





**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agroenergia  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

## **DOCUMENTOS 44**

# A experiência da Embrapa Agroenergia com métodos prospectivos para inteligência estratégica

Estudo de caso da plataforma  
industrial de açúcares C5 e C6

*Melissa Braga  
Mônica Caraméz Triches Damaso  
Ana Cristina dos Santos*

**Embrapa Agroenergia**  
Brasília, DF  
2022

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Agroenergia**  
Parque Estação Biológica (PqEB), s/nº  
Ed. Embrapa Agroenergia  
Caixa Postal 40315  
CEP 70770-901, Brasília, DF  
Fone: +55 (61) 3448-1581  
Fax: +55 (61) 3448-1589  
www.embrapa.br/agroenergia  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Agroenergia

Presidente  
*Patrícia Verardi Abdelnur*

Secretária-Executiva  
*Lorena Costa Garcia Calsing*

Membros  
*Alexandre Nunes Cardoso, Betulia de Moraes  
Souto, João Ricardo Moreira de Almeida,  
Leonardo Fonseca Valadares, Melissa Braga,  
Patricia Abrao de Oliveira Molinari, Priscila  
Seixas Sabaini*

Supervisão editorial e revisão de texto  
*Luciane Chedid Melo Borges*

Normalização bibliográfica  
*Rejane Maria de Oliveira*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Maria Goreti Braga dos Santos*

Ilustração da capa  
*Melissa Braga*

**1ª edição**  
Publicação digital (2022): PDF

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa, Secretaria-Geral

---

Braga, Melissa.

A experiência da Embrapa Agroenergia com métodos prospectivos para  
inteligência estratégica: estudo de caso da plataforma industrial de açúcares C5 e  
C6 / Melissa Braga, Mônica Caraméz Triches Damaso, Ana Cristina dos Santos. –  
Brasília, DF : Embrapa Agroenergia, 2022.

PDF (64 p.) : il. color – (Documentos / Embrapa Agroenergia, ISSN 2177-  
4439 ; 44)

1. Ácido carboxílico. 2. Álcoois. I. Título. II. Série

CDD (21. ed.) 662.669

## Autores

### **Melissa Braga**

Química, doutora em Tecnologias Química e Biológica, analista da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF.

### **Mônica Caraméz Triches Damaso**

Engenheira química, doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, pesquisadora da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF.

### **Ana Cristina dos Santos**

Administradora e jornalista, com especialização em Gestão da Comunicação em Organizações, analista da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF.



## Agradecimentos

Os autores agradecem à FAP/DF, pelo financiamento do projeto registrado sob o número 236/2019; aos especialistas externos que participaram da pesquisa Delphi e à equipe de pesquisa e desenvolvimento da Embrapa Agroenergia, que participou da pesquisa de opinião e dos Workshops internos. No tema “Ácidos carboxílicos” participaram do Workshop: Bárbara Andrade Dias Brito da Cunha, Betúlia de Moraes Souto, Dasciana de Sousa Rodrigues, Eduardo Fernandes Formighieri, Emerson Léo Schultz, Félix Gonçalves de Siqueira, José Antônio de Aquino Ribeiro, Léia Cecília de Lima Favaro, Mônica Caraméz Triches Damaso, Paula Fernandes Franco, Patrícia Abrão de Oliveira Molinari e Silvio Vaz Júnior. No tema “Álcoois” participaram do Workshop: Adilson Kenji Kobayashi, Betania Ferraz Quirino, Felipe Brandão de Paiva Carvalho, Hugo Bruno Correa Molinari, Larissa Andreani Carvalho, Leonardo Valadares, Patrícia Pinto Kalil Gonçalves Costa, Patrícia Verardi Abdelnur, Raquel Bombarda Campanha, Rosana Falcão, Rossano Gambeta, Sílvia Belém Gonçalves, Thaís Demarchi Mendes e Thályta Fraga Pacheco.

Agradecemos também à Kátia Regina de Jesus, pela valiosa contribuição na elaboração do questionário Delphi, e à Paloma Reis Lucas, do Núcleo de Tecnologia da Informação da Embrapa Agroenergia, pelo apoio na utilização da ferramenta *LimeSurvey*.



## Apresentação

O Observatório de Tendências em Biocombustíveis e Bioprodutos (OTBB) da Embrapa Agroenergia é um Colegiado que, sistematicamente e em conjunto com o Setor de Prospecção e Avaliação de Tecnologias (SPAT), propõe estudos de futuro em temas alinhados aos eixos de pesquisa da Unidade.

A literatura que trata sobre estudos prospectivos tem um repertório de técnicas e métodos que, aplicadas em momentos distintos, fornecem um conjunto de informações, convergentes ou não, corroborando o fato de que a diversificação dessas técnicas e métodos produzem resultados, discussão e reflexão de temas de interesse, podendo contribuir com a gestão da empresa no alinhamento de atividades de P&D.

Este documento descreve a combinação de diferentes métodos prospectivos em inteligência estratégica executados pelo OTBB e SPAT no período de 2018 a 2020, tendo como tema central a identificação do direcionamento científico e tecnológico dos ácidos carboxílicos e álcoois de base biológica.

A proposta é compartilhar, além dos resultados técnicos obtidos em cada etapa do processo prospectivo, a aprendizagem alcançada durante a execução dos trabalhos.

Este trabalho contribui para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) números 7 e 9, que visam garantir a todos acesso a energia barata, confiável, sustentável e renovável (por meio dos biocombustíveis), bem como promoção da industrialização inclusiva e sustentável. Os 17 ODS foram estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015 e compõem uma agenda mundial para a construção e implementação de polí-

ticas públicas que visam guiar a humanidade até 2030. Essas ações contam com o apoio da Embrapa para que sejam atingidas.

Boa leitura!

*Alexandre Alonso Alves*  
Chefe-Geral da Embrapa Agroenergia

## Sumário

Introdução.....	11
O contexto do desenvolvimento e da aplicação dos métodos prospectivos	13
O processo prospectivo.....	20
Seleção dos Participantes para consulta no ambiente interno .....	21
Etapa pré-prospectiva: elaboração dos documentos de apoio .....	21
Etapa 1: Pesquisa de Opinião.....	22
Pesquisa de Opinião - Ácidos Carboxílicos .....	23
Pesquisa de Opinião - Álcoois .....	23
Etapa 2: Workshop.....	26
Etapa 3: Delphi.....	29
Formulação dos problemas e desafios .....	29
Elaboração do questionário para consulta .....	29
Seleção dos participantes .....	31
Aplicação da consulta .....	31
Consolidação das Respostas .....	31
Análise Crítica do Trabalho Prospectivo.....	32

Considerações Finais .....	34
Referências .....	35
Apêndices.....	37
Apêndice 1: Folheto do Workshop interno Ácidos Carboxílicos.....	37
Apêndice 2: Folheto do Workshop interno Álcoois.....	38
Apêndice 3: Questionário da Pesquisa de Opinião – Tema de Ácidos Carboxílicos.....	39
Apêndice 4: Questionário para a Pesquisa de Opinião – Tema de Álcoois .	44
Apêndice 5: Mapa físico distribuído para execução de atividade em grupo no Workshop de Ácidos Carboxílicos e no Workshop de Álcoois .....	54
Apêndice 6: Questionário Delphi para Ácidos Carboxílicos e Álcoois ...	56

## Introdução

A construção de um mundo mais sustentável exige iniciativas como a diminuição da dependência de insumos não renováveis – a exemplo do petróleo –, o uso de produtos menos nocivos ao meio ambiente, tanto em sua fabricação quanto no seu descarte e, por fim, a exploração consciente dos recursos naturais de modo pleno, sem prejudicar os ecossistemas e, conseqüentemente, as gerações futuras. Essas bases estão alinhadas ao conceito de bioeconomia, definido pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, do inglês - *Organisation for European Economic Co-operation*) como o conjunto de atividades econômicas nas quais a biotecnologia contribui centralmente para a produção primária e a indústria (OECD, 2018).

Os produtos oriundos da transformação desses recursos renováveis são, portanto, de base biológica (European Commission, 2019) e, além de ajudarem a reduzir as emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, oferecem outras vantagens, entre as quais se destaca a perspectiva de substituição do petróleo e, para muitos países, a autossuficiência de insumos e de energia.

A biomassa constitui fonte de óleos, carboidratos, vitaminas, corantes, fármacos, proteínas, entre outras moléculas de grande interesse econômico. Os coprodutos e resíduos da agroindústria, como podas, cascas, bagaços também são fontes em potencial de uma série de outros compostos, por meio da transformação química dos constituintes dessa biomassa. Embora seja uma fonte pouco explorada até o momento, esses coprodutos e resíduos têm sido apontados como a base da bioeconomia, especialmente por não competirem com a alimentação humana e animal.

Entre as múltiplas potencialidades de produtos da biomassa, duas classes dos compostos químicos destacam-se em razão da grande importância industrial e comercial em nível global: os ácidos carboxílicos e os álcoois de cadeia curta (<C6). Sob o aspecto técnico, trata-se de compostos oxidados em maior ou menor grau, a depender do número de hidroxilas e carboxilas presentes na cadeia carbônica, fato este que os aproxima quimicamente da biomassa, cujos constituintes possuem maior grau de oxidação que os constituintes do petróleo (Gallo; Trapp, 2017).

Na indústria, os ácidos carboxílicos e os álcoois encontram aplicação em diferentes segmentos industriais, seja pelo uso direto, seja como intermediários ou como blocos construtores (*building blocks*) para obtenção de outros produtos de alta relevância para a sociedade.

Embora muitos ácidos carboxílicos e álcoois possam ser produzidos a partir de fontes renováveis, a base petroquímica ainda predomina, e a maior quantidade volumétrica produzida na atualidade deriva do petróleo. Muitos desses compostos, cujas origens históricas são de fontes renováveis, a exemplo de etanol, ácido propiônico, ácido butírico, perderam a conexão com as bases renováveis com o advento e consolidação da indústria de petróleo e os processos químicos associados, cujos índices de produtividade e rendimento superaram as biomassas renováveis e os processos bioquímicos.

Contudo, diante da rápida e relevante evolução da biotecnologia, a sociedade científica revisita esses processos, guiada por princípios de sustentabilidade, autossuficiência de insumos ou matérias-primas e menor demanda energética. Desse modo, o acompanhamento da evolução tecnológica acerca dos ácidos carboxílicos e álcoois de cadeia curta (C1-C6) de base biológica é estratégico, pois os progressos na produção sustentável e renovável desses compostos podem garantir a manutenção de uma fatia importante do mercado de biocombustíveis e de diferentes setores industriais, tendo em vista exigências ambientais, políticas e sociais mais rigorosas impostas por países que não possuem mais a escolha, mas sim a obrigação de descarbonizar seus processos.

Pautados nos princípios de sustentabilidade e de valor de mercado dos produtos químicos renováveis, o Setor de Prospecção e Avaliação de Tecnologias (SPAT) e o Observatório de Tendências em Biocombustíveis e Bioprodutos (OTBB) da Embrapa Agroenergia conduzem trabalhos prospectivos pautados nas plataformas industriais que constituem as linhas de atuação de PD&I da Embrapa Agroenergia (Capdeville et al., 2017).

Entre os anos de 2018 a 2020, o OTBB e o SPAT realizaram um trabalho pioneiro na Embrapa, combinando diferentes métodos prospectivos em inteligência estratégica, em prol da identificação dos rumos científicos e tecnológicos dos ácidos carboxílicos e álcoois de base biológica. Os resultados desses trabalhos foram divulgados internamente e externamente, principalmente por meio de

publicações da Série Documentos da Embrapa. A lógica para a escolha desses métodos prospectivos, a sua aplicação e os aprendizados resultantes desses trabalhos, contudo, não foram detalhados nessas publicações.

As autoras consideram que, além dos resultados associados aos ácidos carboxílicos ou álcoois de base biológica, a estruturação, a condução e o aprendizado durante o período de aplicação dos métodos são um conteúdo de grande utilidade para profissionais que trabalham com prospectiva e, portanto, decidiram compartilhar a experiência por meio da presente publicação.

Nesse sentido, este trabalho apresenta os fundamentos da escolha dos métodos empregados nos trabalhos prospectivos conduzidos nos últimos anos na Embrapa Agroenergia, as etapas para aplicação de cada método prospectivo, além do conhecimento adquirido pela equipe condutora dos trabalhos prospectivos entre 2018 e 2020, utilizando a Plataforma Industrial de Açúcares C5 e C6 como estudo de caso.

## O contexto do desenvolvimento e da aplicação dos métodos prospectivos

Na busca pela inovação, é imprescindível que empresas ou instituições de ciência e tecnologia estabeleçam processos sistemáticos de interação, discussão e reflexão sobre tendências tecnológicas por meio da cultura prospectiva. É fundamental ainda a participação de áreas corporativas que tenham interface com Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), para o delineamento das estratégias e, se necessário, o redirecionamento da pesquisa para o sucesso dos resultados que se pretende alcançar. A sistematização da atividade prospectiva leva à implantação da cultura do exercício prospectivo, por meio da utilização de um ou mais métodos prospectivos disponíveis na literatura científica ou no desenvolvimento de métodos próprios, a depender do escopo definido.

De modo geral, as atividades de prospecção buscam a conscientização de desafios e oportunidades de longo prazo para uma tomada de decisão mais imediata (Calof et al., 2015) e, por isso, são ferramentas empregadas na gestão de portfólios (projetos e tecnologias) em ambientes de inovação.

Não se trata de previsão nem de uma estimativa das probabilidades para determinados caminhos. Em vez disso, busca-se ampliar a compreensão das partes interessadas (*stakeholders*) sobre os impulsionadores da mudança social e a preparação para as surpresas inevitáveis do futuro (Calof et al., 2015).

É fundamental que essas atividades integrem várias perspectivas, visando construir narrativas ou cenários plausíveis e roteiros para indicar direções a serem seguidas. As ferramentas disponíveis para esse fim são variadas e dependem do objetivo do trabalho, recursos humanos e financeiros disponíveis, entre outros fatores (Popper, 2008).

Os estudos orientados para o futuro podem ter várias denominações, especialmente no idioma inglês, a saber, “future studies”, “futurology”, “futuristic”, “foresight” (Sardar, 2010). Não há consenso sobre o termo mais adequado, pois a escolha é influenciada pelo objetivo do estudo, por questões históricas, regionais. No caso de tradução, busca-se o termo que mais se adequa à ideia que se pretende expressar (Miles, 2010). Em termos gerais, referem-se a processos ou programas de estudo sistemático, participativo, de inteligência que orientem para o futuro e de construção de visão de longo prazo, a fim de amparar as decisões atuais e mobilizar ações conjuntas antecipatórias e preparatórias (European Foresight Platform, 2010).

Geralmente, compreendem a integração de métodos que podem ser classificados da seguinte forma, segundo Popper (2008):

- Quanto ao tipo de técnica:
  - Qualitativo: fornece significado e percepções relacionados a eventos, baseando-se na subjetividade ou na criatividade ou no conhecimento tácito.
  - Quantitativo: mede variáveis e aplica análise estatística, podendo gerar dados ou indicadores.
  - Semiquantitativo: emprega princípios matemáticos para quantificar a subjetividade.
- Quanto à fonte de conhecimento:
  - Criatividade: relacionada ao pensamento imaginativo e inventivo dos especialistas envolvidos nas atividades.

- Expertise: baseia-se nas habilidades e nos conhecimentos de indivíduos em uma dada área da ciência.
- Interação: especialistas são reunidos e desafiados a articularem entre si.
- Evidência: explicação ou previsão (*forecast*) de um fenômeno particular, amparado em análise documental confiável.

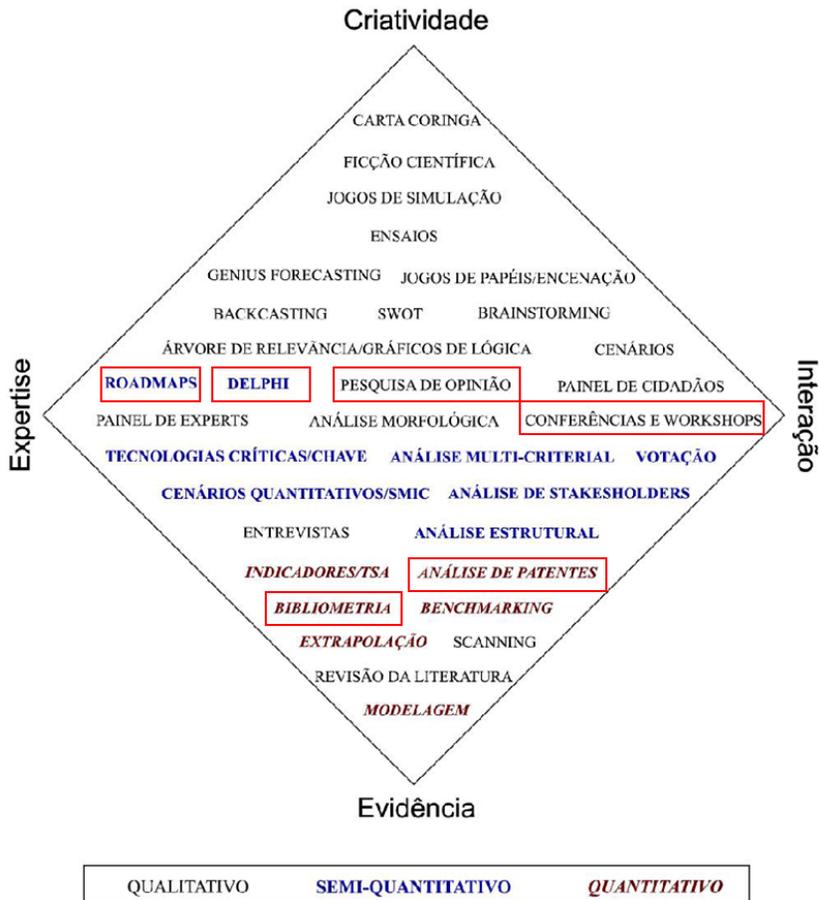
Partindo desses princípios, Popper reuniu 33 métodos de “foresight” em uma moldura, intitulada de “Foresight Diamond”, reproduzida na Figura 1, organizados de acordo com as classificações expostas acima. Embora seja uma relação bastante extensa de métodos prospectivos, trata-se de uma listagem não exaustiva, dado o contínuo desenvolvimento de novos métodos ou adaptação de antigos.

Ao se desenvolver um estudo para compor um potencial futuro ou combinação de possíveis futuros, recomenda-se a combinação de diferentes métodos a serem escolhidos dependendo de contexto, área tecnológica, disponibilidade de recursos humanos e financeiros e da pergunta que o estudo pretende responder (Popper, 2008). Além da integração de fontes de conhecimento, é recomendável a integração de métodos qualitativos e quantitativos que transitem por diferentes fontes de conhecimento (Karlsen; Karlsen, 2013), assim o diagrama de Popper (Figura 1: “Foresight Diamond”) constitui-se ferramenta útil tendo em vista tanto a seleção como a combinação de métodos prospectivos.

Diante dos recursos disponíveis e do conhecimento acumulado pela equipe condutora dos trabalhos prospectivos, no estudo acerca de álcoois e ácidos carboxílicos, integraram-se diferentes tipos de métodos e fontes de conhecimento, tanto de especialistas/*stakeholders* internos (membros da equipe de pesquisa e desenvolvimento da Embrapa Agroenergia), como externos (profissionais pertencentes ao quadro de empregados de empresas do setor, professores de universidades, pesquisadores de organizações de pesquisa) que atuam direta ou indiretamente no assunto do trabalho prospectivo.

A Embrapa Agroenergia atua em projetos de pesquisa para promover a competitividade da bioeconomia brasileira. Para tanto, executa projetos para prover soluções eficientes e sustentáveis de conversão de biomassa e resíduos agroindustriais em bioprodutos, entre os quais se encontram os ácidos carbo-

xílicos e álcoois, dada a grande relevância desses produtos no contexto econômico brasileiro.



**Figura 1.** “Foresight Diamond” proposto por Popper (2008). Demarcadas em vermelho estão as técnicas empregadas neste trabalho. Fonte: Adaptado de Popper (2008), versão em português traduzida pelas autoras. Uso da figura foi autorizado pela editora PLSclear.

Em virtude disso, é de grande interesse para a gestão e a equipe de pesquisa e desenvolvimento (P&D) da Embrapa Agroenergia identificar, mapear os di-

recionadores e os motivadores da produção renovável de ácidos carboxílicos e álcoois de interesse econômico, tendo em vista a priorização dos compostos que devem ser o foco das pesquisas da Unidade. Para atender a essa demanda, o trabalho prospectivo teve como objetivo:

- 1) Identificar os principais atores, matérias-primas e processos envolvidos nessa cadeia de valor.
- 2) Mapear os gargalos e barreiras internos (Embrapa Agroenergia) e externos (Brasil e Mundo) para a evolução dos processos renováveis de obtenção desses produtos.
- 3) Elaborar um planejamento das atividades de pesquisa considerando todos esses elementos.
- 4) Instituir a sistematização de trabalho prospectivo na Embrapa Agroenergia.

Para tanto, fez-se uso de dados e informações primários e secundários, de métodos quantitativos e qualitativos, de especialistas internos e externos. A seleção dos métodos a serem utilizados para desenvolver este trabalho prospectivo baseou-se no tipo de informação a ser coletada, no recurso financeiro disponível, no conhecimento da equipe acerca dos métodos de prospecção, nos recursos humanos disponíveis internamente e na rede de parceiros da Embrapa Agroenergia.

O primeiro método prospectivo empregado consistiu na recuperação de dados secundários, por meio da bibliometria e da análise de patentes. A recuperação, triagem e análise das informações relevantes contidas em publicações científicas e documentos de patente caracterizaram a etapa pré-prospectiva. O intuito foi identificar, no âmbito global, o estado da arte acerca dos produtos e processos relacionados aos ácidos carboxílicos e álcoois produzidos a partir de açúcares com cinco (C5) e seis (C6) carbonos, buscando, sempre que possível, fazer uso de medidas quantitativas para inferir/demonstrar o grau de importância do tema para a comunidade científica.

O resultado desta primeira etapa foram dois estudos bibliométricos e de análise de patentes publicados na linha editorial da Embrapa, Série Documentos 36 e 37, publicados em 2021, intitulados, respectivamente, Estudo bibliométrico

trico e de análise de patentes acerca da produção de ácidos carboxílicos e álcoois a partir de açúcares: parte 1: ácidos carboxílicos, e parte 2: álcoois (Braga et al., 2021a, 2021b).

O segundo método, consistiu em uma Pesquisa de Opinião (*Survey*) aplicada *on-line* e individualmente aos empregados atuantes na área de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da Embrapa Agroenergia. Teve como intuito captar a percepção individual dos especialistas internos (da Embrapa Agroenergia), diretamente envolvidos com o desenvolvimento de produtos e processos inseridos na Plataforma Industrial de Açúcares C5-C6.

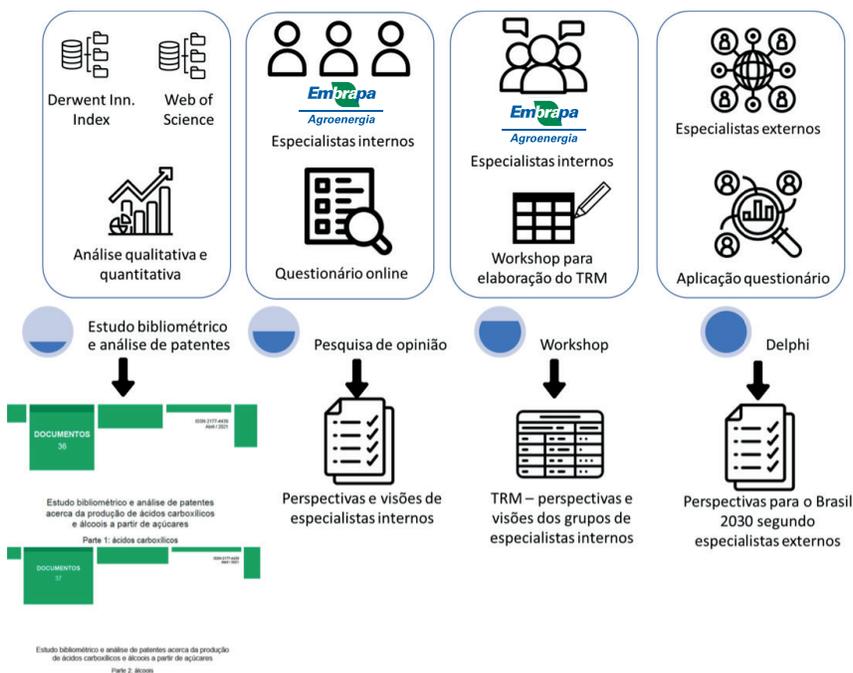
A integração entre os respondentes da Pesquisa de Opinião foi promovida na terceira etapa, por meio de um Workshop para a construção de Mapas de Rotas Tecnológicas (em inglês, *Technology Roadmaps* – TRM) relacionados a cada tema da Plataforma de Açúcares, ou seja, um para ácidos carboxílicos e outro para álcoois. Nesta etapa, buscou-se consolidar no formato de um TRM, nos moldes propostos por Oliveira et al. (2010), as diferentes opiniões dos membros dos participantes, separados em grupos conforme a formação ou área de atuação.

A última etapa consistiu na consulta a especialistas externos, por meio da técnica Delphi adaptada por Jesus et al. (2018). Nesta etapa, os participantes foram inquiridos sobre o mercado desses álcoois e ácidos carboxílicos no Brasil, numa perspectiva de 10 anos (2020-2030). Este método foi aplicado com vistas a complementar ou permitir a reflexão sobre a análise interna produzida na segunda e terceira etapas deste trabalho.

Os posicionamentos no *Diamond Foresight* dos métodos escolhidos estão representados na Figura 1, e o detalhamento de cada uma das etapas apresentadas, os materiais fornecidos pela equipe condutora dos trabalhos prospectivos e os produtos gerados ao longo do trabalho estão apresentados no próximo capítulo e ilustradas na Figura 2.

Além de serem complementares sob o aspecto qualitativo e quantitativo, a integração dessas ferramentas prospectivas permitiu percorrer três dos quatro vértices do *Diamond Foresight*, no que tange à fonte do conhecimento: evidência (bibliometria e análise de patentes), interação (Workshop) e expertise (TRM

e Delphi). Outros três aspectos foram considerados neste trabalho: o ambiente da pesquisa, a forma de deliberação ou avaliação e o campo de investigação.



**Figura 2.** Resumo da abordagem experimental empregada neste trabalho.

- Ambiente de condução da pesquisa: local de condução dos trabalhos prospectivos, ambiente interno e ambiente externo. No primeiro caso, o trabalho prospectivo buscou instigar a reflexão dos empregados da Embrapa Agroenergia em termos de missão, recursos humanos, infraestrutura, competências, interesse e viabilidade técnica para execução de projetos acerca dos temas. No segundo caso, buscou-se identificar o contexto desses desenvolvimentos além da Embrapa Agroenergia, por meio de questionários respondidos por profissionais não pertencentes ao quadro da Embrapa. Inicialmente, desenvolveu-se o trabalho com

coleta, tratamento e avaliação das informações de especialistas pertencentes ao quadro de empregados da Embrapa Agroenergia, por meio de Pesquisas de Opinião e Workshops/TRM para cada tema, ácidos carboxílicos e álcoois, separadamente. Em seguida, de forma complementar e exploratória, foi realizada a pesquisa Delphi, que contou com a participação de profissionais externos especialistas no assunto, vinculados a outras organizações públicas e privadas que realizam atividades produtiva e/ou de pesquisa no Brasil acerca dos temas ácidos carboxílicos e álcoois, tratados neste caso de forma conjunta.

- Forma da deliberação pelos especialistas: individualmente e coletivamente. Nas Pesquisas de Opinião e na pesquisa Delphi, buscou-se captar a opinião dos especialistas com base em suas percepções e experiências pessoais e individuais acerca do tema, sem a influência ou interferência de seus pares. Nos workshops, a deliberação foi coletiva, com o intuito de consolidar e apresentar à gestão um resultado unificado sobre as tendências e perspectivas acerca dos temas deste trabalho.
- Âmbito da prospecção: com vistas a traçar os delineamentos tecnológicos acerca dos ácidos carboxílicos e álcoois no âmbito global, utilizaram-se dados secundários de publicações científicas e de documentos de patentes. No âmbito nacional (Brasil), realizaram-se Pesquisas de Opinião e Workshops/TRM com a participação de especialistas internos e a Pesquisa Delphi com os especialistas externos.

## O processo prospectivo

Os ácidos carboxílicos e os álcoois, temas deste trabalho prospectivo, têm em comum a característica de serem passíveis de produção a partir de fontes renováveis, como monossacarídeos C5 e C6. Apesar disso, trata-se de substâncias quimicamente distintas, cujas propriedades físico-químicas, reatividade e aplicações são peculiares à classe de compostos orgânicos a que pertencem. Assim, com o intuito de aprofundar as discussões técnicas ou científicas acerca dos ácidos carboxílicos e álcoois, buscou-se empregar as mesmas ferramentas prospectivas separadamente, por classe de compostos, gerando assim dois estudos bibliométricos e de análise de patentes distintos para os álcoois e ácidos carboxílicos. A exceção foi a pesquisa Delphi, rea-

lizada com a integração das duas classes de compostos, pois muitos especialistas externos desenvolvem trabalhos com álcoois e ácidos carboxílicos.

## **Seleção dos Participantes para consulta no ambiente interno**

A seleção dos participantes para a consulta no ambiente interno considerou a sua atuação profissional, a sua formação acadêmica e o seu conhecimento prévio sobre o tema. A multidisciplinaridade da equipe de P&D da Embrapa Agroenergia, composta por profissionais de diferentes áreas (agronômica, química, econômica e biológica), possibilitou um trabalho de maior abrangência, com diferentes perspectivas.

## **Etapa pré-prospectiva: elaboração dos documentos de apoio**

Dois tipos de documentos de apoio foram fornecidos aos convidados: um folheto e um documento orientador para cada classe de compostos. Os folhetos, reproduzidos integralmente nos Apêndices 1 e 2, foram elaborados no formato de um convite contendo as seguintes informações:

- A data do evento
- O contexto do trabalho prospectivo
- O convite para os Workshops
- Descrição de cada fase do programa, definindo: (i) o que precisa ser alcançado, (ii) como os eventos seriam realizados
- Descrição da forma como o trabalho das Pesquisas de Opinião e dos Workshops estão alinhados às linhas de atuação da Embrapa Agroenergia

Os documentos orientadores, intitulados “Estudo bibliométrico sobre a produção de ácidos carboxílicos e álcoois a partir de açúcares (Parte 1: Ácidos carboxílicos e Parte 2: Álcoois)”, tiveram como intuito consolidar o estado da

arte em termos da produção científica e tecnológica, representado por artigos científicos e documentos de patentes, acerca dessas classes de compostos.

Tanto o folheto quanto os documentos orientadores foram entregues, digitalmente, aos participantes com antecedência, para leitura prévia à realização dos workshops, para que eles estivessem atualizados e familiarizados sobre a dinâmica dos trabalhos coletivos e se atualizassem sobre os progressos científicos recentes acerca do tema.

## Etapa 1: Pesquisa de Opinião

Objetivo: Captar a opinião individual dos participantes/*stakeholders*

Ambiente da pesquisa: Interno

Tipo: Semiquantitativo

Participantes: equipe da área de pesquisa e desenvolvimento (P&D) da Embrapa Agroenergia

Os questionários reproduzidos nos Apêndices 3 e 4, para o tema ácidos carboxílicos e álcoois, respectivamente, foram elaborados pela equipe condutora dos trabalhos prospectivos (SPAT e coordenação do OTBB), considerando aspectos relacionados às oportunidades e ameaças do ambiente externo, revelados nos documentos orientadores, e também às forças (pontos fortes) e às fraquezas (pontos fracos) da Embrapa Agroenergia.

Perguntas do tipo abertas e fechadas foram elaboradas. Para as perguntas fechadas, adotou-se a escala Likert (1 a 5). O questionário de ácidos foi aplicado em março e o de álcoois em abril de 2019, por meio da ferramenta (*software*) LimeSurvey, com o apoio do Núcleo de Tecnologia da Informação da Embrapa Agroenergia. Ambos ficaram disponíveis aos entrevistados pelo período de 20 dias. As especificidades de cada questionário são apresentadas a seguir.

## Pesquisa de Opinião - Ácidos Carboxílicos

O questionário de ácidos carboxílicos foi dividido em seis seções, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características do questionário aplicado ao público interno da Embrapa Agroenergia no tema Ácidos Carboxílicos.

Parte do questionário	Finalidade	Tipo de respostas
Parte 1 - Sobre o ambiente externo	Identificar tendências e direcionadores que poderiam impactar a pesquisa associada a ácidos carboxílicos. As perguntas foram divididas em fatores políticos, ambientais, tecnológicos, econômicos e legais. Os participantes também foram questionados sobre os possíveis mercados consumidores, as matérias-primas, os concorrentes, os clientes e os parceiros em potencial.	- Escala Likert - Aberta
Partes 2, 3 e 4 - Sobre os ácidos e respectivos mercados	Avaliar as interpretações do participante em relação aos dados técnicos e de mercado acerca dos ácidos carboxílicos.	- Escala Likert - Aberta
Parte 5 - Sobre o ambiente interno	Observadas as ponderações do participante nas partes anteriores, identificar as possíveis oportunidades de pesquisa na Embrapa Agroenergia, acerca dos ácidos.	- Escala Likert - Aberta
Parte 6 - Final	Captar a percepção dos participantes sobre o conteúdo e a abordagem do estudo bibliométrico e de análise de patentes entregue como documento orientador, além de sugestões para os próximos trabalhos prospectivos.	- Aberta

## Pesquisa de Opinião - Álcoois

Para a realização da Pesquisa de Opinião relacionada aos álcoois, o método de consulta foi alterado em relação ao de ácidos carboxílicos, visando tornar o resultado mais objetivo e promover a análise mais rápida dos resultados

pela equipe condutora dos trabalhos prospectivos. Para tanto, o formato de algumas perguntas foi reelaborado, como apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Características do questionário aplicado ao público interno da Embrapa Agroenergia no tema Álcoois.

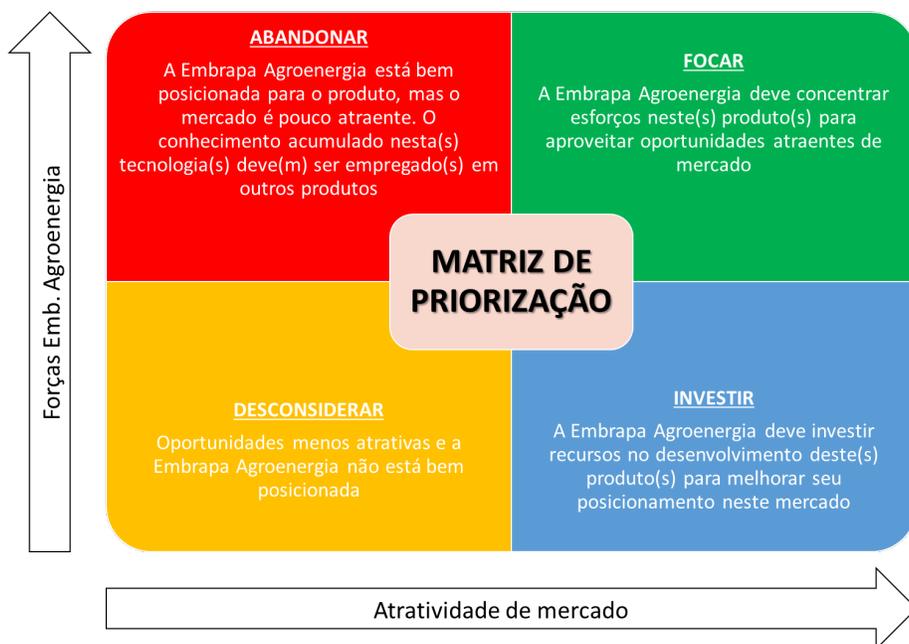
Parte do questionário	Finalidade	Tipo de respostas
Parte 1 - Sobre o ambiente externo:	Identificar as tendências e os direcionadores que poderiam impactar a pesquisa associada a álcoois. As perguntas foram divididas em fatores Políticos, Ambientais, Tecnológicos, Econômicos e Legais.	- Escala Likert - Aberta
	Identificar os mercados consumidores, as matérias-primas, os concorrentes, os clientes e os parceiros em potencial.	- Aberta
Parte 2 - Sobre o mercado	Avaliar a percepção ou conhecimento dos participantes, referente aos seguintes quesitos associados aos álcoois: i) tamanho de mercado, ii) valor unitário e iii) potencial de crescimento.	- Pontuação de 0, 1 ou 2, para representar baixo/pequeno, médio e alto/grande, respectivamente
Parte 3 - Sobre os produtos	Avaliar a percepção ou conhecimento dos participantes, referente aos seguintes quesitos associados aos álcoois: i) acesso ao mercado, ii) potencial de integração à cadeia de suprimentos e iii) propriedades diferenciadas.	- Pontuação de 0, 1 ou 2, para representar baixo/pequeno, médio e alto/grande, respectivamente
Parte 4 - Sobre a pesquisa desenvolvida na Embrapa Agroenergia relacionadas aos produtos	Avaliar a percepção ou conhecimento dos participantes, referente aos seguintes quesitos: i) atividade de pesquisa, ii) competências e habilidades técnicas, iii) infraestrutura e iv) recursos financeiros a serem empregados.	- Pontuação: 0, 1 ou 2, para representar baixo/pequeno, médio e alto/grande, respectivamente
Parte 5 - Sobre o ambiente interno	Observadas as ponderações do participante nas partes anteriores, identificar as possíveis oportunidades de pesquisa na Embrapa Agroenergia, acerca dos álcoois.	Aberta

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

Parte 6 - Final	Captar a percepção dos participantes sobre o conteúdo e abordagem do estudo bibliométrico e de análise de patentes entregue como documento orientador, além de sugestões para os próximos trabalhos prospectivos.	Aberta
-----------------	---	--------

A pontuação atribuída às perguntas das Partes 2, 3 e 4 foi empregada para mensuração da atratividade de mercado (média simples da pontuação das partes 2 e 3) e forças da Embrapa Agroenergia (média simples da pontuação da parte 4). Uma matriz de priorização foi construída para interpretação dos resultados obtidos a partir da pontuação atribuída, conforme ilustrado na Figura 3 (LBNET, 2017).

**Figura 3.** Matriz de priorização.

Fonte: Elaborada pelas autoras, a partir de LBNET (2017).

## Etapa 2: Workshop

Objetivo: Captar a opinião coletiva dos participantes/*stakeholders*

Ambiente da pesquisa: Interno

Tipo: Qualitativo

Participantes: pesquisadores e analistas de P&D da Embrapa Agroenergia

O mapeamento das rotas tecnológicas foi feito em formato de workshop de um único dia, após o recebimento e consolidação das respostas individuais das Pesquisas de Opinião, obedecendo a programação apresentada no folheto distribuído aos participantes. Dois grupos distintos participaram em dias diferentes de workshops para os temas de ácidos carboxílicos e álcoois.

No início do evento, um dos membros da equipe condutora dos trabalhos prospectivos fez uma palestra de abertura aos convidados/participantes, apresentando os destaques dos estudos bibliométricos e de análise de patentes, além dos resultados das Pesquisas de Opinião. Cada participante teve 5 minutos para se expressar quanto às impressões sobre esses estudos fornecidos como documentos orientadores. Após isso, os participantes foram informados sobre a dinâmica do Workshop e orientações para construção do TRM.

Sobre a divisão em grupos com vistas à construção do TRM, três áreas de conhecimento foram estabelecidas: química, bioquímica e engenharia (processo), as quais constituem os pilares da área de P&D da Embrapa Agroenergia e agregam o maior número de profissionais do quadro fixo. Os participantes foram devidamente alocados nessas áreas, em grupos de 4 a 5 pessoas, de acordo com a sua atuação profissional. O intuito foi potencializar as discussões e torná-las mais aprofundadas.

Para registrar as deliberações, compartilhar as opiniões e consolidar os resultados do Workshop, foi entregue a cada grupo um mapa de papel para preenchimento de dimensões de 1 m x 1 m, conforme ilustrado no Apêndice 5, contendo as seguintes subdivisões no formato matricial:

### • Escopo temporal (colunas)

O TRM foi dividido em três colunas representando os períodos de curto, médio e longo prazos. Os participantes foram orientados a considerar o período curto prazo como 0-5 anos; médio prazo 5-10 anos e longo prazo >10 anos. Considerando que o TRM teve como intuito consolidar a estratégia ou planejamento para eventuais novos projetos e que cada projeto de pesquisa é desenvolvido em média durante 3 a 4 anos, esses períodos propostos no TRM mostraram-se factíveis, face à realidade da Embrapa Agroenergia.

### • Camadas (linhas)

- Mercado: composta por subcamadas que remetem a tendências e direcionadores políticos, ambientais, sociais, tecnológicos, econômicos e legais. Campo para os participantes indicarem os aspectos macro (externos) que afetam o negócio. Para auxiliar nesta análise, foram distribuídos cartões impressos com os principais desafios nesses aspectos, segundo os documentos de Frolow (2009) e OECD (2014, 2018). Nesta camada também constam duas outras subcamadas para que os participantes elencassem os principais clientes, concorrentes e partes interessadas (*stakeholders*).
- Negócio: as aplicações dos ácidos carboxílicos/álcoois, valor econômico de mercado, quantidade consumida.
- Produtos: local para posicionar os ácidos/álcoois escolhidos para atender as demandas identificadas.
- Tecnologia: campo para apresentar as rotas químicas ou bioquímicas e processos (químico-catalíticos, fermentativos, enzimáticos), capazes de produzir os ácidos/álcoois escolhidos na camada de “produtos” a partir de fontes renováveis de matéria-prima.
- Recursos: montante financeiro, habilidades/competências, parcerias externas e/ou internas e matérias-primas necessárias para proporcionar o desenvolvimento das tecnologias apontadas na camada anterior.

As seguintes perguntas norteadoras foram apresentadas para guiar as discussões:

- 1) Quais as influências externas, em termos políticos, ambientais, tecnológicos, econômicos e legais, que podem impactar a pesquisa relacionada a ácidos carboxílicos/álcoois na Embrapa Agroenergia?
- 2) Quais os ácidos carboxílicos/álcoois mais promissores para serem objeto de pesquisa na Unidade?
- 3) Quais as tecnologias que serão empregadas para a produção desses ácidos carboxílicos/álcoois?
- 4) Quais os recursos (intelectuais, financeiros, parceiros internos e externos) são necessários para o desenvolvimento da pesquisa?

Durante o processo deliberativo, cada grupo utilizou o mapa físico e “kits” adesivados exemplificados no Apêndice 5. Diferentes cores a depender da área (química, biológica e engenharia) foram utilizadas para a coleta e consolidação da visão compartilhada dos grupos. Ao término do prazo estipulado para a discussão, um representante de cada grupo foi convidado para apresentar a todos o resultado da discussão do grupo.

Após conclusão dos Workshops, as seguintes questões foram enviadas por e-mail aos participantes para que eles emitissem suas opiniões sobre:

- 1) A escolha dos temas a serem avaliados.
- 2) Efetivação da metodologia aplicada durante o Workshop.
- 3) Processo de escolha dos ácidos carboxílicos/álcoois a serem estudados pela Unidade.

Essas percepções, assim como as observações feitas durante o Workshop, foram avaliadas pela equipe condutora dos trabalhos prospectivos e registradas como oportunidades de melhorias para os próximos eventos.

## Etapa 3: Delphi

Objetivo: Captar a opinião individual dos participantes/*stakeholders*

Ambiente da pesquisa: Externo

Participantes: pesquisadores, profissionais e docentes de organizações públicas e privadas, envolvidos em P&D nos temas ácidos carboxílicos e álcoois, ou afins

Diferentemente das etapas anteriores, a técnica Delphi foi empregada contemplando os temas ácidos carboxílicos e álcoois conjuntamente, para otimizar o trabalho dos profissionais respondentes e também pelo fato de muitos deles estarem envolvidos direta ou indiretamente com alguma dessas classes, no contexto de renováveis.

A execução do Delphi compreendeu cinco etapas fundamentais: i) formulação dos problemas e desafios sobre o tema; ii) elaboração do questionário; iii) seleção dos participantes; iv) aplicação da consulta; e v) consolidação das respostas. O detalhamento de cada uma dessas etapas é feito a seguir.

### Formulação dos problemas e desafios

O conteúdo foi elaborado considerando problemas e desafios identificados nos estudos bibliométricos e de análise de patentes e também os resultados dos Workshops realizados com a equipe interna de P&D da Embrapa Agroenergia. Aspectos sobre matérias-primas, produtos e processos associados aos ácidos carboxílicos e aos álcoois nortearam a construção do questionário. Por esta razão, o questionário enviado aos participantes (Apêndice 6) foi dividido em dois enfoques: Matérias-primas e Produtos/Processos.

### Elaboração do questionário para consulta

Dois tipos de questões foram utilizados: abertas e fechadas. A primeira constituída de campo para considerações voluntárias dos participantes em

complementação às questões apresentadas. A segunda constituída da seguinte forma:

- a) Autoanálise - questão apresentada na introdução de cada Tema, para que o entrevistado se qualificasse quanto ao nível de seu conhecimento. As opções foram: i) não familiar, ii) casualmente adquirido, iii) familiar, iv) conhecedor e v) especialista.
- b) Oportunidades em termos de biomassas, produtos e processos para pesquisa científica - apresentadas aos participantes para que as qualificassem quanto ao grau de importância, no formato de cinco níveis da escala Likert, em que 1 corresponde a não importante e 5 a extremamente importante.
- c) Ácidos carboxílicos e álcoois, passíveis de serem obtidos a partir de açúcares C5 e C6 - para que os participantes selecionassem 3 nomes como sendo os mais importantes. A escolha deveria ser justificada em uma questão aberta.

Na introdução do questionário foi exposto o objetivo da pesquisa, orientações de preenchimento e que a participação garantiria um feedback de resultado da pesquisa, sem determinar o prazo para tal.

As questões e o formato final do questionário são apresentados no Apêndice 6 desta publicação. Para aplicação do questionário de forma simultânea e à distância, foi empregada a ferramenta LimeSurvey, por ser um software livre, de fácil acesso e operacionalização. Antes do envio do questionário aos especialistas externos, o questionário foi aplicado para alguns voluntários, em caráter de teste, para a validação tanto da ferramenta quanto do conteúdo das questões.

Em se tratando da metodologia Delphi, a literatura indica que não há uma regra para definição de critérios do momento de finalizar a consulta quanto ao número de rodadas. O ponto em comum defendido é que a finalização acontece quando são alcançados os níveis pretendidos de estabilidade e consenso nas respostas. A definição desses critérios deve, contudo, ser feita antes do início das rodadas (Marques; Freitas, 2018). Neste caso, foi definida a convergência para valores a partir de 50%.

## Seleção dos participantes

Autores de publicações científicas recentes relacionadas a ácidos carboxílicos e álcoois produzidos a partir de matérias-primas renováveis ou temas correlatos, além de profissionais de organizações parceiras que atuam na área da Embrapa Agroenergia compuseram os participantes da pesquisa Delphi.

O levantamento dos autores de publicações científicas recentes foi feito na base *Web of Science (Clarivate Analytics)*. A especificidade foi garantida por meio da associação aos nomes comuns dos ácidos carboxílicos e dos álcoois. Neste caso, recuperaram-se predominantemente docentes, associados a Universidades ou instituições de ensino. Os profissionais vinculados a empresas foram identificados nos contratos de parcerias estabelecidos pela Embrapa Agroenergia e por indicação da equipe de P&D e chefia.

A relação consolidada de todos esses profissionais resultou em uma lista de 230 nomes, sendo 77% de organizações públicas (Instituições de Ciência e Tecnologia – ICT) e 23% de empresas privadas.

## Aplicação da consulta

A equipe coordenadora dos trabalhos prospectivos na Embrapa Agroenergia optou pelo anonimato das respostas. Como consequência, não houve vinculação das respostas aos participantes ou às respectivas organizações.

As questões foram enviadas aos participantes em outubro de 2019, e o questionário ficou disponível inicialmente por 15 dias, prorrogados posteriormente por mais 15 dias.

## Consolidação das Respostas

As respostas optativas foram consolidadas por meio da contagem das respostas, originalmente distribuídas em uma escala de 1 a 5 (Likert). A equipe condutora dos trabalhos prospectivos optou por compactar a distribuição em 3 tipos principais: a) Muito baixa/baixa, b) Média e c) Alta/Muito Alta. Optou-se por essa junção, pois, na análise das respostas, notou-se que poucos respondentes marcaram “baixa” ou “alta”, concentrando-se em um dos dois extremos.

A técnica Delphi busca a convergência de opiniões, mesmo que para isso seja necessário realizar várias rodadas até atingir a uniformidade de opiniões, o que não significa a unanimidade. Como as respostas da pesquisa aplicada foram muito convergentes, não houve necessidade de nova rodada para atingir o consenso.

Em situações que o entrevistado quis se manifestar por escrito, para explicar ou exemplificar sua resposta, buscou-se reproduzir o comentário, ou quantificar a resposta, caso o comentário fosse recorrente nas respostas e permitisse a consolidação da opinião de mais de um participante, em um único termo.

## Análise Crítica do Trabalho Prospectivo

A combinação de métodos prospectivos enriquece os trabalhos de prospectiva na medida em que são complementares, minimizando assim eventuais deficiências de determinada ferramenta. Segundo Popper (2008), quanto mais o trabalho prospectivo se aproximar dos 4 vértices do *Foresight Diamond* (Figura 1), maior a complementariedade dessas ferramentas.

Aliado a isso, a escolha das ferramentas deve ser feita com base no objetivo traçado para o trabalho, de modo que a conjugação dessas ferramentas forneça as respostas esperadas frente ao escopo originalmente definido com as partes interessadas (*stakeholders*).

Pautados nesses princípios, no trabalho conduzido pelo SPAT e OTBB, entre os anos de 2018 a 2020, integraram-se ferramentas prospectivas baseadas em evidência, expertise e interação, a fim de traçar o direcionamento tecnológico de uma gama de produtos classificados quimicamente como ácidos carboxílicos e álcoois de base biológica de cadeia curta, pertencentes à plataforma industrial de açúcares C5 e C6.

O ambiente científico e tecnológico da Embrapa é propício para a execução de atividades desse tipo, por três razões: i) conta com profissionais de diferentes formações e campos de atuação, permitindo assim uma abordagem multidisciplinar sobre o tema de interesse; ii) possui ampla e diversificada rede de parceiros, pertencentes ao governo, indústria e Universidade/academia e, portanto, tem fácil acesso aos especialistas pertencentes ao

quadro de empregados dessas instituições/organizações; iii) dispõe de recursos técnicos e científicos como bases de dados (patentes, artigos, de produtos químicos, etc.) e *softwares* analíticos para o processamento de grande volume de dados e informações, permitindo o monitoramento tecnológico de diversas áreas tecnológicas.

A combinação de todos esses fatores é uma condição desejada e rara em nível mundial. Trata-se de um campo fértil para os trabalhos deste tipo, pois agregam a ampla disponibilidade de dados secundários, a expertise de profissionais do grupo interno e de parceiros com interesses comuns com a Embrapa e que podem também se beneficiar com os resultados prospectivos obtidos.

Neste trabalho, explorou-se uma fração desses recursos, por meio da combinação de métodos quantitativos e qualitativos; fontes primárias e secundárias; opiniões individuais e coletivas; ambiente interno (especialistas da equipe de P&D) e externo (especialistas de outras organizações); e nível nacional e internacional, a fim de determinar e compreender as variáveis que podem determinar o sucesso da produção renovável dessas duas classes de produtos.

O uso na etapa pré-prospectiva dos dados secundários no formato quantitativo foi uma forma bastante objetiva de consolidar o estado da arte dos conhecimentos tecnológicos e informações de mercado, a fim de fornecer subsídio para o nivelamento das equipes participantes dos trabalhos, bem como para respaldar as opiniões e justificar os direcionamentos traçados. O uso de publicações científicas e documentos de patentes como representantes das pesquisas científica e aplicada, associado a dados de mercado, minimiza a tomada de decisão tendenciosa, inconsciente ou consciente, pelos participantes.

Neste trabalho prospectivo, valorizou-se também a opinião individual do especialista interno, por meio da Pesquisa de Opinião, de modo que não fosse omitida ou reprimida nas discussões em grupo. Contudo, os ganhos institucionais do trabalho em grupo são maiores à medida que essas opiniões são compartilhadas, discutidas e apresentadas de forma única para a avaliação do gestor. Isso também favorece uma ruptura no processo mecânico e inerente ao ser humano de conduzir os seus trabalhos pautados somente em seus ideais e universos de atuação.

O trabalho prospectivo resultou em oito produtos: dois estudos bibliométricos e de análise de patentes, dois *TRM* de divulgação e uso restritos à Embrapa Agroenergia, um relatório Delphi e, até o momento, três publicações. Em primeira instância, atendeu seu objetivo primário, que era fornecer subsídios à chefia para o planejamento estratégico da Embrapa Agroenergia. Em segunda instância, a mobilização dos especialistas internos para avaliar, priorizar e planejar seu trabalho por meio do *TRM*. E, em um trabalho pioneiro na Unidade, estreitou relacionamento com parceiros via pesquisa Delphi. Por fim, como resultado final do trabalho, a equipe coordenadora do trabalho prospectivo, por meio desta publicação, fornece o detalhamento dos métodos prospectivos realizados, para que possam servir de base ou modelo para outras organizações que desejem realizar trabalhos dessa natureza.

## Considerações Finais

A evolução de processos para obtenção de ácidos carboxílicos e álcoois de base biológica é repleta de incertezas por se tratar de um contexto de elevada complexidade, dependente de uma série de fatores tecnológicos, ambientais, políticos, legais e sociais. O exercício prospectivo relatado neste trabalho permitiu o mapeamento dessas incertezas no âmbito local (Embrapa Agroenergia e Brasil) e internacional, cumprindo, portanto, com o propósito de ferramenta de planejamento para a equipe de pesquisa e para a gestão. Enquanto as perspectivas e percepções internas permitiram identificar os gargalos internos em termos de recursos humanos, financeiros e de infraestrutura necessários, a prospectiva e inteligência competitivas focadas no ambiente externo permitiram compreender a direção que o mercado está tomando, o perfil da pesquisa realizada localmente e quais as estratégias mais promissoras para a evolução tecnológica.

## Referências

- BRAGA, M.; FERREIRA, P. M.; LOPES, C. L.; BELÉM, D. DE L.; ALMEIDA, J. R. M. de. **Estudo bibliométrico e análise de patentes acerca da produção de ácidos carboxílicos e álcoois a partir de açúcares. Parte 1: ácidos carboxílicos.** Brasília, DF: Embrapa, 2021b. 93 p.
- BRAGA, M.; FERREIRA, P. M.; OLIVEIRA, C. R. de; ALMEIDA, J. R. M. de. **Estudo bibliométrico e análise de patentes acerca da produção de ácidos carboxílicos e álcoois a partir de açúcares. Parte 2: álcoois.** Brasília, DF: Embrapa, 2021a. 66 p.
- CALOF, J.; RICHARDS, G.; SMITH, J. Foresight, competitive intelligence and business analytics — tools for making industrial programmes more efficient. **Foresight-Russia**, v. 9, n. 1, p. 68-81, 2015. DOI: <https://doi.org/10.17323/1995-459X.2015.1.68.81>.
- CAPDEVILLE, G. de; ALVES, A. A.; BRASIL, B. dos S. A. F. **Modelo de inovação e negócios da Embrapa Agroenergia: gestão estratégica integrada de P&D e TT.** Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2017. 73 p. (Embrapa Agroenergia. Documentos, 24).
- EUROPEAN COMMISSION. **Bio-based products.** Disponível em: [https://ec.europa.eu/growth/sectors/biotechnology/bio-based-products\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/biotechnology/bio-based-products_en). Acesso em: 30 ago. 2019.
- EUROPEAN FORESIGHT PLATFORM. **ForLearn: what is foresight?** Disponível em: <http://www.foresight-platform.eu/community/forlearn/>. Acesso em: 26 out. 2019.
- FROLOW, M. **The bioeconomy to 2030: designing a policy agenda: main findings and policy conclusions.** Paris: OECD, 2009. Disponível em: <https://www.oecd.org/futures/long-termtechnologica/societalchallenges/thebioeconomyto2030designingapolicyagenda.htm>. Acesso em: 25 fev. 2022.
- GALLO, J. M. R.; TRAPP, M. A. The chemical conversion of biomass-derived saccharides: an overview. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 28, n. 9, p. 1586-1607, 2017.
- JESUS, K. R. E.; PEREIRA, V. da F.; TORRES, D. A. P.; FRONZAGLIA, T.; PAZIANOTTO, R. A. A.; LOPES, D. B. **Desafios para a inserção da bioeconomia brasileira no contexto mundial: análise preliminar da consulta a stakeholders.** Brasília, DF: Embrapa, 2018. 23 p. (Embrapa. Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas. Documentos, 6).
- KARLSEN, J. E.; KARLSEN, H. Classification of tools and approaches applicable in foresight studies. In: GIAOUTZI, M.; SAPIO, B. (ed.). **Recent developments in foresight methodologies.** New York: Springer Science: Business Media, 2013. p. 27-51. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5215-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5215-7_3).
- LBNET. **UK top bio-based chemicals opportunities.** London: E4tech, 2017. Disponível em: [www.e4tech.com](http://www.e4tech.com). Acesso em: 25 fev. 2022.
- MARQUES, J. B. V.; FREITAS, D. de. Método DELPHI: caracterização e potencialidades na pesquisa em Educação. **Pro-Posições**, v. 29, n. 2, p. 389-415, ago. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-6248-2015-0140>.
- MILES, I. The development of technology foresight: a review. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 9, p. 1448-1456, nov. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.07.016>.

OECD. **Biobased chemicals and bioplastics**: finding the right policy balance. Paris: OECD Publishing, 2014. (OECD science, technology and industry policy papers, n. 17). DOI: <https://doi.org/10.1787/5jxwwfjx0djf-en>.

OECD. **Meeting policy challenges for a sustainable bioeconomy**. Paris: OECD Publishing, 2018.

POPPER, R. Foresight methodology. In: GEORGHIOU, L.; HARPER, J. C.; KEENAN, M.; MILES, I.; POPPER, R. (ed.). **The handbook of technology foresight**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2008. p. 44-88.

SARDAR, Z. The Namesake: futures; futures studies; futurology; futuristic; foresight — What's in a name? **Futures**, v. 42, n. 3, p. 177-184, Apr. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2009.11.001>.

# Apêndices

## Apêndice 1: Folheto do Workshop interno Ácidos Carboxílicos

### Sobre os Ácidos Carboxílicos C1-C6

Os ácidos carboxílicos são comuns no setor alimentício, porém destacam-se como intermediários na indústria química, atuando como precursores de polímeros, fármacos entre outros produtos economicamente importantes.

Por essa razão, trata-se de uma classe de compostos que merece atenção em termos de desenvolvimento de rotas de base biológica (sustentável) a fim de garantir o suprimento dessas substâncias nesses mercados.

### Mais informações sobre os Ácidos Carboxílicos?

O Estudo Bibliométrico sobre a Produção de Ácidos Carboxílicos a partir de Açúcares (SPAT, 2018) estará disponível para consulta a partir do dia 05/04/2019.

### Outras atividades do Observatório/SPAT

**Workshop sobre Álcoois:**

- O evento será realizado em 21/05/2019.

**Workshop sobre Óleos:**

- O evento será realizado em 18/06/2019.

Dúvidas, comentários e sugestões?

**Contatar:**

- Melissa (SPAT), ramal 2295
- Mônica (Observatório), ramal 2328

## PLATAFORMA INDUSTRIAL DE AÇÚCARES C5/C6: Ácidos Carboxílicos

Workshop interno



02 de maio de 2019  
Embrapa Agroenergia  
Brasília/DF




### Especialista,

Você é nosso convidado para participar do Workshop interno, no qual será discutido o futuro da Plataforma Industrial de Ácidos Carboxílicos de Base Biológica em nossa unidade.

A sua escolha para este evento considerou sua formação, experiência e capacidade em transitar por temas transversais inerentes à bioeconomia.

O evento será um excelente momento para discussão técnica com os seus pares sobre o tema e o alinhamento dele às linhas de atuação e competências técnicas da Unidade.

Para subsidiar as discussões, será disponibilizado um Documento Orientador, que compreende um resumo do *Estudo Bibliométrico de Ácidos Carboxílicos passíveis de serem obtidos a partir de Açúcares*, que contém dados técnicos da literatura científica e patentária recentes.

Os tópicos a serem abordados no Workshop compreendem questões de cunho mercadológico, tecnológico e gerencial. Dada a alta densidade e complexidade desses assuntos e para a deliberação em um único dia, será disponibilizado, on-line, um questionário que deverá ser preenchido e enviado até 22/04. Dessa forma, garantiremos que a sua análise individual será considerada.

Bom trabalho e contamos com a efetiva participação de todos!

### Sobre o Workshop

O Workshop é um método de Prospeção Tecnológica em que há a deliberação por um corpo de especialistas acerca de um tema de interesse corporativo.

O objetivo deste é discutir e deliberar sobre o futuro dos ácidos carboxílicos em termos de tipos mais promissores, áreas de aplicação e adequação do tema às competências da Embrapa Agroenergia.

Durante a realização do evento, espera-se:

- Análise crítica do conteúdo em pauta à luz do conhecimento do especialista e das informações fornecidas;
- Participação ativa do especialista nas discussões com os pares;
- Estabelecimento de correlações entre os aspectos mercadológico, tecnológico e gerencial;
- Alcance de um consenso, construído em conjunto com o grupo.

### Informações gerais

Data: 02/05/2019  
Hora: 8h30 às 15h40  
Local: Auditório Macaúba

## PLATAFORMA INDUSTRIAL DE AÇÚCARES C5/C6: Ácidos Carboxílicos – 02 de maio de 2019

- Programação -

Hora	Atividade	Responsável
8h30 às 8h40	Boas vindas	
8h40 às 8h45	Objetivos e funcionamento do painel	Moderador
8h40 às 9h	Apresentação dos resultados do estudo	Moderador
9h às 10h	Apontamentos sobre o tema individualmente	Especialistas
10h às 10h15	Intervalo	
10h15 às 10h45	Discussão em grupos de trabalho e deliberação sobre mercado, negócio, produto e tecnologia	Especialistas
10h45 às 11h05	Apresentação dos resultados da discussão em grupo	Representantes dos grupos
11h05 às 12h	Consolidação dos resultados	Moderador + Representantes dos grupos
12h às 13h30	Almoço	
13h30 às 14h	Discussão em grupos de trabalho sobre recursos (disponíveis e necessários)	Especialistas
14h às 15h	Apresentação dos resultados da discussão em grupo	Representantes dos grupos
15h às 15h20	Consolidação dos resultados	Moderador + Representantes dos grupos
15h30 às 15h40	Encerramento	Moderador

## Apêndice 2: Folheto do Workshop interno Álcoois

### Sobre os Álcoois

Os álcoois alifáticos são compostos versáteis, com ampla utilização em uma série de segmentos industriais, tais como: combustíveis, solventes, intermediários químicos e alimentos.

Atualmente, apenas uma pequena fração dos álcoois é de base biológica, porém a sua diversidade de aplicações industriais, a crescente demanda por energia, autossuficiência energética, somada aos benefícios ambientais associados à substituição da gasolina têm impulsionado o desenvolvimento dessa classe de compostos.

Nesse sentido, o uso de matérias-primas renováveis (biomassas) e processos economicamente viáveis para a produção de álcoois mais eficientes energeticamente e com menores problemas ambientais, têm sido um desafio para a ciência.

### Outras atividades do Observatório/SPAT

#### Workshop sobre Ácidos Carboxílicos:

- O evento será realizado em 02/05/2019.

#### Workshop sobre Óleos:

- O evento será realizado em 18/06/2019.

Dúvidas, comentários e sugestões?

**Contatar:**

- Melissa (SPAT), ramal 2295
- Mônica (Observatório), ramal 2328

## PLATAFORMA INDUSTRIAL DE AÇÚCARES C5/C6: Álcoois

Workshop interno



21 de maio de 2019  
Embrapa Agroenergia  
Brasília/DF




### Especialista,

Você é nosso convidado para participar do Workshop Interno, no qual será discutido o futuro da Plataforma Industrial de Álcoois de base biológica em nossa unidade.

A sua escolha para este evento considerou sua formação, experiência e capacidade em transitar por temas transversais inerentes à bioeconomia.

O evento será um excelente momento para discussão técnica com os seus pares sobre o tema e o alinhamento dele às linhas de atuação e competências técnicas da Unidade.

Para subsidiar as discussões, será disponibilizado um Documento Orientador, que compreende um Estudo Bibliométrico sobre a produção de Álcoois a partir de Açúcares, que contém dados técnicos da literatura científica e patentária recentes.

Os tópicos a serem abordados no Workshop compreendem questões de cunho mercadológico, tecnológico e gerencial. Dada a alta densidade e complexidade desses assuntos para a deliberação em um único dia, será disponibilizado, on-line, um questionário que deverá ser preenchido e enviado até 13/05. Dessa forma, garantiremos que a sua análise individual será considerada.

Bom trabalho e contamos com a efetiva participação de todos!

### Sobre o Workshop

O Workshop é um método de Prospecção Tecnológica em que há a deliberação por um corpo de especialistas acerca de um tema de interesse corporativo.

O objetivo deste evento é discutir e deliberar sobre o futuro dos Álcoois em termos de tipos mais promissores, áreas de aplicação e adequação do tema às competências da Embrapa Agroenergia.

Durante a realização do evento, espera-se:

- Análise crítica do conteúdo em pauta à luz do conhecimento do especialista e das informações fornecidas.
- Participação ativa do especialista nas discussões com os pares.
- Estabelecimento de correlações entre os aspectos mercadológico, tecnológico e gerencial.
- Alcance de um consenso, construído em conjunto com o grupo.

### Informações gerais

Data: 21/05/2019  
Hora: 8h30 às 15h40  
Local: Auditório Macaúba

## PLATAFORMA INDUSTRIAL DE AÇÚCARES C5/C6: Álcoois – 21 de maio de 2019

- Programação -

Hora	Atividade	Responsável
8h30 às 8h40	Boas vindas	
8h40	Objetivos e funcionamento do painel	Moderador
8h40 às 9h	Apresentação dos resultados do estudo	Moderador
9h às 10h	Apointamentos sobre o tema individualmente	Especialistas
10h às 10h15	Intervalo	
10h15 às 10h45	Discussão em grupos de trabalho e deliberação sobre mercado, negócio, produto e tecnologia	Especialistas
10h45 às 11h05	Apresentação dos resultados da discussão em grupo	Representantes dos grupos
11h05 às 12h	Consolidação dos resultados	Moderador + Representantes dos grupos
12h às 13h30	Almoço	
13h30 às 14h	Discussão em grupos de trabalho sobre recursos (disponíveis e necessários)	Especialistas
14h às 15h	Apresentação dos resultados da discussão em grupo.	Representantes dos grupos
15h às 15h20	Consolidação dos resultados	Moderador + Representantes dos grupos
15h30 às 15h40	Encerramento	Moderador

## Apêndice 3: Questionário da Pesquisa de Opinião – Tema de Ácidos Carboxílicos

### PARTE 1: Sobre o ambiente externo, responda:

1 - Qual o impacto das políticas públicas no desenvolvimento de compostos de base biológica, destacadamente os ácidos carboxílicos de cadeia curta (C1-C6)?

Muito importante	Importante	Razoavelmente importante	Pouco importante	Sem importância

Justifique e/ou exemplifique:

2 - Qual o impacto ambiental com o desenvolvimento de compostos de base biológica, destacadamente os ácidos carboxílicos de cadeia curta (C1-C6)?

Muito importante	Importante	Razoavelmente importante	Pouco importante	Sem importância

Justifique e/ou exemplifique:

3 - Qual o impacto social com o desenvolvimento de compostos de base biológica, destacadamente os ácidos carboxílicos de cadeia curta (C1-C6)?

Muito importante	Importante	Razoavelmente importante	Pouco importante	Sem importância

Justifique e/ou exemplifique:

4 - Qual o impacto tecnológico no desenvolvimento de compostos de base biológica, destacadamente os ácidos carboxílicos de cadeia curta (C1-C6)?

Muito importante	Importante	Razoavelmente importante	Pouco importante	Sem importância

Justifique e/ou exemplifique:

5 - Qual o impacto econômico no desenvolvimento de compostos de base biológica, destacadamente os ácidos carboxílicos de cadeia curta (C1-C6)?

Muito importante	Importante	Razoavelmente importante	Pouco importante	Sem importância

Justifique e/ou exemplifique:

6 - Qual a importância de questões legais para o desenvolvimento de compostos de base biológica, destacadamente os ácidos carboxílicos de cadeia curta (C1-C6)?

Muito importante	Importante	Razoavelmente importante	Pouco importante	Sem importância

Justifique e/ou exemplifique:

7 - Quais os mercados consumidores para tecnologias (processos) de produção de ácidos carboxílicos de cadeia curta (C1-C6)?

América do Norte	Europa	Brasil (local)	BRICS	Outros?

Justifique e/ou exemplifique:

8 - Quais as matérias-primas (biomassas) mais promissoras para a obtenção dos açúcares que serão convertidos nos ácidos carboxílicos? Quais barreiras podem ser apontadas para a utilização dessa matéria-prima?

9 - Quais são os principais concorrentes para tecnologias (processos) desenvolvidas pela Embrapa Agroenergia associadas à produção de ácidos carboxílicos de cadeia curta (C1-C6)?

10 - Quais são os principais clientes das tecnologias (processos) desenvolvidas pela Embrapa Agroenergia associadas à produção de ácidos carboxílicos de cadeia curta (C1-C6)?

11 - Quais são os parceiros em potencial para o desenvolvimento em conjunto com a Embrapa Agroenergia de tecnologias (processos) de produção de ácidos carboxílicos de cadeia curta (C1-C6)?

**PARTE 2: Sobre os ácidos do Grupo 1 responda:**

1 - O enquadramento deles é adequado, isto é, para todos existe ao menos um processo industrial de base biológica por meio do qual podem ser obtidos esses ácidos? Justifique:

Concordo totalmente	Concordo	Indeciso	Discordo	Discordo totalmente

2 - Aponte os ácidos enquadrados neste grupo que você considera mais importantes do ponto de vista técnico e econômico. Justifique.

3 - Quais as barreiras técnicas a serem superadas para este grupo de compostos?

**PARTE 3: Sobre os ácidos do Grupo 2 responda:**

1 - O enquadramento deles é adequado, isto é, não há para eles um processo de base biológica estabelecido?

Concordo totalmente	Concordo	Indeciso	Discordo	Discordo totalmente

Justifique:

2 - No seu entendimento, quais têm maior potencial de serem produzidos a partir de base biológica? Nesses casos, quais rotas mostram-se mais promissoras (química/biológica/híbrida/parcial)? Justifique:

3 - Qual o impacto da utilização de açúcares (monossacarídeos) nos processos tradicionais de base petroquímica para a obtenção desses ácidos? Justifique:

4 - Sobre as barreiras técnicas a serem superadas para a obtenção desses ácidos a partir de açúcares (monossacarídeos), classifique quanto ao grau de importância delas:

Muito importante	Importante	Razoavelmente importante	Pouco importante	Sem importância

Justifique:

5 - Sobre as barreiras econômicas a serem superadas para a obtenção desses ácidos a partir de açúcares (monossacarídeos), classifique quanto ao grau de importância delas:

Muito importante	Importante	Razoavelmente importante	Pouco importante	Sem importância

Justifique:

#### Parte 4: Sobre os ácidos do Grupo 3 responda:

1 - O enquadramento deles é adequado, isto é, trata-se de ácidos pouco explorados ou não explorados comercialmente?

Concordo totalmente	Concordo	Indeciso	Discordo	Discordo totalmente

Justifique:

2 - Sobre as barreiras técnicas a serem superadas para a obtenção desses ácidos a partir de açúcares (monossacarídeos), classifique quanto ao grau de importância delas:

Muito importante	Importante	Razoavelmente importante	Pouco importante	Sem importância

Justifique ou exemplifique:

**PARTE 5: Sobre o Ambiente Interno, responda:**

1 - Em quais ácidos ou grupo de ácidos a Embrapa Agroenergia deve investir recursos financeiros e de pessoal para desenvolvimento de processos? Exemplifique.

( ) Grupo 1. Quais ácidos?

( ) Grupo 2. Quais ácidos?

( ) Grupo 3. Quais ácidos?

2 - Considerando a resposta ao item 1, quanto recurso financeiro é necessário para o desenvolvimento de uma tecnologia de base biológica competitiva?

3 - Considerando a resposta ao item 1, quais habilidades e competências serão necessárias para o desenvolvimento de uma tecnologia competitiva?

4 - Considerando a resposta ao item 1, quais UD's e/ou parceiros externos serão importantes para o desenvolvimento de uma tecnologia competitiva?  
Resposta:

5 - Considerando a resposta ao item 1, qual infraestrutura será necessária, além da atualmente disponível, para o desenvolvimento de uma tecnologia competitiva?

**PARTE 6: Final**

1 - Quais são suas considerações sobre o estudo? Ele atendeu ao propósito? A metodologia foi adequada? Existem outros produtos da mesma classe que deveriam ter sido abordados?

2 - Quais são suas sugestões de temas para os próximos estudos prospectivos?

## Apêndice 4: Questionário para a Pesquisa de Opinião – Tema de Álcoois

### PARTE 1: Sobre o ambiente externo, responda:

1 - Qual o impacto das políticas públicas no desenvolvimento de compostos de base biológica, destacadamente os álcoois de cadeia curta (C1-C6)?

Muito importante	Importante	Razoavelmente importante	Pouco importante	Sem importância

Justifique e/ou exemplifique:

2 - Qual o impacto ambiental com o desenvolvimento de compostos de base biológica, destacadamente os álcoois de cadeia curta (C1-C6)?

Muito importante	Importante	Razoavelmente importante	Pouco importante	Sem importância

Justifique e/ou exemplifique:

3 - Qual o impacto social com o desenvolvimento de compostos de base biológica, destacadamente os álcoois de cadeia curta (C1-C6)?

Muito importante	Importante	Razoavelmente importante	Pouco importante	Sem importância

Justifique e/ou exemplifique.

4 - Qual o impacto tecnológico no desenvolvimento de compostos de base biológica, destacadamente os álcoois de cadeia curta (C1-C6)?

Muito importante	Importante	Razoavelmente importante	Pouco importante	Sem importância

Justifique e/ou exemplifique:

5 - Qual o impacto econômico no desenvolvimento de compostos de base biológica, destacadamente os álcoois de cadeia curta (C1-C6)?

Muito importante	Importante	Razoavelmente importante	Pouco importante	Sem importância

Justifique e/ou exemplifique:

6 - Qual a importância de questões legais para o desenvolvimento de compostos de base biológica, destacadamente os álcoois de cadeia curta (C1-C6)?

Muito importante	Importante	Razoavelmente importante	Pouco importante	Sem importância

Justifique e/ou exemplifique:

7 - Quais os mercados consumidores para tecnologias (processos) de produção de álcoois de cadeia curta (C1-C6)?

( ) América do Norte ( ) Europa ( ) Brasil ( ) BRICS ( ) Outros

8 - Quais as matérias-primas (biomassas) mais promissoras para a obtenção dos açúcares que serão convertidos nos álcoois? Quais barreiras podem ser apontadas para a utilização dessa matéria-prima?

9 - Quais são os principais concorrentes para tecnologias (processos) desenvolvidas pela Embrapa Agroenergia associadas à produção de álcoois de cadeia curta (C1-C6)?

10 - Quais são os principais clientes das tecnologias (processos) desenvolvidas pela Embrapa Agroenergia associadas à produção de álcoois de cadeia curta (C1-C6)?

11 - Quais são os parceiros em potencial para o desenvolvimento em conjunto com a Embrapa Agroenergia de tecnologias (processos) de produção de álcoois de cadeia curta (C1-C6)?

## PARTE 2: Sobre o mercado

- Tamanho de mercado (T/ano): quantidade atual ou potencial, em toneladas/ano. Para produtos químicos que possuem mercados pouco desenvolvidos ou inexistentes, o tamanho do mercado deve ser estimado com base nos potenciais derivados e substituições de produtos à base de petróleo. A escala de pontuação corresponde a
  - Baixo (0): mercados pouco desenvolvidos ou inexistentes.
  - Médio (1): mercados estabelecidos, porém restrito a baixas quantidades (1.000-10.000 T/a), nichos de mercado.
  - Alto (2): grandes quantidades, commodities.
- Valor unitário (US\$/T): avaliação pautada no preço do composto. Pode ser estimada com base em seu custo de produção e no mercado que se destina. A escala de pontuação corresponde a:
  - Baixo (0): o produto de baixo custo, por exemplo, *commodities*. O processo de obtenção do produto de base biológica deve necessariamente levar em conta o custo de produção, visto que altos custos unitários não têm/terão adesão do público-alvo.
  - Médio (1): produto empregado como componente de formulações, produzidos em bateladas. Ao contrário das *commodities*, são produzidos em quantidades menores e têm custos unitários maiores. Exemplos são as composições para *personal care*, farmacêuticas e de defensivos agrícolas.
  - Alto (2): uma especialidade química, são produzidos em pequena quantidade, cujas características e propriedade dependem, por exemplo de isomeria. Destacam-se com aplicações como princípios ativos na indústria farmacêutica. O custo de produção é relativamente alto.
- Potencial de crescimento de mercado: possibilidade de crescimento do mercado do produto químico passível de ser substituído pela alternativa de base biológica. Geralmente essa medida é estimada pela taxa de crescimento anual composta (CAGR) projetada. Na ausência dessa taxa no documento orientador, estimar o crescimento considerando-se a evolução do mercado para o produto químico investigado, as mudanças esperadas desses fatores ao longo do tempo e / ou o crescimento

esperado do mercado do produto de base biológica ou de seus derivados. A escala de pontuação corresponde a:

- Baixo potencial de crescimento (0),  $CAGR < 5\%$
- Médio potencial de crescimento (1),  $5\% < CAGR < 10\%$ .
- Alto potencial de crescimento (2),  $CAGR > 10\%$ .

### PARTE 3: Sobre o produto

- Competitividade e acesso ao mercado: nível e força dos concorrentes existentes e barreiras à entrada no mercado. Dependem do número e do tipo de atores-chave envolvidos na produção ou desenvolvimento da substância química de base biológica; do nível e do tipo de parcerias entre os desenvolvedores de tecnologia e os produtores da substância química de base biológica; do estágio de desenvolvimento tecnológico e do cenário de propriedade intelectual (PI). A escala de pontuação corresponde a:
  - Baixa (0): Poucos ou nenhum player(s) de base biológica no estágio inicial de desenvolvimento sem parcerias fortes.
  - Média (1): alguns participantes de base biológica no estágio inicial do desenvolvimento de produtos, com algumas parcerias em toda a cadeia de valor.
  - Alta (2): Grandes empresas multinacionais envolvidas no desenvolvimento ou produção de tecnologia de base biológica, detentoras de PI relacionadas à tecnologia e produtos, com fortes parcerias com outras multinacionais ou desenvolvedores de tecnologia.
- Potencial para integração da cadeia de suprimentos: avaliar se, no contexto local (Brasil), o produto de base biológica demandará a criação de uma nova cadeia de suprimentos, setorial/específica ou integrará uma cadeia de fornecimento preexistente.

A escala de pontuação corresponde a:

- Baixo (0): sem oportunidades para a produção e integração a cadeias produtivas preexistentes.
- Médio (1): oportunidades limitadas para produção e integração a cadeias produtivas preexistentes.

- Alto (2): boas oportunidades para produção no Brasil e integração a cadeias produtivas preexistentes.
- Propriedades diferenciadas: recursos ou funcionalidades interessantes do produto podem criar uma atração de mercado e aumentar a atratividade do mercado. Para esse critério, avaliar se um produto químico de base biológica possui características interessantes ou avançadas, especialmente em comparação com seu análogo derivado de petróleo, e quão importantes esses recursos podem ser para o mercado. Recursos incluem melhor desempenho; impacto ambiental; biodegradabilidade; menor toxicidade; taxas de emissões de gases de efeito estufa; e mais processos de produção de energia ou custo-benefício. A escala de pontuação corresponde a:
  - Baixo (0): sem vantagens em comparação com alternativas derivadas do petróleo.
  - Média (1): pelo menos uma característica ou vantagem interessante em comparação com alternativas baseadas em petróleo.
  - Alta (2): vantagens significativas e recursos avançados em comparação com alternativas baseadas em petróleo.

ÁLCOOL	Tamanho do mercado	Valor unitário alto	Potencial de crescimento do mercado	Competitividade e acesso ao mercado	Propriedades diferenciadas	Potencial para integração da cadeia de suprimentos
2,3-butanodiol						
2-metil-1-butanol						
2-pentanol						
arabitol						
1,4-butanodiol						
1-butanol						
2-butanol						
eritritol						
etanol						
etilenoglicol						
fucitol						
furfurílico						

ÁLCOOL	Tamanho do mercado	Valor unitário alto	Potencial de crescimento do mercado	Competitividade e acesso ao mercado	Propriedades diferenciadas	Potencial para integração da cadeia de suprimentos
galactitol						
glicerol						
1-hexanol						
iditol						
inositol						
isobutanol						
isopentanol						
Isopentenol						
isopropanol						
manitol						
metanol						
1-pentanol						
1, 2-propanodiol						
1,3-propanodiol						
1-propanol						
ribitol						
sorbitol						
treitol						
xilitol						

#### PARTE 4: Sobre a pesquisa desenvolvida no Embrapa Agroenergia

- Atividade de pesquisa: indicar qual o avanço da pesquisa na Unidade ou grau de envolvimento no tema:
  - Pouco ou nenhum (0): não há atividade em andamento relacionada ao produto.
  - Médio (1): existem iniciativas isoladas, sem parcerias formalmente estabelecidas, ou projetos que foram desenvolvidos no passado, mas que não tiveram continuidade.

- Alto (2): existem projetos aprovados, em vigência, com perspectiva de continuidade.
- Competências e habilidades da equipe técnica: avaliar a formação, conhecimento e experiência para propor rotas ou processos para desenvolvimento dos álcoois e derivados deles, a partir de matérias-primas renováveis:
  - Pouca ou nenhuma (0): a EMBRAPA AGROENERGIA não possui competências ou os conhecimentos são limitados ou possui competências ou conhecimentos muito limitados para o desenvolvimento e produção do álcool de base biológica, dependendo essencialmente de parcerias externas.
  - Médio (1): possui equipe com certas competências ou know-how relevantes para o desenvolvimento e produção do álcool, porém essas competências não são o suficiente ou as pessoas que detêm esse conhecimento são em número insuficiente para o desenvolvimento da pesquisa.
  - Alta (2): evidência clara de capacidades, ou seja, a EMBRAPA AGROENERGIA possui a maioria ou todas as competências e know-how relevantes para o desenvolvimento e produção do produto químico de base biológica, e a necessidade de contratação de colaboradores só é necessária para a execução das atividades e não para o planejamento delas.
- Infraestrutura: sobre a infraestrutura disponível, avalie a qualidade e quantidade disponível para o desenvolvimento de produtos de base biológica, destacadamente os álcoois de cadeia curta:
  - Pouca ou nenhuma estrutura para o desenvolvimento da pesquisa (0): a EMBRAPA AGROENERGIA não possui estrutura ou esta é limitada para o desenvolvimento e produção do álcool de base biológica, dependendo essencialmente de parcerias externas.
  - Médio (1): possui infraestrutura relevante para o desenvolvimento e produção do álcool, porém esta não é suficiente.
  - Completa (2): a EMBRAPA AGROENERGIA possui a maioria ou a totalidade de equipamentos relevantes para o desenvolvimento e produção do produto químico de base biológica, sendo necessá-

rios poucos ou nenhum equipamento ou infraestrutura extra para o desenvolvimento.

- **Recursos financeiros:** recursos financeiros para avanço na escala de maturidade tecnológica TRL/MRL 4-5. A escala de pontuação corresponde a:
  - Baixo (0): existe expertise e know-how no assunto e o processo já se encontra desenvolvido em escala de bancada TRL/MRL =3. O recurso financeiro necessário para alcançar TRL/MRL 4-5 é baixo, < R\$ 500.000.
  - Médio (1): existem iniciativas em andamento acerca dos processos de obtenção desse álcool. O recurso financeiro necessário para alcançar TRL/MRL 4-5 é mediano, entre R\$ 500.000 – 1.000.000.
  - Alto (2): inexistem pesquisas na Unidade acerca dos processos de obtenção do álcool. O recurso financeiro necessário para alcançar TRL/MRL 4-5 é alto, > R\$ 1.000.000.

ÁLCOOL	Atividade de pesquisa	Competências e habilidades da equipe técnica	Infraestrutura	Recursos financeiros
2,3-butanodiol				
2-metil-1-butanol				
2-pentanol				
arabitol				
1,4-butanodiol				
1-butanol				
2-butanol				
eritritol				
etanol				
etilenoglicol				
fucitol				
galactitol				
glicerol				
1-hexanol				
iditol				

ÁLCOOL	Atividade de pesquisa	Competências e habilidades da equipe técnica	Infraestrutura	Recursos financeiros
inositol				
isobutanol				
isopentanol				
Isopentenol				
isopropanol				
manitol				
metanol				
1-pentanol				
1,2-propanodiol				
1,3-propanodiol				
1-propanol				
ribitol				
sorbitol				
treitol				
xilitol				

### PARTE 5: Sobre o ambiente interno:

1 - Em quais álcoois a Embrapa Agroenergia deve investir recursos financeiros e de pessoal em curto, médio e longo prazos para desenvolvimento de processos? Exemplifique.

2 - Considerando a resposta ao item 1, quais habilidades e competências serão necessárias para o desenvolvimento de uma tecnologia competitiva?

3 - Considerando a resposta ao item 1, quais UDs e/ou parceiros externos serão importantes para o desenvolvimento de uma tecnologia competitiva?

Resposta:

## **PARTE 6: Final**

1 - Quais são suas considerações sobre o estudo? Ele atendeu ao propósito? A metodologia foi adequada? Existem outros produtos da mesma classe que deveriam ter sido abordados?

2 - Quais são suas sugestões de temas para os próximos estudos prospectivos?

## Apêndice 5: Mapa físico distribuído para execução de atividade em grupo no Workshop de Ácidos Carboxílicos e no Workshop de Álcoois

		Presente/ Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
Mercado	Tendências e direcionadores			
	 - Políticos			
	 - Ambientais			
	 - Sociais			
	 - Tecnológicos			
	 - Econômicos			
	 - Legal			
	 Clientes			
Negócio	 Aplicações			
	 Valor do mercado			
	 Consumo			
Produto	 Grupo 1			
	 Grupo 2			
	 Grupo 3			
Tecnologia	 Biológica			
	 Química			
Recursos	 Financeiro			
	 Habilidades/competências			
	 Parcerias externas			
	 Fonte de matéria-prima			
	 Parceiros internos (outras UDs)			
	 Infraestrutura			
	 Outros			

Kit distribuído para execução de atividade em grupo no Workshop de Ácidos Carboxílicos e no Workshop de Álcoois.

<p>Elementos para inclusão de informações: cada um dos três grupos recebeu de uma cor</p> 	<p>Elementos usados para inferir valores</p> 
<p>Elemento para votação. Cada membro do grupo recebeu uma estrela para apontar o elemento que considera mais propenso ao sucesso</p> 	<p>Elemento utilizado para incluir obstáculos a serem superados para o atingimento de objetivos</p> 

## Apêndice 6: Questionário Delphi para Ácidos Carboxílicos e Álcoois

### Tema 1: MATÉRIA-PRIMA

Este tema trata das matérias-primas renováveis (ou biomassas) e seu potencial para produção de ácidos carboxílicos e álcoois de cadeia curta (C1-C6), a partir de açúcares C5/C6, no Brasil.

\*Autoanálise: assinale abaixo o seu grau de conhecimento sobre este tema.

( ) Não familiar ( ) Casualmente adquirido ( ) Familiar  
( ) Conhecedor ( ) Especialista

1.1. No que diz respeito à fonte dos açúcares (pentoses e hexoses) para produção de ácidos carboxílicos e álcoois, qual o grau de importância que você atribui às matérias-primas apresentadas abaixo, considerando o horizonte temporal de 2030, no Brasil:

1 (não importante) a 5 (extremamente importante)

	1	2	3	4	5
Culturas sacaríneas (Ex.: cana-de-açúcar, sorgo-sacarino)					
Culturas amiláceas (Ex.: milho, mandioca)					
Culturas dedicadas – “energy crops” (Ex.: cana-energia, capim-elefante)					
Subprodutos da cadeia agroindustrial (Ex.: resíduos agrícolas, resíduos florestais, coprodutos industriais)					
Resíduos sólidos urbanos (Ex.: poda, lodo)					
Biomassa algal					

Comentário adicional ou sugestão

1.2. No que diz respeito ao pré-tratamento da matéria-prima lignocelulósica com o objetivo de facilitar a hidrólise e a obtenção de açúcares fermentescíveis, qual o grau de aplicabilidade que você atribui aos processos

apresentados abaixo, considerando o horizonte temporal de 2030, no Brasil:

1 (não aplicável) a 5 (extremamente aplicável)

	1	2	3	4	5
Organosolv					
Ácido ou básico					
Explosão a vapor					
Biológico					

Comentário adicional ou sugestão. Caso algum método de pré-tratamento que julgue aplicável não esteja listado acima, insira-o, justifique-o e avalie seu grau de aplicabilidade.

--

1.3. Atribua importância aos desafios, em termos de matérias-primas renováveis, para viabilizar o processo de obtenção de ácidos carboxílicos e álcoois a partir de açúcares, considerando o horizonte temporal de 2030, no Brasil, de acordo com a seguinte escala:

1 (não importante) a 5 (extremamente importante)

	1	2	3	4	5
Aumento da eficiência produtiva de matéria-prima no campo, minimizando os impactos ambientais negativos e maximizando os benefícios socioeconômicos.					
Suprimento satisfatório de matérias-primas renováveis, em termos de qualidade e quantidade, para atender os processos de obtenção de açúcares.					
Equacionamento de questões que mitiguem a competição do uso da matéria-prima renovável para outros fins como alimentação e energia (queima), gerando instabilidade na oferta					
Identificação de condicionantes que minimizem o impacto na demanda por matéria-prima renovável em razão da variação no preço do petróleo					
Estabilidade no suprimento de matéria-prima renovável diante de questões como safra ou fatores climáticos					
Promoção e incentivo aos agricultores, por meio econômico, fiscal ou de políticas públicas, para realizar a colheita, armazenamento ou fracionamento apropriados da matéria-prima					

Estabelecimento de cadeia logística para armazenamento apropriado e distribuição eficiente da matéria-prima renovável, otimizando oferta e distribuição regional					
Adequação dos processos de pré-tratamento, sacarificação e fermentação aos diferentes tipos de matéria-prima renovável					
Integração com a cadeia agrícola preexistente, no caso da matéria-prima residual, desde a colheita até a distribuição da biomassa					

### Comentário adicional ou sugestão

## Tema 2: PRODUTOS e PROCESSOS

Produtos de base biológica são definidos pela Comissão Europeia como produtos totalmente ou parcialmente derivados de materiais de origem biológica, excluindo materiais incorporados em formações geológicas ou fossilizados. Esses produtos podem ser divididos em três grupos:

- Produtos renováveis comerciais, com produção industrial estabelecida a partir de matérias-primas renováveis.
- Produtos de composição química idêntica aos petroquímicos, chamados de “drop-in”, cuja utilização dispensa adaptação nos processos ou produtos em que são utilizados.
- Produtos novos, com proposta i) de substituição funcional dos petroquímicos, embora com composição química distinta ou ii) disruptiva, com perspectivas de novas aplicações ou funcionalidades desses produtos ou de seus derivados.

Autoanálise: assinale abaixo o seu grau de conhecimento sobre o assunto abordado neste tema.

- ( ) Não familiar    ( ) Casualmente adquirido    ( ) Familiar  
 ( ) Conhecedor    ( ) Especialista

2.1. Avalie, quanto ao grau de importância, os processos abaixo para obtenção de ácidos carboxílicos e álcoois a partir de açúcares, comparando-os entre si e considerando o horizonte temporal de 2030, no Brasil, de acordo com a seguinte escala:

1 (não importante) a 5 (extremamente importante)

	1	2	3	4	5
Desenvolvimento ou aprimoramento de processos preexistentes para obtenção de produtos renováveis comerciais					
Processos de obtenção de substitutos diretos dos petroquímicos (“drop-in”)					
Processos de obtenção e avaliação de desempenho de substitutos funcionais dos petroquímicos, quimicamente diferentes dos derivados do petróleo, mas com características ou propriedades similares					
Processos de obtenção e avaliação de desempenho de produtos avançados, os quais não se assemelham aos petroquímicos nas características ou propriedades, mas que podem criar novos mercados, aplicações ou funcionalidades					

Comentário adicional ou sugestão

--

2.2. No que diz respeito aos desafios relacionados aos processos preexistentes de obtenção de ácidos carboxílicos e álcoois de cadeia curta (C1-C6), qual o grau de importância que você atribui aos seguintes desafios listados abaixo, considerando o horizonte temporal de 2030, no Brasil, de acordo com a seguinte escala:

1 (não importante) a 5 (extremamente importante)

	1	2	3	4	5
Diversificação da fonte de monossacarídeos, com vistas à redução do custo da matéria-prima renovável atual, predominantemente C6					
Redução da demanda energética, comparativamente aos processos preexistentes					
Desenvolvimento ou ampliação do mercado para estereoisômeros (ex: ácidos L-málico, L-láctico, D-glucônico) produzidos principalmente por rota biológica, para aplicações específicas					

Modificação genética dos microrganismos ou processos enzimáticos a fim de aumentar os coeficientes técnicos (concentração final, rendimento e produtividade)					
Otimização das condições de fermentação, principalmente em termos de redução do custo e quantidade de nutrientes					
Prospecção da biodiversidade brasileira em microrganismos/genes/enzimas capazes de promover ou otimizar os processos preexistentes					
Prospecção da biodiversidade brasileira, ou desenvolvimento por meio de melhoramento genético, de microrganismos capazes de fermentar outras fontes (não C6), tais como C5 ou glicerol.					
Desenvolvimento de processos contínuos de sacarificação e fermentação					
Aprimoramento do processo de recuperação e purificação do produto de interesse ( <i>downstream</i> )					
Redução do número de etapas dos processos microbianos/fermentativos preexistentes					
Diversificação de elementos ativos em catalisadores químicos					
Aumento na estabilidade, funcionalização, seletividade e números de reciclo de catalisadores (químicos) preexistentes					
Desenvolvimento de novos suportes para sítios ativos químicos ou enzimáticos, com características textuais otimizadas (Ex.: área superficial, volume de poros e distribuição de tamanho de poros)					

### Comentário adicional ou sugestão

--

### 2.3. Marque 3 ácidos carboxílicos e 3 álcoois classificados como Produtos Renováveis Comerciais que você considera mais importantes:

Ácidos Carboxílicos	Álcoois
<input type="checkbox"/> Ácido acético	<input type="checkbox"/> 2,3-butanodiol
<input type="checkbox"/> Ácido ascórbico	<input type="checkbox"/> Eritritol
<input type="checkbox"/> Ácido cítrico	<input type="checkbox"/> Etanol
<input type="checkbox"/> Ácido fumárico	<input type="checkbox"/> Treitol
<input type="checkbox"/> Ácido glucônico	<input type="checkbox"/> Glicerol
<input type="checkbox"/> Ácido itacônico	<input type="checkbox"/> Arabitol
<input type="checkbox"/> Ácido láctico	<input type="checkbox"/> Xilitol
<input type="checkbox"/> Ácido málico	<input type="checkbox"/> Ribitol
<input type="checkbox"/> Ácido oxálico	<input type="checkbox"/> Manitol

<input type="checkbox"/> Ácido succínico	<input type="checkbox"/> Sorbitol
<input type="checkbox"/> Ácido tartárico	<input type="checkbox"/> Álcool furfurílico

Qual(is) produto(s) deste grupo, Produtos Renováveis Comerciais, você julga importante(s) e que não está(ão) na lista acima? Justifique.

2.4. No que diz respeito aos desafios de pesquisa relacionados aos processos para obtenção de produtos do tipo “drop in” de base biológica, especificamente os ácidos carboxílicos e álcoois de cadeia curta (C1-C6), a partir de açúcares, qual o grau de importância que você atribui aos seguintes desafios listados abaixo, considerando o horizonte temporal de 2030, no Brasil, de acordo com a seguinte escala:

1 (não importante) a 5 (extremamente importante)

	1	2	3	4	5
Redução ou nivelamento do custo de produção aos petroquímicos “drop-in”					
Redução do número de etapas dos processos produtivos em desenvolvimento					
Integração do produto na cadeia produtiva (petroquímica) preexistente					
Atendimento às especificações técnicas atualmente aceitas no mercado					
Desenvolvimento de processos bioquímicos por meio de enzimas ou melhoramento genético de microrganismos capazes de produzir o ácido/álcool					
Desenvolvimento de processos químicos (catálise química) de produção do ácido/álcool					
Desenvolvimento de processos produtivos que integrem a biotecnologia e a química					
Aprimoramento de processos de recuperação e purificação do produto					
Desenvolvimento de produtos por processos contínuos					
Redução da demanda energética e dos impactos ambientais comparativamente aos petroquímicos					
Prospecção da biodiversidade brasileira de microrganismos capazes de produzir o produto ou intermediários relevantes na síntese do produto-alvo					

Comentário adicional ou sugestão

2.5. Marque 3 ácidos carboxílicos e 3 álcoois do tipo “drop-in” que você considera mais importantes:

Ácidos Carboxílicos	Álcoois
( ) Ácido acrílico	( ) Isobutanol
( ) Ácido adípico	( ) Metanol
( ) Ácido fórmico	( ) Etilenoglicol
( ) Ácido glicólico	( ) n-propanol
( ) Ácido glutárico	( ) 2-propanol
( ) Ácido maleico	( ) 1,3-propanodiol
( ) Ácido metacrílico	( ) n-pentanol
	( ) isopentanol
	( ) 1,4-butanodiol
	( ) n-hexanol

Qual(is) produto(s) deste grupo, produtos tipo “drop-in”, você julga importante(s) e que não está(ão) na lista acima? Justifique.

--

2.6. No que diz respeito à proposta de valor dos produtos novos de base biológica, especificamente ácidos carboxílicos e álcoois a partir de açúcares ou produtos deles diretamente derivados, qual o grau de importância que você atribui às seguintes aplicações listadas abaixo:

1 (não importante) a 5 (extremamente importante)

	1	2	3	4	5
Funcionalidades não encontradas em outros produtos					
Geração de nova cadeia de valor					
Baixa toxicidade para o usuário					
Baixa toxicidade ao meio ambiente/ecotoxicidade					
Redução do tempo para o produto se tornar disponível comercialmente					
Redução da demanda energética					
Menor consumo de água					
Elevado potencial econômico do produto					

Comentário adicional ou sugestão

--

2.7. Avalie os desafios relacionados aos Produtos Novos de Base Biológica, especificamente ácidos carboxílicos e álcoois a partir de açúcares ou produtos deles diretamente derivados, considerando o horizonte temporal de 2030, no Brasil:

1 (não importante) a 5 (extremamente importante)

	1	2	3	4	5
Identificação e desenvolvimento de produtos com funcionalidades não encontradas em outros preexistentes					
Identificação e desenvolvimento de produtos com menor toxicidade, em comparação aos petroquímicos preexistentes					
Identificação e desenvolvimento de produtos com redução de tempo para o produto se tornar disponível comercialmente					
Avaliar a relação estrutura/funcionalidade dos produtos de base biológica, por meio de modelagem molecular e dados experimentais					
Identificar necessidades do público-alvo, por meio de entrevistas, <i>roadmaps</i> , avaliação de mercado					
Criação e desenvolvimento de nova cadeia de valor, diante das incertezas associadas aos produtos novos					

Comentário adicional ou sugestão

2.8. No que diz respeito aos potenciais usos e aplicações relacionadas aos produtos novos de base biológica, especificamente ácidos carboxílicos e álcoois a partir de açúcares ou produtos deles diretamente derivados, qual o grau de importância que você atribui às seguintes aplicações listadas abaixo:

1 (não importante) a 5 (extremamente importante)

	1	2	3	4	5
Blocos construtores, precursores ou intermediários da indústria					
Biopolímeros, nanocompósitos e agromateriais					
Bioenergia					
Ingredientes e agentes ativos para alimentação ou ração					
Ingredientes e agentes ativos para a indústria farmacêutica e cosmética					

Comentário adicional ou sugestão

2.9. Marque 3 ácidos carboxílicos e 3 álcoois considerados Produtos Novos de Base Biológica que você considera mais importante:

<input type="checkbox"/> Ácido 3-hidroxipropiônico
<input type="checkbox"/> Ácido 2,5-furanodicarboxílico
<input type="checkbox"/> Poli-hidroxialcanoatos
<input type="checkbox"/> Ácido mucônico
<input type="checkbox"/> Ácido levulínico
<input type="checkbox"/> Polióis (funcionalizados)

Qual(is) produto(s) deste grupo, Produtos Novos, você julga importante(s) e que não está(ão) na lista acima? Justifique.

--

Para concluir, apresentamos as últimas questões de contexto geral.

Considerando os produtos passíveis de serem produzidos a partir de açúcares, quais outras classes de compostos, além dos ácidos carboxílicos e álcoois, você considera relevantes do ponto de vista técnico e econômico?

Quais são as oportunidades para o protagonismo do Brasil na produção local de produtos químicos de base biológica?

Quais são os gargalos para o protagonismo do Brasil na produção local de produtos químicos de base biológica?

\*Gostaria de continuar participando deste DELPHI nas próximas etapas?  
<restringir somente 1 opção>:

Sim                       Não

**Embrapa**

---

**Agroenergia**