiadas por novas práticas e técnicas contínuas desde o campo até a xícara de café dos consumidores. Novas técnicas de manejo (espaçamento entre plantas, nutrição, etc), alinhadas às tecnologias de mecanização e novas cultivares, tem permitido maiores produtividades. Novos conceitos pós-colheita têm adicionado novos sabores aos cafés brasileiros e aberto novos mercados que favorecem cafés únicos com características únicas.

Os avanços no melhoramento genético são a chave para sustentar o crescimento da produção nacional de café, possibilitando a obtenção de cultivares de maior rendimento, grãos de melhor qualidade e cultivares mais resistentes a pragas e doenças. A demanda da rastreabilidade colocou um novo desafio para o setor, fazendo com que muitas empresas verticalizassem todo o processo produtivo, garantindo maior controle da qualidade do café, da semente às xícaras de café. A aplicação de novas técnicas de fermentação controla-

da trouxe melhorias sensoriais (sabores e aromas mais complexos), possibilitando agregar valor aos produtos e acessar novos consumidores.

Também foram adotados processos mais elaborados para a preparação do café, incluindo o uso de cerejas descascadas, *honey* e maceração carbônica. Os resíduos sólidos de café têm um grande potencial para aumentar a renda, muito acima da compostagem atual, entre outros, a produção de fibra solúvel para a indústria química ou de nutrição animal, bem como o etanol de segunda geração. Outra importante alternativa a ser desenvolvida inclui o uso de grãos de café de baixa qualidade, como o café verde, de varreção e preto, nas indústrias de nutrição, mineral, cosmética e química.

Certamente uma maior penetração do café nas indústrias farmacêutica e de alimentos e bebidas deverá ocorrer nos próximos anos. Diante desse cenário, é evidente que o aumento da oferta de novas cultivares, processos e tecnologias será crucial para o crescimento do setor, principalmente pois possibilita aumentar o retorno financeiro ao produtor e, assim, incentivar novos investimentos. ■

**André Cunha** – produtor de café em Cristais Paulista, SP, e Vice Presidente Associação de Café Especiais da Alta Mogiana (AMSC)

**Tuffi Bichara** – produtor de café em Monte Alegre do Sul, SP  
**Daniella Pelosini** – produtor de café em Pardinho, SP

PRODUTOS		GRANDES ÁREAS TECNOLÓGICAS	DRIVERS TECNOLÓGICOS	ATUAL	2030	VISÃO (2050)		
TECNOLOGIAS DE PÓS-COLHEITA	NOVAS CULTIVARES <i>Coffea arabica</i> e <i>C. canephora</i>	Melhoramento Genético	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seleção assistida</li> <li>Cultura de segmentos foliares e embriogênese somática</li> <li>Cultivares clonais e/ou híbridas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seleção de plantas assistida por marcadores genômicos como ferramenta para reduzir o tempo de desenvolvimento de cultivares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Multiplicação de híbridos/indivíduos por meio de cultura de tecidos de segmentos foliares e aplicação da embriogênese somática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de novas cultivares clonais e híbridas através do melhoramento clássico utilizando-se a macho-esterilidade na produção de sementes F1 como ferramenta para reduzir o tempo de desenvolvimento de cultivares</li> </ul>		
	MATÉRIAS-PRIMAS E PRODUTOS PARA ALIMENTOS, BEBIDAS E USOS FARMACÊUTICOS			Processamento de sub-produtos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Microbiologia</li> <li>Extração</li> <li>Desinfecção / Secagem</li> <li>Formulação</li> <li>Extratos de café</li> <li>Processamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de processos biotecnológicos para a obtenção de insumos e produtos a partir do metabolismo de microorganismos: despulpamento não mecânico dos grãos, tratamento de grãos pré e pós beneficiamento para a melhoria da qualidade física e sensorial, etc</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de tecnologia de extração de compostos ativos e obtenção de farinha de polpa e de casca de café para diferentes aplicações (uso nas indústrias farmoquímicas e de alimentos e bebidas na forma de antioxidantes, lipídeos, pectinas, cafeína, aromas, ceras, fibras alimentares para consumo humano e animal, abrasivos, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de processos e equipamentos para desinfecção/secagem de polpa e casca de café – conservação e novos usos (chás e produtos alternativos)</li> <li>Desenvolvimento de novos produtos à base de farinha de casca e de polpa (fibras insolúveis)</li> <li>Desenvolvimento de processo para a obtenção de extrato bruto de polpa e casca de café com potencial uso em novos alimentos energéticos, funcionais e como antibiótico de uso veterinário</li> <li>Desenvolvimento de processos para aproveitamento de grãos defeituosos de baixo valor comercial para a obtenção de compostos químicos para a indústria de alimentos e farmacêutica</li> </ul>
	GRAÇOS DE CAFÉ COM VALOR COMERCIAL AGREGADO					Tratamento de Grão de Café Verde	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fermentação</li> <li>Tratamento alternativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fermentação controlada como ferramenta para a produção de cafés com perfis sensoriais diferenciados</li> </ul>

# Nova Indústria da Bioeconomia: Citros

## ACADEMIA

A indústria cítrica mundial representa um notável sistema agrícola da fazenda à mesa, produzindo laranjas, tangerinas, limas (ácidas ou doces), toranjas, pomelos e outras frutas relacionadas em mais de 140 países. Fornece ao mercado de frutas frescas e também às plantas de processamento de suco de laranja concentrado (FCOJ) ou suco não concentrado (NFC). A produção total de citros no mundo ocupa o primeiro lugar entre todas as outras frutas produzidas, de climas tropicais a temperados.

Essa indústria cítrica é de grande relevância no Brasil, produzindo aproximadamente 20 milhões de toneladas de frutas por ano e fornecendo mais de 80% das exportações globais de suco de laranja, o que demonstra sua significativa capacidade e competitividade no agronegócio.

De fato, a previsão total da produção brasileira de laranja de 388 milhões de caixas (40,8 kg por caixa) para a safra 2019-2020 indica o aumento da produtividade (> 1050 caixas por ha) alcançada pelos produtores de citros ano a ano, número esse incomparável com qualquer outra área de cultivo do mundo. Apesar desse sucesso, o rendimento potencial das árvores ainda é limitado por estresses bióticos (pragas e doenças) e abióticos (seca e excesso de temperatura), que em vários casos dependem das características genéticas das variedades de porta-enxertos e copas. Em conjunto, esses fatores também causam variações na qualidade do fruto (teor de ácido e açúcar) e irregularidade na maturação do fruto, afetando assim os custos de produção.

Existem oportunidades abrangentes de pesquisa em citros, dentre elas: genotipagem e criação de novas variedades potenciais resistentes / tolerantes ao estresse abiótico e biótico, com destaque para o huanglongbing (HLB); caracterização de processos fisiológicos e fatores determinantes das respostas ambientais das árvores; perfis de metabolitos; e manejo de solo e horticultura de pomares, incluindo irrigação e fertilização.

A consolidação da rede científica e técnica desenvolvida nos últimos anos ainda precisa ser fomentada para o desenvolvimento de uma série de projetos orientados por um conselho conjunto, estabelecido dentro dos propulsores de áreas tecnológicas identificadas e desenvolvido a curto e longo prazo, aspecto este fundamental para uma cultura perene. ■

**Dirceu de Mattos Jr, Marcos Antonio Machado, Mariângela Cristofani-Yaly** – *Centro de Citricultura “Sylvio Moreira”, Instituto Agrônomo (IAC)*

## INDÚSTRIA

O consumo global de citros, de frutas frescas ou sucos, levou a agricultura e a indústria a investir pesadamente na cadeia de produção para satisfazer a demanda dos consumidores por alimentos mais nutritivos.

Apesar das diferenças entre os dois mercados de comercialização, a indústria cítrica em geral depende da disponibilidade de frutas de alta qualidade, que vêm sendo limitadas devido ao aumento da pressão imposta por pragas e mudanças climáticas nos pomares, causando consequentemente aumento dos custos de produção assim ao consumidor. Além disso, o consumo de suco de laranja, um dos principais produtos da indústria cítrica brasileira, tem diminuído cerca de 4% ao ano, como resultado de informações imprecisas sobre os benefícios para a saúde dos consumidores, preços altos e concorrência de outras bebidas, como outros sucos de frutas, ponches e bebidas carbonatadas.

Juntando esses fatores, fica claro que é necessário aumentar a produtividade de frutas cítricas de alta qualidade nos pomares, a fim de sustentar esse importante agronegócio. Isso será possível através da integração de visões agrícolas e industriais sobre estratégias de produção em campo. Novas variedades de citros com características hortícolas superiores e tolerância / resistência a estresses bióticos e abióticos são necessárias na moderna indústria cítrica, além de empregar melhores práticas de gerenciamento em áreas como plantio e manutenção de pomares.

Tais práticas incluem o gerenciamento da arquitetura da planta, água e nutrientes, promotores de crescimento, moléculas químicas e biológicas para a proteção das culturas e a colheita. Estes, por sua vez, devem estar associados à capacidade de rastrear as atividades mencionadas, como uma ferramenta importante para certificar a sustentabilidade ambiental e social da cadeia produtiva, impulsionada pela opinião pública sobre a segurança alimentar.

Para que essas visões levem ao desenvolvimento de processos e produtos inovadores, os esforços de cientistas, produtores e da indústria devem ser coordenados dentro de temas prioritários e abordados com a criação de programas de trabalho de excelência que incluam avaliação, monitoramento e validação de pesquisas. O setor produtivo deverá, então, promover e sustentar esse tipo de iniciativa, para que os resultados possam ser alcançados e transferidos de maneira objetiva e eficaz. ■

**Ricardo Franzini Krauss** – *Gerente Geral da Sucorrico Citrus Industrial e Agrícola Ltda.*

PRODUTOS		GRANDES ÁREAS TECNOLÓGICAS	DRIVERS TECNOLÓGICOS	ATUAL	2030	VISÃO (2050)
CITROS DE ALTA QUALIDADE	GERMOPLASMA DE CITROS & SCALING UP DE NOVOS PORTA ENXERTOS	Melhoramento Genético	<ul style="list-style-type: none"> <li>Novos genótipos híbridos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pesquisa para melhoria de porta-enxertos de citros com foco na obtenção de novos genótipos híbridos a partir de cruzamentos controlados de cultivares de elite</li> </ul> <p>~300 genótipos</p>	~600 novos genótipos	Pelo menos 10% tornam-se cultivares (genótipos usados para fins comerciais)
		Genética e Genômica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ferramentas de genotipagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de ferramentas de genotipagem com marcadores moleculares predefinidos (SSR, microssatélites) ou GBS (genotipagem por sequencição) para a seleção de híbridos</li> </ul> <p>Menos de 100 genótipos</p>	Mais de 500 genótipos	Base de dados de genômica e marcadores genéticos
		Bioinformática	<ul style="list-style-type: none"> <li>Novas ferramentas para genotipagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de novas ferramentas para genotipagem (análise de genoma ou transcriptoma ou mapeamento genético)</li> </ul> <p>Ferramentas disponíveis</p>	Novas ferramentas para Big Data	Base de dados disponível
	QUALIDADE DA FRUTA	Bioquímica, química e metabolismo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Características químicas e nutricionais versus manejo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construção de modelos de interação correlacionando características químicas e nutricionais versus manejo</li> </ul> <p>Características Industriais Básicas (cor, °Brix, ratio)</p>	Características físicas e químicas	Características físicas, bioquímicas e nutricionais caracterizadas
		Manejo saudável	<ul style="list-style-type: none"> <li>Características químicas e nutricionais versus HLB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construção de modelos de interação correlacionando características químicas e nutricionais versus HLB</li> </ul> <p>Mecanismo desconhecido do HLB na qualidade da fruta</p>	Mecanismo conhecido	Controle do HLB na qualidade do fruto
		Manejo da cultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Características química e nutricionais versus porta-enxertos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construção de modelos de interação correlacionando características químicas e nutricionais versus porta-enxertos</li> </ul> <p>Características Industriais Básicas (cor, °Brix, ratio)</p>	Características físicas e químicas	Características físicas, bioquímicas e nutricionais caracterizadas
	EVENTOS DE ESTRESSE E NOVAS ABORDAGENS DE CONTROLE	Fisiologia da planta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estresse térmico e qualidade da fruta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construção de modelos de interação correlacionando estresse térmico e qualidade do fruto</li> </ul> <p>Mecanismo desconhecido</p>	Mecanismo conhecido	Integração total de informações e construção de modelos de interação entre diferentes fatores envolvidos nos processos de desenvolvimento dos frutos

## Alimento & Saúde

Luis Fernando Ceribelli Madi – Instituto de Tecnologia dos Alimentos (ITAL)

**N**os últimos 50 anos, a ciência e a tecnologia de alimentos evoluíram de forma fantástica e os produtos alimentícios e as bebidas de hoje são mais seguros e nutritivos. Por outro lado, a população tem dificuldade de enxergar tal processo evolutivo, tendo a percepção que o alimento do passado, “a comida da vovó”, era mais saudável e nutritiva: puro mito! O que vale mais: percepção ou realidade?

Nesse contexto, o processo de comunicação será um dos temas de maior relevância e estratégico para os próximos anos, conscientes de que nos próximos dez anos, as transformações serão ainda mais disruptivas. Para diversos especialistas, as mudanças que acontecerão até 2030 serão muito maiores do que as ocorridas nos últimos 50 anos, não só nos processos de produção dos alimentos e bebidas, como também na sua distribuição e consumo.

A ciência e a tecnologia serão cada vez mais fundamentais para guiar a evolução do setor, mas exigirá uma comunicação mais conectada com as mídias sociais e que atenda as exigências da sociedade, em especial das gerações **X**, **Y** (*millennials*) e **Z**: a conectividade será a chave para o crescimento sustentável.

Cientes dessas demandas, o ITAL tem trabalhado, por meio da *Série ITAL Brasil Trends 2020* (<http://ital.agricultura.sp.gov.br/publicacoes/#acesso-livre>), em parceria com iniciativa privada e os governos, buscando identificar as oportunidades e os desafios para o setor de alimentos e bebidas para os próximos anos. O *Brasil Food Trends 2020*, lançado em maio de 2010 na Fiesp, foi o primeiro estudo da série e observou a tendência “conveniência” e “praticidade” como a mais

importante para o consumidor brasileiro. O mais recente estudo, *Alimentos Industrializados 2030*, buscou acompanhar, passo a passo, toda a transformação recente, alinhado aos esforços realizados em pesquisa, desenvolvimento e inovação em benefício do consumidor e da sociedade.

Através da série de estudos, foi possível observar que, agora em 2019, os temas “saudabilidade” e “bem-estar” são prioridades e os alimentos tornaram-se ferramenta estratégica para uma população mais saudável.

Já para 2030, visualizou-se, sem sombra de dúvidas, que os temas “sustentabilidade” e “ética” estarão em primeiro plano, principalmente com os recentes acontecimentos relacionados a mudanças climáticas em nosso planeta.

Visando prospectar as principais oportunidades para o setor de alimentos e bebidas brasileiro e os avanços científicos e tecnológicos necessários neste novo cenário, foram identificadas três áreas potenciais:

- ingredientes e alimentos processados funcionais
- novas embalagens para alimentos e bebidas
- tecnologias para processamento de alimentos e bebidas

A seguir são apresentados os *roadmaps* tecnológicos desenvolvidos para cada área, para que o Brasil, e o setor, sejam capazes de aproveitar as oportunidades existentes e promover as transformações necessárias. ■

# Ingredientes e alimentos processados funcionais

## ACADEMIA

**N**a última década, o desenvolvimento de novos ingredientes com propriedades funcionais vem expandindo o mercado de produtos funcionais, mais do que os setores de alimentos e bebidas como um todo. O mercado de ingredientes e alimentos funcionais continuará a crescer nos próximos anos, pois os consumidores buscam cada vez mais benefícios à saúde por meio de suas dietas diárias. No entanto, não se sabe se esse crescimento será semelhante ao observado nos últimos anos, pois existem fatores limitantes importantes que podem interferir nesse crescimento, como a manutenção de sistemas de regulação conservadores e a falta de uma comunicação adequada com o consumidor.

O crescimento do mercado de alimentos funcionais criará novos produtos com alto valor agregado, aumentará o número de empregos formais e poderá contribuir para a redução das emissões de GEE devido ao aumento da produtividade industrial. O Brasil, sendo um dos maiores produtores de alimentos do mundo e com vasta biodiversidade, boa infraestrutura em ciência e tecnologia e uma indústria bem desenvolvida, tem a oportunidade de assumir um papel cada vez mais relevante no desenvolvimento de novos ingredientes funcionais. Um exemplo é o isolamento de compostos bioativos de resíduos e subprodutos da cadeia de produção de alimentos, bem como de sua biodiversidade. Outro exemplo é a criação de um centro multidisciplinar para apoiar e validar cientificamente as propriedades funcionais de alimentos e compostos, com um alinhamento único com os padrões internacionais.

Para que isso aconteça, será necessário investir em PD&I, principalmente em temas como: encapsulamento; genômica nutricional; identificação, extração e purificação de compostos bioativos; nanotecnologia; síntese orgânica; fermentação; microbioma intestinal; e biologia sintética. Também será necessário melhorar o acesso de pequenas e médias empresas às tecnologias necessárias para o processamento de alimentos e análise da qualidade. Também será necessário desenvolver estudos focados na identificação de biomarcadores de exposição, uso eficaz de “tecnologias ômicas” emergentes, identificação de biomarcadores e procedimentos moleculares para demonstrar a eficácia e segurança de compostos bioativos.

Entretanto, é crucial que o Brasil crie um ambiente de negócios confiável, construa e implemente um plano nacional para o desenvolvimento de ingredientes e alimentos funcionais, e também uma estratégia de marketing para esclarecer aos consumidores e à sociedade os reais benefícios dos alimentos funcionais. Devemos nos concentrar em estudos para o levantamento de dados quantitativos sobre questões tecnológicas e não tecnológicas que precisam ser resolvidas. Esses estudos deverão fornecer informações para novos pontos de decisão no médio prazo. ■

**Airton Vialta, Luis Madi** – Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)

## INDÚSTRIA

**A** indústria de ingredientes funcionais e nutracêuticos chega nesse início da 4ª revolução industrial com um novo cenário, que não poderia ser mais desafiador. O homem consegue viver mais, dobrando, ou até mesmo triplicando, o limite da barreira da longevidade com saúde. Suas necessidades de consumo passaram das prosaicas necessidades de abrigo e alimento, para necessidades de autoestima: o mercado voltado para o indivíduo, a receita individual, o ingrediente específico, a personalização levada ao egóico. Como uma indústria de alimentos e bebidas vai atender tais caprichosas e seletivas necessidades, sem perder de foco o fato de que em pouco mais de quinze anos deverá alimentar e nutrir 10 bilhões de bocas?

A resposta está na tecnologia, ou na aplicação metódica da ciência dos alimentos expandida pela nanotecnologia, pela genômica, pela biologia molecular e seus quase milagres. Intervindo na base da engenharia da vida, onde ela nasce e começa a se estruturar, aí mesmo devemos observar, manipular, aprender, imitar a mãe natureza e suas artificiosas construções e arquiteturas para criar e desenvolver esta verdadeira força desafiadora da entropia universal: a própria vida em sua ânsia por si mesma.

Com a inteligência artificial, internet das coisas, máquinas ensinando máquinas e seres humanos monitorando, dirigindo e mostrando com sua infinita capacidade de criar como integrar este imenso algoritmo mutante, constantemente alimentado por uma monstruosa base de dados, que a cada momento se torna mais complexa e recheado de enigmas a serem desvendados, para dar lugar às soluções que tanto nos desafiam.

No workshop, as discussões não apenas elucidaram e organizaram as principais demandas atuais, como também, de forma racional e sistemática, apontou caminhos que precisarão ser testados de forma empírica, pois não há receita pronta!

Embora modelos computacionais complexos possam ensaiar hipoteticamente dezenas ou centenas de hipóteses, essas serão sempre hipóteses a serem qualificadas, batizadas sob o fogo da realidade, que muda a cada segundo.

Nem sempre o consenso foi atingido, mas sempre houve o debate de ideias, o comprometimento com o coletivo e com o tempo que urge e devora as soluções inaptas.

Finalmente, foi contextualizada a importância da ciência e da tecnologia, detalhadas em capítulos, que aqui neste trabalho podem ser apreciadas, e servindo de base para os próximos desafios que aguardam nossa espécie nos quesitos nutrição, saudabilidade, sustentabilidade e perenidade frente à escassez desproporcional de recursos naturais, no tempo que está por vir.

Foram apontadas as reais necessidades de fomento às pesquisas básicas e aplicada, qualificação de mão de obra às novas tecnologias, financiamento em infraestrutura, disponibilização de foros interdisciplinares qualificados, onde, pelo confronto das propostas e debate das ideias, chegaremos à necessárias soluções. ■

**Eduardo Carità** – Diretor de Tecnologia e Inovação, Funcional Mikron

PRODUTOS	GRANDES ÁREAS TECNOLÓGICAS	DRIVERS TECNOLÓGICOS	HOJE (2018)	2030	VISÃO (2050)
INGREDIENTES, PROCESSAMENTO PRODUTOS	Novos parâmetros e tecnologias de processamento	• Processos	• Desenvolvimento de métodos não convencionais de processamento de alimentos e bebidas: alta pressão, aquecimento ôhmico, pulso elétrico, irradiação, micro-ondas, membranas e outros		
		• Automação	• Aumentar o nível de automação nas tecnologias de processamento de alimentos		
	Microencapsulação	• Novas técnicas	• Desenvolvimento de novas técnicas e processos de produção de micropartículas		
		• Novos materiais	• Desenvolvimento de novos materiais encapsulantes		
	Nanoencapsulação	• <i>Scaling-up</i>	• Aumentar a capacidade de escalar a produção de partículas		
		• Analítica	• Aumentar a capacidade analítica		
	Genômica Nutricional	• Tecnologia ômica	• Desenvolvimento da tecnologia ômica		
		• Microbioma humano	• Ampliar o conhecimento sobre a microbiota intestinal humana		
Síntese biológica	• Microrganismos	• Desenvolvimento de chassis microbianos mais eficientes			
	• Engenharia	• Ampliar a abordagem de engenharia em sistemas biológicos			
Síntese orgânica	• Microrganismos	• Desenvolvimento de tecnologias analíticas			
	• Catalisadores orgânicos	• Desenvolvimento de catalisadores orgânicos			

# Embalagens para alimentos e bebidas

## ACADEMIA

A sociedade tem imposto um grande desafio ao setor de embalagem, de compatibilizar alimentos seguros, acessíveis a toda população e de vida útil longa com embalagens seguras e sustentáveis, em consonância com os conceitos da economia circular. Nesse sentido, há grandes desafios a serem vencidos, principalmente no âmbito científico e tecnológico.

No Brasil, haja vista a diversidade de matérias-primas existentes, o seu importante papel na redução de perdas e na segurança de alimentos, o seu impacto no meio ambiente e a sua participação na economia, é crucial intensificar os esforços no desenvolvimento de tecnologias de embalagens visando atender as demandas da cadeia de valor de alimentos e bebidas, bem como dos consumidores finais.

Esse cenário cria grandes oportunidades para a pesquisa e novos negócios, nas áreas de materiais, processos e tecnologias inovadoras, a exemplo de sensores, etiquetas inteligentes, sistemas de rastreamento, codificação bidimensional e uma variedade de tecnologias de comunicação. Nesse sentido, foram identificadas como as principais oportunidades e os maiores potenciais de inovação para o setor de embalagens: as tecnologias que garantam a segurança de alimentos, as embalagens de alto desempenho, as embalagens de matérias-primas renováveis e as embalagens inteligentes e ativas (agregação de funcionalidade).

Materiais de fontes renováveis, como os biopolímeros e materiais avançados a partir de nanocelulose, apresentam crescente participação no mercado de embalagens, mas ainda enfrentam grandes desafios para substituir as embalagens de fonte fóssil na área de alimentos, principalmente frente aos requisitos de funcionalidade e custo. A diversidade de componentes químicos disponíveis na biomassa deve ser pesquisada

para substituir materiais e processos convencionais de produção de embalagem.

As embalagens ativas e inteligentes deverão superar as limitações das embalagens convencionais na conservação de alimentos, no controle e comunicação com a cadeia de distribuição e comercialização, bem como na interação com o consumidor. Deverão ser agregados componentes ativos e novas tecnologias às embalagens já existentes, o que exigirá um conhecimento multidisciplinar.

A evolução tecnológica nos processos de conservação de alimentos, a necessidade de atender às questões ambientais atuais (e futuras) e o crescente lançamento de novos produtos têm exigido constantes modificações das embalagens existentes, bem como o desenvolvimento de novos materiais para serem transformados em embalagens de alta performance.

Como consequência do desenvolvimento de novos materiais, novos processos de fabricação e novas condições de uso, é indispensável avaliar o potencial de contaminação química dos alimentos via embalagem, de modo a garantir a segurança do consumidor. Assim, o desenvolvimento de novos protocolos de avaliação de materiais, processos e tecnologias com vistas à segurança de alimentos é um grande desafio a ser superado.

Além dos desafios tecnológicos, as questões econômicas e as regulatórias também deverão avançar de modo a viabilizar o desenvolvimento, a produção e o uso em larga escala de embalagens mais seguras e sustentáveis no setor de alimentos e bebidas em todo o mundo. ■

**Eloisa Garcia, Sílvia T. Dantas, Aline B. Lemos, Ana Paula R. Noletto, Anna Lucia Mourad, Beatriz M. C. Soares, Claire Sarantópoulos, Leda Coltro, Marisa Padula** – Centro de Tecnologia de Embalagem (CETEA), Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)

## INDÚSTRIA

Esse texto é resultado de uma impressionante colaboração entre os diversos integrantes da cadeia de valor da indústria de embalagens, incluindo a academia, os institutos de tecnologia, as agências reguladoras e as principais indústrias de diferentes segmentos (químicas, de conversão, papel e celulose, aditivos alimentares, dentre outras), que juntos têm discutido e proposto ações para entregar embalagens mais sustentáveis, seguras e eficientes.

A indústria de alimentos no Brasil e em todo o mundo tem o importante desafio de alimentar a população crescente com alimentos saudáveis e seguros. Fato este, que somente será possível, se nós, como elementos-chave no desenvolvimento de tecnologias de embalagem, alocarmos recursos com foco na obtenção de soluções que possibilitem reduzir, de forma eficaz, o desperdício alimentar, que certamente, será o maior desafio que enfrentaremos nos próximos anos. O desperdício de alimentos está associado, principalmente, a processos de deterioração, que envolvem reações químicas, bioquímicas e físicas, bem como o crescimento microbológico e ataques biológicos. As embalagens possibilitam proteger os produtos contra essas ações e reações ambientais, reduzindo significativamente as perdas de alimentos *in natura* e industrializados. O desempenho adequado dos sistemas de embalagens é especialmente necessário em países como o Brasil, considerando suas condições climáticas e a extensão geográfica. As embalagens de alto desempenho determinam os prazos de validade de alimentos e bebidas, afetando a logística da indústria de alimentos e, portanto, as estratégias de alocação dos ativos de processamento de alimentos. Além de prevenir a deterioração e a degradação, as embalagens também desempenham um importante papel na segurança alimentar, pois asseguram a manutenção da qualidade pós processos de conservação, sejam eles térmicos, de alta pressão, oxidantes ou outros.

É um esforço que vem desde os agricultores até os varejistas e consumidores, incluindo a implementação do conceito de economia circular para ser mais eficaz. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para determinar a pegada de carbono das cadeias alimentares mais relevantes deverá ser utilizada e as melhores soluções implementadas para mitigar as emissões de GEE, sempre com profunda análise dos aspectos técnicos. As embalagens para a indústria de alimentos e bebidas no Brasil deverão contar com uma abordagem holística, incluindo os principais *players* da cadeia de valor de embalagens, de modo a estabelecer um diálogo frutífero e uma intensa colaboração no desenvolvimento e implementação de soluções eficazes.

Serão necessárias novas embalagens de modo a fornecer funcionalidades adequadas para as diferentes populações. Proporções corretas, *designs* inovadores e novas funcionalidades para aprimorar a experiência do consumidor, assim como fácil liberação e abertura, novos mecanismos para fechamento, novos formatos e segurança alimentar aprimorada (rastreadores para vida útil, controle de mudança de temperatura com mecanismos para evidência de violação), métodos mais eficientes de fabricação e modelos apropriados para a reciclagem deverão permitir que os consumidores gerenciem melhor seus resíduos alimentares, bem como providenciem o descarte apropriado para as embalagens.

Junto com os desafios, surge uma ampla variedade de oportunidades para a indústria desenvolver tecnologias em produtos e processos. A crescente demanda por materiais de alto desempenho certamente continuará a impulsionar e fornecer a massa crítica necessária para o desenvolvimento de novos materiais poliméricos (de base fóssil ou biológica), novos processos de conversão e soluções recicláveis inovadoras, destacando-se assim no fornecimento de embalagens eficientes para a indústria de alimentos e bebidas. ■

**Jorge Caminero Gomes** – P&D / TS&D, Dow

### Embalagens para alimentos e bebidas

#### MATERIAIS E EMBALAGENS DE FONTES RENOVÁVEIS

PRODUTOS	GRANDES ÁREAS TECNOLÓGICAS	DRIVERS TECNOLÓGICOS	ATUAL	2030	VISÃO (2050)	
BIOPOLÍMEROS	Biologia Molecular Biotecnologia (fermentação e enzimologia) Química analítica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rotas e Recursos Tecnológicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produção de precursores de monômeros por fermentação direta (único estágio)</li> <li>Produção de monômeros a partir de seus precursores</li> </ul>			
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso direto da biomassa</li> <li>Plataformas tecnológicas para produção de precursores em biorrefinarias convencionais</li> <li>Produção direta de biopolímeros por microorganismos</li> <li>Plataformas tecnológicas para produção de precursores de monômeros em biorrefinarias a partir de resíduos das cadeias de produção de alimentos e de biocombustíveis</li> </ul>			
	Catálise Melhoramento Genético de Plantas Engenharia Genética, Metabólica, de Materiais e Computacional Análise de Ciclo de Vida	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aprimoramento de propriedades</li> <li>Coleta e reciclagem pós-consumo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento e aplicação de aditivos de fontes renováveis</li> <li>Desenvolvimento de misturas termoplásticas e / ou estruturas multicamadas</li> <li>Funcionalização de moléculas</li> <li>Plataformas tecnológicas para produção de precursores de monômeros em biorrefinarias a partir de resíduos das cadeias de produção de alimentos e de biocombustíveis</li> </ul>			
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Logística reversa, incluindo gerenciamento de biopolímeros pós-consumo</li> <li>Tecnologia de reciclagem de biopolímeros na própria cadeia ou por compatibilização</li> <li>Biodigestão aplicada à gestão de resíduos sólidos urbanos</li> </ul>			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Avaliação dos impactos ambientais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para mensuração e interpretação de aspectos ambientais</li> </ul>			
	NANOCELULOSE	Biotecnologia Química macromolecular Análise em nanoescala	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produção de CNF e CNC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produção usando celulose de madeira</li> <li>Pré-tratamentos químicos e enzimáticos para otimização da fibrilação</li> </ul>		
				<ul style="list-style-type: none"> <li>Produção usando celulose de outras fontes de biomassa (ex: resíduos agrícolas)</li> <li>Produção integrada com biorrefinarias para processamento de hemicelulose e lignina</li> <li>Estudos toxicológicos para avaliação de possíveis efeitos sobre riscos ocupacionais e ambientais causados por nanopartículas de celulose e criação de protocolos de segurança</li> </ul>		
Nanotecnologia Engenharia de Materiais, Química e de Processos Análise de Ciclo de Vida		<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de aplicações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Caracterização das partículas em relação às propriedades intrínsecas, examinando o potencial de diferentes fontes de celulose (ex: tamanho e distribuição das partículas, forma, grau de ramificação, área superficial específica, composição, carga superficial, química da superfície, cristalinidade, pureza e contaminação, etc.)</li> <li>Funcionalização de nanopartículas para melhorar a compatibilização com resinas hidrofóbicas (escala de laboratório e planta piloto)</li> <li>Aplicação de nanocelulose para melhoria de papel e papelão (escala comercial)</li> <li>Avaliação de materiais e embalagens para segurança de contato com alimentos</li> </ul>			
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicação de nanocompósitos com partículas funcionalizadas em escala comercial</li> <li>Desenvolvimento de processos de fabricação de embalagens à base de nanocelulose (revestimento, extrusão, injeção, sopro e/ou processos específicos, como eletrofição)</li> <li>Engenharia reversa: desenv. de partículas e processos de fabricação visando as propriedades exigidas pelos mercados / aplicações específicas</li> </ul>			

### Embalagens para alimentos e bebidas

PRODUTOS		GRANDES ÁREAS TECNOLÓGICAS	DRIVERS TECNOLÓGICOS	ATUAL	2030	VISÃO (2050)
EMBALAGENS ATIVAS, INTELIGENTES E INTERATIVAS	ATIVAS	Química alimentar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Absorvedor de oxigênio incorporado ao material da embalagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controle de ativação do absorvedor para evitar reação prematura</li> <li>Tecnologia para incorporação de absorvedores em embalagens, inclusive variações na concentração e distribuição</li> <li>Seleção / desenvolvimento de estruturas de barreira ao oxigênio para aplicação em absorvedores</li> <li>Prospecção de ativos absorvedores de oxigênio (polímeros oxidáveis, cargas, nanopartículas, etc.)</li> <li>Estudos laboratoriais sobre o “tempo de prateleira” de produtos à base de carne em embalagens contendo absorvedores, inclusive avaliação dos efeitos da temperatura de armazenamento (constante e variável)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudos de campo para validação dos efeitos ativos das embalagens sobre o aumento da qualidade e “tempo de prateleira” de diferentes produtos à base de carne, inclusive avaliação dos efeitos da temperatura de armazenamento (constante e variável)</li> </ul>	
		Microbiologia de alimentos				
		Bioquímica de alimentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Embalagem antimicrobiana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Técnicas de incorporação de indicadores de agentes ativos em materiais ou embalagens</li> <li>Identificação dos microrganismos alvos</li> <li>Prospecção de ativos antimicrobianos eficazes sobre a flora microbiana de interesse</li> <li>Estudos sobre mecanismos de inibição e influência de composições alimentares e / ou fatores externos</li> <li>Microencapsulação de componentes ativos</li> <li>Estudos sobre a cinética da liberação dos ativos</li> <li>Estudos para comprovar a eficiência / repetibilidade dos sistemas para cada categoria de produto e condições de armazenamento / distribuição de interesse (em laboratório e em campo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudos de campo para validação dos efeitos ativos das embalagens sobre o aumento da qualidade e “tempo de prateleira” de diferentes produtos à base de carne, inclusive avaliação dos efeitos da temperatura de armazenamento (constante e variável)</li> </ul>	
		Físico-química				
		Nanotecnologia				
		Misturas de polímeros	<ul style="list-style-type: none"> <li>Embalagem ativa para controle de produtos frescos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prospecção de absorvedores de etileno e dióxido de carbono (polímeros, cargas inorgânicas, nanopartículas, etc.)</li> <li>Seleção / desenvolvimento de estruturas de embalagem para aplicação em absorvedores</li> <li>Desenvolvimento de família de filmes com diferentes faixas / características de absorção a serem usadas com frutos com fisiologias variadas</li> <li>Estudos laboratoriais sobre o “tempo de prateleira” de diferentes tipos de frutas em embalagens com absorvedores, inclusive avaliação dos efeitos da temperatura de armazenamento (constante e variável)</li> <li>Estudos de campo para avaliação dos efeitos ativos das embalagens sobre o aumento da qualidade e o “tempo de prateleira” de diferentes tipos de frutas, inclusive avaliação dos efeitos da temperatura de armazenamento (constante e variável)</li> <li>Tecnologia de incorporação de absorvedores em embalagens, incluindo variações de concentração e distribuição</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudos de campo para validação dos efeitos ativos das embalagens sobre o aumento da qualidade e o “tempo de prateleira” de diferentes tipos de frutas, inclusive avaliação dos efeitos da temperatura de armazenamento (constante e variável)</li> </ul>	
Transferência de massa						
INTELIGENTES & INTERATIVAS		Transportes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indicador de frescor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prospecção de agentes ativos potenciais para uso como indicadores de frescor (biocinas, conservantes naturais, etc.)</li> <li>Identificação de potenciais compostos resultados da deterioração para serem utilizados como indicadores em diferentes categorias de alimentos</li> <li>Eletrônica impressa para produção de sensores químicos</li> <li>Nanotecnologia para a produção de sensores químicos simples de gases (sensíveis, seletivos e reversíveis)</li> <li>Tecnologia para controle remoto de reações de degradação (sensor e transmissão de dados)</li> <li>Estudos para comprovar a eficiência e repetibilidade dos sistemas para cada categoria de alimento e condições de armazenamento / distribuição (em laboratório e em campo)</li> <li>Estudos com consumidores para verificar a compreensão da tecnologia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudos de campo para validação dos efeitos ativos das embalagens sobre o aumento da qualidade e o “tempo de prateleira” de diferentes tipos de frutas, inclusive avaliação dos efeitos da temperatura de armazenamento (constante e variável)</li> </ul>	
		Tecnologia da informação (TI)				
		Telecomunicações	<ul style="list-style-type: none"> <li>Embalagem inteligente para monitoramento e rastreabilidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnologias para a produção de sistemas de leitura livres de falhas (produtos com alto teor de água e alta velocidade de movimentação de carga)</li> <li>Encapsulamento de sensores RFID para embalagens retornáveis</li> <li>Integração de etiquetas e sensores RFID</li> <li>Desenvolvimento de materiais de impressão (viscosidade da tinta, deposição de tinta, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudos de campo para validação dos efeitos ativos das embalagens sobre o aumento da qualidade e o “tempo de prateleira” de diferentes tipos de frutas, inclusive avaliação dos efeitos da temperatura de armazenamento (constante e variável)</li> </ul>	

### Embalagens para alimentos e bebidas

PRODUTOS		GRANDES ÁREAS TECNOLÓGICAS	DRIVERS TECNOLÓGICOS	ATUAL	2030	VISÃO (2050)			
EMBALAGENS DE ALTA PERFORMANCE		MATERIAIS ADEQUADOS P/ TECNOLOGIAS NÃO CONVENCIONAIS PARA PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Físico-Química</li> <li>Modelagem de degradação química e inativação microbiológica</li> <li>Química alimentar</li> <li>Microbiologia de alimentos</li> <li>Estimativa da vida útil</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Desempenho frente a tecnologias não convencionais para processamento de alimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de processos não convencionais para alimentos e bebidas</li> <li>Estudos sobre o potencial migratório de sistemas de embalagem para alimentos quando submetidos a processos de conservação, levando em consideração condições de processamento, temperatura de distribuição e prazo de validade</li> <li>Estudos sobre a formação de compostos de degradação de polímeros, seus riscos e potencial de migração para alimentos</li> <li>Estudos sobre as propriedades físico-mecânicas e de proteção de embalagens, com o objetivo de criar protocolos para orientar especificações por tipo de processo, características do produto e tecnologia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prospecção e seleção de nanopartículas</li> <li>Desenvolvimento de nanocompósitos</li> <li>Desenvolvimento de revestimentos usando nanomateriais</li> <li>Avaliação do desempenho esperado do material / estrutura</li> <li>Estudos toxicológicos para avaliação de possíveis riscos ocupacionais e ambientais de nanopartículas e estabelecimento de protocolos de segurança</li> <li>Avaliação do potencial de migração</li> <li>Estudos toxicológicos e de exposição ao consumidor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Materiais com desempenho aprimorado</li> </ul>			
							MATERIAIS COM DESEMPENHO APRIMORADO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Polímeros e aditivos de alto desempenho</li> <li>Desenvolvimento de nanocompósitos</li> <li>Design estrutural</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nanomateriais para aplicação em embalagens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prospecção e desenvolvimento de aditivos</li> <li>Desenvolvimento de novos materiais em termos de natureza química e / ou pelo controle da arquitetura molecular</li> <li>Desenvolvimento de sistemas adesivos de alto desempenho</li> <li>Desenvolvimento de sistemas de impressão e formulação de tinta</li> <li>Compatibilizadores para reciclagem de materiais múltiplos</li> <li>Análise econômica de materiais de alto desempenho e seus impactos positivos e negativos nos sistemas de embalagem de alimentos</li> </ul>

PRODUTOS	GRANDES ÁREAS TECNOLÓGICAS	DRIVERS TECNOLÓGICOS	ATUAL	2030	VISÃO (2050)
<b>GARANTIA DA SEGURANÇA DAS EMBALAGENS DE ALIMENTOS</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Desempenho frente a tecnologias não convencionais para processamento de alimentos</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de formulações priorizando substâncias com reduzidas ou nenhuma restrição toxicológica</li> <li>Conceitos de legislação como barreira funcional, nenhuma migração que possa reduzir o número de testes de material sem comprometer a segurança do consumidor</li> <li>Desenvolver e estabelecer mecanismos no Brasil e no MERCOSUL para atualização contínua da legislação</li> <li>Modelagem aplicada às estimativas de migração para estruturas simples e multicamadas</li> <li>Desenvolvimento de métodos analíticos</li> </ul>	
	Química Analítica e Orgânica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avaliação toxicológica da substância migradora</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento e validação de métodos alternativos para avaliar a toxicidade de substâncias (ex: TCC, QSAR, etc.)</li> <li>Conhecimento de métodos reprodutivos para avaliação toxicológica em curto prazo</li> <li>Estudos para avaliar substâncias provenientes de embalagens: adicionadas intencionalmente (IAS) ou adicionadas não intencionalmente (NIAS)</li> <li>Desenvolvimento de bioensaios e avaliação toxicológica <i>in silico</i> de compostos de interesse para avaliar toxicidade e potencial de ação como desregulador endócrino</li> </ul>	
	Ciência dos materiais e físico-química	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protocolos para aprovação de materiais e processos inovadores</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecimento de protocolos para avaliação de embalagens para novos processos de preservação de alimentos (ex: irradiação para processamento de alta pressão, micro-ondas, ozonização, etc.)</li> <li>Estabelecimento de protocolos para avaliação de segurança em embalagens ativas cujos agentes migram para o alimento</li> <li>Estabelecimento de protocolos para avaliar o potencial de migração "set-off" (não intencional)</li> <li>Estabelecimento de protocolos para certificação de novos materiais e insumos (ex: tintas com cura UV e EB, adesivos, etc.)</li> </ul>	
	Engenharia de Alimentos				
	Toxicologia				
	Estatísticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudos sobre a presença de NIAS em materiais de embalagem</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de métodos analíticos para detecção e quantificação de NIAS</li> <li>Estudos toxicológicos aplicados à análise de migrantes multicomponentes</li> <li>Estudos para estabelecer a exposição dos consumidores ao NIAS e os riscos associados</li> </ul>	
Ciência da Computação					
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Exposição dos consumidores a substâncias de embalagens</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de ferramentas estatísticas e computacionais para avaliar a exposição dos consumidores</li> <li>Estudos de exposição para estabelecer procedimentos de levantamento de dados sobre a ingestão de alimentos por consumidores brasileiros e definir fatores de consumo</li> <li>Estabelecimento de substâncias químicas de interesse em relação à migração esperada de embalagens para diferentes tipos de alimentos</li> </ul>	

# Tecnologias de processamento de alimentos e bebidas

## ACADEMIA

**A**lguns especialistas consideram que o processamento de alimentos é responsável pela existência da humanidade até os dias de hoje (efeito da segurança alimentar). Desde os tempos primitivos, fontes naturais como sol, gelo, fogo e o sal têm sido aplicadas para preservar os alimentos. Calor, frio e sal ainda são amplamente utilizados sozinhos ou combinados com outras tecnologias para transformar e preservar alimentos. Os usos das modernas tecnologias de processamento de alimentos, sejam elas emergentes, inovadoras ou não convencionais, são hoje o foco de várias indústrias. Foram realizados estudos em todo o mundo sobre novas tecnologias para garantir a segurança dos alimentos e preservar aspectos sensoriais e nutricionais, além de reduzir custos. Os fabricantes de equipamentos de processamento também estão procurando máquinas que usem menos energia ou fontes alternativas de energia, a fim de alcançar objetivos relacionados à sustentabilidade.

Ao mesmo tempo, os consumidores procuram produtos com melhor perfil nutricional e maior comodidade. Como resultado, esse cenário levará ao crescimento da área de processamento de alimentos nos próximos anos, a fim de atender à crescente demanda por alimentos processados. Essa estrutura também levará ao desenvolvimento de melhores alternativas do que as tecnologias tradicionais de processamento de alimentos. Neste estudo, foram considerados o tratamento térmico convencional, microondas não convencional, processos de alta pressão e o plasma.

O tratamento térmico convencional é um processo consolidado amplamente aplicado no setor de processamento de alimentos. Sua aplicação está aumentando, inclusive em associação com as tecnologias não convencionais. O microondas tem um grande potencial para aplicação industrial e é uma realidade em países com padrões industriais e tecnológicos altamente desenvolvidos, mas no Brasil não encontra o mesmo ritmo de aplicação. O processamento de alta pressão também tem um grande potencial, mas ainda requer mais pesquisas de modo a reduzir os altos custos de produção e manutenção. Com a demanda contínua e gradualmente crescente por equipamentos, novos fabricantes deverão surgir. O plasma é uma tecnologia promissora para aplicação em alimentos, mas carece de avanços científicos para alcançar um nível tecnológico apropriado. Um exemplo é a necessidade de melhorar a compreensão da criação e destruição de espécies de plasma responsáveis por cada aplicação.

Para as tecnologias não convencionais, especialmente o plasma, será necessário investir em esclarecimentos tanto para os consumidores quanto para as autoridades; será necessário explicar o que são essas tecnologias não convencionais e quais são seus benefícios. Também será necessário desenvolver um plano nacional para o desenvolvimento do setor de alimentos e bebidas. ■

**Maria Isabel Berto, Michele Berteli e Izabela Dutra Alvim**  
– Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL)

## INDÚSTRIA

**T**odos os dias, de maneiras diferentes, apreciamos o quão central é a comida em nossas vidas. A comida não apenas fornece alimento essencial, mas também nos dá prazer, oportunidades para algumas de nossas melhores interações sociais e uma conexão duradoura com diversas culturas e tradições globais.

Quase todos os alimentos e bebidas requerem algum tipo de processamento para o consumo. Por exemplo, todos cozinhamos nossas batatas ou arroz antes de consumi-los. O processamento torna os alimentos seguros e oferece uma qualidade nutricional consistente; também oferece aos consumidores maior disponibilidade e conveniência.

As recomendações alimentares atuais são baseadas em décadas de ciência nutricional, durante as quais a ligação entre o consumo de nutrientes e alimentos específicos e o risco de desenvolver doenças não transmissíveis foi investigada. Organismos internacionais, como a Organização Mundial de Saúde – OMS (WHO, 2018), e muitas organizações recomendam que uma dieta equilibrada e saudável contenha, entre outras coisas, legumes, frutas, grãos integrais e proteínas magras, e seja limitada em açúcar, sal e gordura saturada. Portanto, a qualidade dos nutrientes de um produto é o que determina seu impacto na saúde.

O processamento de alimentos nos permite desfrutar de alimentos seguros, nutritivos, saborosos, acessíveis e convenientes durante todo o ano. Os aditivos são utilizados para manter e / ou melhorar a segurança e o frescor (conservantes), o valor nutricional (vitaminas, minerais), o sabor (especiarias, adoçantes), a textura (emulsificantes, estabilizantes, espessantes) e a aparência (cores) dos alimentos, além de contribuir com a redução do desperdício de alimentos. (Note-se que

o uso de aditivos é estritamente regulamentado pelos órgãos governamentais para garantir seu uso seguro em alimentos e bebidas.)

Todos os alimentos - caseiros, artesanais ou embalados - podem ser ricos em densidade de nutrientes e baixos em calorias. Vários estudos, como os desenvolvidos por Howard, Adams e White (2012) e por Trattner, Elswiler e Howard (2017), mostraram que alimentos preparados na hora não são, por definição, mais saudáveis do que alimentos processados. Tudo depende da qualidade nutricional das receitas utilizadas.

A composição nutricional dos alimentos e, mais importante, a composição da dieta, é o que realmente importa. Nenhum alimento único fornecerá todos os nutrientes necessários. Uma dieta saudável e equilibrada deve conter uma variedade de alimentos para fornecer nutrientes nos níveis recomendados.

## Referências

- WHO – healthy diet. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
- Howard, S., J. Adams, and M. White, *Nutritional content of supermarket ready meals and recipes by television chefs in the United Kingdom: cross sectional study*. BMJ : British Medical Journal, 2012. 345: p. e7607. <https://www.bmj.com/content/345/bmj.e7607>
- Trattner, C., D. Elswiler, and S. Howard, *Estimating the Healthiness of Internet Recipes: A Cross-sectional Study*. Front Public Health, 2017. 5: p. 16. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5304340/> ■

**Fernanda de Oliveira Martins**  
– Gerente de Nutrição & Saúde (Unilever)

PRODUTOS	GRANDES ÁREAS TECNOLÓGICAS	DRIVERS TECNOLÓGICOS	ATUAL	2030	VISÃO (2050)
ALIMENTOS E BEBIDAS PROCESSADAS	Tratamento Térmico Convencional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melhoria do processo</li> <li>Automação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Otimização e melhoria dos processos térmicos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Avaliação dos parâmetros térmicos do processo e alterações nos alimentos / bebidas: segurança (eliminação de microrganismos), características nutricionais, sensoriais e funcionais, condições ótimas da relação binomial tempo / temperatura, etc.</li> <li>Desenvolvimento de pacotes tecnológicos personalizados: embalagens, ingredientes e equipamentos</li> <li>Monitoramento e automação de processos: desenvolvimento de sensores, termopares, sondas e softwares de controle de processos</li> </ul> </li> </ul>		
	Tecnologia de Micro-ondas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planta Piloto</li> <li>Tecnologias e processos limpos</li> <li>Tecnologia Nacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementação de planta piloto de micro-ondas para uso no desenvolvimento de tecnologias                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Avaliação e melhorias na irradiação por micro-ondas e seus efeitos sobre os alimentos: exemplo, cinética de inativação, homogeneidade do campo elétrico, níveis de irradiação ideais para cada produto, etc.</li> <li>Aperfeiçoar os dados de propriedades dielétricas</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de tecnologias e fonte de energia limpa</li> <li>Desenvolvimento da tecnologia nacional de micro-ondas</li> </ul>	
	Processamento por Alta Pressão	<ul style="list-style-type: none"> <li>Processamento</li> <li>Novas aplicações</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operação de baixo custo e mais rápida para processamento de alimentos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento e melhorias tecnológicas: maior capacidade de processamento, redução de custos operacionais e de manutenção, embalagem adequada, novos protótipos de baixo custo, materiais de baixo custo, etc.</li> </ul> </li> <li>Estudos e desenvolvimento tecnológicos para novas aplicações: Frutas e Legumes</li> </ul>		
	Plasma	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnologia de Plasma</li> <li>Cinética e modelagem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento da tecnologia de plasma: plantas em escala laboratorial e piloto</li> <li>Compreensão mais abrangente dos efeitos dos tratamentos por plasma                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Avaliação dos efeitos do plasmas nos alimentos / bebidas: qualidades nutricionais, sensoriais e funcionais, cinética química e ações antimicrobianas, garantia de segurança, geração de radicais, vida útil, etc.</li> <li>Modelagem de processos e scaling-up</li> </ul> </li> <li>Desenvolvimento da tecnologia de plasma: plantas em escala de demonstração e industrial</li> </ul>		

## Bioenergia & Química Verde

Luís Augusto Barbosa Cortez – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

**H**istoricamente, a matriz energética brasileira tem como diferencial a intensa participação de fontes energéticas renováveis. Atualmente as fontes renováveis respondem por cerca de 42% da matriz energética, com expressiva importância da biomassa. O Brasil é hoje uma referência na produção moderna de bioenergia, com etanol de cana-de-açúcar (cerca de 40% do consumo energético da frota de veículos leves), o biodiesel de óleos vegetais, geração de bioeletridade (8,5% da eletricidade) e a lenha de eucalipto plantado.

Na geração de energia elétrica deve ser observado um crescimento das fontes renováveis como eólica, solar e biomassa, mas também do gás natural. Além da matriz energética a biomassa ainda poderá exercer um importante papel na química verde sucedendo as fontes fósseis. Isso já está acontecendo e o chamado plástico verde brasileiro já é uma referência. Isso torna o Brasil um dos países com melhores perspectivas para a bioenergia e química verde moderna em todo o Mundo.

Apesar dos importantes avanços, as próximas décadas trazem novos desafios e novos questionamentos, dentre os quais: no futuro, como o setor energético (e de produtos químicos) lidará com o aquecimento global e o fim da era do petróleo?

Visando prospectar as principais oportunidades para o Brasil e os respectivos avanços científicos e tecnológicos necessários neste novo cenário, foram identificadas três áreas potenciais, das quais:

1. Biocombustíveis avançados: aviação e marítimo;
2. Valorização da biomassa para produtos químicos;
3. Enzimas e Química Verde.

Essas três áreas são importantes mercados globais e podem ser consideradas estratégicas para o Brasil e sua inserção internacional. O Brasil está muito bem posicionado para atender estes mercados, dado que possui conhecimento científico, abundância de terras férteis e um conjunto de empresas que podem viabilizar estas oportunidades.

A janela de oportunidade hoje aberta com a necessidade de reduzir as emissões e minimizar o aquecimento global, deve ser aproveitada tanto pelo governo, na formulação de políticas para o desenvolvimento sustentável, como pelas empresas visando sua globalização.

A seguir são apresentados os *roadmaps* tecnológicos desenvolvidos para cada uma destas áreas, para que o Brasil continue crescendo, desenvolvendo tecnologia e produtos sustentáveis, contribuindo na mitigação dos efeitos do aquecimento global, melhorando as condições dos brasileiros e alcançando novos mercados. ■

# Biocombustíveis avançados: aviação e transporte pesados

## ACADEMIA

A economia do Brasil, e principalmente a do Estado de São Paulo, depende fortemente do transporte de matérias-primas e insumos, produtos intermediários e acabados, lixo e resíduos, e por último, mas não menos importante, pessoas. O desenvolvimento econômico, por exemplo, refletido no PIB per capita, é inerentemente flanqueado pelo aumento do transporte e, portanto, o desenvolvimento econômico sustentável requer transporte sustentável de pessoas, recursos e produtos.

Os biocombustíveis podem desempenhar um importante papel no transporte sustentável, em combinação com o transporte elétrico, dependendo da situação regional e do modo de transporte. No Brasil, uma parte substancial do transporte de pessoas depende de veículos leves, que já são abastecidos de forma sustentável por uma madura indústria de bioetanol de 1ª geração, a qual conta com um histórico bem sucedido de desenvolvimento técnico, de mercado e financeiro, bem como por uma indústria de bioetanol de 2ª geração emergente. No transporte rodoviário pesado (pessoas e cargas), o Brasil implementou uma medida obrigatória do biodiesel, com alguns avanços, mas também com muitas críticas.

Em geral, os setores de aviação, transporte marítimo e rodoviário de carga têm menos alternativas de fontes de energia, não só no Brasil, mas em todo o mundo. Estes setores exigem biocombustíveis sustentáveis com alta densidade de energia, boa disponibilidade e preços competitivos e, principalmente para a aviação, especificações mais rigorosas (ASTM e outras). O volume de combustível consumido nestes três setores representa entre 10-12% da energia consumida pelo setor de transporte.

Em todo o mundo, o setor de aviação emitiu 859 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, a partir de 275 milhões de toneladas de querosene para aviação consumidos em 2017. Este valor correspondeu a aproximadamente 2% do CO<sub>2</sub> produzido pelo homem e 12% das emissões globais do setor de transporte. Os índices passageiros por quilômetro globais têm crescido na ordem de 4-5% ao ano e as melhorias históricas na eficiência do uso de combustíveis das aeronaves, operações e infraestrutura têm contribuído para redução de emissões de CO<sub>2</sub> combinadas de 1,5% ao ano. Desde 2010, a indústria da aviação mundial tem implementado ações e metas para reduzir as emissões de carbono até 2020 e 2050 (metas ICAO).

No transporte marítimo, dada a relativa baixa qualidade dos combustíveis marítimos comuns (em comparação com os combustíveis de aviação), não apenas as emissões de carbono são importantes, mas em particular as emissões de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e materiais particulados são críticas, devido suas contribuições como poluentes atmosféricos. As emissões do transporte marítimo variaram entre 714 e 932 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> em 2015 e 2019, resultado do consumo de cerca de 265 milhões de toneladas de combustível. Similarmente ao setor de aviação, corresponde a cerca de 2% do CO<sub>2</sub> produzido pelo homem. Entretanto, adicionalmente, mais 10,4 milhões de toneladas de SO<sub>2</sub>, 19 milhões de toneladas de NO<sub>x</sub> e 1,4 milhão de toneladas de material particulado foram emitidos. Juntos, o setor de aviação e marítimo demandaram cerca de 12 milhões de barris equivalentes de petróleo em 2017, valor este que pode alcançar 19,2 milhões de barris equivalentes de petróleo em 2024, demonstrando que os níveis de emissões poderão aumentar significativamente nas próximas décadas. Nesse sentido, legislações estão

surgindo em todo o mundo para limitar e direcionar as emissões de poluentes atmosféricos, principalmente a emissão de enxofre, tanto em zonas territoriais quanto em locais remotos. A setor marítimo propõe reduzir as emissões anuais totais de GEE em pelo menos 50% até 2050, em relação aos níveis de emissões de 2008, ao mesmo tempo que dedicará esforços para eliminá-las totalmente (estratégia IMO).

Um estudo recente para o transporte de caminhões prevê um importante papel dos motores a diesel para o segmento de transporte pesados a médio e a longo prazo, com destaque para o gás combustível (LNG, CNG). Em geral, os motores a diesel estão mais eficientes e conseguiram melhorar os níveis de emissões de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e material particulado, no entanto, as emissões da frota de caminhões e ônibus cresceram a uma taxa de 2,2% ao ano desde 2000. Os padrões de emissões para os veículos pesados de carga (*HDV – heavy-duty vehicles*) movidos a diesel estão em pleno andamento em grande parte dos países, principalmente nos Estados Unidos, União Europeia e Japão. No entanto, para uma maior redução das emissões, o setor de transporte de cargas dependerá de melhorias substanciais na qualidade dos biocombustíveis líquidos e gasosos e também de legislações mais restritas.

Em geral, o impacto ambiental continuará a ser o principal *driver* para o desenvolvimento destes três setores nos próximos anos, embora orientado por diferentes perspectivas, mas tendo os biocombustíveis como um dos pilares centrais. Para a aviação, no Brasil e no mundo, a meta da ICAO (crescimento neutro em carbono em 2020 e redução de 50% dos níveis de emissões de

GEE de 2005 até 2050, bem como fornecimento seguro de biocombustíveis) deve imperar. Na marinha, a IMO (*International Marine Organization*) está empenhada em atuar junto aos poluentes atmosféricos e regulamentar as emissões de GEE do transporte marítimo internacional. No Brasil, os padrões e metas ainda não estão formalizados para as emissões de poluentes atmosféricos, mas em breve estarão relacionados às SECA (Áreas de Controle de Emissão de Enxofre) e NECA (Áreas de Controle de Emissão de Nitrogênio), como tem sido observado em todo o mundo. No transporte rodoviário pesado, os avanços no Brasil estão orientados pela mistura obrigatória de biodiesel no diesel fóssil ao longo dos anos, em andamento desde 2008, e demais programas e legislações nacionais relacionados a biocombustíveis e emissões de GEE.

Baseado neste cenário, o *roadmap* tecnológico apresentado a seguir foi construído tendo como foco o desenvolvimento de biocombustíveis avançados para os setores de transporte aéreo, marítimo e rodoviário pesado. ■

**Telma T. Franco** – Faculdade de Engenharia Química (FEC), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)  
**Luuk van der Wielen** – Bernal Institute, University of Limerick e Delft University of Technology (TU Delft)

# Bioenergia & Química Verde

## Roadmap tecnológico

### Biocombustíveis avançados

PRODUTOS	GRANDES ÁREAS TECNOLÓGICAS	DRIVERS TECNOLÓGICOS	ATUAL	2030	VISÃO (2050)
<b>BIOCOMBUSTÍVEIS DE AVIAÇÃO E PARA OUTROS TRANSPORTES PESADOS</b>	Produção de matéria-prima	<ul style="list-style-type: none"> <li>Otimização das culturas agrícolas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plantações piloto e de demonstração com gestão integrada de recursos: água, nutrientes, energia e carbono</li> <li>Sistema de cultivo duplo, coprodução (culturas energéticas e alimentação animal) e intensificação de pastagens</li> <li>Sistemas de colheita de alta performance (incluindo equipamentos de baixo impacto) e utilização de resíduos de colheita, incluindo esgoto, vinhaça e outros co-produtos agroindustriais (usinas)</li> <li>Eliminar os gargalos na estocagem de biomassa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Domesticação e otimização de (novas) culturas energéticas (ex: cana energia e macaúba)</li> </ul>	
	Tecnologia de Conversão & Uso de Biocombustíveis	<ul style="list-style-type: none"> <li>Otimização de tecnologias existentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Otimização de processos/tecnologias de 1ª Geração</li> <li>Melhorias no hidroprocessamento de ésteres e ácidos graxos (HEFA) e outras tecnologias/catalisadores de hidrogenação</li> <li>Uso de biogás (CBG e/ou LBG) em instalações/processos e em outros transportes (rodoviário, marítimo, fluvial) em substituição ao diesel fóssil</li> <li>Desenvolvimento e melhorias em processos/tecnologias termoquímicas: HTL (inclusive catalítica), pirólise, gaseificação/<i>syngas</i> e outras</li> <li>Soluções, processos e tecnologias para eliminar os gargalos no pré-tratamento de biomassa</li> <li>Desenvolvimento de microorganismos mais robustos, novos microorganismos (inclusive OGM) e catalisadores para conversão de açúcar/<i>syngas</i>/lignina/etanol/álcoois em hidrocarbonetos</li> <li>Desenvolvimento de outras plataformas de conversão (algas e cianobactérias)</li> <li>Uso de resíduos alternativos para produzir biocombustíveis (ex: RSU), incluindo outros co-produtos e subprodutos de alto valor agregado</li> </ul>		
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnologias/processos para valorização de co-produtos e produção combinada de combustíveis/produtos químicos/alimento/energia</li> <li>Desenvolvimento de sistemas em cascata (ex: bio-óleo para uso marítimo para bioquerosene de aviação- de baixa para alta qualidade)</li> <li>Desenvolvimento de biorrefinarias integrais de óleo e açúcar/lignina (ex: macaúba e outras culturas oleaginosas)</li> </ul>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Reprojeto de frota (motor/equipamentos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atualização/reprojeto de motores para operar com: altas misturas (&gt; 50%), somente biocombustível (100%) e <i>dual fuel</i> (ex: diesel-gás)</li> <li>Desenvolvimento de motores marítimos avançados (EURO VI) e especificação de biocombustíveis marítimos para "Bio-HFO" e bio-óleo</li> </ul>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Flanking Technologies</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnologia de H<sub>2</sub>/hidrogenação combinada com produção de fertilizantes (NH<sub>3</sub>), incluindo integração energética</li> <li>Tecnologia modular e escalável para pequena escala de produção (&lt;100.000 ton/ano)</li> <li>Sistemas para mistura contínua/em linha para <i>high blends</i> e logística de <i>blends</i></li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento inovador, alternativo e disruptivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biocombustíveis solares (CO<sub>2</sub>/<i>syngas</i> + elétrico/fotovoltaico/irradiação direta)</li> <li>Aviões solares e propulsão híbrida, incluindo energia solar/elétrica mista</li> </ul>			
Modelagem & Análise Estratégica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ferramentas de análise de dados e cenários e suporte a tomada de decisão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise quantitativa e não quantitativa das cadeias de valor de biocombustíveis avançados, incluindo avaliações de matérias-primas, tecnologias e modelos de sistemas integrados (água, energia, nutrientes) - Biorrefinaria Virtual</li> <li>Paisagem e efeito logístico da escala (distribuída/modularidade, hub e produção centralizada), incluindo modelos macroeconômicos e de análise de ciclo de vida, análise de incerteza e risco, outras</li> <li>Banco de dados (dados confiáveis e de alta qualidade), geração/gestão de imagens e <i>Big Data</i></li> </ul>			

## Valorização da biomassa para produtos químicos

### ACADEMIA

A indústria química brasileira é o quarto setor industrial mais importante do país e está entre as dez maiores indústrias químicas do mundo. Porém, nos últimos 10 anos, a indústria química experimentou um crescimento líquido marginal, e historicamente, o Brasil teve um déficit na indústria química, importando mais do que exportando ao longo dos anos e com forte dependência do petróleo. Hoje, a produção de produtos químicos a partir da biomassa está relacionada à produção de biocombustíveis e pode representar de 15 a 30% da produção química, dependendo do segmento.

A economia do Estado de São Paulo é diversificada e líder em diversos segmentos industriais, desde a produção agrícola (por exemplo, cana-de-açúcar e laranja) até produtos de alta tecnologia (por exemplo, aviões). Em relação aos combustíveis e produtos químicos, as quatro refinarias do Estado de São Paulo são responsáveis por 39% da produção brasileira.

Assim, considerando as oportunidades e tendências da indústria química, aliado à experiência brasileira na agricultura e no desenvolvimento de tecnologias e produtos renováveis, o Brasil, e principalmente o estado de São Paulo, é o lugar certo para uma revolução industrial da indústria química baseada em matérias-primas renováveis.

Embora exista um esforço mundial para converter fontes renováveis em produtos químicos, parte da indústria química brasileira já possui essa expertise, principalmente utilizando o açúcar da cana-de-açúcar como matéria-prima. Os principais produtos bioquímicos produzidos no Brasil incluem ácidos orgânicos (acético, cítrico, láctico e lactato), aminoácidos (glutamato

e lisina), material para polímeros (polietileno e polipropileno) e solventes (acetato de etila). No entanto, a transformação da biomassa em produtos químicos, principalmente em produtos de valor agregado, ainda enfrenta vários desafios e barreiras.

Motivado por este cenário, as discussões realizadas no workshop identificaram as ações necessárias para o desenvolvimento de produtos bioquímicos a partir de biomassa em quatro horizontes temporais: imediato, curto prazo, médio prazo (2030) e longo prazo (2050).

Imediatamente, seria necessário implementar políticas e legislações para incentivar a produção de produtos bioquímicos e intensificar as parcerias entre a indústria e a academia com foco no desenvolvimento de novos processos (processos inovadores e incrementais).

No curto prazo, a ênfase deve ser no desenvolvimento de novos processos e produtos, e na produção de bioquímicos como surfactantes, bioplásticos e produtos farmacêuticos. Embora sejam específicos, esses produtos podem ser produzidos com a tecnologia atual a preços competitivos e ser usados para iniciar uma economia de base biológica. Nesse período, novos processos e diferentes matérias-primas deverão ser avaliados e testados intensamente, pois o portfólio de produtos químicos que podem ser produzidos a partir da biomassa é muito grande e as lacunas nos processos são ainda maiores.

A quebra da biomassa e a separação dos seus componentes básicos ainda precisa ser resolvida. Embora a separação das frações seja bem conhecida (Processo *Kraft*), ainda é cara se aplicada na produção da maioria das *commodities* químicas. Será necessário desenvolver novos processos que, primeiro, separem os

principais componentes da biomassa a baixo custo e, posteriormente, empreguem os açúcares C5 e a lignina como matérias-primas para a produção de *commodities* químicas. Embora o uso dos açúcares C6 seja bem conhecido e o uso dos açúcares C5 ofereça muitas opções, o uso de lignina ainda é muito limitado. Como a lignina é rica em aromáticos, as possibilidades de seu uso na produção de produtos químicos de alto valor agregado são elevadas, porém, considerando os processos atuais que visam valorizar a lignina, diversos desafios ainda precisam ser superados (por exemplo, condições severas de temperatura e pressão do processo, longos tempos de reação, altos custos dos catalisadores à base de metais nobres e o uso de solventes não ambientalmente sustentáveis).

No médio e longo prazo, produtos bioquímicos novos e mais baratos deverão estar disponíveis no mercado e importantes tecnologias deverão ser avaliadas e testadas, das quais: conversão de etanol em álcoois superiores, recuperação *in situ* de acetona, etanol e butanol em fermentação ABE, carbonatos como materiais de construção, hidroximetilação da lignina derivada de bio-óleo de pirólise e o desenvolvimento de novos bioplásticos com diferentes propriedades físicas. As tecnologias para a produção desses produtos químicos já existem, mas ainda precisam se tornar economicamente viável. Além do desenvolvimento de novas

tecnologias, é necessário desenvolver ferramentas de avaliação de sistemas integrados de produção para a indústria, com foco no uso eficientes das matérias-primas e da energia.

Em relação aos aspectos não tecnológicos, a construção de parques tecnológicos com foco em processos biotecnológicos poderá estimular o desenvolvimento de projetos conjuntos que busquem uma integração mais eficiente de utilidades e insumos. Políticas públicas para estimular a indústria química de base biológica devem ser implementadas, incluindo o incentivo a parcerias público-privadas, incentivos fiscais para produtos bioquímicos, ampliação da capacidade de formação e treinamento de profissionais e apoio financeiro para pesquisa e novos negócios (*startups*). ■

.....  
**Gustavo Paim Valença** – Faculdade de Engenharia Química (FEC), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

# Bioenergia & Química Verde

## Roadmap tecnológico

### Biomassa para Produtos Químicos

PRODUTOS	GRANDES ÁREAS TECNOLÓGICAS	DRIVERS TECNOLÓGICOS	ATUAL	2030	VISÃO (2050)
PRODUTOS DROP-IN	Design de catalisadores químicos	• Novos Materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Novas ferramentas de caracterização</li> <li>• Desenvolvimento de materiais e aplicações industriais</li> <li>• Desenvolvimento de produtos base</li> </ul>		
		• Novos modelos teóricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de novos pacotes computacionais</li> <li>• Uso de novos recursos computacionais</li> </ul>		
		• Hidrodeoxigenação catalítica (HDO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de novos catalisadores</li> <li>• Desenvolvimento de novas ferramentas de caracterização</li> <li>• Desenvolvimento de processo híbridos – químicos e biológicos</li> </ul>		
		• Acoplamento catalítico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação industrial de catalisadores sólidos (rotas químicas)</li> <li>• Exploração de combinações de catalisadores</li> <li>• Desenvolvimento de novas técnicas de análise e projeto de catalisadores</li> </ul>		
		• Polimerização	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de novos catalisadores dedicados</li> <li>• Exploração de novas condições de processo</li> </ul>		
	Tecnologia de Enzimas	• Novos modelos teóricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de novos pacotes computacionais</li> <li>• Aplicação de inteligência artificial</li> </ul>		
		• Novos pré-tratamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de novas combinações de enzimas</li> <li>• Uso de novos processos físicos e químicos</li> </ul>		
		• Imobilização	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de novos suportes</li> <li>• Desenvolvimento de acessórios mais eficientes de suportes</li> </ul>		
		• Novas Enzimas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de enzimas geneticamente modificadas (OGM)</li> <li>• Desenvolvimento computacional de novas enzimas</li> </ul>		
	PRODUTOS SIMILARES (propriedades físicas e químicas)	Microrganismos	• Engenharia Genética	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de microrganismos específicos para biomassa</li> <li>• Exploração da biodiversidade brasileira</li> </ul>	
• Imobilização			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de novos suportes</li> <li>• Desenvolvimento de acessórios mais eficientes de suportes</li> </ul>		
• Novos pré-tratamentos			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de microrganismos dedicados</li> </ul>		
• Microorganismos robustos		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coleta e identificação de microrganismos existentes mais robustos</li> </ul>			
Nanotecnologia		• Modelos teóricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de pacotes que levam em consideração a redução de tamanho</li> </ul>		
		• Novas aplicações/novos materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propriedades físicas aprimoradas</li> <li>• Desenvolvimento de aplicações de precisão</li> <li>• Desenvolvimento de sistemas mais resilientes</li> <li>• Exploração do uso de nanocompostos da biomassa</li> </ul>		

# Enzimas e Química Verde

## ACADEMIA

O mercado global de enzimas está crescendo rapidamente e as novas demandas e oportunidades estão superando seus usos tradicionais. Destacam-se as novas aplicações de enzimas como ingredientes ativos em alimento - por exemplo, em alimentos inteligentes/personalizados - no processo de degradação de materiais lignocelulósicos - por exemplo, para a produção de etanol de 2ª geração - e como catalisadores verdes na produção de fármacos, em substituição aos catalisadores químicos. Diversos estudos científicos têm confirmado que a biotecnologia industrial poderá fornecer uma gama de opções para aumentar a competitividade industrial em diversos segmentos - produtos químicos, alimentação humana e animal, saúde, detergentes, papel e celulose, têxteis e energia - e promover o crescimento econômico, ao mesmo tempo, economizando água, energia, matérias-primas e reduzindo a produção de resíduos e as emissões de GEE. No entanto, a biotecnologia industrial ainda é um campo relativamente novo e, portanto, ainda não plenamente desenvolvido. Neste sentido, há diversas áreas do conhecimento a serem exploradas, as quais, embora apresentem diversos gargalos técnicos a serem superados, também oferecem enormes oportunidades para novas pesquisas, que podem levar a inovações e novas oportunidades de negócios.

Por outro lado, como um conceito aplicado a processos industriais, a química verde pode contribuir para minimizar os impactos ambientais de qualquer processo químico existente, não necessariamente processos de base biológica. A palavra-chave relacionada a química verde é redução, principalmente no que se refere à poluição ambiental, ao consumo de energia,

geração de resíduos e uso de compostos tóxicos, recursos e matérias-primas não renováveis. Embora os doze princípios da química verde tenham quase trinta anos, somente nos últimos anos eles tem recebido maior atenção. Apesar de ser um excelente guia para a produção sustentável de produtos químicos, os princípios da química verde ainda enfrentam vários desafios.

Com base nesse cenário e com a expectativa de desenvolver uma indústria sustentável de base biológica no Brasil, as discussões do workshop apontaram os principais processos e tecnologias necessários para o desenvolvimento de diversos produtos, dos quais enzimas e (bio)produtos.

No que diz respeito às enzimas, as discussões focaram na utilização de enzimas como biocatalisadores em processos industriais e como produtos finais para diferentes aplicações (alimento, saúde, ambiente, etc.). As apresentações e os debates foram realizados visando compreender, dentre outros, a substituição de catalisadores por enzimas, criando processos mais eficientes e mais limpos; a possibilidade de melhorar as propriedades catalíticas das enzimas atualmente utilizadas; a redução da carga enzimática em decorrência do uso de enzimas com elevado desempenho; a criação de novas aplicações e mercados para as enzimas atuais; o projeto de novas enzimas para as aplicações atuais e futuras; e a disponibilidade de tecnologias para atingir esses objetivos.

No que diz respeito à química verde, as discussões centraram-se na existência de processos químicos industriais, não restrito somente aos que empregam biomassa como matéria-prima e/ou baseados em processos biotecnológicos, em que o uso de componen-

tes menos tóxicos e processos menos nocivos ao meio ambiente fossem alvos. Neste caso, as apresentações e os debates buscaram compreender, dentre outros, a existência de ações de empresas na direção dos doze princípios da química verde e de tecnologias que suportassem essas conquistas; se um processo verde é necessariamente mais caro que um processo convencional, ou ainda, se um processo verde pode ser mais simples e mais barato.

Os resultados identificaram as necessidades de produção de enzimas relacionadas a dois processos principais: (i) *tecnologia de DNA recombinante e engenharia enzimática* - como uma estratégia poderosa para aumentar a eficiência enzimática de uma determinada reação ou para permitir que as enzimas realizem diferentes reações; e (ii) *engenharia de bioprocessos e fisiologia microbiana* - como disciplinas importantes e necessárias para a produção e purificação de enzimas industriais.

Em relação à produção verde de produtos químicos, combustíveis e plásticos, de base biológica ou não, três processos principais foram identificados: (i) *processamento verde e tecnologias verdes* - como elementos-chave para reduzir os impactos ao meio ambiente; (ii) *intensificação de processos* - como elemento crucial para diminuir custos e aumentar a conversão geral e os rendimentos, principalmente em grandes biorrefinarias, como as existentes no Brasil; e, finalmente, (iii) *ferramentas avançadas para indicar se um processo é verde* - como forma de garantir a real sustentabilidade dos processos e produtos.

Com relação às questões não tecnológicas, o Brasil possui universidades e organismos públicos de pesquisa com capacidade científica razoavelmente capacitada. Esse conhecimento poderia ser direcionado para desenvolver produtos, tecnologias e processos de interesse do setor privado, seja por meio de incentivos para a formação de parcerias de pesquisa público-privadas, ou pesquisas realizadas diretamente em empresas privadas. Nesse sentido, no desenvolvimento de processos verdes os aspectos econômicos e de sustentabilidade deverão ser perseguidos. Por exemplo, o conhecimento global sobre catalisadores e solventes é bastante maduro, mas deve ser direcionado para processos dedicados. Os processos verdes exigirão soluções de ponta, principalmente em termos de catalisadores e projetos de reatores e processos, e incentivos, como por exemplo, na forma por incentivos fiscais, para que o desenvolvimento tecnológico ocorra e processos mais avançados e mais limpos possam ser adotados pelas empresas. ■

Andreas Gombert - Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Isabel Arends - Delft University of Technology (TU Delft)

# Bioenergia & Química Verde

## Roadmap tecnológico

### Enzimas & Química Verde

PRODUTOS	GRANDES ÁREAS TECNOLÓGICAS	DRIVERS TECNOLÓGICOS	ATUAL	2030	VISÃO (2050)
<b>ENZIMAS</b> Ingredientes ativos para alimentos e outras aplicações / Degradação lignocelulósica / Engenharia para novas aplicações / Biocatalisadores verdes para a produção de fármacos	Tecnologia do DNA Recombinante & Engenharia de Enzimas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enzimas</li> <li>Armazenamento e processamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumentar a eficiência catalítica das enzimas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumentar a capacidade das enzimas para realizar diferentes reações                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de métodos biotecnológicos para melhorar microrganismos geneticamente modificados (CRISPR, RNAi, etc.); sistemas robóticos de triagem de alta produtividade (HTS) de baixo custo; inteligência artificial aplicada no design de enzimas e rotas metabólicas; softwares para modelagem de proteínas; cofactor-free enzymes; enzimas de alta estabilidade; microrganismos da Amazônia; 3D printing (enzimas); projeto in silico de novas enzimas catalisadoras de reações não naturais; design fácil de qualquer atividade catalítica</li> <li>Eliminar gargalos na síntese gene/DNA; tempo de desenvolvimento de enzimas; baixa capacidade das enzimas de trabalhar em alta concentração de substratos/produtos</li> </ul> </li> </ul>	
	Engenharia de Bioprocessos & Fisiologia Microbiana	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bioprocessos inovadores</li> <li>Fisiologia microbiana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de bioprocessos inovadores</li> <li>Fisiologia microbiana                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de métodos para levar as biomoléculas mais rapidamente às aplicações industriais (ex: tecnologias de triagem, clonagem molecular, metagenômica); tecnologias mais baratas para fabricar e armazenar soluções de sacarose líquida; ecossistemas microbianos complexos projetados para o desenvolvimento de bioprocessos; maior variedade de microrganismos não convencionais para fins comerciais; catalisadores microbianos multifuncionais; produção de enzimas (diversidade, escala e qualidade)</li> <li>Eliminar gargalos no desenvolvimento de enzimas (prazos longos e não competitivos - do laboratório à planta industrial); produção e desempenho das enzimas (alto custo de produção, baixa eficiência e alto tempo de residência); promoção do uso generalizado do CO<sub>2</sub> com fonte de carbono em cultivos de microrganismos; valorização da biomassa Brasileira (aproveitamento integral dos fluxos locais de biomassa)</li> </ul> </li> </ul>		
<b>PRODUTOS (BIO)QUÍMICOS, (BIO)COMBUSTÍVEIS, (BIO)PLÁSTICOS E BIOPLATAFORMAS PARA PRODUTOS QUÍMICOS</b>	Tecnologia e Processamento Verde	<ul style="list-style-type: none"> <li>Processamento sustentável</li> <li>Lignina</li> <li>Catalisadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Processos quimioenzimáticos sustentáveis                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de bio-solventes não tóxicos; processos integrados de materiais lignocelulósicos (pré-tratamento/ processamento/ processamento downstream)</li> </ul> </li> <li>Valorização da lignina                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de building blocks derivados de lignina; tratamento organosolv de lignina para produção de novos materiais (ex: binders); solventes para processamento de lignina</li> </ul> </li> <li>Novos catalisadores para novos processos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de novos e melhores catalisadores heterogêneos para conversão de biomassa (ex: produção de novas classes de plásticos); substituição de catalisadores à base de metais nobres por metais não nobres para reações em base aquosa; métodos catalíticos eficientes para lignina (ex: BTX, fenol, etc.)</li> </ul> </li> </ul>		
	Intensificação de Processos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reatores</li> <li>Processamento downstream</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de novos reatores                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de reatores de microcanais, de membrana (ex: para aplicações industriais e processamento contínuo), microrreatores, etc.</li> </ul> </li> <li>Processamento integrado downstream                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de modelos e simuladores para integração de processos; processos avançados de controle (incluindo inteligência artificial); 3D printing (reatores e processamento downstream); tecnologia de membranas em escala industrial</li> <li>Eliminar gargalos da operação contínua; fluxos aquosos; pré-tratamento de biomassa; design de processos (scaling-up e scaling-down); elevados CAPEX; conversão global; combinação de processos</li> </ul> </li> </ul>		
	Ferramentas avançadas para indicar se um processo é verde	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise de Ciclo de Vida (ACV)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análise de Ciclo de Vida aplicado às empresas                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolvimento de ferramentas integradas para ACV (eficiência energética, estocagem de CO<sub>2</sub>, emissões, etc.) para indicar se um processo é verde, como ferramenta de apoio à decisão e para diferentes escalas e processos (de pequenas a grandes escalas de produção)</li> </ul> </li> </ul>		

## Roadmap Não-tecnológico

Rodrigo Lima Verde Leal – CPQD

Ricardo Baldassin Jr., Lilian Cristina Anefalos – Instituto Agrônomo (IAC)

**F**rente aos grandes desafios em PD&I, especialmente no campo de atuação da Bioeconomia, para que se compreendam de forma mais consistente as lacunas tecnológicas, e se proponham rotas tecnológicas robustas, os aspectos não tecnológicos devem ser considerados e apresentam-se como fatores cruciais para que se delineiem as barreiras que precisam ser superadas.

Embora ocorra uma conjunção de esforços nas diferentes áreas do conhecimento e das instituições de ciência e tecnologia na investigação e na proposição de soluções tecnológicas incrementais, ou mesmo disruptivas, é imprescindível que estas considerem os aspectos socioeconômicos, ambientais e institucionais, como fatores críticos para uma efetiva adoção. Esse ponto corrobora com a necessidade de fortalecimento do importante papel da sociedade, dos diversos atores da sociedade civil, da indústria como um todo e, principalmente, dos governantes nos processos de PD&I. Em muitos casos, as problemáticas não tecnológicas se tornam os principais gargalos para a inovação, como por exemplo, os aspectos regulatórios que precisarão ser atendidos para que se obtenha autorização para a comercialização de novos produtos, seja pelos elevados níveis dos pré-requisitos impostos, seja pelas inexistência de métricas, normas e padrões, ou ainda de mecanismos que regulem a oferta desses novos produtos nos mercados doméstico e internacional.

Nesse contexto, a expansão dos negócios na direção de uma economia mais globalizada tem se tornado um grande desafio para as relações comerciais, em especial, para as empresas inovadoras, que precisam se diferenciar dos seus concorrentes, principalmente em nível mundial.

Desta forma, os aspectos culturais e estruturais têm incorporado elementos-chaves às problemáticas não

tecnológicas da inovação pois, além de exigirem soluções globais de qualidade, para atender às exigências locais, no âmbito das cidades, dos estados e do país, precisam ser facilmente absorvidas por um mercado consumidor muito mais amplo e diversificado.

No Brasil, dada a complexidade e a riqueza dos seus ecossistemas tropicais, associado à sua dimensão e diversidade estrutural, o desenvolvimento da Bioeconomia incorpora especificidades não tecnológicas que precisam ser devidamente compreendidas e equalizadas. Desta forma, além das demandas tecnológicas, a metodologia também considerou a construção de *roadmaps* não-tecnológicos. Para isso, os componentes de cunho não tecnológico foram identificados e analisados em um escopo mais amplo, com menor detalhamento em relação ao tecnológico.

Nesse sentido, ao longo das etapas de planejamento (elaborações dos Termos de Referência) e realização dos workshops temáticos, os especialistas foram estimulados a abordar, com total autonomia, as limitações não tecnológicas.

Dentre os principais temas, destacaram-se tópicos relacionados a: sustentabilidade, economia institucional, financiamento, custo, capacitação, transferência de tecnologia e de conhecimento e empreendedorismo.

Dada a coexistência e a transversalidade dos elementos identificados junto às ÁREAS ESTRATÉGICAS, assim como nos PRODUTOS, as demandas não tecnológicas foram agrupadas e serão apresentadas e discutidas a seguir de forma agregada. Ademais, dada a ampla distribuição no HORIZONTE TEMPORAL considerado (2018-2050) e os diferentes níveis de maturidade tecnológica existentes, tais aspectos não serão identificados. ■

Imagem cedida pela Embrapa Territorial

# Agricultura, Alimento & Saúde, Bioenergia & Química Verde

## Roadmap não tecnológico

Produtos Biológicos ou de Base Biológica

GRANDES ÁREAS	DRIVERS TECNOLÓGICOS	ATUAL	2030	VISÃO (2050)
ECONÔMICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incentivos fiscais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desenvolver e introduzir mecanismos de incentivos fiscais visando aumentar a competitividade das tecnologias verdes e alavancar o mercado de bioprodutos sustentáveis                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Sustentabilidade ambiental: mercado de carbono, pegada de carbono, taxa de carbono, etc</li> <li>Incentivo à P&amp;D e a formação de parcerias público-privada em temas estratégicos: redução de custos de produção, logística, aproveitamento de resíduos e subprodutos agrícolas e agroindustriais, redução de perdas na cadeia produtiva de alimentos, plantas piloto para o desenvolvimento de processos, integração de processos, tecnologias verdes, desenvolvimento de tecnologias nacionais, etc</li> <li>Inovação em pequenas e médias empresas (PMEs) e criação de startups e spin-offs</li> </ul> </li> </ul>		
TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Educação especializada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ampliar a capacitação, inclusive de pesquisadores, e a formação de profissionais em áreas e temas estratégicos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Bioeconomia, Biotecnologia, Bioinformática, Nanotecnologia, Modelagem e Simulação, Biorrefinaria, Integração de Processos, Agricultura de Precisão, Big Data, Indústria 4.0, Robótica, Internet das Coisas (IoT), Tecnologia da Informação (TI), Inteligência Artificial, Química verde, Desenvolvimento de Produto, Empreendedorismo e Negócios.</li> </ul> </li> </ul>		
TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produtividade e sustentabilidade no campo</li> <li>Agregação de valor</li> <li>Aproveitamento de subprodutos e resíduos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conectar e intensificar os programas existente de assistência técnica e viabilizar a transferência de tecnologia                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Agricultura: aumento da produtividade, redução do uso de insumos, água e energia, adoção de técnicas de manejo sustentável e exploração da biodiversidade, recuperação de áreas degradadas, cultivos múltiplos, plantio direto, etc</li> <li>Indústria de alimentos e bebidas: novos processos e produtos com foco na agregação de valor em pequenas e médias empresas (PMEs)</li> <li>Bioenergia e produtos químicos: aproveitamento e conversão da biomassa e subprodutos agrícolas e agroindustriais</li> </ul> </li> </ul>		
EMPREENDEDORISMO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Novos negócios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ampliar os esforços de estímulo e apoio ao empreendedorismo de base tecnológica                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitação: negócios, gestão e planejamento, marketing</li> <li>Infraestrutura de suporte à inovação: compartilhamento de infraestrutura pública de P&amp;D, incubadora de empresa, parques tecnológicos, etc</li> <li>Apoio financeiro e investimento: financiamento público (reembolsável ou a fundo perdido) e canais de acesso a investimentos (investidor anjo, fundos de seed, equity crowdfunding, venture capital, private equity)</li> <li>Mercado: programas de aceleração de negócios, mercado de compras governamentais, abertura de novos mercados</li> </ul> </li> </ul>		
REGULAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mecanismos de controle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabelecer parâmetros e implantar mecanismos de controle da produção, qualidade e impacto dos produtos biológicos e de base biológica                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Ambiental: critérios e padrões de sustentabilidade, quantificação e qualificação de impactos, ferramentas de monitoramento, exploração da biodiversidade (ex: acesso ao patrimônio genético)</li> <li>Ensaio laboratoriais e clínicos: comprovação da eficácia e segurança</li> <li>Produção e comercialização: padronização, certificação e registro de produtos, rastreabilidade, denominação de origem</li> <li>Mercado internacional: harmonização da legislação nacional às regras e protocolos internacionais (ambiental, eficácia e segurança e de produção)</li> </ul> </li> </ul>		



# Parte III

## Diretrizes para o desenvolvimento da Bioeconomia no Brasil



Imagem cedida pela Embrapa Territorial

**A** inovação tecnológica é fortemente dependente de mecanismos de apoio e políticas públicas adequadas, que dependendo do segmento, precisam atuar ao longo de todos os elos da cadeia de valor, da pesquisa científica até o mercado consumidor. Nos dias atuais, dado o avanço da globalização e as intensas relações comerciais entre os países, é imperativo que esses instrumentos estejam em harmonia e em consonância com as diretivas globais.

No caso da Bioeconomia, o papel e a importância desses elementos são potencializados. Tendo em vista os conceitos preconizados, aliada à sua ampla diversidade e magnitude, além dos ganhos econômicos, é de suma importância assegurar os ganhos ambientais e

sociais, tanto no âmbito local quanto global.

Durante os workshops, além das construções dos *roadmaps*, os participantes tiveram a oportunidade de apontar e discutir os principais elementos e ações que deveriam compor uma “Agenda para o desenvolvimento da Bioeconomia no Brasil”, para cada uma das 13 áreas estratégicas. Apesar das peculiaridades de cada área e da necessidade de realizar estudos e desenvolver estruturas específicas, houve uma grande convergência dos temas centrais das agendas, fundamentados em 7 grandes temas. A Tabela 1 apresenta uma síntese da agenda, com os temas a serem desenvolvidos, os principais atores envolvidos e o horizonte temporal para a efetiva implantação.

**Tabela 1.** Agenda para o desenvolvimento da Bioeconomia no Brasil

O QUE precisa ser feito	QUEM deveria se encarregar	QUANDO deverá ser efetivo
1. Plano Estratégico Nacional	Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI), Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e Governos Estaduais	Curto prazo (2-5 anos)
2. Plano de Comunicação	Governo Federal/Estadual, Entidades de Classe, Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) e Empresas	Curto prazo (2-5 anos)
3. Educação e capacitação	Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs)	Longo prazo (20-30 anos)
4. Extensão e transferência de tecnologia	Órgãos e Agências do Governo Federal/Estadual e Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs)	Médio prazo (10-20 anos)
5. Inovação e empreendedorismo	Órgãos e Agências do Governo Federal/Estadual, Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs), Agência de Fomento e Empresas	Médio prazo (10-20 anos)
6. Fomento e incentivos à PD&I	Agências e Órgãos de fomento públicos e privados, Empresas	Médio prazo (10-20 anos)
7. Regulação	Governo Federal/Estadual, com colaboração das Entidades de Classe e as Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs)	Médio prazo (10 anos)

## 1. Plano estratégico nacional

A construção e implantação de um Plano Estratégico Nacional em Bioeconomia no Brasil é um fator crucial para direcionar as políticas públicas de suporte e incentivo, estabelecendo assim diretrizes para a pesquisa e condições favoráveis e atrativas para o setor privado investir.

Similarmente ao observado nos países que direcionam esforços no tema (IACGB, 2020a), o plano estratégico deverá focar os desafios globais (ambientais, sociais e econômicos), assim como definir as linhas estratégicas de ação, como por exemplo, os setores produtivos alvo, as matérias-primas, as tecnologias, os processos e os produtos de interesse, direcionando assim o fomento, a ciência, a educação e a regulação para suportar e maximizar a inovação, em consonância com as políticas industriais vigentes e as estratégias nacionais de desenvolvimento. Apesar da Bioeconomia estar presente nos planos de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) do Governo Federal (CGEE/MCTIC, 2018, MCTIC, 2016), a sua participação ainda é pouco expressiva e os esforços no desenvolvimento do tema são dispersos e pouco efetivos.

Nesse sentido, as discussões realizadas durante os workshops convergiram para a visão de ampliar a economia brasileira baseada no bio, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa (ganho ambiental), aumentando a qualidade e a quantidade de empregos formais (ganho social) e criando novos produtos de alto valor agregado (ganho econômico). Dada a dimensão territorial brasileira, a riqueza da biodiversidade tropical dos ecossistemas e a ampla diversidade regional e cultural, aliado ao fato de coexistirem no Brasil diversos avanços relacionados à economia verde, principalmente nos segmentos de alimentos e de bioenergia, será essencial delinear ações de desenvolvimento regional, principalmente tendo em vista as infraestruturas de P&D e o conhecimento já existentes, assim como as vocações locais.

Por ser um tema de interesse e impacto global, será necessário desenvolver normas e métricas de exploração e produção sustentável reconhecidos internacionalmente, principalmente no que tange os indicadores de impactos e ganhos ambientais e sociais. Nesse sentido, é de suma importância que as estratégias brasileiras para o desenvolvimento da bioeconomia sejam ampliadas e busquem alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU).

## 2. Plano de comunicação

A comunicação assume um papel vital e com grandes desafios no desenvolvimento da Bioeconomia, não somente no Brasil, mas em todo mundo.

É necessário informar os consumidores sobre a bioeconomia, pois para a grande maioria das pessoas, o tema ainda é abstrato e incerto, ou mesmo, carregado de mitos. As novas terminologias e os seus conceitos e significados precisam ser devidamente contextualizados e apresentados, de modo a evitar os equívocos e possibilitar uma visão holística do tema. Temas relacionados, como economia circular, economia verde, economia ecológica, economia azul, crescimento azul e, mesmo, sustentabilidade, precisam ser esclarecidos.

Aumentar a conscientização sobre as vantagens e benefícios, principalmente ambientais e sociais, que os bioprodutos podem apresentar frente aos produtos de base fóssil é um outro grande desafio, principalmente, tendo em vista a necessidade de transmitir a mensagem de forma clara e simples, por meio de mecanismos transparentes e críveis. Atualmente, enquanto os produtos convencionais são estabelecidos e amplamente aceitos pelos consumidores, os bioprodutos precisam ser, constantemente, explicados e justificados.

Dada a amplitude do tema e diversidade dos mercados, é necessário diferenciar as abordagens para os diferentes públicos-alvo e seus padrões de estilo de vida sustentáveis, assim como criar novos formatos e meios alternativos e inovadores de comunicação.

Por fim, considerando que a bioeconomia é um movimento global, é essencial estabelecer mecanismos globais de colaboração, de modo a ampliar o entendimento e compartilhar os casos de sucesso / fracasso na comunicação.

## 3. Educação e capacitação

É crucial atualizar e modernizar a educação superior, assim como direcionar e viabilizar a capacitação de pesquisadores e a formação de profissionais em áreas e temas estratégicos.

As grades curriculares necessitam ser constantemente atualizadas e o conhecimento e as pesquisas nas novas áreas do conhecimento precisam ser priorizadas, com destaque para: bioeconomia, biotecnologia, bioinformática, nanotecnologia, modelagem e simulação, biorrefinaria, integração de processos, agricultura de precisão, big data, Indústria 4.0, robótica, Internet das Coisas (IoT), tecnologia da informação (TI), inteligência artificial, química verde, desenvolvimento de produto, marketing, empreendedorismo e negócios.

Conectar e ampliar os esforços das instituições na formação e capacitação de jovens empreendedores, isto é, aperfeiçoar a educação empreendedora, é um fator fundamental para a inovação, a exemplo dos países líderes no tema.

## 4. Extensão e Transferência de Tecnologia

No Brasil, o setor empresarial é composto majoritariamente por pequenas e médias empresas, onde grande parte desconhece ou tem acesso limitado ao conhecimento e às novas tecnologias, sendo este tema de grande importância e um grande desafio para o desenvolvimento da bioeconomia.

Há diversas instituições representativas e órgãos federais e estaduais dedicadas ao tema, mas dada a dimensão, pluralidade e complexidade do tema, será necessário criar agendas de ações integradas e colaborativas entre as instituições, minimizando assim o uso de recursos humanos e financeiros e potencializando os resultados.

A incorporação de tecnologias no setor agropecuário e na indústria alimentícia nacional, mesmo as já consolidadas, apresentam um elevado potencial de inovação e aumento da competitividade.

## 5. Inovação e empreendedorismo

Nas últimas décadas, a inovação e o empreendedorismo de alta tecnologia assumiram posições de destaque nas estratégias de desenvolvimento das principais economias do mundo, sendo os principais responsáveis pelos expressivos ganhos econômicos e sociais observados em países como Índia, Hong Kong, Israel, Coreia do Sul, Singapura e Taiwan, onde são localizados os principais polos tecnológicos do mundo.

Em todas as iniciativas, são fatores comuns: a forte participação do Estado na fase de criação dos ambientes inovadores, a presença de Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) e o elevado estoque de profissionais qualificados na região. Políticas pública de longo prazo, fortemente centradas na educação, inclusive, com amplas reformas do sistema educacional, constituíram a base de construção desses ambientes.

No Brasil, cerca de 53 milhões brasileiros, quase quatro em cada dez brasileiros adultos, possuíam uma empresa ou estavam envolvidos na criação de um negócio em 2019, o que representa uma das maiores taxas de empreendedorismo total do mundo, a frente de países como China, Estados Unidos, Reino Unido, Japão e França (GEM, 2020). Por outro lado, o Brasil ocupa a 71ª posição do Ranking Global de Competitividade (WEF, 2019) e a 62ª posição no Índice Global de Inovação (Universidade Cornell, INSEAD e OMPI, 2020), posição esta incompatível, somado ao fato do país ser o 3º maior exportador agrícola e a 9ª maior economia do mundo.

Os números do empreendedorismo brasileiro mostram a necessidade de investir na educação empreendedora, não somente visando transformar os negócios mais simples, de baixa complexidade e baixo valor agregado, em negócios mais complexos e inovadores, mas principalmente, de criar novos negócios de alta tecnologia e com foco de atuação no mercado global. Nesta direção, será necessário construir e implementar políticas públicas de longo prazo, de modo a incentivar a adoção de tecnologias, estimular a inovação e ampliar a geração de profissionais qualificados. Ademais, será fundamental aprimorar os mecanismos de incentivo a colaboração entre as ICTs e as empresas, reduzindo a burocracia e conectando e ampliando as iniciativas empreendedoras locais (incubadoras de empresas, clusters, hubs de inovação, parques tecnológicos, etc.), viabilizando assim a construção e a consolidação de ecossistemas inovadores no país.

## 6. Fomento e incentivos à PD&I

De modo geral, o fomento e os incentivos precisam focar o desenvolvimento, a demonstração e a implementação de soluções de base biológica.

Aumentar os investimentos em PD&I é necessário e um grande desafio, tendo em vista que os investimentos públicos e privado no Brasil representam apenas 1,27% do PIB (0,67% públicos e 0,60% privados) (IBGE, 2014), enquanto nos países da OCDE, em média, representam 2,38% do PIB, e superiores a 4,5% do PIB em países como Israel e Coreia do Sul (OCDE, 2018).

Dada a limitação de recursos públicos, além de aumentar a eficiência, é necessário desenvolver e implantar novos mecanismos de incentivo aos investimentos privados em P&D, principalmente em parceria com as ICTs. Entretanto, o grande gargalo a ser superado é o fato do ambiente de negócios brasileiro não ser atrativo, não recompensar o investimento privado em inovação (Banco Mundial, 2017), que além dos aspectos macroeconômicos, tem como causas o elevado custo e tempo para a concessão de patentes, a dificuldade das empresas, principalmente das pequenas, em acessar os recursos e serviços públicos para inovação, a instabilidade dos recursos destinados à C&T, principalmente no âmbito federal, e a baixa expressividade dos mecanismos de subvenção econômica para a inovação (FIESP-CIESP, 2018).

A manutenção e melhoria das infraestruturas públicas de P&D precisam ser priorizadas, pois exercem um papel crucial nas cooperações científicas e tecnológicas, tanto entre as ICTs quanto das ICTs com as empresas. Diante do aumento crescente das demandas e da complexidade da pesquisa, as infraestruturas públicas de

P&D contribuem para a redução dos riscos e custos do avanço científico e tecnológicos e, consequentemente, da inovação. Neste sentido, é crucial direcionar as ações e os investimentos, de modo a potencializar os avanços na bioeconomia.

O Brasil possui mais de 300 ICTs, uma ampla e diversificada infraestrutura para P&D (MCTIC, 2019) e instalações e tecnologias de reconhecimento mundial, como, por exemplo, o acelerador de partículas Sirius, a maior e mais complexa infraestrutura científica já construída no País e uma das primeiras fontes de luz síncrotron de 4ª geração do mundo, parte da infraestrutura do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM (LNLS, 2020).

Entretanto, um dos grandes desafios para o Brasil é a formação de arranjos cooperativos para inovação alinhados às políticas industriais nacionais. A elevada burocracia para o compartilhamento das infraestruturas de P&D públicas, ou em alguns casos, a sua inviabilidade, é um desafio a ser superado. Outro gargalo é a inexistência, ou o número limitado, de plantas em escala piloto e de demonstração, ambientes essenciais para a validação, prova de conceito e *scale up* de tecnologias e processos. Por exemplo, para a produção de biocombustíveis e bioprodutos químicos, destaca-se a importância das plataformas para bioprocessos (processos fermentativos, pré-tratamento de biomassa, downstream, purificação, conversão química, etc.), bem como arranjos de biorrefinarias. Dentre os ambientes existentes, destaca-se a Planta Piloto para o Desenvolvimento de Bioprocessos do Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR), parte integrante do CNPEM (LNBR, 2020).

## 7. Regulação

A regulação tem função vital no desenvolvimento econômico, pois é responsável pelo estabelecimento de normas, além do monitoramento, fiscalização, controle e avaliação dos resultados. Dada a grande complexidade e magnitude da bioeconomia, o tema traz grandes desafios para os setores público e privado, seja na construção do arcabouço regulatório seja na sua implementação e *compliance*. Transparência, efetividade, cooperação e boa governança são temas a serem perseguidos.

Dado o caráter global, será fundamental que as normativas e, principalmente, os indicadores, as métricas, a qualidade e os impactos estejam com consonância com o mercado e as diretrizes globais. Neste sentido, é necessário que o Brasil participe ativamente junto aos órgãos e instituições que lideram as iniciativas globais

em bioeconomia, em especial a Comissão Econômica para a América Latina e Caribe (CEPAL), órgão das Nações Unidas (ONU) (ECLAC, 2019), e Conselho Consultivo Internacional em Bioeconomia Global (IACGB) (IACGB, 2020b).

Diante do elevado potencial de geração de novos produtos, é primordial que os instrumentos regulatórios sejam ágeis e efetivos, por um lado, reduzindo a burocracia e os custos e simplificando os procedimentos, e por outro lado garantindo a segurança dos consumidores e do meio ambiente.

Durante os workshops, os principais temas apontados que demanda regulação, ou o seu aperfeiçoamento e harmonização com os instrumentos internacionais, foram: normas e padrões de qualidade, segurança e certificação de produtos; ensaios e testes *in vitro* e *in vivo*; registro e validação de novos produtos (inclusive novas moléculas e materiais); acesso e exploração de recursos genéticos e da biodiversidade; rastreabilidade e certificação; sustentabilidade e impacto ambiental; transferência, privacidade e segurança de dados.

No âmbito do mercado, será necessário implantar mecanismos locais e globais que possibilitem aumentar a competitividade dos bioprodutos frente aos produtos convencionais, principalmente, os de origem fóssil, que incluem, dentre outros, a remoção dos subsídios e a taxaço do carbono. Outras métricas precisarão ser incorporadas ao mercado de bioprodutos de forma a ampliar a sua competitividade, como, por exemplo a geração de empregos verdes, a restauração e preservação dos ambientes naturais, a melhoria da renda e qualidade de vida de comunidades rurais/locais, indicadores de sustentabilidade, etc. Nessa nova economia, a rastreabilidade assumirá uma função chave e o Brasil ainda tem grandes desafios a serem superados.

Por fim, será necessário ampliar os mecanismos de financiamento às iniciativas de cooperação internacional, tanto no âmbito da pesquisa científica e tecnológica quanto no desenvolvimento de negócios e mercados, com especial atenção nas cooperações entre os países desenvolvidos e do setor produtivo junto às economias em desenvolvimento.

## Referências

- CGEE/MCTIC, 2018. Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Biotecnologia. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE e Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), 2018.
- ECLAC, 2019. Towards a sustainable bioeconomy in Latin America and the Caribbean: elements for a regional vision. Natural Resources and Development series, N°193.

A. G. Rodríguez, M. Rodrigues and O. Sotomayor (Ed.). Santiago: Economic Commission for Latin America and the Caribbean - ECLAC, 2019

FIESP-CIESP, 2018. O desafio de posicionar o Brasil na rota do desenvolvimento. São Paulo: Federação das Indústrias do Estado de São Paulo-FIESP, Centro das Indústrias do Estado de São Paulo-CIESP, 2018.

GEM, 2020. Global Entrepreneurship Monitor - Empreendedorismo no Brasil: 2019. Simara Maria de Souza Silveira Greco (Coord.). Curitiba: Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade - IBQP, 2020.

IACGB, 2020a. Global Bioeconomy Policy Report (IV): A decade of bioeconomy policy development around the world. A report from the International Advisory Council on Global Bioeconomy. Berlim: International Advisory Council on Global Bioeconomy – IACGB, 2020.

IACGB, 2020b. Expanding the Sustainable Bioeconomy – Vision and Way Forward. Communiqué of the Global Bioeconomy Summit 2020. Berlim: International Advisory Council on Global Bioeconomy – IACGB, 2020.

IBGE, 2014. Sidra – Sistema IBGE de Recuperação Econômica, Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, Tabela 905 - Investimentos nacionais, Valor e Percentual em relação ao PIB, em Pesquisa e Desenvolvimento - P&D, segundo os setores de aplicação. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/905>

LNBR, 2020. Disponível em: <https://lnbr.cnpem.br/pt-br/instalacoes-abertas/planta-piloto/#>

LNLS, 2020. Disponível em: <https://www.lnls.cnpem.br/sirius/>.

MCTIC, 2016. Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: 2016-2022. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), 2016

OECD, 2018. OECD.Stat – Main Science and Technology Indicators, GERD as percentage of GDP. Disponível em: [https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI\\_PUB](https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB)

Universidade Cornell, INSEAD e OMPI, 2020. Índice Global de Inovação 2020 – Quem financiará a inovação?. Soumitra Dutta, Bruno Lanvin e Sacha Wunsch-Vincent (Ed.). Genebra: Universidade Cornell, INSEAD e Organização Mundial da Propriedade Intelectual – OMPI, 2020.

WEF, 2019. The Global Competitiveness Report 2019. Klaus Schwab (Ed.). Switzerland: World Economic Forum - WEF, 2019

World Bank, 2017. A Fair Adjustment: Efficiency and equity of public spending in Brazil – Volume I: Overview. World Bank Group, 2017.

MCTIC, 2019. Relatório FORMICT: Ano Base 2018 - Política de Propriedade Intelectual das Instituições Científicas e Tecnológicas e de Inovação do Brasil. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC, 2019. ■

# Sobre as imagens empregadas no livro

As imagens empregadas neste livro foram cedidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, segundo Contrato de Licença de Uso de Imagens – Contrato 3356649 / SEI 21190.001244/2019-16, enviado em Carta nº 18/2019-CNPM/SAT, de 13 de novembro de 2019.

Os originais passaram por tratamento digital e aplicação de filtros gráficos para obtenção de textura e efeito aquarela, bem como a aplicação de cores em sobreposição para identificação e separação das seções.

Abaixo apresentamos as imagens originais e as informações técnicas referentes às mesmas:



**Nome do arquivo:** *geoeye\_agspec\_soja\_faz\_cacadinha\_ms\_2*  
**Formato:** *jpg*  
**Dimensão:** *1240 x 952 pixels*  
**Resolução:** *300 dpi*  
**Intensidade de bits:** *24*



**Nome do arquivo:** *geoeye\_ba\_luizeduardo*  
**Formato:** *jpg*  
**Dimensão:** *1240 x 877*  
**Resolução:** *300 dpi*  
**Intensidade de bits:** *24*



**Nome do arquivo:** *geoeye\_eucalipto\_sp\_sao\_luiz\_paraitinga*  
**Formato:** *jpg*  
**Dimensão:** *1240 x 764 pixels*  
**Resolução:** *300 dpi*  
**Intensidade de bits:** *24*



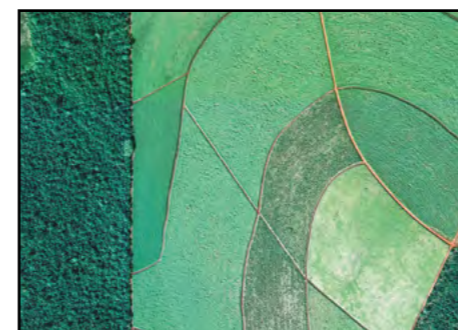
**Nome do arquivo:** *geoeye\_sp\_cosmopolis*  
**Formato:** *jpg*  
**Dimensão:** *1240 x 977 pixels*  
**Resolução:** *300 dpi*  
**Intensidade de bits:** *24*



**Nome do arquivo:** *geoeye\_sp\_itajobi*  
**Formato:** *jpg*  
**Dimensão:** *1240 x 877*  
**Resolução:** *300 dpi*  
**Intensidade de bits:** *24*



**Nome do arquivo:** *geoeye\_sp\_itirapina*  
**Formato:** *jpg*  
**Dimensão:** *1240 x 877*  
**Resolução:** *300 dpi*  
**Intensidade de bits:** *24*



**Nome do arquivo:** *geoeye\_sp\_sertaozinho*  
**Formato:** *jpg*  
**Dimensão:** *1240 x 877*  
**Resolução:** *300 dpi*  
**Intensidade de bits:** *24*