



Programa de
Recursos
Humanos



anp
Agência
Nacional do
Petróleo



PROGRAMA EQ-ANP

**Processamento, Gestão e Meio Ambiente na Indústria
do Petróleo e Gás Natural**



Desenvolvimento de Novas Plataformas Químicas: O caso do bio-ácido succínico

Manuela Rocha de Araújo

Tese de Mestrado

Orientadores

Flávia Chaves Alves, D.Sc.

José Vitor Bomtempo, D.Sc.

Fevereiro de 2015

DESENVOLVIMENTO DE NOVAS PLATAFORMAS QUÍMICAS – O CASO DO BIO-ÁCIDO SUCCÍNICO

Manuela Rocha de Araújo

Tese submetida ao Corpo Docente do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências.

Aprovado por:

José Vitor Bomtempo, D.Sc.
(orientador)

Flávia Chaves Alves, D.Sc.
(orientador)

Fábio de Almeida Oroski, D.Sc.

Gabriel Lourenço Gomes, D.Sc.

Paulo Luiz de Andrade Coutinho, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Fevereiro de 2015

De Araújo, Manuela.

Desenvolvimento de novas plataformas químicas: o caso do bio-ácido succínico /
Manuela Rocha de Araújo. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2015.

x, 152 p.; il.

(Dissertação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2015.

Orientadores: José Vitor Bomtempo e Flávia Chaves Alves.

1. Bioeconomia. 2. Plataforma química. 3. Inovação. 4. Tese. (Mestrado – UFRJ/EQ).
5. José Vitor Bomtempo e Flávia Chaves Alves. I. Desenvolvimento de novas
plataformas químicas: o caso do bio-ácido succínico.

*Dedico o presente trabalho a todos os amigos e familiares que me prestaram
incondicional apoio e incentivo ao longo de minha caminhada.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Manuel e Iolanda, por terem se dedicado com muito amor à minha formação como pessoa, por terem me ensinado valores que carrego para toda a vida e pelo incondicional apoio nos momentos mais difíceis. Ao meu irmão, Luiz Filipe, por todos os conselhos e palavras de incentivo.

Aos professores Flávia Alves e José Vitor Bomtempo, orientadores desta dissertação, que direcionaram a minha caminhada com sua experiência e competência e acreditaram no meu potencial. Aos demais professores da Escola de Química e funcionários pela disponibilidade e simpatia.

A Deus por iluminar sempre meu caminho e me dar força e esperança para seguir nos momentos de fraqueza.

Ao apoio financeiro da **Agência Nacional do Petróleo – ANP** – e da **Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP** – por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor de Petróleo e Gás – PRH-ANP/MCT, em particular ao **PRH 13**, da Escola de Química - Processamento, Gestão e Meio Ambiente na Indústria do Petróleo e Gás Natural.

Resumo da Tese de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química/UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Ciências, com ênfase na área de Petróleo e Gás Natural.

DESENVOLVIMENTO DE NOVAS PLATAFORMAS QUÍMICAS: O CASO DO BIO-ÁCIDO SUCCÍNICO

Manuela Rocha de Araújo
Fevereiro, 2015

Orientadores: Prof. Flávia Chaves Alves, D.Sc.
Prof. José Vitor Bomtempo, D.Sc.

A competitividade na indústria química mundial e a valorização de práticas sustentáveis vêm incentivando uma busca pela inovação e diferenciação de produtos e processos que culminou na construção da bioeconomia. Dentre as oportunidades de investimento nesse setor emergente, destacam-se as chamadas plataformas químicas compreendidas como intermediários químicos com potencial para desenvolver novas famílias de produtos. A estruturação da cadeia destes novos produtos bem como a sua adoção pelo mercado são processos extremamente complexos, porém pouco estudados. Ainda, o desenvolvimento comercial desses novos intermediários pode vir a modificar a estrutura de mercado mundial na medida em que abre uma janela de novas oportunidades e cria novas aplicações e mercados. Neste contexto, o presente trabalho propõe, partindo de uma revisão na literatura em plataformas tecnológicas, o desenvolvimento de uma base teórica para o estudo de plataformas químicas contemplando os aspectos tecnológicos e estratégicos da sua estruturação sob a ótica de um processo de inovação. Este esforço levou à criação de uma caracterização a essa classe de produtos e o desenvolvimento de um quadro analítico para o estudo do posicionamento estratégico de empresas produtoras. Este quadro define cinco variáveis de análise vistas como alavancas estratégicas, a saber: *background*, design tecnológico, escopo interno, estratégia de valor e relacionamentos externos. Esta fundamentação teórica foi, então, aplicada ao estudo de caso do bio-ácido succínico, um intermediário químico que vem ganhando destaque ultimamente frente às oportunidades que cria de exploração da cadeia, antes não atrativas. O cruzamento das características do bioproduto ao conceito de plataforma química permitiu defini-lo como uma potencial plataforma e identificar os desafios a sua concretização no mercado como tal. Em seguida, o estudo das variáveis de análise para cada uma das empresas produtoras foi capaz de demonstrar a diversidade de opções tecnológicas e estratégicas adotadas bem como os esforços no sentido de gerar competitividade frente aos petroquímicos convencionais, permitir o encadeamento dos elos da cadeia e desenvolver novas aplicações. Por fim, o presente trabalho avaliou a vulnerabilidade dessas empresas e dos seus modelos de negócio no dinâmico, competitivo e complexo ecossistema em que convivem de forma a perceber que estes esforços, mesmo que importantes à construção do negócio, não podem ser vistos como indicativos de sucesso no avanço deste processo. Concluiu-se, então, que o posicionamento atual das empresas é favorável, porém não decisivo à concretização comercial deste bioproduto como plataforma química no mercado.

Abstract of a Thesis presented to Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos - EQ/UFRJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science with emphasis on Petroleum and Natural Gas.

DEVELOPMENT OF NEW PLATFORM CHEMICALS: A CASE STUDY OF BIOBASED SUCCINIC ACID

Manuela Rocha de Araújo
February, 2015

Supervisors: Prof. Flávia Chaves Alves, Ph.D.
Prof. José Vitor Bomtempo, Ph.D.

The competitiveness in global chemical industry and the increasing awareness for sustainability are encouraging product and process innovation and differentiation that led the construction of the so-called biobased industry. Among all the investment opportunities in this emerging industry, a great emphasis is being given to the development of platform chemicals, understood as chemical intermediates with the potential to develop new products families. This complex development process includes value chain building and market adoption, and currently very few studies have tried to understand it. Furthermore, the commercial development of these new intermediates may impact market and industry structures as it broadens opportunities and creates new applications and markets. In this context, this work aims to create a theoretical foundation for the study of platform chemicals including technological and strategic aspects of its development, considered as an innovation process. This effort converged in a characterization for these new kind of product and in the construction of an analytical framework. This framework sets five variables seen as levers that may be able to define a coherent way to lead the development of a new platform: firm background, technology design, firm scope, value strategy and external relationships. This theoretical foundation has then been applied to the case study of biobased succinic acid, an example that worth attention as this product creates possibilities of addressing new potential markets. The methodology led to defining biobased succinic acid as a potential platform chemical and allowed the study of the challenges to its development. Then, the analytical framework was applied for each producing company, demonstrating the diversity of technological and strategic options co-existing and the efforts to develop new materials and applications, gain competition for the replacement of petrochemicals and promote collaboration among the value chain players. Last, this work assessed the vulnerability of these producing companies and their business models in an extremely dynamic, competitive and complex innovation ecosystem. This led to understanding their efforts as important to the business construction but not as factors of success in advancing on this process.

ÍNDICE

Capítulo I – Introdução	1
Capítulo II – Argumentação teórica	8
II.1 Introdução a plataformas tecnológicas	8
II.2 Perspectiva de engenharia: plataformas como arquiteturas tecnológicas	10
II.3 Perspectiva econômica: plataformas como mercados	13
II.4 Plataformas internas e externas: plataformas como organizações	15
II.5 Estruturação de novas plataformas: Desafios tecnológicos e estratégicos.....	22
Capítulo III – Plataformas químicas	30
III.1 Introdução a plataformas químicas	31
III.2 Definição de plataformas químicas: fatores característicos e desafios ao seu desenvolvimento.....	36
III.3 Variáveis de análise.....	42
Capítulo IV – O bio-ácido succínico como plataforma química.....	47
IV.1 Propriedades físico-químicas	47
IV.2 Rotas tecnológicas.....	48
IV.3 Aplicações e aspectos mercadológicos	53
IV.4 Contextualização dos projetos em andamento e desafios para avanço no nível de maturidade	60
IV.4.1. Desafios ao desenvolvimento da cadeia de valor do bio-PBS, um exemplo	
64	
IV.5 Caracterização como plataforma química	66
IV.6 Conclusão do capítulo	70
Capítulo V – Análise da estruturação da cadeia de valor do bio-ácido succínico	72
V.1 Posicionamento das empresas produtoras quanto às variáveis de análise	74
V.1.1. <i>Background</i>	74
V.1.2. Design tecnológico	79
V.1.3. Escopo interno da empresa	83
V.1.4. Estratégia de valor (criação e apropriação)	92
V.1.5. Relacionamentos externos (competição e colaboração).....	97
V.2 Considerações finais - Comparação geral entre as empresas.....	110
V.2.1. Adesão a caminhos estratégicos: <i>coring e/ou tipping</i>	115
V.2.2. Fatores de risco.....	116

Capítulo VI – Conclusão	118
Referências Bibliográficas.....	122
ANEXO I.....	131
ANEXO II	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II-1 O <i>continuum</i> organizacional de plataformas tecnológicas.....	21
Figura II-2 Dilema inovação <i>versus</i> competição.....	24
Figura III-1 Cadeia de valor de um intermediário químico Fonte: Elaboração própria com base em Weastra, 2012	32
Figura III-2 Três estágios de comercialização até plataformas químicas.....	34
Figura III-3 Fatores característicos a uma plataforma química.....	37
Figura III-4 Quadro analítico –Estudo de plataformas químicas	46
Figura IV-1 Síntese química para obtenção do ácido succínico.....	49
Figura IV-2 Equações do processo produtivo com leveduras e com bactérias	51
Figura IV-3 Comparação entre a rota petroquímica e rota biológica	52
Figura IV-4 Árvore de produtos do ácido succínico	54
Figura IV-5 Aplicações finais do ácido succínico - Mercados de grande volume e especialidades	55
Figura IV-6 Aplicações finais do ácido succínico.....	57
Figura IV-7 <i>Market share</i> do ácido succínico por aplicação em 2011.....	58
Figura IV-8 Projeção do <i>market share</i> do ácido succínico por aplicação para 2020	58
Figura IV-9 Projeção de crescimento do mercado de ácido succínico, 2012.....	59
Figura IV-10 Cadeia produtiva do bio-PBS	65
Figura V-1 Versão resumida do quadro analítico para estudo de plataformas químicas	73
Figura V-2 Mercados emergentes - ácido succínico	91
Figura V-3 Mercados emergentes: bio-ácido succínico	91
Figura V-4 Diagrama de mecanismos de mercado.....	106
Figura 0-1 Parcerias comerciais para fornecimento de bio-AS produzido na planta de Sarnia.....	140
Figura 0-2 Estratégia de encadeamento dos elos da cadeia pela adoção de parcerias..	141
Figura 0-3 Desenvolvimento de aplicações por meio de parcerias estratégicas.....	143
Figura 0-4 Fontes de financiamento para a construção da planta de Sarnia.....	146
Figura 0-5 Teste de performance do bio-ácido succínico por laboratórios independentes	151

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela II-1 Definição de plataforma de produto	11
Tabela II-2 Resumo das perspectivas de engenharia e economia	15
Tabela II-3 Definição de plataformas internas e externas	17
Tabela II-4 Tipologia de Gawer para classificação de plataformas tecnológicas	19
Tabela II-5 Regras de design das plataformas internas e externas	20
Tabela II-6 Opções estratégicas: <i>coring</i> e <i>tipping</i>	27
Tabela IV-1 Propriedades físico-químicas e identidade química do ácido succínico	48
Tabela IV-2 Mercados potenciais para o bio-ácido succínico.....	56
Tabela IV-3 Aplicação do conceito de plataforma química ao caso do bio-ácido succínico	66
Tabela V-1 Quadro comparativo: <i>Background</i>	75
Tabela V-2 Competências dos players e perspectivas em relação à bioeconomia.....	76
Tabela V-3 Análise do background das empresas - possíveis implicações.....	78
Tabela V-4 Quadro comparativo: Design Tecnológico.....	80
Tabela V-5 Pipeline fruto de expansão vertical – Myriant.....	85
Tabela V-6 Pipeline fruto de expansão horizontal – Myriant	85
Tabela V-7 Pipeline fruto de expansão vertical – BioAmber.....	86
Tabela V-8 Pipeline fruto de expansão horizontal – BioAmber	86
Tabela V-9 Quadro comparativo: Escopo interno – portfólio.....	88
Tabela V-10 Quadro resumo: Escopo interno – Modelo de comercialização.....	89
Tabela V-11 Quadro comparativo: Estratégias de criação e apropriação de valor	94
Tabela V-12 Relacionamentos horizontais competitivos	100
Tabela V-13 Relacionamentos externos – BioAmber	103
Tabela V-14 Relacionamentos externos – Myriant	104
Tabela V-15 Relacionamentos externos – Reverdia.....	105
Tabela V-16 Posicionamento quanto aos fatores indispensáveis a uma plataforma química	113

Capítulo I – Introdução

A acirrada competitividade na indústria química mundial observada nos últimos tempos vem impulsionando uma busca pela inovação e diferenciação de produtos e processos em vista a conquistar vantagens competitivas e atender aos anseios de mercados altamente dinâmicos e exigentes. Paralelamente a isso, diversas motivações de ordem ambiental, econômica e científico-tecnológica caracterizam e definem um cenário mundial atual de grande valorização da prática de produção e consumo sustentáveis que culminam na construção da chamada bioeconomia ou *biobased industry* (CGEE, 2010).

A bioeconomia é um setor ainda em estruturação que abarca uma nova indústria em construção de base em biomassa, seus produtos e configurações (BOMTEMPO, 2014). O seu surgimento e desenvolvimento vem se dando em função de basicamente três grandes *drivers* que impulsionam e criam oportunidades para a exploração desta nova prática produtiva (CGEE, 2010; BOMTEMPO, 2013; WALTER, 2014; GALEZOTT, 2012):

- i. Desafios globais: mudanças climáticas, instabilidade de preços, escassez de fontes fósseis, legislações ambientais cada vez mais restritivas e crescimento da população mundial;
- ii. Necessidades do mercado: busca por diferenciação em produtos e processos, perspectiva da inovação tecnológica como saída de crise, conscientização do valor de produtos sustentáveis e orientações estratégicas;
- iii. Desenvolvimento tecnológico: avanço e potencial da biotecnologia industrial ou *white biotechnology* e desenvolvimento de novas rotas produtivas biológicas competitivas às tradicionais de base fóssil.

Empresas mundiais já estabelecidas em diversas indústrias assim como novos participantes, são atraídas nesse cenário à exploração da biomassa e, portanto, à diversificação do seu portfólio e também à redefinição de estratégias e modelos de

negócios¹. Esse novo setor em formação vem recebendo diversas definições das quais as mais conhecidas são as apresentadas pela OCDE² e pela Comissão Europeia (BOMTEMPO, 2014). Em 2009, a OCDE definiu a bioeconomia emergente como um setor globalmente guiado por princípios de desenvolvimento sustentável que envolve três elementos: biotecnologia, biomassa renovável e integração até as aplicações finais (OCDE, 2009). Em 2012, a Comissão Europeia definiu que a bioeconomia engloba a produção de recursos biológicos renováveis e a conversão destes recursos e resíduos em produtos de valor agregado, tais como alimentos, bioprodutos e bioenergia (EUROPEAN COMMISSION, 2012).

Com base nessas definições, pode-se compreender que a bioeconomia em formação traz uma nova concepção de indústria que utiliza fontes renováveis como matéria-prima e/ou emprega a biotecnologia nas transformações químicas. Nessa indústria, as transformações químicas e bioquímicas se dão nas chamadas biorrefinarias. Também ainda sem uma definição estabelecida, as biorrefinarias podem ser caracterizadas como unidades de processamento que extraem carboidratos, óleos, lignina ou outros materiais da biomassa e os converte em múltiplos produtos, incluindo combustíveis, materiais e/ou químicos de alto valor agregado (WERPY e PETERSEN, 2004). Idealmente, as biorrefinarias, ainda em desenvolvimento, devem explorar as fontes de biomassa de forma integral e integrada para a produção conjunta de bioenergia, biomateriais e bioquímicos (CGEE, 2010; BOZELL e PETERSEN, 2010). Estes bioprodutos podem ser compostos idênticos aos petroquímicos ou novos produtos sem um mercado estabelecido (CHRISTENSEN, 2008).

Seguindo a denominação clássica de Abernathy e Utterback (1978), em função da ausência de projetos dominantes ou rotas produtivas definidas, esse setor emergente se encontra em fase fluida (BOMTEMPO, 2013). Nesta fase, o nível de incerteza e de alternativas estratégicas que se apresentam aos investidores e inovadores é elevado e a dinâmica de concorrência é orientada pela inovação (BOMTEMPO, 2014; LEAL, 2014). Desta forma, as barreiras de entrada e saída a esse setor são praticamente inexistentes e as

¹ Modelo de negócios é a forma como a empresa cria valor aos seus clientes e os convence a pagar pelos seus produtos/serviços, é como ela opera e estrutura seu negócio na direção do sucesso (TEECE, 2010).

² OCDE: Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico.

variantes se multiplicam, principalmente, em matérias-primas, tecnologias de conversão, produtos e estratégias em experimentação (BOMTEMPO, 2014). O processo de estruturação da indústria e, portanto, da oferta do setor é entendido, então, como resultado da coevolução dessas quatro dimensões (BOMTEMPO, 2013).

Quanto à dimensão ‘produtos’, dentre as oportunidades de investimento existentes, um dos segmentos que tem se destacado é o da produção de intermediários químicos de base renovável que tenham potencial para o desenvolvimento de novas famílias de produtos. Esses intermediários são chamados de plataformas químicas e são novos produtos ou produtos obtidos por novos processos tecnológicos que podem dar origem a derivados químicos caracterizados como *drop in*³ ou não *drop in*. Com base nessas características, o desenvolvimento comercial dessas novas plataformas químicas pode vir a modificar a estrutura industrial e de mercado mundiais na medida em que abre uma janela de novas oportunidades, cria novas famílias de produtos, novas aplicações e, portanto, novos mercados.

No século XX, com o desenvolvimento da indústria petroquímica a partir da transição da matéria-prima base do carvão para o petróleo e gás natural, pôde-se observar o surgimento de compostos químicos que, da mesma forma como os intermediários que vem surgindo hoje com o desenvolvimento da bioeconomia, possuíam potencial para tornarem-se plataformas químicas. Atualmente, muitos desses compostos, como é o caso do eteno, já são considerados plataformas químicas estabelecidas no mercado com uma extensa gama de aplicações. O esforço das empresas para o desenvolvimento de aplicações para o eteno é um exemplo abordado por Spitz (1988) que evidencia a complexidade desse processo.

³São denominados *drop-in* os produtos considerados substitutos perfeitos aos de base fóssil do ponto de vista de toda a cadeia a jusante de forma que se adaptam à cadeia produtiva e à infra-estrutura existente permitindo o aproveitamento de ativos complementares e expertises já desenvolvidos e instalados pela atual estrutura industrial. Sob a mesma lógica, não *drop in* são novos produtos que exigem, para a sua difusão, o desenvolvimento de novas aplicações. Essas aplicações envolvem complementadores a jusante na cadeia produtiva: produtores de aditivos, equipamentos, transformadores, além de esforços para adoção pelos *end users*. Nesse caso, os ativos complementares existentes devem ser adaptados ou em alguns casos construídos para alcançar a utilização final do produto de forma que envolvem maiores investimentos e custos de mudança para os processadores e *end users* (BOMTEMPO, 2013; OROSKI, ALVES, BOMTEMPO, 2013).

A transposição para o cenário atual permite supor que, na verdade, o processo de desenvolvimento de novas plataformas químicas se repete em um segundo momento de transição da indústria química, agora do petróleo para a biomassa (BENETT, 2012). A diferença entre esses produtos originados no século XX e as oportunidades que surgem hoje em dia para novas plataformas a partir de novas moléculas é o contexto em que surgem sob o aspecto das condições de competição e inovação envolvidas. Principalmente, a utilização de matérias-primas renováveis não é movida pela disponibilidade abundante de moléculas reativas, pelo contrário, a construção da disponibilidade faz parte do processo de inovação o que gera novos desafios à transição deste século.

Somando o potencial comercial dessas plataformas químicas ao fato do seu desenvolvimento envolver um novo contexto de inovação com desafios particulares, torna-se importante o estudo direcionado e específico desses novos intermediários de base biológica como forma de compreender como devem se estruturar e quais estratégias podem ser sugeridas para tal. Neste sentido, é interessante estudar os desafios e implicações da sua concretização no mercado e a dinâmica envolvida nesse processo.

Porém, apesar do grande volume de publicações na literatura que se utilizam do termo plataforma química, poucos estudiosos voltam-se à sua definição ou ao estudo do seu processo de desenvolvimento. Ainda, poucos estudos voltados para a bioeconomia emergente têm integrado as dimensões de estratégia tecnológica e de inovação aos aspectos tecnológicos propriamente ditos. Tratando-se de um processo de inovação, é importante considerar as dimensões de competição e toda a dinâmica industrial envolvida na comercialização desses novos produtos sob o âmbito das estratégias empresariais e da criação de novos mercados.

Desta forma, o presente trabalho surgiu neste contexto, com o objetivo geral de caracterizar uma plataforma química e definir o processo de estruturação da sua cadeia produtiva. Serão abordados os desafios inerentes a esse processo e identificadas variáveis de análise que possibilitem compreender as estratégias adotadas por produtores no sentido do sucesso comercial de suas plataformas. Neste esforço, o presente trabalho irá

discutir algumas questões relacionadas ao processo de desenvolvimento de novas plataformas químicas como:

- i. A necessidade de desenvolvimento de novas aplicações e mesmo novos mercados, ou seja, toda uma árvore de aplicação;
- ii. As possibilidades de encadeamento e integração entre os diferentes elos da cadeia produtiva;
- iii. O processo de adoção do mercado e adaptação da indústria a esses novos produtos;
- iv. Os desafios à sobrevivência em um ecossistema de inovação⁴ dinâmico e competitivo.

A partir da construção dessa base mais geral, este trabalho objetiva, mais especificamente, estudar particularmente o caso do bio-ácido succínico identificado por Bozell e Petersen (2010) como um dos bioprodutos de maior potencial comercial. Essa atratividade é função, principalmente, das oportunidades de exploração da cadeia que são criadas fruto da extensa árvore de derivados potenciais e do baixo custo de produção. No estudo deste bioproduto em particular pretende-se basicamente caracterizá-lo como plataforma química, identificar o estágio de desenvolvimento comercial em que se encontra, apontar os desafios a serem enfrentados para a maturação desse processo e analisar o posicionamento estratégico das empresas produtoras no ecossistema de inovação formado nesta dinâmica.

Resumidamente, o presente trabalho é estruturado de forma a responder a duas perguntas:

- i. O que é uma plataforma química e como se dá o seu processo de estruturação?

⁴ Ecossistema de inovação se refere ao conjunto de atores inovadores independentes ou organizados em uma rede para a criação conjunta de valor a partir do desenvolvimento de uma inovação produzida por uma empresa central, denominada líder ou focal. Para que a inovação produzida por uma empresa focal obtenha sucesso comercial e gere valor é preciso que essa empresa se envolva em um ecossistema de inovações independentes em que outros atores - sejam fornecedores *upstream*, compradores e complementadores *downstream* ou, ainda, órgãos reguladores - inovem em seus devidos produtos e serviços no sentido de possibilitar a concretização no mercado da inovação precursora (ADNER e KAPOOR, 2010; OVERHOLM, 2014).

- ii. Como as empresas produtoras de bio-ácido succínico vêm se posicionando no ecossistema de inovação em que convivem?

A metodologia utilizada no presente trabalho para responder a essas perguntas se baseia inicialmente em um estudo mais geral de plataformas tecnológicas. Em muitos outros setores industriais o termo plataforma tecnológica vem surgindo também para caracterizar novos produtos, serviços ou tecnologias e alguns estudos mais abrangentes do termo, conduzidos principalmente por Gawer (2008, 2009, 2010, 2013 e 2014), trazem discussões robustas que serão neste trabalho apresentadas em resumo e de forma consolidada como forma de aplicá-las ao caso de plataformas químicas. O cruzamento destas teorias com particularidades da indústria permitirá a construção de uma definição para plataformas químicas e de um quadro analítico para estudo do posicionamento estratégico de empresas produtoras de potenciais plataformas quanto a sua estruturação.

Em seguida, este referencial teórico construído será utilizado para o estudo particular do bio-ácido succínico. Para o levantamento de informações acerca deste produto utilizou-se como fontes de dados artigos científicos, artigos da imprensa especializada (revista e sites), livros, patentes e alguns sites e blogs especializados em produtos químicos e bioprodutos como: *Biofuels Digest*, *Biomass Magazine*, *ICIS Green Chemicals*, *ChemEurope*, *Chemical Industry Roundtables*, *IHS Chemical Week*.

Seguindo esta metodologia, o presente trabalho está organizado no total de 6 capítulos, incluindo esta introdução. O segundo capítulo apresenta uma argumentação teórica sobre plataformas tecnológicas com enfoque maior em plataformas de produto. O terceiro capítulo desenvolve uma base teórica e um quadro de análise para o estudo de plataformas químicas e do seu processo de estruturação. O quarto capítulo, partindo da apresentação de características técnicas, estratégicas e de mercado do bio-ácido succínico, identifica o grau de maturidade do seu processo de desenvolvimento e os seus desafios como forma de verificar, em cruzamento com a caracterização proposta no capítulo III, se este bioproduto pode ser considerado uma plataforma química. O quinto capítulo descreve, para cada empresa produtora de bio-ácido succínico, as variáveis de análise definidas no capítulo III em vista a analisar a estruturação da cadeia produtiva deste bioproduto sob o âmbito das estratégias adotadas por cada uma das empresas. No

sexto capítulo, por fim, são apresentadas as conclusões finais e as contribuições e limitações deste trabalho, com sugestões de próximos estudos que possam vir a complementar este.

Capítulo II – Argumentação teórica

Este capítulo consiste em uma revisão bibliográfica do conceito de plataformas tecnológicas explorando as diversas abordagens encontradas na literatura para o estudo bem fundamentado da sua evolução no tempo e da dinâmica envolvida nesse processo. Esse estudo permite compreender o processo de estruturação de uma nova plataforma e identificar os desafios tecnológicos e estratégicos inerentes a esse processo bem como as opções estratégicas estudadas por pesquisadores em resposta a esses desafios.

A seção II.1 apresenta uma contextualização ao tema e uma definição geral do termo plataforma tecnológica. As três seções seguintes, II.2, II.3 e II.4, apresentam abordagens diferentes ao termo em uma lógica histórica como forma de compreender as bases para a construção da atual definição geral. Por fim, a seção II.5 explora o processo de estruturação de novas plataformas analisando seus desafios e a forma como as empresas vêm buscando soluções tecnológicas e estratégicas a essas questões.

II.1 Introdução a plataformas tecnológicas

O rápido avanço tecnológico e o aumento da complexidade de operações característicos do mundo globalizado atual vêm fazendo com que a necessidade por eficiência de custo, tempo e diversidade de ofertas a um mercado cada vez mais exigente leve ao desenvolvimento das chamadas plataformas tecnológicas (MAKINEN *et al.*, 2013; GAWER e CUSUMANO, 2013). O fenômeno de desenvolvimento de plataformas atinge diversas indústrias, incluindo desde produtos e tecnologias a serviços (GAWER, 2009). Alguns exemplos são: sistemas de busca na internet como o Google; redes sociais como Facebook, LinkedIn e Twitter; sistemas operacionais como o iOS para Ipod, Ipad e Iphone e consoles de videogame (GAWER e CUSUMANO, 2013).

Em comum a esses sistemas e produtos está o fato de possuírem uma estrutura base planejada capaz de, por intermédio de complementadores e transformações construtivas ou destrutivas, dar origem a uma gama diversa de derivados e/ou permitir transações e interações entre diversos mercados. Assim se definem plataformas

tecnológicas: em geral, são produtos, serviços ou tecnologias formados por uma base e uma periferia, uma parte inicialmente fixa e outra mutável que, compondo uma estrutura modular padronizada e flexível, permitem uma grande variedade de ofertas ao usuário final.

Outra grande distinção entre as plataformas e produtos, serviços e tecnologias convencionais é a existência de efeitos de rede: quanto maior o número de usuários e complementadores que adotam a plataforma, mais atrativa esta se torna de forma a incentivar a adoção por outros usuários e complementadores. Há dois casos de efeitos de rede: diretos e indiretos. Os efeitos de rede diretos ocorrem em um mesmo lado da plataforma, ou seja, entre a própria plataforma e seus usuários de forma que a adoção da plataforma por um usuário incentiva a adoção por outro. Os efeitos de rede indiretos ocorrem entre diferentes lados da plataforma, ou seja, entre diferentes grupos de agentes envolvidos no desenvolvimento da plataforma de forma que o benefício a usuários de um grupo A depende do número de usuários no grupo B (GAWER, 2010; GAWER e CUSUMANO, 2013). A extensão com que cada um desses dois efeitos age sobre a plataforma vai depender do contexto organizacional em que esta é criada, conforme discutido por Gawer (2014), e será apresentada na seção II.4.

A partir dessa definição é possível compreender que, de forma simplificada, as plataformas permitem o aumento da variedade de produção e da velocidade de desenvolvimento com redução de custo ao mesmo tempo em que propiciam meios para a redução da complexidade do produto final.

Em função da importância e presença que essas plataformas tecnológicas têm demonstrando possuir em diversos setores da indústria mundial, muitos são os estudiosos, de linhas de pesquisa diferentes, que vêm analisando o processo de desenvolvimento destas e a dinâmica envolvida nesse fenômeno. Em cada um desses campos da literatura em que o termo plataforma aparece, seu uso é feito com uma abordagem distinta, a saber: desenvolvimento, design e operação de novos produtos, em que o enfoque é em produtos; estratégia tecnológica, em que o enfoque é em sistemas tecnológicos e economia industrial, em que o enfoque é em mercados.

Na tentativa de encontrar semelhanças entre essas abordagens e tratar suas limitações, alguns estudos, principalmente coordenados por Gawer, vêm buscando analisar diferentes casos reais, com maior enfoque às plataformas de produto, e propor uma definição mais abrangente para o termo plataforma de forma que cubra ao máximo suas possibilidades. Primeiramente, Gawer (2010) apontou que todos os esforços observados até então por parte dos pesquisadores dos campos da literatura mencionados levaram à definição de duas perspectivas com foco em diferentes aspectos direcionais aos quais as plataformas respondem: uma inspirada em design de engenharia, com foco em inovação, e outra em teorias econômicas, com foco em competição.

Para Gawer (2010), a compreensão do fenômeno de desenvolvimento de plataformas requer uma análise da íntima interação entre a estrutura tecnológica e a estratégia de negócio e não pode ser estudado sob a perspectiva exclusiva de engenharia ou economia como vem sendo feito. Com base nisso, Gawer (2010) propôs uma nova tipologia para o termo plataforma que permite demonstrar como as forças de inovação e competição interagem sob uma única perspectiva e modelam a evolução e transição entre os diferentes tipos de plataforma.

Na sequência, é apresentado um resumo sobre as duas perspectivas identificadas e estudadas por Gawer, design de engenharia (seção II.2) e economias industriais (seção II.3), e a abordagem criada por ela na tentativa de unificar o conceito de plataforma tecnológica (seção II.4).

II.2 Perspectiva de engenharia: plataformas como arquiteturas tecnológicas

Os primeiros registros do uso do termo plataforma datam dos anos 90 na literatura de desenvolvimento de novos produtos, sendo definido como projetos que criam uma nova geração ou família de produtos para uma determinada empresa (GAWER, 2014; BALDWIN e WOODARD, 2009). Com a colaboração de outras literaturas, essa definição avançou para uma perspectiva teórica que foi denominada por Gawer (2014) de

perspectiva de design de engenharia em função da identificação de uma origem em comum às plataformas quanto ao design tecnológico. Essa perspectiva desenvolveu o conceito de plataforma de produto e definiu regras de design nas arquiteturas dos produtos que podem ajudar as empresas a gerar famílias de produtos e inovar mais facilmente partindo do uso e reuso de ativos comuns (GAWER, 2014).

Seguem, na tabela II-1, diversas definições de plataforma de produto propostas por estudiosos desta abordagem (GAWER, 2010; MAKINEN *et al.*, 2013):

Tabela II-1 Definição de plataforma de produto

Autor	Definição
Wheelwright e Clark, 1992	Produtos que atendem às necessidades de um nicho específico de consumidores, mas que são desenvolvidos de forma a permitir uma fácil transformação em derivados a partir da adição, substituição ou remoção de elementos.
McGrath, 1995	Coleção dos elementos comuns, especialmente a tecnologia central, implementados em uma grande faixa de produtos.
Meyer e Lehnerd, 1997	Conjunto de subsistemas e interfaces que formam uma estrutura comum a partir da qual uma série de derivados podem ser eficientemente desenvolvidos e produzidos.
Robertson e Ulrich, 1998	Coleção de ativos (componentes, processos, conhecimento, pessoas e relacionamentos) compartilhados por um conjunto de produtos.
Krishnan e Gupta, 2001	Componentes e subsistemas (etapas e fases de processos) compartilhados entre uma família de produtos.
Muffatto e Roveda, 2002	Conjunto de subsistemas e interfaces intencionalmente planejados e desenvolvidos para formar uma estrutura comum a partir da qual uma série de derivados podem ser eficientemente desenvolvidos e produzidos.
Nelson, Parkinson e Papalambros, 2001	Conjunto de componentes, módulos e partes a partir do qual uma série de derivados podem ser desenvolvidos.

Fonte: Gawer (2010) e Makinen *et al.* (2013)

Todas essas definições compartilham a ideia de reuso e compartilhamento de componentes entre diferentes produtos de uma família de produtos de forma que permitem a identificação de diversas vantagens ao desenvolvimento e uso das plataformas de produto (GAWER, 2010; GAWER, 2014). De forma resumida, essas

plataformas aumentam a eficiência de produção a partir do aproveitamento de economias de escala e escopo⁵ ao mesmo tempo em que garantem o atendimento a diversos consumidores na medida em que oferecem flexibilidade e variedade quanto ao produto final, redução de custo para desenvolvimento de complementadores e permitem o reuso de tecnologias e subsistemas (BALDWIN e WOODARD, 2009).

Essa perspectiva inicialmente abordava o estudo de plataformas de produto internas às empresas e começou a apresentar limitações quando do surgimento de plataformas desenvolvidas por atores de uma cadeia de suprimentos ou até mesmo por uma rede ainda mais ampla de empresas que não necessariamente possuem relações de compra e venda, chamado, como já mencionado, de ecossistema de inovação (GAWER, 2014).

Nesse contexto, Baldwin e Woodard (2009), buscaram compreender os relacionamentos entre as plataformas e o sistema em que são criadas e propuseram uma nova definição sob uma visão unificada. Esses estudiosos definiram as plataformas como um conjunto de componentes estáveis que suportam um nível de variabilidade e evolução em um dado sistema a partir da adoção de ligações com os outros componentes (BALDWIN e WOODARD, 2009). Ou seja, identificaram, que, independente do contexto organizacional, as plataformas compartilham uma semelhança estrutural: uma arquitetura⁶ tecnológica modular e estruturada em torno de um centro e uma periferia. O centro é a própria plataforma e é composto por componentes com baixa variabilidade que estabelecem as interfaces do sistema, isto é, as regras de design que regulam e governam as interações entre as diferentes partes (módulos) e permitem que o centro e a periferia operem como um sistema único. A periferia é composta por componentes com alta variabilidade chamados de complementos/ complementadores.

Desta forma, Baldwin e Woodard (2009) identificaram que é comum às plataformas a estruturação do sistema em caráter modular de forma a facilitar a

⁵ Economias de escala são presentes quando o custo médio de produção diminui com o aumento do volume de produção. Economias de escopo são presentes quando se observa uma redução do custo médio de produção de um dado bem em função de um aumento da variedade de bens produzidos em uma mesma empresa, ou seja, o custo de A é reduzido quando A é produzido de forma conjunta a B.

⁶Arquitetura é definida como a forma de combinar componentes, módulos e partes de um sistema/ produto (MAKINEN *et al.*, 2013).

conservação ou reuso de componentes centrais, tendência essa que reduz os custos de inovação e de desenvolvimento de uma variedade de produtos e aumenta o volume de produção permitindo a adaptação da plataforma ao mercado e a adoção de economias de escala e escopo inter ou intra-firmas em produção e fornecimento. A extensão em que o incentivo à inovação ocorre vem a depender do grau de abertura das interfaces entre os módulos de uma arquitetura que são os condutores da informação selecionada para interconexão com agentes externos. Essa interconexão vem a desenvolver os complementos à plataforma e impulsiona a inovação na medida em que permite acesso às capacitações e conhecimentos externos e reduz os custos de produção e design em conjunto com agentes externos (GAWER, 2014).

Em resumo, a literatura em design de engenharia interpreta as plataformas como arquiteturas tecnológicas propositalmente desenhadas e desenvolvidas que facilitam a inovação, com complementação externa ou não, e cujo uso ajuda as empresas a alcançar economias de escala e escopo em produção e fornecimento e, portanto, também em inovação⁷.

Segundo Gawer (2014), as limitações dessa perspectiva são:

- i. Não explica como as plataformas, os componentes centrais, evoluem com o tempo;
- ii. Não providencia *insights* sobre a dinâmica de competição entre plataformas nem entre uma plataforma e seus complementadores em um ecossistema de inovação.

II.3 Perspectiva econômica: plataformas como mercados

A literatura em organização industrial, desde o início do século XXI, vem utilizando o termo plataforma para caracterizar determinados tipos de mercado, os *multi-sided markets*, ou seja, mercados multilaterais. Nessa linha de pesquisa, o papel da

⁷ Economias de escopo em inovação são presentes quando o custo de inovar de forma conjunta em dois produtos A e B é menor do que o custo de inovar apenas em A ou em B de forma independente (GAWER, 2014).

plataforma é puramente de condutor facilitando as transações entre dois ou mais mercados, ou seja, diferentes grupos de usuários ou consumidores e fornecedores que sem ela não são capazes de se conectar (GAWER, 2010). Desta forma, essa linha de pesquisa adota o termo plataforma para caracterizar produtos, serviços, firmas ou instituições que intermediam transações entre dois ou mais grupos de agentes (BALDWIN e WOODARD, 2009). Alguns exemplos são: bares para encontro de casais, shopping centers e sistemas de pagamento de cartão de crédito (GAWER, 2010).

Nesses casos, os efeitos de rede indiretos, já mencionados, são extremamente presentes: para que a transação seja realizada, os mercados envolvidos devem estar conectados à plataforma e o valor que os consumidores e o dono da plataforma podem capturar depende da base de consumidores (GAWER, 2010; GAWER, 2014). Esses efeitos de rede refletem uma interdependência externa de demanda entre grupos de consumidores e modelam a dinâmica de competição das plataformas de forma que podem ser vistos como economias de escopo do lado da demanda⁸ (GAWER, 2014). Em outras palavras, a competição entre plataformas sob a ótica econômica é regida pela adoção da plataforma por múltiplos consumidores influenciados por efeitos de rede indiretos e, portanto, pelo compartilhamento de relacionamentos entre estes (GAWER, 2014).

Essa característica muitas vezes confere às plataformas do tipo mercados multilaterais o dilema do ovo e da galinha: para que um lado seja atraído à plataforma é necessário que o outro lado se atraia de forma que cria uma relação de interdependência entre os lados (GAWER, 2014). Essa literatura contribuiu para o estudo e tratamento desse dilema (GAWER e CUSUMANO, 2013). Muitos estudiosos da linha de pesquisa econômica acreditam que métodos adequados de *pricing*, fornecendo subsídio a um lado da plataforma de forma a atrair o outro lado, são boas tentativas para solucionar este problema de coordenação (GAWER, 2014).

Desta forma, essa perspectiva oferece uma visão estática da competição entre plataformas no sentido da demanda e cria bases para explicar as condições nas quais uma

⁸ Economia de escopo do lado da demanda ocorre quando há um compartilhamento de funções e recursos entre os usuários (GAWER, 2014).

plataforma assume uma posição dominante no mercado. As limitações dessa perspectiva, conforme levantado por Gawer (2014), que impedem a sua generalização são:

- i. Considera plataformas como exógenas e fixas, não apresentando indícios da evolução destas no tempo;
- ii. Grupos/ lados que compartilham uma mesma plataforma são vistos como consumidores, independentemente de serem usuários finais ou complementadores. Estes últimos não são vistos como fornecedores ou vetores de inovação e, portanto, não é abordada a questão da inovação em plataformas nem da dinâmica de competição entre uma plataforma e seus complementadores.

A tabela II-2 a seguir apresenta um breve resumo das perspectivas apresentadas:

Tabela II-2 Resumo das perspectivas de engenharia e economia

	Design de engenharia	Economia
Conceito	Plataformas como arquiteturas tecnológicas	Plataformas como mercados
Perspectiva	Fornecimento	Demanda
Foco	Inovação	Competição
Forma de criação de valor	Economias de escopo em fornecimento e inovação	Economias de escopo do lado da demanda
Papel	Dispositivo de coordenação entre inovadores	Dispositivo de coordenação entre compradores

Fonte: Gawer, 2014

II.4 Plataformas internas e externas: plataformas como organizações

Como já mencionado, Gawer (2014) identificou diversas limitações em cada uma das duas abordagens apresentadas anteriormente, principalmente, a não conexão e interação entre os mecanismos de inovação e competição em um ecossistema de inovação e o tratamento das plataformas como estáticas, desconsiderando o seu processo evolutivo. Ainda, Gawer (2014) critica as literaturas anteriores afirmando que os agentes envolvidos no desenvolvimento de plataformas tecnológicas podem ser, simultaneamente, tanto

consumidores (papel de demanda) como inovadores colaboradores (papel de fornecedor) e que este papel pode evoluir com o tempo.

Na tentativa de unificar essas perspectivas e minimizar suas lacunas, Gawer (2014) identificou uma semelhança entre elas: plataformas criam valor através de economias de escopo, seja do lado demanda (economia) ou em fornecimento e inovação (engenharia). Essa semelhança a direcionou para o tratamento de plataformas sob outra lente, a de organizações⁹.

Gawer (2010, 2014) propôs então uma nova tipologia para plataformas tecnológicas em que as define como organizações ou meta-organizações compostas de agentes que podem se constituir em fornecedores ou consumidores e inovadores ou competidores, sendo a forma da organização uma variável interna à plataforma e que, portanto, não a descaracteriza (abordagem única). Essa teoria permite abordar as interações multimodais entre agentes intra e interplataformas e estudar as formas pelas quais os mecanismos conjuntos de inovação e competição moldam a evolução das plataformas no tempo.

A partir dessa tipologia, Gawer (2010) pretendeu expor todos os mecanismos de competição a que se sujeitam as plataformas: entre plataformas, entre agentes complementadores e entre complementadores e o líder da plataforma¹⁰. Neste último, esses agentes passam de aliados a competidores e podem, em uma estratégia competitiva, se aliar para a criação de uma nova e comum plataforma. Gawer (2010) afirma, então, que a mudança de papel dos agentes em um ecossistema (de colaboradores para competidores ou vice versa) e as alterações associadas aos mecanismos de colaboração e competição são, na verdade, elementos que devem ser incluídos na abordagem teórica das plataformas tecnológicas.

Com base nessas percepções e na tentativa de criar uma teoria unificada e que cubra as limitações das anteriores, Gawer (2010) definiu que esta teoria não deve:

⁹Organização é definida aqui como um sistema de atividades coordenadas composto por uma ou mais pessoas.

¹⁰Líder da plataforma é definido aqui como a empresa produtora da base da plataforma, denominada, em um ecossistema de inovação, empresa focal ou central.

- i. Impor *a priori* o contexto organizacional em que a plataforma ocorre (se dentro de firmas, entre firmas ou entre mercados);
- ii. Pré-determinar um papel fixo aos agentes como consumidores ou colaboradores;
- iii. Assumir as interfaces como fixas;
- iv. Desconsiderar a possibilidade de interações multimodais entre os agentes de uma plataforma ou entre plataformas.

Ao contrário, a teoria deve apresentar as diversas formas em que as plataformas são criadas e desenvolvidas e providenciar *insights* sobre a maneira como esta opera e evolui no tempo. Gawer (2014) definiu, então, a partir da análise de diversos exemplos industriais, que são duas as classificações possíveis para plataformas: internas (ou específicas a uma empresa) e externas (ou industriais). Essas classificações englobam os comportamentos dos agentes e características estruturais para cada caso, conforme mostrado na tabela II-3.

Tabela II-3 Definição de plataformas internas e externas

Classificação	Definição
Internas	Conjunto de ativos organizados em uma estrutura comum a partir da qual uma empresa é capaz de desenvolver e produzir, com eficiência, uma série de produtos derivados.
Externas (ou industriais)	Produtos, serviços ou tecnologias que atuam como uma base a partir da qual inovadores externos, organizados em um ecossistema de inovação, podem desenvolver seus próprios produtos, serviços ou tecnologias complementares.

Fonte: Gawer e Cusumano, 2013

Gawer e Cusumano (2013) assumem que uma plataforma interna é desenvolvida por apenas uma empresa sendo que esta pode contar, eventualmente, com a colaboração de agentes da cadeia de suprimentos em que esta está inserida para o desenvolvimento do produto final. Neste último caso, a plataforma é chamada de plataforma de cadeia de suprimentos e é vista como um caso particular de plataforma interna. O desenvolvimento das plataformas de cadeia de suprimentos se dá a partir do fornecimento, por parte de empresas da cadeia de suprimentos da plataforma, de componentes ou produtos

intermediários vistos como complementadores ao líder da plataforma. Esse tipo específico de plataforma interna é comum no caso das indústrias montadoras como automobilística e de informática (GAWER e CUSUMANO, 2013).

As plataformas externas ou industriais contam com a colaboração de agentes externos no desenvolvimento de inovações complementares, da mesma forma que as plataformas de cadeia de suprimentos, mas esses agentes não necessariamente possuem relações de compra e venda entre si, nem fazem parte de uma mesma cadeia de suprimentos, pelo contrário, os colaboradores externos envolvidos são agentes de diversas cadeias de valor e dos mais variados setores industriais. Conforme estudado por Adner e Kapoor (2010), nestes casos o esforço em inovação da empresa focal necessita, para a sua concretização comercial, da colaboração externa, seja de inovação a montante por parte de fornecedores ou a jusante por parte de consumidores e complementadores. Essa característica incentiva a abertura das interfaces da plataforma de forma a permitir a incorporação dos incentivos em inovação dos complementadores externos no design e governança¹¹ da plataforma (GAWER e CUSUMANO, 2013).

A apresentação desta tipologia permite perceber que Gawer (2010, 2014) criou uma classificação que distingue plataformas desenvolvidas por empresas totalmente integradas verticalmente até a produção de um bem de uso final ou inseridas em uma cadeia de suprimentos específica e plataformas desenvolvidas em ecossistemas de inovação dependentes de esforços em inovação de agentes externos dos mais variados setores. Com base nesta distinção, segundo Gawer (2014), o fator mais crítico que diferencia as plataformas industriais das internas é o potencial das primeiras para criar efeitos de rede, principalmente, do tipo indiretos. Um exemplo de efeito de rede indireto em plataformas industriais é o que se dá entre complementadores e usuários: quanto maior o grau de inovação nos complementos à plataforma, mais valor é gerado aos usuários desta, de forma que, à medida que a adoção aumenta, menor é a concorrência externa sendo, então, que o número de complementos age como barreira de entrada (GAWER e CUSUMANO, 2013). Nesses casos, a plataforma providencia uma nova

¹¹ Governança é definida como uma estrutura de comando em que uma ou mais empresas coordenam e controlam atividades econômicas geograficamente dispersas de uma cadeia de produção buscando dominar as atividades que são estratégicas e que agregam mais valor (FLEURY, 2004).

forma de envolver consumidores e parceiros nos processos de desenvolvimento de novos produtos. Os usuários finais são vistos como participantes ativos no ecossistema colaborando no processo de desenvolvimento das plataformas tornando o mercado destas bilateral. Tanto os usuários finais quanto os complementadores são atraídos a construir mercados à plataforma e estão extremamente interligados por efeitos de rede. A identificação desse aspecto bilateral permite adequar as plataformas definidas na literatura econômica (mercados multilaterais) como casos específicos de plataformas industriais (GAWER, 2014).

O quadro comparativo a seguir, tabela II-4, apresenta a classificação proposta por Gawer (2010, 2014) permitindo a distinção entre os dois tipos de plataformas identificados quanto a determinados atributos. A plataforma do tipo cadeia de suprimentos é apresentada também com suas particularidades, porém, vale reforçar que esta foi caracterizada por Gawer (2014) como um caso específico de plataforma interna.

Tabela II-4 Tipologia de Gawer para classificação de plataformas tecnológicas

	Plataforma interna	Plataforma de cadeia de suprimentos ⁽¹⁾	Plataforma externa
Nível de análise	Firma	Cadeia de suprimentos	Ecossistema industrial
Agentes constitutivos da plataforma	Uma firma e suas subunidades	Montadora e fornecedores	Líder da plataforma e complementadores
Arquitetura tecnológica	Design modular; centro e periferia		
Interfaces	Fechadas: compartilhamento interno	Seletivamente abertas: compartilhamento exclusivo entre os agentes da cadeia	Abertas: compartilhamento com complementadores
Capacitações acessíveis	Capacitações da firma	Capacitações dos agentes da cadeia	Pool de capacitações ilimitado
Mecanismos de coordenação	Autoridade através de hierarquia gerencial	Relações contratuais	Governança do ecossistema

	Plataforma interna	Plataforma de cadeia de suprimentos ⁽¹⁾	Plataforma externa
Exemplos	- Black and Decker - Walkman da Sony	- Renault-Nissan - Boeing	- Facebook - Google - Smartphones e aplicativos

⁽¹⁾ Um caso específico de plataformas internas.

Fonte: Gawer, 2014

Com base nestas definições, os estudiosos (GAWER, 2010; GAWER e CUSUMANO, 2013) identificaram regras de design específicas para as plataformas internas e externas, conforme apresentado na tabela II-5.

Tabela II-5 Regras de design das plataformas internas e externas

Classificação Regras de design

Interna	Estabilidade da arquitetura do sistema
	Reuso sistemático e planejado de componentes modulares
Externa	Estabilidade da arquitetura do sistema
	O uso do produto (ou serviço) final não é pré-determinado nem está sob o controle do líder da plataforma
	As interfaces da plataforma devem ser suficientemente abertas de forma a permitir empresas externas a adicionar complementos e inovar nesses complementos gerando receita a partir desses investimentos

Fonte: Gawer, 2010; Gawer e Cusumano, 2013

A definição dessas regras de design foi realizada com base na arquitetura tecnológica identificada pela linha de design de engenharia, mas aplicadas ao contexto organizacional em que são criadas as plataformas.

Desta forma, particularidades a parte quanto ao contexto em que são desenvolvidas as plataformas, essa teoria define, em concordância com as perspectivas de engenharia e econômica já discutidas, que toda e qualquer plataforma (GAWER, 2010):

- i. É estruturada na forma de uma arquitetura tecnológica modular organizada em torno de um centro e uma periferia;

- ii. Possui interfaces entre os componentes centrais e periféricos com variado grau de abertura;
- iii. Possui acesso a agentes de inovação com variado nível de competência e coordena esses agentes constitutivos de forma a controlar mecanismos de competição;
- iv. É regulada por um mecanismo de controle que varia conforme o contexto organizacional;
- v. Gera valor a partir da criação e aproveitamento de economias de escopo, seja em demanda ou em fornecimento.

Além disso, essa teoria considera a possibilidade de evolução da plataforma com o tempo alcançando níveis de análise superiores e, portanto, fluindo entre as configurações definidas, da interna para a externa e vice versa. A figura II-1 apresenta um esquema que explica o funcionamento do *continuum* organizacional proposto por Gawer, 2014:

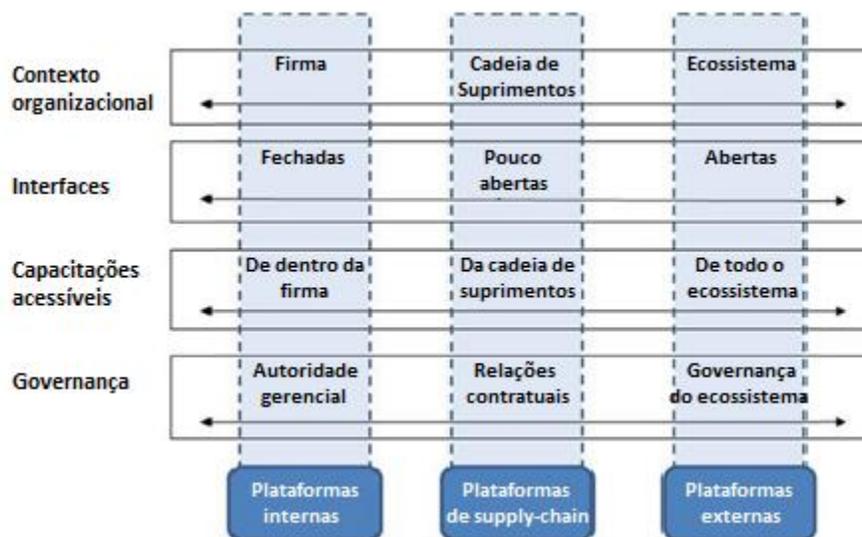


Figura II-1 O *continuum* organizacional de plataformas tecnológicas
 Fonte: Gawer, 2014

Apesar da aparente livre fluidez entre as classificações, Gawer (2014) define um pré-requisito para que uma plataforma interna evolua para industrial, ou seja, exerça um

papel industrial e convença outras empresas a adotá-lo. Para que um produto, serviço ou tecnologia evolua para uma plataforma industrial, ele(a) precisa desempenhar uma função que seja essencial para um sistema tecnológico amplo e/ou precisa solucionar um problema de negócios para diversas empresas e usuários em uma indústria (GAWER e CUSUMANO, 2008, *apud* GAWER, 2014).

O dinamismo das interações e mecanismos evolutivos dessa teoria permite compreender e analisar como as dinâmicas de inovação e competição se relacionam e, a partir disso, gera questões relacionadas às estratégias para estabelecimento de uma governança coerente à plataforma tecnológica (GAWER, 2014).

A seção II.5 explica como se dão esses mecanismos e quais são os desafios e dilemas tecnológicos e estratégicos desse processo evolutivo. Neste esforço, a próxima seção apresenta também as opções estratégicas e práticas indicadas a um líder de plataforma em vista a sua sobrevivência nesse dinamismo.

II.5 Estruturação de novas plataformas: Desafios tecnológicos e estratégicos

A partir da discussão das diferentes abordagens sobre plataformas é possível supor que o desenvolvimento destas acompanha desafios que podem determinar o seu sucesso comercial. Nesta seção, com base na revisão teórica apresentada, serão abordados os dilemas do processo evolutivo de plataformas e os desafios ao convívio do líder da plataforma em um ecossistema de inovação. Os principais pontos discutidos são: a interação entre os mecanismos de inovação e competição; a influência da forma de criação de valor na captura de valor e os riscos e dependências de um desenvolvimento imerso em um ecossistema de inovação. Como resposta a essas questões desafiadoras, essa seção apresenta também as possíveis opções e mecanismos estratégicos a serem adotados por empresas que almejam serem líderes de plataforma nesse contexto.

Observando o *continuum* apresentado na figura II-1, pode-se perceber que, à medida que uma plataforma evolui de interna para externa, o grau de abertura à inovação

aumenta, ou seja, mais fácil se torna o acesso de agentes externos à constituição da plataforma e a informações sobre suas interfaces. Observa-se também que, conforme o grau de abertura evolui, alteram-se a estrutura organizacional, o conjunto de capacitações acessíveis e também o tipo de governança da plataforma para sustentar o processo de inovação (GAWER, 2014).

Quanto mais abertas forem as interfaces de uma plataforma, maior o número de agentes atraídos ao ecossistema da plataforma e, portanto, maior e mais diversificado é o *pool* de capacitações externas permitindo, em um ambiente competitivo, o desenvolvimento de complementadores mais inovadores, a menor custo e em maior volume e, por consequência, a agregação de maior valor à plataforma. Por outro lado, porém, o aumento do grau de abertura da plataforma pode vir a afetar as posições de liderança e reduzir o poder de controle do líder da plataforma sob os componentes desta, trazendo questões relacionadas à apropriação de valor do produto final (GAWER e CUSUMANO, 2013). Ainda, o acesso à arquitetura modular da plataforma cria oportunidades de imitação por parte dos agentes externos. Essas questões levam a crer que, nos casos de plataformas industriais, enquanto um grande percentual dos agentes inova no sentido da complementação da plataforma, alguns agentes inovam de forma competitiva tornando-se concorrentes.

Desta forma, a decisão quanto ao grau de abertura a ser definido para uma plataforma é um grande dilema enfrentado pelos líderes das plataformas e envolve a questão da inovação *versus* competição ou grau de abertura *versus* apropriação de valor discutida conforme representado na figura II-2 a seguir.

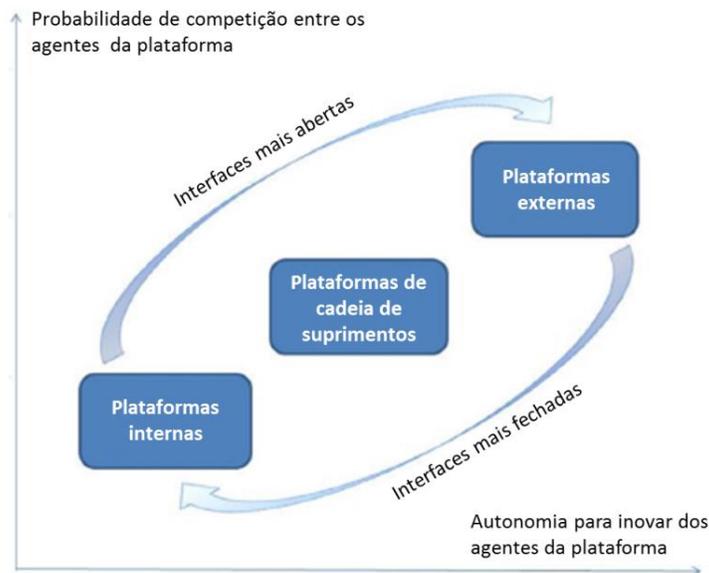


Figura II-2 Dilema inovação *versus* competição
Fonte: Gawer, 2014

O grau de abertura à inovação pode variar em algumas dimensões, que são: nível de acesso à informação sobre as interfaces; tipo de regras que governam o uso da plataforma e custo de acesso à plataforma, ou seja, existência de estratégias de patenteamento e/ou licenciamento de informação/ tecnologia. Essas três dimensões devem ser estudadas para a definição da estratégia a ser tomada pelo líder da plataforma.

Considerando o efeito dessa abertura na apropriação de valor do produto final entre todos os agentes envolvidos no desenvolvimento da plataforma, o líder desta deve articular a decisão quanto ao grau de abertura a mecanismos de governança da plataforma que sejam capazes de controlar e driblar essas forças competitivas de forma a reduzir suas ameaças. A governança do ecossistema, ou seja, a estrutura de comando de atividades estratégicas da cadeia de valor é essencial para a performance competitiva e inovadora da plataforma (GAWER, 2014). Desta forma, as plataformas, tanto internas quanto externas, devem ser estrategicamente desenhadas e geridas de forma a garantir uma vantagem competitiva ao líder da plataforma (GAWER e CUSUMANO, 2013).

No caso das plataformas internas, a gestão se dá por hierarquia administrativa (GAWER, 2014). No caso de plataformas de cadeia de suprimentos, a hierarquia é clara por contratos de compra e venda e o poder de barganha geralmente é do transformador

final (GAWER, 2010). Já no caso das plataformas industriais, a definição de uma estrutura de comando para todo o ecossistema de inovação é importante para construir e sustentar a legitimidade e poder do líder da plataforma e para fomentar uma identidade comum aos membros complementadores do ecossistema (GAWER, 2014).

O líder de uma plataforma industrial tende, estrategicamente, a facilitar e estimular a inovação a partir de uma gestão coerente e cuidadosa dos seus relacionamentos e decisões. Nessa estratégia, o líder busca efetivar uma governança colaborativa que foca em alinhar os interesses de todos os envolvidos e proteger suas margens de lucro em um esforço por criar maiores incentivos à inovação e evitar o surgimento de forças competitivas (GAWER, 2014). Neste modelo de governança, são indicadas como práticas mais efetivas de liderança de plataformas (GAWER e CUSUMANO, 2013):

- i. Desenvolver uma visão de como um produto, tecnologia ou serviço pode se tornar uma parte essencial a um ecossistema mais amplo;
- ii. Construir a arquitetura tecnológica e interfaces mais favoráveis;
- iii. Construir uma rede de alianças no entorno da plataforma que compartilhem uma visão, interesse e cultura unificada;
- iv. Trabalhar na constante evolução da plataforma como forma de manter a sua competitividade frente a potenciais concorrentes.

Com base na revisão da literatura realizada até aqui e retomando os mecanismos competitivos apresentados na seção II.4, é possível perceber a total interação entre inovação e competição em diversos relacionamentos que regem as plataformas tecnológicas. No caso da competição entre plataformas, devido aos efeitos de rede já mencionados, quanto mais inovador for o processo de desenvolvimento de complementadores, maior valor é criado à plataforma e aos seus usuários, acumulando vantagens competitivas à plataforma conforme aumenta sua adoção. No caso da competição entre complementadores, essa é acirrada com o processo de abertura da plataforma à inovação pelos agentes externos, o que gera um grande *pool* de

possibilidades. E no caso da competição entre complementadores e o líder da plataforma, esta é acirrada na medida em que o acesso às informações da plataforma no processo de inovação dos complementadores pode transformar, através de comportamentos oportunistas, os complementadores em competidores.

A partir da identificação da interação existente entre inovação e competição em diversas dimensões do processo de evolução de uma plataforma, do dilema criado quanto ao posicionamento das empresas como forma de equilibrar essas forças e das práticas mais efetivas de governança, Gawer e Cusumano (2013) apontaram que os desafios inerentes a esse processo se resumem a:

- i. Desafios tecnológicos: desenvolver a arquitetura e interfaces corretas e divulgar as propriedades intelectuais seletivamente;
- ii. Desafios estratégicos: desenvolver complementadores ou incentivar o desenvolvimento de inovações complementares por parte de empresas externas como forma de construir mercado e derrotar competidores.

De uma forma geral, esses desafios vêm a convergir para um desafio maior que é, equilibrando inovação e competição, garantir as inovações complementares necessárias para a criação de valor de forma a gerar demanda e permitir o desenvolvimento comercial do mercado de uma nova plataforma. No caso de plataformas industriais inseridas em um ecossistema de inovação, esses desafios se estendem para além do ambiente interno da empresa focal atingindo os complementadores e/ou fornecedores envolvidos no processo (ADNER e KAPOOR, 2010). Nestes casos, observa-se, então, uma dependência da empresa focal aos esforços dos agentes externos no sentido da percepção da importância da inovação e do processo de adesão a ela¹² e a superação dos seus desafios. Esta situação cria duas incertezas à empresa focal: a incerteza tecnológica em relação à capacidade das empresas externas inovarem e, portanto, à criação de valor e a incerteza comportamental em relação à possibilidade da adoção de comportamentos oportunistas por parte dos agentes externos e, portanto, à captura de valor.

¹² Conceito de observabilidade (ROGERS, 2003 *apud* OROSKI, BOMTEMPO, ALVES, 2013) que mede o grau em que os resultados de uma inovação são perceptíveis a usuários potenciais. Quanto mais fácil for visualizar o processo de adoção da inovação, mais rápido se torna o processo de difusão desta no mercado.

Gawer e Cusumano (2008) entendem que muitas empresas não conseguem sucesso como líderes de plataforma porque falham em criar caminhos estratégicos para superar simultaneamente os desafios tecnológicos e de negócios. Esses estudiosos (GAWER e CUSUMANO, 2008) identificaram, então, que as duas principais estratégias a serem seguidas por empresas com a intenção de serem líderes de plataformas e vencerem as forças competitivas existentes são: “*coring*” e “*tipping*”. Ambas as estratégias englobam os aspectos tecnológicos e as estratégias de negócios, como mostra a tabela II-6 a seguir.

Tabela II-6 Opções estratégicas: *coring* e *tipping*

Opções estratégicas	Ações tecnológicas	Ações estratégicas
<p><i>Coring</i> Como criar uma nova plataforma onde nenhuma antes existiu?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Resolver um problema essencial do sistema; - Facilitar a colaboração de agentes externos em inovação; - Proteger a tecnologia mantendo a propriedade intelectual fechada; - Manter forte interdependência entre a plataforma e seus complementos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Resolver um problema essencial de negócios para vários <i>players</i> da indústria; - Criar e preservar incentivos a complementadores para inovar e colaborar; - Proteger a principal fonte de receita e lucro; - Manter os custos de mudança entre plataformas concorrentes elevados.
<p><i>Tipping</i> Como ganhar batalhas competitivas em um mercado extremamente dinâmico?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tentar desenvolver funções únicas e interessantes que sejam difíceis de imitar e que atraiam usuários; - Absorver funções técnicas de mercados adjacentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prover mais incentivos a complementadores que os concorrentes; - Envolver os competidores em alianças; - Considerar mecanismos de <i>pricing</i> e subsídios para atrair usuários.

Fonte: Gawer e Cusumano, 2008

Através da estratégia de “*coring*”, uma empresa busca identificar ou desenvolver um novo elemento (produto, tecnologia ou serviço) nunca antes existente de forma que este seja essencial a um sistema tecnológico e a um mercado, ou seja, seja central, resolva problemas técnicos afetando uma série de outras partes do sistema. O grande desafio aos líderes de plataforma adeptos a essa estratégia é incentivar o investimento por parte de membros do ecossistema no desenvolvimento de inovações complementares para o

desenvolvimento de novas aplicações e garantia de mercado ao mesmo tempo em que protegem suas fontes de lucro.

Através da estratégia de “*tipping*”, uma empresa é capaz de compreender as dinâmicas de um dado mercado dominado por plataformas e formatá-las de forma a derrotar competidores e até mesmo atingir mercados adjacentes a partir dos mesmos canais de distribuição para a sobrevivência comercial e domínio de sua plataforma. Os movimentos mais comuns são promoções, estratégias de marketing e de *pricing*, subsidiando, no último caso, um lado do mercado de forma a atrair o outro no contexto de plataformas multilaterais. Nesses casos, o tamanho e a maturidade da empresa são fatores que conferem vantagens na garantia de mercado. Muitas empresas buscam firmar parcerias que permitam aumentar seu poder de barganha nesse cenário.

Além de estudarem as opções estratégicas para que uma empresa se torne uma líder de plataforma em um ecossistema de inovação, Gawer e Cusumano (2002) *apud* (GAWER, 2010; GAWER e CUSUMANO, 2013) desenvolveram um modelo para a sustentação da posição de liderança de plataforma no mercado através de estratégias de sobrevivência e superação em um ambiente competitivo. Esses movimentos estratégicos foram denominados por Gawer e Cusumano (2002) de 4 alavancas da liderança de plataforma e são apresentados a seguir:

- i. Escopo interno da empresa: definição dos complementadores a serem desenvolvidos internamente, se existentes;
- ii. Design tecnológico e estratégia de propriedade intelectual: definição das funções e elementos a serem incluídos na plataforma, se esta será modular e o grau de abertura a complementadores externos e a que preço;
- iii. Relacionamentos externos com agentes complementadores: definição do processo de gestão dos complementadores e de incentivo à inovação colaborativa;
- iv. Organização interna: definição de como e em que extensão os líderes de plataforma devem utilizar sua estrutura organizacional e processos internos para

assegurar os complementadores de que estes estão trabalhando para o bem de todo o ecossistema de inovação.

Essas alavancas são utilizadas pelos líderes de plataformas para permitir o desenvolvimento comercial do seu produto plataforma e são os fatores que distinguem uma plataforma de outra em relação ao seu posicionamento não apenas tecnológico como estratégico de forma que definem também suas vantagens competitivas frente aos seus concorrentes. Visto sob este ângulo, é importante pontuar que, apesar da abordagem de Gawer e Cusumano (2002) indicar a existência de um produtor dominante que busca manter sua posição de liderança, em alguns mercados, o nível de diferenciação é elevado o suficiente de forma que diversas empresas podem conviver persistindo em diferentes nichos e/ou segmentos. Nestes casos, essas alavancas são importantes para o convívio destes *players* nesses mercados e podem inclusive permitir a colaboração entre eles.

De forma geral, esta seção permitiu compreender em maior detalhe a complexidade do processo de estruturação de uma nova plataforma tecnológica no que abordou seus desafios tecnológicos e estratégicos relacionados principalmente à necessidade de equilibrar inovação e competição em um ambiente dinâmico em vista a garantir demanda e construir novos mercados. Relacionando o sucesso comercial destas novas plataformas à capacidade de criar uma gestão coerente em vista a derrotar forças competitivas e superar estes desafios, esta seção finalizou-se com a apresentação de opções estratégicas e um modelo de mecanismos estratégicos que sugerem aspectos relevantes a serem considerados por uma empresa que almeja ser uma líder de plataforma competitiva no mercado.

A base teórica apresentada neste capítulo será utilizada no capítulo III para a construção de uma definição para o caso específico de plataformas químicas e o estudo do seu processo de estruturação.

Capítulo III - Plataformas químicas

Este capítulo consiste em uma construção teórica para a caracterização de plataformas químicas e compreensão do seu processo de estruturação e as estratégias necessárias para tal com o objetivo principal de desenvolver um quadro analítico para o estudo comparativo do posicionamento estratégico de diferentes empresas focais.

Uma busca realizada no Google com o termo ‘plataforma química’ e em inglês ‘*platform chemical*’, no singular e plural, indica que, apesar do grande volume de publicações na literatura (total de mais de 45 mil resultados encontrados), em geral a utilização deste termo por parte dos pesquisadores e pela indústria se faz sem acompanhar uma definição específica do seu significado e muito menos uma discussão sobre como uma plataforma química é desenvolvida. Desta forma, ao que parece, este é um estudo pioneiro em plataformas químicas que aborda os âmbitos tecnológico, estratégico e de inovação do seu desenvolvimento e vem, então, a preencher uma lacuna na literatura.

A fundamentação teórica proposta neste capítulo é construída com base no cruzamento de particularidades químicas aos aspectos gerais apresentados para plataformas tecnológicas na revisão e argumentação teórica realizada no capítulo II.

Na primeira seção III.1, serão discutidos aspectos encontrados na literatura sobre plataformas químicas de forma a introduzir o assunto, verificar suas lacunas e já antecipar alguns desafios ao seu desenvolvimento. Na seção III.2, uma base teórica mais densa é criada: serão apresentados os fatores característicos a uma plataforma química de forma a compreender o seu processo de desenvolvimento e identificar os seus desafios e condições específicas. Na seção III.3, serão definidas variáveis e estruturado um quadro de análise para estudo das variadas opções tecnológicas e estratégias que empresas focais adotam para a estruturação de uma plataforma química.

III.1 Introdução a plataformas químicas

As chamadas plataformas químicas são casos específicos de plataforma de produto cuja estrutura base se dá na forma de um composto químico. Muitos pesquisadores e a própria indústria se referem às plataformas químicas como blocos de construção identificando-as como compostos básicos e intermediários a partir do qual se obtém uma série de produtos finais (BOMTEMPO, 2013; WERPY e PETERSEN, 2004; BIOAMBER, 2014; MYRIANT, 2015). Outros, porém, fazem uma distinção em relação a esses conceitos, como é o caso de Bozell e Petersen (2010) que consideram blocos de construção moléculas conceitualmente monômeros que não têm sua estrutura química alterada nos processos de transformação em derivados¹³.

Uma pesquisa realizada em artigos científicos e em revistas especializadas permitiu identificar duas definições bastante amplas para o termo plataforma química. Segundo Broeren *et al.* (2012) em uma publicação realizada pelo GLBRC¹⁴, plataformas químicas são definidas como “trampolins moleculares”, ou seja, moléculas intermediárias utilizadas na fabricação de produtos úteis que vão desde calçados a combustível, ou ainda, segundo Bozell e Petersen (2010), são compostos flexíveis a partir dos quais se obtém uma série de produtos. Em maior detalhe, essas definições permitem dizer que plataformas químicas são intermediários químicos capazes de dar origem a uma ampla gama de derivados com usos finais diversos, a partir de transformações físicas e químicas específicas que resultam em mecanismos construtivos ou destrutivos do composto químico considerado a plataforma.

Sendo intermediários químicos, estes produtos se posicionam no meio da cadeia de valor precisando ser transformados fisicamente e quimicamente para o desenvolvimento do produto final a ser comercializado. A figura III-1 a seguir representa a cadeia de valor resumida de intermediários químicos:

¹³ Ao longo deste trabalho, o termo bloco de construção é adotado como sinônimo de plataforma química quanto ao aspecto estrutural.

¹⁴ GLBRC: *Great Lakes Bioenergy Research Center*.



Figura III-1 Cadeia de valor de um intermediário químico
Fonte: Elaboração própria com base em Weastra, 2012

Nesta cadeia ilustrativa, o composto intermediário é produzido no elo ‘processamento’ onde os produtos resultantes da conversão da matéria-prima são isolados e purificados de forma a obter-se a molécula desejada. O elo ‘transformação química’ é responsável pelo desenvolvimento e/ou aprimoramento de tratamento físico e químico adequado ao intermediário em vista à produção de derivados de valor comercial. No elo ‘comercialização’, estes derivados são desenvolvidos comercialmente por diversos transformadores, a depender do número de etapas até o produto final, de forma que um uso final seja comercializado devolvendo o devido valor a todos os agentes envolvidos. Desta forma, a plataforma química em si não possui valor de mercado precisando, portanto, ser transformada em produtos de uso final.

Essa questão traz à estruturação de plataformas químicas um primeiro desafio relacionado à eventual necessidade de desenvolvimento de novos mercados de utilização dentro da indústria química (BOMTEMPO, 2013). Em muitos casos, estes intermediários só poderão se difundir no mercado e criar valor se for possível desenvolver novas árvores de aplicações, ou seja, criar inovações a jusante em processos de transformação para a finalização química do produto em usos finais. Esse desafio envolve, então, esforços em síntese química e em testes de adequação à utilização pretendida. No caso de empresas produtoras de intermediários que não possuem um modelo de integração vertical até o produto final, esse desafio vem a envolver, ainda, a necessidade de engajamento em inovação por parte de atores externos da cadeia o que cria um ambiente de ainda maior incerteza.

Ultimamente, no contexto de formação da bioeconomia, um maior enfoque tem sido observado ao desenvolvimento das plataformas químicas de base renovável, ou seja,

obtidas a partir de biomassa. Essas novas plataformas químicas podem ser não apenas novos produtos intermediários, no caso novas moléculas, como também produtos obtidos por novos processos, ou seja, moléculas já existentes, porém produzidas por uma nova rota tecnológica. Em função destas novas plataformas e seus derivados muitas vezes possuem potencial como substitutos, *drop in* ou não *drop in*, a petroquímicos convencionais consolidados no mercado e oferecerem novas oportunidades de investimento em uma determinada cadeia produtiva, elas podem vir a alterar o cenário das cadeias de valor na indústria química.

Para que uma substituição *drop in* ocorra são necessários fatores de competitividade que garantam atratividade ao novo composto, como: disponibilidade de matéria-prima a preços competitivos e capacidade de desenvolvimento tecnológico para uma produção com qualidade e eficiência em custo (BOMTEMPO, 2013). Já em casos em que a substituição não é perfeita (compostos não *drop in*), outro fator de competitividade é a capacidade de difusão do novo produto em uma cadeia já estruturada para o produto fóssil. Nestes casos, para que a substituição ocorra, torna-se necessário o desenvolvimento de novas aplicações a partir da estruturação de relações colaborativas a jusante da cadeia para produção de aditivos que melhorem as propriedades técnicas e de processo e adaptação ou construção de novos ativos complementares. Ainda, o relacionamento com o *end user* é importante nestes casos para a demonstração de vantagens técnicas ao novo produto. Em resumo, conforme discutido por Oroski, Bomtempo e Alves (2013), os investimentos requeridos para a difusão de compostos *drop in* se concentram a montante (fornecimento de matéria-prima), enquanto os investimentos requeridos para a difusão de compostos não *drop in* se estendem por toda a cadeia tanto a montante quanto a jusante (demanda).

Além destas definições gerais e das implicações que representam, foi encontrado, em uma apresentação realizada pela Succinity para o *World Congress on Industrial Biotechnology* (WALTER, 2014), um modelo para o desenvolvimento comercial de plataformas químicas. Este modelo é estruturado em três fases conforme demonstra a figura III-2.



Figura III-2 Três estágios de comercialização até plataformas químicas
 Fonte: Alterado de Walter, 2014

A análise dessa figura permite supor que, segundo a percepção da Succinity, para o desenvolvimento comercial de uma plataforma química e sua consolidação no mercado a partir da comercialização dos seus produtos finais derivados, é necessário o avanço em três estágios bem definidos. A primeira etapa é chamada de ‘introdução tecnológica e comercial’ que inclui o desenvolvimento da tecnologia, a definição de um mercado alvo e da proposição de valor e a validação de qualidade por clientes potenciais. Concluindo esta etapa, a empresa sugere a evolução para a etapa chamada de ‘realidade comercial’ em que é iniciada a produção do intermediário, são disponibilizadas quantidades comerciais do produto ao mercado e são estabelecidas todas as condições necessárias para o sucesso comercial como a definição da rede logística, de um sistema de controle de qualidade e de serviço pós-venda. Por fim, a Succinity acredita que, tendo vencido os desafios às etapas anteriores, o processo flui para a fase final chamada de ‘plataforma química’ que, quando concluída, permite que um intermediário seja considerado uma plataforma química consolidada no mercado. Esta última etapa consiste no aumento de escala de produção, no alcance de excelência operacional, na criação de demanda a partir do desenvolvimento de novas aplicações, no ganho de competitividade frente aos concorrentes e no estabelecimento de uma rede de produção através de alianças estratégicas com agentes externos.

Uma análise crítica deste modelo permite dizer que, apesar de ter levantado fatores essenciais ao desenvolvimento comercial de uma plataforma como o desenvolvimento de aplicações e o estabelecimento de relações com agentes externos envolvidos na estruturação da cadeia produtiva, a Succinity não foi capaz de capturar a complexidade e dinamismo deste processo. Segundo a empresa, este processo possui características lineares e ocorre em etapas bem definidas basicamente de pesquisa e desenvolvimento, produção e comercialização organizadas de forma rigorosamente sequencial. Porém, tratando-se de um processo de inovação, o desenvolvimento de novas plataformas químicas é na verdade muito mais complexo, desordenado, caótico e quase aleatório.

Conforme estudado por Kline e Rosenberg (1986) na definição do modelo *chain-linked model*, um processo de inovação é ditado, não só por progresso tecnológico, como também pelo mercado de forma que é caracterizado por uma constante interação com o usuário e aprendizado contínuo. Essa percepção leva ao entendimento da inovação como um processo interativo e multidirecional de pequenos avanços e retrocessos regidos por *feedbacks* em um conceito chamado de *learning by use* (KLINE e ROSENBERG, 1986). No caso específico de uma plataforma química, este conceito é entendido sob o aspecto de que não se consegue realizar as etapas propostas pela Succinity de forma segregada. Estas etapas são, na verdade, interdependentes em dois mecanismos: do tipo ovo-galinha em que fatores de etapas distintas como produção e aplicação evoluem juntos e do tipo retroativo em que um avanço em uma etapa pode significar um retrocesso (necessidade de adaptação) em outras.

Desta forma, em resumo, o modelo apresentado na figura III-2 traz pontos de análise interessantes, mas não cria um bom mapa estratégico ao desenvolvimento da plataforma, pois negligencia o seu aspecto interativo, interdependente e circular. Essa percepção reforça a ausência de bases teóricas na literatura que reflitam sobre o formato desse processo de desenvolvimento.

Essa introdução, trazendo para discussão aspectos encontrados na literatura, permite criar uma base para suportar a análise comparativa a plataformas tecnológicas a ser realizada na seção III.2.

III.2 Definição de plataformas químicas: fatores característicos e desafios ao seu desenvolvimento

Partindo dessas amplas definições e percepções encontradas na literatura, essa seção pretende estruturar uma caracterização para plataformas químicas cruzando aspectos gerais das plataformas tecnológicas definidas na seção II.4 com particularidades da indústria química e sugerir como se dá o seu processo de estruturação e os seus desafios.

Conforme definido por Gawer (2010) e apresentado na seção II.4, toda e qualquer plataforma tecnológica, de forma resumida, deve: ser estruturada na forma de uma arquitetura tecnológica modular; possuir interfaces com variado grau de abertura entre seus componentes; possuir acesso a agentes de inovação com variado nível de competência; ser regulada por um mecanismo de controle e gerar valor a partir da criação e aproveitamento de economias de escopo. Sendo consideradas casos específicos de plataformas tecnológicas de produto, as plataformas químicas devem, portanto, cumprir todos estes requisitos. Tratando-se, porém, de compostos químicos intermediários, como apresentado na seção III.1 anterior, estas plataformas possuem ainda características adicionais relacionadas, principalmente, à necessidade de estruturação de cadeias produtivas.

Considerando, então, a teoria geral de plataformas de produtos e estas particularidades, pode-se definir os fatores característicos que, em conjunto, permitem identificar determinados produtos como plataformas químicas. Estes fatores são listados e explicados a seguir:

- i. São estruturados na forma de uma arquitetura modular flexível chamada de estrutura química formada por átomos conectados por ligações químicas, ou seja, essencialmente são compostos químicos;
- ii. Possuem interfaces, com variados graus de abertura, que permitem a sua transformação em uma larga gama de derivados a custo competitivo e, portanto, definem o grau de exploração da árvore de derivados do composto. Essas

interfaces podem ser vistas como os processos de transformação química e física que podem ser integrados pela empresa focal ou direcionados a agentes externos.

- iii. São caracterizados por múltipla integração/ encadeamento entre os elos da(s) sua(s) cadeia(s) produtiva(s) e múltiplas etapas até o(s) produto(s) final(is), fruto da sua posição na cadeia como intermediários;
- iv. Relacionam-se com agentes de inovação de variado nível de competência e interesses diversos situados em diferentes posições da cadeia produtiva e na direção de diferentes produtos finais, de forma que o ecossistema de inovação em que são desenvolvidos é o próprio conjunto de cadeias produtivas. A extensão desses relacionamentos depende do grau de exploração da árvore de derivados e da estrutura organizacional função do grau de verticalização da empresa produtora;
- v. São regulados por um mecanismo de controle e comando (governança) que varia conforme o contexto organizacional e permite a competitividade do líder da plataforma;
- vi. Permitem gerar valor a partir da criação e aproveitamento de economias de escala e escopo.

A figura III-3 apresenta de forma resumida esses seis fatores característicos:

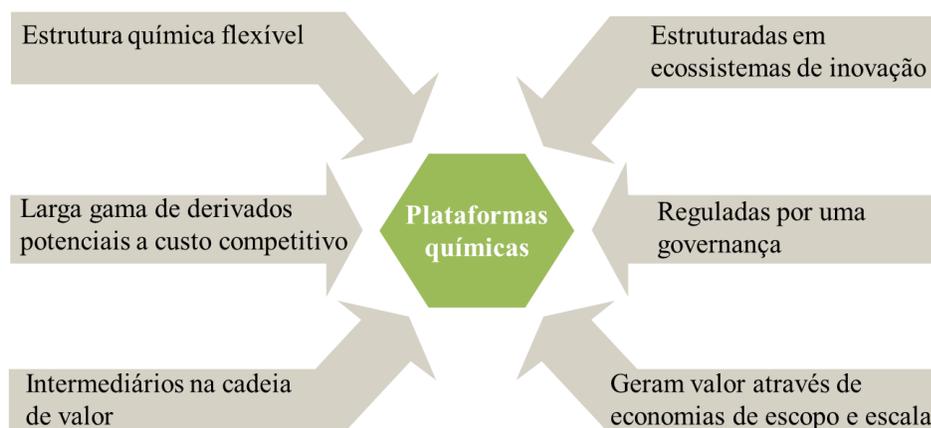


Figura III-3 Fatores característicos a uma plataforma química
Fonte: Elaboração própria

É importante destacar que a aderência a um ou mais desses fatores não é suficiente para que um produto se comporte como plataforma, é necessário que todos esses fatores se apliquem simultaneamente. Desta forma, esses fatores característicos permitem observar que, para que um produto seja considerado uma plataforma química, são necessárias, não só condições intrínsecas à estrutura do produto do ponto de vista da molécula química e da sua flexibilidade para a produção de derivados diversos, como também esforços estratégicos por parte das empresas produtoras no sentido do engajamento de agentes da cadeia produtiva e concretização comercial do produto.

Essa caracterização permite, então, avaliar o potencial como plataforma de um determinado composto químico no momento inicial do seu desenvolvimento, ou seja, o quão “plataformável” é esse composto. Compostos que possuem estruturas químicas lineares e flexíveis, por exemplo, possuem alto potencial como plataforma, mas podem não vingar como tal a depender dos esforços e movimentos das empresas produtoras no sentido da superação de forças competitivas e do desenvolvimento da sua aplicação e de novos mercados.

Com base na análise deste perfil característico é possível, então, identificar condições necessárias, dinâmicas competitivas e desafios inerentes ao processo de desenvolvimento de plataformas químicas, ou seja, à concretização do potencial como plataforma de um determinado composto.

Em função do amplo potencial de aplicação que possuem, esses produtos potencialmente plataformas químicas têm capacidade de oferecer um valor comercial extremamente elevado. Porém, por configurar-se como um intermediário na cadeia de valor, como já demonstrado, para que este valor possa de fato ser gerado, este produto precisa ser devidamente transformado em produtos finais que atendam à cultura, anseios e necessidades do mercado. E, para que seu potencial como plataforma vingue, esse esforço deve se estender a diversas cadeias da árvore de derivados alcançando variados mercados. Desta forma, torna-se necessário o desenvolvimento das aplicações deste produto para difusão nos mais variados mercados, ou seja, o desenvolvimento de transformações químicas e físicas e, em alguns casos, a adaptação de processos e equipamentos para a substituição destes em cadeias produtivas construídas para o *input*

de petroquímicos. Geralmente, esse esforço se faz sob a necessidade de engajamento dos desenvolvedores dos mais variados setores industriais que, como atores da cadeia a jusante são responsáveis por conduzir a inovação produzida pelo líder da plataforma até um uso final.

A necessidade de encadeamento dos elos da cadeia produtiva e de extensão do produto a diversos usos finais leva a crer que uma plataforma química desenvolvida é geralmente, conforme tipologia criada por Gawer (2014) apresentada na seção II.4, uma plataforma industrial imersa em um ecossistema de inovação. Com exceção de algumas empresas totalmente verticalizadas que comportam todas as etapas das cadeias produtivas e competências e tecnologias específicas para tal e, portanto, são capazes de desenvolver uma plataforma internamente, em geral, torna-se necessário o aproveitamento de capacitações externas. As empresas produtoras de plataformas em desenvolvimento buscam, então, a sua externalização para obtenção de colaboração de complementadores de diversos elos das cadeias produtivas, principalmente, a jusante, como, por exemplo, produtores de aditivos, de moldes e transformadores que tornem possível a sua utilização com desempenho favorável em diversos produtos finais (BOMTEMPO, 2013). Nesse sentido, a atuação dos colaboradores extrapola os limites de uma cadeia de suprimentos específica obtendo-se colaboração dos mais variados setores no sentido de diversos mercados com produtos finais distintos.

Sob esta abordagem pode-se, então, considerar que uma plataforma química não deve assumir o tipo cadeia de suprimentos. O fracasso na tentativa de atingir vários mercados impede a caracterização de um intermediário como plataforma química. Nestes casos, os agentes envolvidos convergem para a estruturação de uma cadeia até um produto final específico de forma que essa evolução inversa evidencia a incapacidade de explorar e atuar em outras cadeias produtivas impossibilitando o desenvolvimento do composto como plataforma.

A caracterização de uma plataforma química como plataforma industrial sugere uma análise das forças competitivas envolvidas nesse ecossistema. Em função da estrutura química fixa de uma plataforma, da ampla gama de derivados diferentes, *drop in* ou não *drop in*, capazes de serem gerados e do seu desenvolvimento envolver a

atuação de diversos agentes de inovação, define-se as formas de competição nesse ecossistema como:

- i. Entre plataformas e seu equivalente petroquímico, para o caso de plataformas de base renovável em que a inovação ocorre no processo produtivo, em função dos custos de produção e oportunidades de investimento;
- ii. Entre plataformas e compostos químicos já estabelecidos no mercado através de mecanismos de substituição ditados por custos de mudança (no caso de substitutos não *drop in*) e fatores chave de competitividade;
- iii. Entre empresas produtoras de uma mesma plataforma na busca pelo domínio do mercado a depender das tecnologias adotadas, do arranjo empresarial e das estratégias de alianças e parcerias;
- iv. Entre empresas complementadoras na busca pelo desenvolvimento de complementos e ativos mais atrativos e/ou novas aplicações;
- v. Entre empresas produtoras de plataformas e empresas complementadoras da cadeia produtiva a partir de estratégias de integração para frente ou para trás.

Com base nas características das plataformas químicas, nos fatores de desenvolvimento até a sua difusão no mercado definidos pela Succinity (2014) e nas forças competitivas que influenciam o ecossistema de inovação em que são desenvolvidas, pode-se identificar os grandes desafios à estruturação dessas novas plataformas químicas e as condições necessárias para que seu potencial de aplicação seja de fato explorado. Esses fatores estão listados a seguir:

- i. Realizar o *scale-up* das tecnologias de produção da plataforma possibilitando a sua produção em escala comercial;
- ii. Selecionar a(s) cadeia(s) mais promissora(s) da árvore de produtos da plataforma a serem exploradas segundo as condições do mercado;
- iii. Selecionar o escopo interno à empresa produtora da plataforma e divulgar as propriedades intelectuais seletivamente;

- iv. Incentivar a adoção pelo mercado de produtos finais não disseminados, ou seja, construir novos mercados, a partir do fornecimento de pré-validação de performance aos consumidores demonstrando e desenvolvendo a nova aplicação para convencimento do *end user*¹⁵;
- v. Garantir mercado de extenso volume para a aplicação de economias de escala na produção da plataforma;
- vi. Tornar os resultados da inovação embutida no processo de produção desta nova plataforma perceptível a usuários potenciais como forma de acelerar a sua adoção pelo mercado;
- vii. Conquistar a confiança de complementadores e do *end user* e desenvolver relações de cooperação em um esforço estratégico para a articulação de agentes dos mais variados elos das cadeias produtivas como forma de ganhar competitividade e atrair consumidores por efeitos de rede indiretos;
- viii. Desenvolver tecnologias capazes de transformar a plataforma em derivados com uso final com performance e qualidade favorável, em escala comercial e de forma eficiente em custo;
- ix. No caso das plataformas de base em biomassa com potencial como substitutos não *drop in*, adaptar processos e equipamentos e desenvolver ativos complementares para a sua utilização comercial (ou seja, gerenciar e minimizar custos de mudança);

Esses fatores compreendem basicamente aspectos tecnológicos e estratégicos no sentido da superação de forças competitivas para a concretização do desenvolvimento comercial desta plataforma através das inter-relações entre os elos da cadeia e difusão nos mercados. Como já mencionado, muitos produtos possuem potencial como plataformas, mas não vingam como tal devido a dificuldade de superação destes desafios em um ecossistema altamente complexo e competitivo.

¹⁵ *End user* é a indústria cliente produtora de bens finais e detentoras das marcas de consumo, chamada também de *brand owner*. Exemplo: Na cadeia de valor de plásticos, o *end user* são as indústrias de bens de consumo, cuidado pessoal, varejo, brinquedos entre outras.

Por fim, lembrando os aspectos descritos anteriormente relacionados ao desenvolvimento de plataformas industriais na seção II.5, é interessante observar que as plataformas químicas, para que sejam efetivadas comercialmente, precisam responder a certos dilemas no sentido da superação destes desafios e forças competitivas apresentados:

- i. Grau de abertura *versus* apropriação de valor: o líder da plataforma deve ser capaz de gerenciar suas interfaces como forma de permitir a geração de valor com obtenção de colaboração externa, mas impedir que esse valor seja capturado por esses agentes desenvolvedores;
- ii. Inovação/ colaboração *versus* competição: o líder da plataforma deve criar relações de colaboração para a introdução de inovações no mercado, mas deve atentar-se a comportamentos oportunistas por parte desses atores;
- iii. Desenvolvimento do mercado, beneficiamento com economia de escala e escopo e atração dos colaboradores: o líder da plataforma deve saber lidar com esse problema do tipo ovo-galinha em que efeitos de rede definem uma interdependência entre esses três fatores. Para o desenvolvimento de economias de escala e escopo é necessária a garantia de demanda que só surge com vantagens de custo fruto desses mecanismos produtivos e com a colaboração de agentes externos que só entram no negócio com a garantia de avanço com aumento de escala.

Após a estruturação de uma definição para o termo plataforma química e a análise do seu processo de estruturação realizadas nesta seção, a seção III.3 seguinte pretende construir um quadro analítico para o estudo de variáveis que permitam identificar o quão próximo está um produto de se tornar uma plataforma química difundida no mercado.

III.3 Variáveis de análise

Todos os fatores levantados até então – definições, fatores característicos, dinâmica de competição, desafios e dilemas – levam à definição de variáveis de análise

que permitem classificar e distinguir diferentes estratégias adotadas pelas empresas produtoras de plataformas químicas frente aos dilemas enfrentados como forma de superar os seus desafios e permitir o desenvolvimento comercial destas. O estudo do posicionamento estratégico de uma empresa com base nessas variáveis permite também identificar, com base no modelo de desenvolvimento comercial apresentado na seção anterior, o quão perto estão os seus produtos de uma plataforma química. Apesar de não apresentar um aspecto favorável e desconsiderar o dinamismo desse processo, o modelo criado pela Succinity (2014) traz fatores essenciais ao desenvolvimento de plataformas que poderão ser considerados, em conjunto, base para a conclusão deste processo.

Estas variáveis podem ser identificadas como movimentos estratégicos e, portanto, foram definidas com base nas 4 alavancas citadas por Gawer e Cusumano (2002) *apud* (GAWER, 2010; GAWER e CUSUMANO, 2013) aplicadas para o caso específico das plataformas químicas:

- i. *Background*: Definição do histórico da empresa produtora da plataforma no sentido da sua criação como forma de compreender o modelo estratégico ou arranjo empresarial adotado. Esse arranjo permite supor, caso a caso, o modelo de incorporação da plataforma na indústria e analisar a atratividade da empresa a investidores;
- ii. Design tecnológico: Definição do composto químico propriamente dito e do processo produtivo no que inclui matéria-prima, rota tecnológica e eventuais vantagens comparativas;
- iii. Escopo interno da empresa: Definição dos elos da cadeia de valor integrados na empresa produtora da plataforma, ou seja, nível de verticalização do processo produtivo no que inclui integração para frente e para trás e definição de eventuais estratégias de expansão horizontal para outros compostos. A partir dessa estrutura produtiva interna define-se também o modelo de comercialização do(s) produto(s);
- iv. Estratégia de valor (criação e apropriação): Definição do grau de abertura à inovação e das estratégias de apropriação de valor no que inclui diversificação na

forma de gerar receitas e implantação de custo de acesso à tecnologia por patenteamento e/ou licenciamento de tecnologia. Essa variável trata a forma como a empresa lida com o dilema grau de abertura *versus* apropriação de valor.

- v. Relacionamentos externos (competição e colaboração): Definição da dinâmica de relações de cooperação e dos comportamentos oportunistas entre as produtoras de uma mesma plataforma, entre uma produtora e agentes complementadores e entre uma produtora e o *end user*. Essas parcerias, a depender do grau de maturação da plataforma, permitem compreender o encadeamento entre elos da cadeia e o modelo de governança e liderança por trás dessa dinâmica.

A partir dessas variáveis é possível estudar e comparar não só diferentes plataformas químicas como também diferentes posicionamentos de empresas produtoras de uma mesma possível plataforma química no sentido da concretização desta no mercado. É possível observar através da consolidação das informações para todas as empresas produtoras as estratégias competitivas e colaborativas que convergem para o desenvolvimento de um produto como plataforma química. Essas estratégias evidenciam quais os fatores considerados essenciais por cada empresa para impulsionar a adoção dos mercados pelos seus produtos inovadores e o quão vêm se esforçando nesse sentido.

A figura III-4 apresenta um quadro analítico que resume o desenvolvimento teórico proposto neste capítulo. Este quadro apresenta as cinco variáveis para o estudo do posicionamento de empresas focais - *background*, design tecnológico, escopo interno, estratégia de apropriação e relacionamento externos - e os principais fatores tecnológicos e estratégicos a serem considerados nessa análise. Estes fatores englobam os desafios a serem enfrentados nesse processo e as supostas formas de superá-los e de ganhar vantagens comparativas frente à concorrência. Desta forma, as opções adotadas por um líder de plataforma química quanto a cada um desses fatores permite compreender o estágio de evolução da plataforma, ou seja, permite supor o quão próximo se está de permitir a difusão no mercado deste novo intermediário.

Por fim, quando da superação dos desafios e atendimento às condições necessárias para que um composto químico se comporte como plataforma, é possível observar que

são diversas as vantagens do desenvolvimento de novas plataformas químicas, muitas das quais semelhantes às identificadas para plataformas de produto na seção II.2 e outras mais específicas às particularidades químicas. Pode-se citar: larga aplicabilidade; versatilidade de uso final; economia em custos fixos; possibilidade de aproveitamento de economias de escala e escopo em produção e em fornecimento; vantagens ambientais e criação de oportunidades de investimento permitindo a exploração de cadeias antes não promissoras. Estes dois últimos pontos são verificados no caso de plataformas a partir de biomassa em função da possibilidade de produção de derivados com potencial como substitutos a petroquímicos convencionais atingindo inclusive mercados antes não alcançados por limitações de custo e/ou ambientais.

Desta forma, com base em toda a análise realizada – apresentando desde características e vantagens intrínsecas às plataformas químicas até as estratégias para posicionamento das empresas quanto aos dilemas inerentes ao processo evolutivo de forma a superar desafios em um ambiente extremamente competitivo –, todo este capítulo oferece base para o estudo de plataformas químicas, antes extremamente vago na literatura, permitindo a comparação entre diferentes casos e a identificação do quão próximo de uma plataforma química está um composto químico em desenvolvimento a partir da análise dos ecossistemas de inovação e movimentos estratégicos envolvidos.

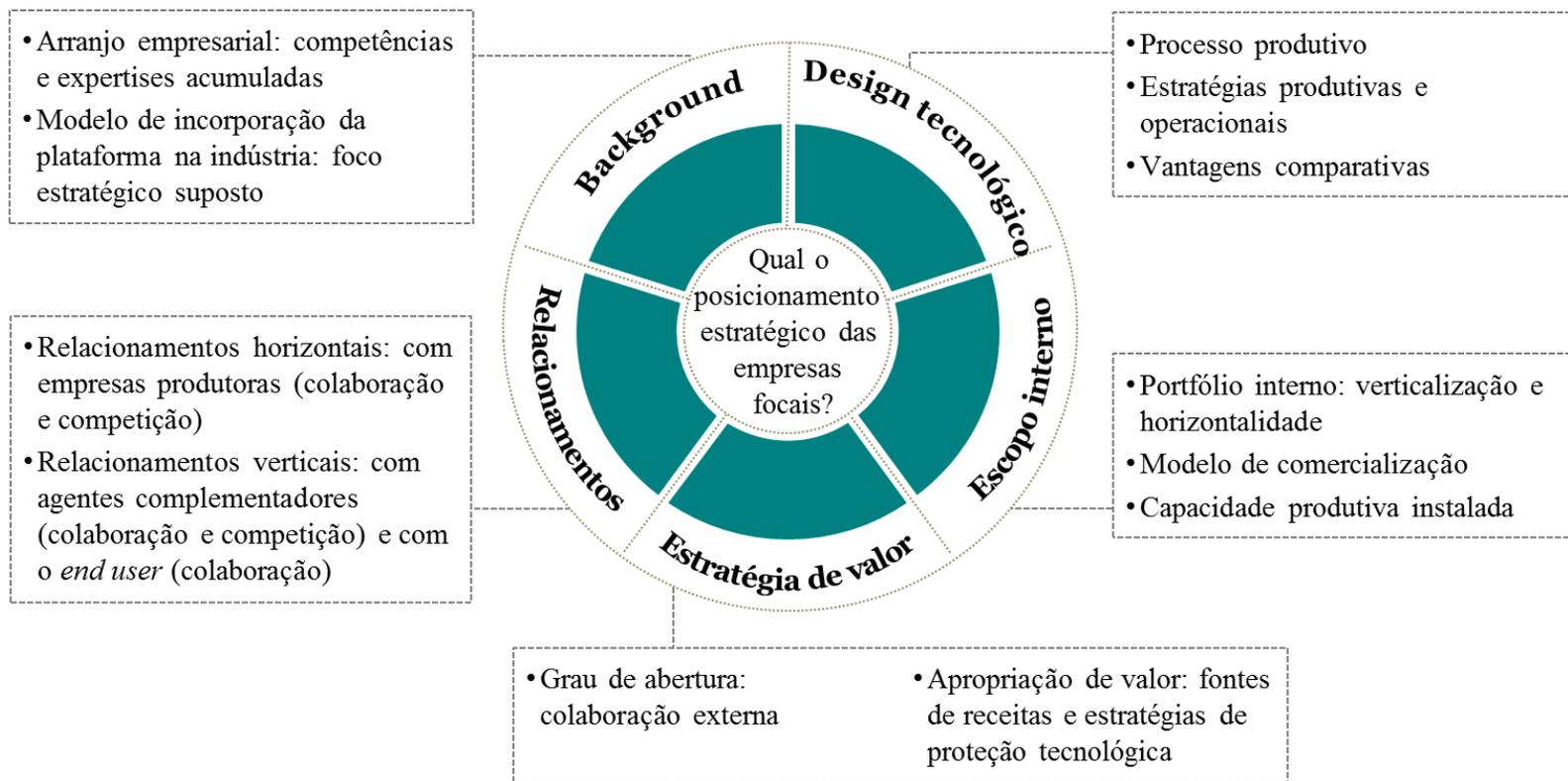


Figura III-4 Quadro analítico –Estudo de plataformas químicas
Fonte: Elaboração própria

Capítulo IV – O bio-ácido succínico como plataforma química¹⁶

Após a fundamentação teórica desenvolvida para o conceito de plataforma química, o presente capítulo trata do bioproduto caso de estudo deste projeto, bio-ácido succínico, buscando defini-lo como potencial plataforma química e apresentar os desafios particulares ao desenvolvimento comercial deste intermediário químico, no que tange o processo de adoção pelo mercado.

O bio-ácido succínico é um bioproduto produzido a partir de biomassa, idêntico em termos estruturais ao convencional ácido succínico de origem fóssil, selecionado como caso de estudo diante do potencial que gera para exploração da sua árvore de aplicações, antes não atrativa por questões econômicas.

As três primeiras seções deste capítulo (IV.1, IV.2 e IV.3) apresentam, então, as características do composto ácido succínico, abordando as suas propriedades físico-químicas, rotas tecnológicas, aplicações e aspectos mercadológicos de forma a criar bases para a discussão proposta neste trabalho. A seção IV.4 traz uma discussão do estágio atual dos projetos em andamento no mundo para produção de bio-ácido succínico em vista a identificar os desafios a serem enfrentados para avanço no nível de maturidade deste processo de desenvolvimento. A seção IV.5, partindo do cruzamento das teorias apresentadas e desenvolvidas no capítulo III com as características do produto e contexto em que está sendo produzido, busca estudar o potencial deste composto como plataforma química. Por fim, a seção IV.6 busca identificar as formas de estruturação de todo o seu ecossistema de inovação sugerindo práticas adequadas às empresas produtoras.

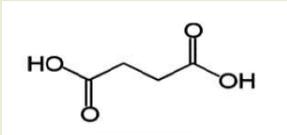
IV.1 Propriedades físico-químicas

O ácido 1,4 butanodióico, mais conhecido como ácido succínico, é um ácido orgânico dicarboxílico de cadeia carbônica saturada e linear que se constitui em um

¹⁶Algumas seções deste capítulo (IV.1, IV.2, IV.3 e IV.4) retornam e atualizam os capítulos III e IV do estudo ‘A dinâmica de inovação em intermediários químicos a partir de biomassa: o caso do ácido succínico. Araújo, 2014’.

metabólito produzido naturalmente por plantas, microrganismos e animais (ZEIKUS, 1999). A tabela IV-1 apresenta informações sobre a identidade química do produto e suas propriedades físico-químicas.

Tabela IV-1 Propriedades físico-químicas e identidade química do ácido succínico

Nomenclatura IUPAC	Ácido butanodióico
Outras nomenclaturas	Ácido 1,2-etanodicarboxílico e ácido 1,4-butanodióico
Fórmula molecular	$C_4H_6O_4$
Fórmula estrutural	
Aparência	Cristal ou pó incolor e inodoro
Massa molecular	118,09 u
Ponto de fusão	184-188°C
Ponto de ebulição	235°C
Volatilidade	0 (21°C)
Reatividade	Combustível e corrosivo
Solubilidade	Solúvel em água, etanol e acetona

Fonte: Borges, 2011; Weastra, 2012; Cheng, 2012

A cadeia saturada e linear deste composto permite, a partir de diversas transformações químicas, a sua conversão em uma extensa gama de derivados. Ainda, a sua estrutura química confere um potencial como substituto não *drop in* ao anidrido ftálico, anidrido maleico (MAN) e ácido adípico, todos compostos petroquímicos de amplo valor comercial, permitindo, então, a síntese de uma multiplicidade de compostos (WEASTRA, 2012).

IV.2 Rotas tecnológicas

Até 2013, dados de mercado indicavam que a produção comercial de ácido succínico era conduzida predominantemente por rotas petroquímicas. Entretanto, muitas são as empresas e institutos de pesquisa que vêm direcionando seus esforços no sentido do desenvolvimento de rotas inovadoras a partir de biomassa, ou seja, processos

fermentativos de baixo custo a partir de matérias-primas renováveis. Esses processos podem vir e, de fato, vêm substituindo as rotas a partir de fontes fósseis, alterando esse cenário (WEASTRA, 2012).

Os principais produtores mundiais de ácido succínico petroquímico são: Gadiv Petrochemical Industries Ltd., Kawasaki Kasei, DSM e outros menores produtores chineses como Anqing Hexing Chemical Co. Ltd, e Anhui Sunsing Chemicals Co. A principal rota petroquímica comercial para produção de ácido succínico é a hidrólise de produtos derivados do petróleo que se dá inicialmente com a oxidação do butano a anidrido maleico com emissão de CO₂, seguida de uma hidrólise a ácido maleico e, por fim, uma hidrogenação para a obtenção do ácido succínico. A figura IV-1 a seguir ilustra essa síntese.

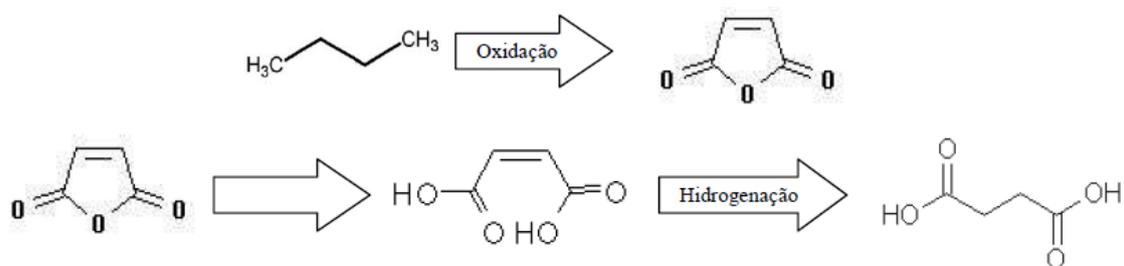


Figura IV-1 Síntese química para obtenção do ácido succínico
Fonte: Zeikus *et al.*, 1999 *apud* Borges, 2011

Além de ser um processo com emissão de CO₂ e, portanto, poluidor, esse processo possui uma desvantagem de custo. A transformação de anidrido maleico a ácido succínico é um processo extremamente caro que acaba por limitar as aplicações do produto a derivados de maior valor agregado. Ainda, o rendimento e pureza do produto final obtido por esse processo são relativamente baixos (BORGES, 2011).

Desta forma, em função do grande impacto ambiental e ineficiência econômica da rota convencional, ultimamente, grande atenção tem sido voltada à obtenção de ácido succínico via rota fermentativa, idêntico ao petroquímico. Muitas empresas vêm estudando a fundo este processo com intuito de otimizá-lo tecnologicamente e reduzir custos de forma que já são identificadas quatro empresas produtoras de bio-ácido succínico em escala comercial: BioAmber, Succinity GmbH, Reverdia Vof e Myriant Technologies LLC. Além destas, algumas empresas chinesas têm mostrado interesse na produção de bio-ácido succínico, porém em escala reduzida (GREEN CHEMICALS BLOG, 2014).

A produção comercial do bio-ácido succínico envolve basicamente quatro etapas: processamento *upstream* para pré-tratamento de biomassa para produção de açúcares simples; conversão à ácido succínico; processamento *downstream* para recuperação e purificação e, por fim, transformação química do ácido purificado em derivados de maior valor agregado (LIN *et al.*, 2012). O rendimento, concentração, produtividade e, portanto, custo da reação dependem, principalmente, de: substrato, microrganismo e meio de cultivo.

Comparativamente ao ácido succínico fóssil, a produção biológica inicialmente não era economicamente competitiva devido a alguns inconvenientes: alto custo das matérias-primas, baixa concentração do produto no mosto da fermentação, co-geração de produtos indesejáveis e difícil recuperação do produto (CHENG *et al.*, 2012). As empresas mencionadas anteriormente, com colaboração de institutos de pesquisa e universidades, vêm buscando aprimorar suas rotas biológicas com foco principal em (LIN *et al.*, 2012; MEYNIAL-SALLES, 2007):

- i. Aumento da concentração e rendimento reacional por aplicação de engenharia metabólica;
- ii. Otimização das condições reacionais;
- iii. Flexibilização do processo para uso de fontes de matéria-prima de baixo custo e não alimentares;
- iv. Aumento da eficiência dos processos de recuperação e purificação.

Em função dessas estratégias e esforço em P&D, hoje, o processo fermentativo já tem se mostrado viável e bastante favorável ao se considerar as vantagens comparativas à rota petroquímica convencional.

A matéria-prima empregada no processo fermentativo de produção de bio-ácido succínico é, atualmente, a glicose seja de fontes sacaríneas, amiláceas ou lignocelulósicas. A biomassa utilizada no processo representa grande impacto no custo de forma que se tem observado um esforço das empresas produtoras no sentido da flexibilização para fontes de biomassa residuais mais baratas e menos nobres. (CHENG *et al.*, 2012). Tem se observado, ainda, um esforço pela exploração de outras matérias-primas como o glicerol e a xilose de forma que se pode dizer que a matéria-prima mais

barata a esse processo ainda está em processo de definição. De forma geral, as principais fontes de carbono renovável utilizadas até então são: carboidrato (substrato solúvel ou polissacarídeo insolúvel de cana-de-açúcar, beterraba, milho, mandioca, trigo...), celulose, hemicelulose ou lignocelulose (polissacarídeo insolúvel de alta resistência de bagaço, madeira e outros resíduos agrícolas e florestais).

Atualmente, o bio-ácido succínico pode ser obtido por fermentação bacteriana ou por leveduras sendo que estes microrganismos podem ser anaeróbios ou anaeróbios facultativos, naturais ou geneticamente modificados como: *Anaerobiospirillum succiniproducens*, *Actinobacillus succinogenes*, *Mannheimia succiniciproducens*, *Corynebacterium glutamicum* e *Escherichia coli* (BORGES, 2011; BEAUPREZ, 2010). As empresas produtoras ainda vêm investindo em P&D para o aprimoramento destes processos e ainda não há uma tecnologia dominante.

O processo de metabolização da biomassa por leveduras tem, porém, se mostrado mais favorável principalmente por constituir-se em um processo direto, de apenas uma etapa e, portanto, mais econômico, com menor gasto energético, menor processamento químico e emissão de carbono (REVERDIA, 2014). Além disso, algumas empresas produtoras, BioAmber e Reverdia, alegam que o uso de leveduras possibilita uma maior flexibilidade em relação à biomassa a ser processada. No caso da fermentação bacteriana, o processo ocorre com controle de pH de forma que é necessária a adição de ácido ao mosto fermentativo e o produto obtido é um sal succinato que deve ser, então, transformado no ácido succínico. O equacionamento dos processos fermentativos demonstra essa questão e pode ser observado na figura IV-2.

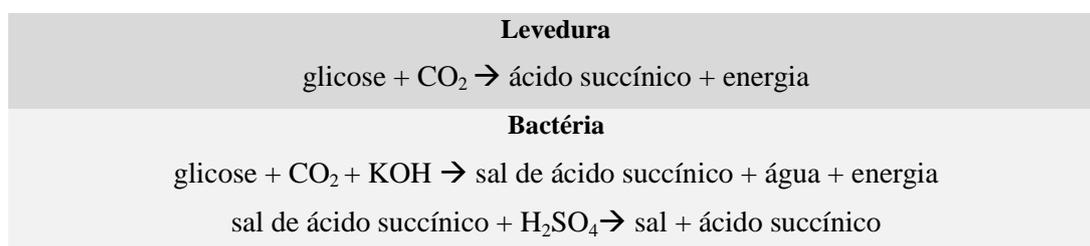


Figura IV-2 Equações do processo produtivo com leveduras e com bactérias
Fonte: Reverdia, 2015

Esse equacionamento permite observar, também, que o processo fermentativo ocorre com consumo de CO₂ contribuindo para um ainda melhor desempenho ecológico ao produto final (ZEIKUS, 1999). Essa incorporação de matéria garante também a esse processo um elevado coeficiente de conversão em termos de massa de produto final

obtido por massa de matéria-prima consumida. Esse fato confere uma menor vulnerabilidade e exposição do processo ao preço e disponibilidade do açúcar relativamente a outros processos fermentativos no sentido que requer menor quantidade de açúcar para a conversão (BIOFUELS DIGEST, 2015; BIOAMBER, 2014). Ainda, a modesta demanda de matéria-prima do processo produtivo faz com que planos de expansão de capacidade produtiva não impactem os mercados fornecedores.

Em vista ao detalhamento apresentado sobre as rotas tecnológicas possíveis, pode-se observar que são diversas as vantagens da rota biológica cada vez mais eficiente e menos custosa. A figura IV-3 a seguir compara as rotas tecnológicas apresentando as vantagens da rota biológica.

Rota Petroquímica	Rota Biológica
<ul style="list-style-type: none"> • Impactos ambientais (emissão de CO₂); • Benzeno é um composto cancerígeno; • Condições reacionais severas de T e P; • Processo caro: US\$ 3,0 a 4,0/kg ; • Limita as aplicações do ácido succínico; • Muitas etapas; • Rota consolidada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Melhor pegada ecológica (incorporação de CO₂); • Agregação de matéria, rendimento teórico superior a 100% (em glicose: 1,12 g/g); • Condições brandas de T e P; • Redução do gasto energético em 30 a 40%; • Viabilidade econômica: redução a US\$ 2,5/kg ; • Permite exploração da cadeia; • Menor volatilidade do preço; • Difícil recuperação; • Processo industrial recente e ainda em aprimoramento tecnológico.

Figura IV-3 Comparação entre a rota petroquímica e rota biológica
Fonte: Elaboração própria com base em Borges, 2011; Zeikus, 1999; BioAmber, 2014

A rota biológica apresenta então, não só vantagens ambientais, como também econômicas de forma que permite a abertura de novas janelas de oportunidades para a exploração da cadeia de valor deste produto em algumas aplicações até então inacessíveis a partir do composto petroquímico. Essa questão será discutida em maior detalhe na seção IV.3.

IV.3 Aplicações e aspectos mercadológicos

Segundo o Departamento de Energia dos EUA (DOE-EUA), o ácido succínico é o ácido orgânico de maior potencialidade industrial sendo identificado, em 2004 (“*Top Added-Value Chemicals from Biomass*”) e novamente em 2010 como um dos 10 produtos mais promissores que podem ser produzidos a partir de biomassa com destaque para o seu potencial comercial e viabilidade técnica (BOZELL e PETERSEN, 2010).

Este composto é um intermediário químico com potencial para produzir mais de 30 produtos comercialmente importantes na indústria de alimentos, química, farmacêutica e de cosméticos como poliuretanos, revestimentos, selantes, couros artificiais, aditivos alimentares, produtos de cuidado pessoal, plásticos biodegradáveis, lubrificantes, plastificantes, corantes e compostos farmacêuticos. Essa potencialidade em parte é explicada pela capacidade do produto em substituir mais de 250 derivados do benzeno, um produto conhecidamente carcinogênico e poluente, e agir como substituto do anidrido maleico (MAN), ácido adípico e anidrido ftálico que possuem um mercado bastante amplo na petroquímica (BORGES, 2011). Além disso, a sua estrutura linear e saturada confere ao produto uma característica de bloco de construção, ou seja, de composto considerado base em uma refinaria a partir do qual pode-se obter uma série de derivados.

A figura IV-4 a seguir apresenta a árvore de derivados potencialmente obtidos a partir do ácido succínico.

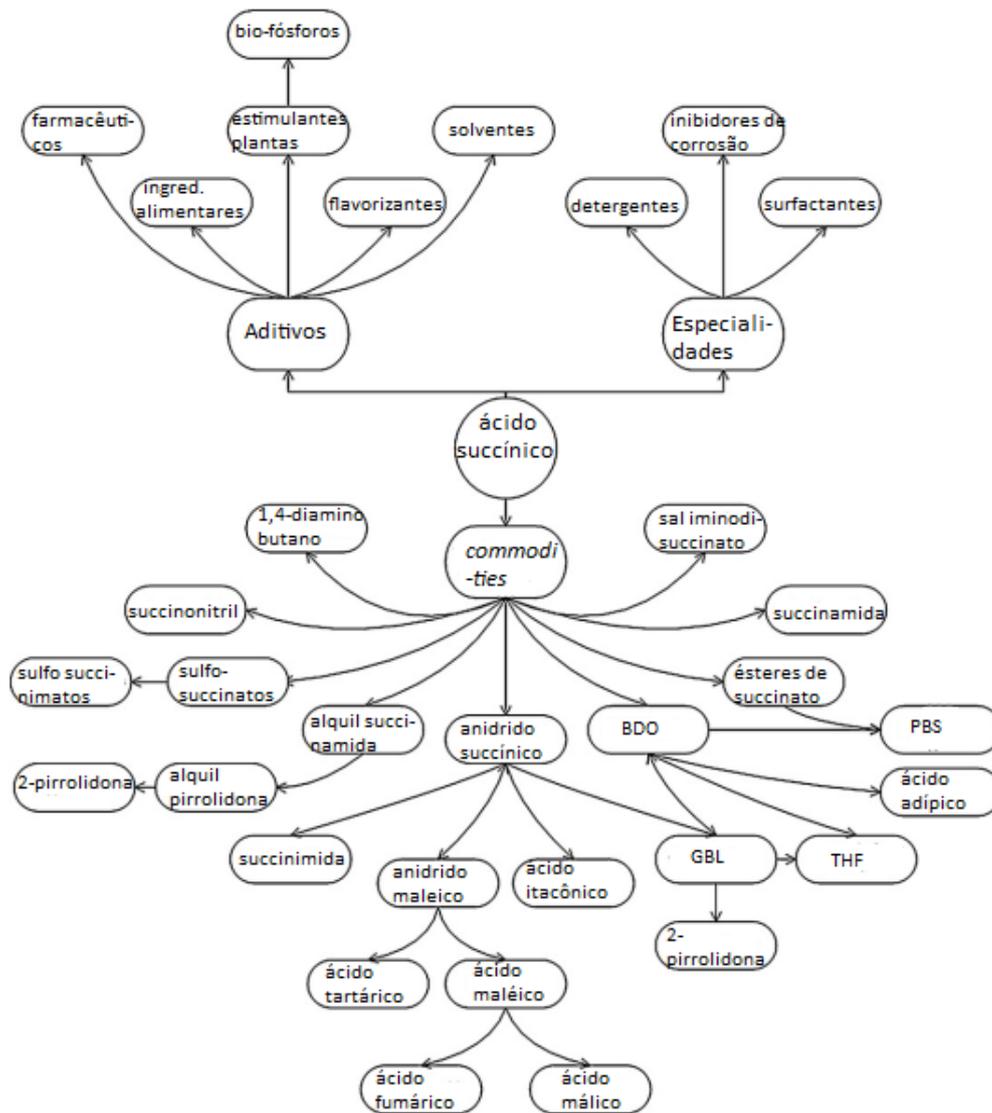


Figura IV-4 Árvore de produtos do ácido succínico
Fonte: Beauprez, 2010

Desta forma, este produto é um composto flexível de vasta aplicabilidade potencial a partir do qual se obtém uma série de derivados desde *commodities* – mercados de alto volume como plastificantes, poliuretanos, resinas e revestimentos – até aditivos e especialidades químicas – nichos de alto valor agregado como produtos de cuidado pessoal e aditivos alimentares (BEAUPREZ, 2010). A partir destes derivados, o ácido succínico pode ser utilizado para as mais variadas aplicações finais desde artigos descartáveis de plástico, peças para automóveis, roupas de ginástica, sapatos, móveis, produtos de cuidado pessoal até alimentos industrializados possuindo valor em diversas indústrias, conforme demonstra a figura IV-5 (SUCCINITY, 2015; BIOAMBER, 2015).

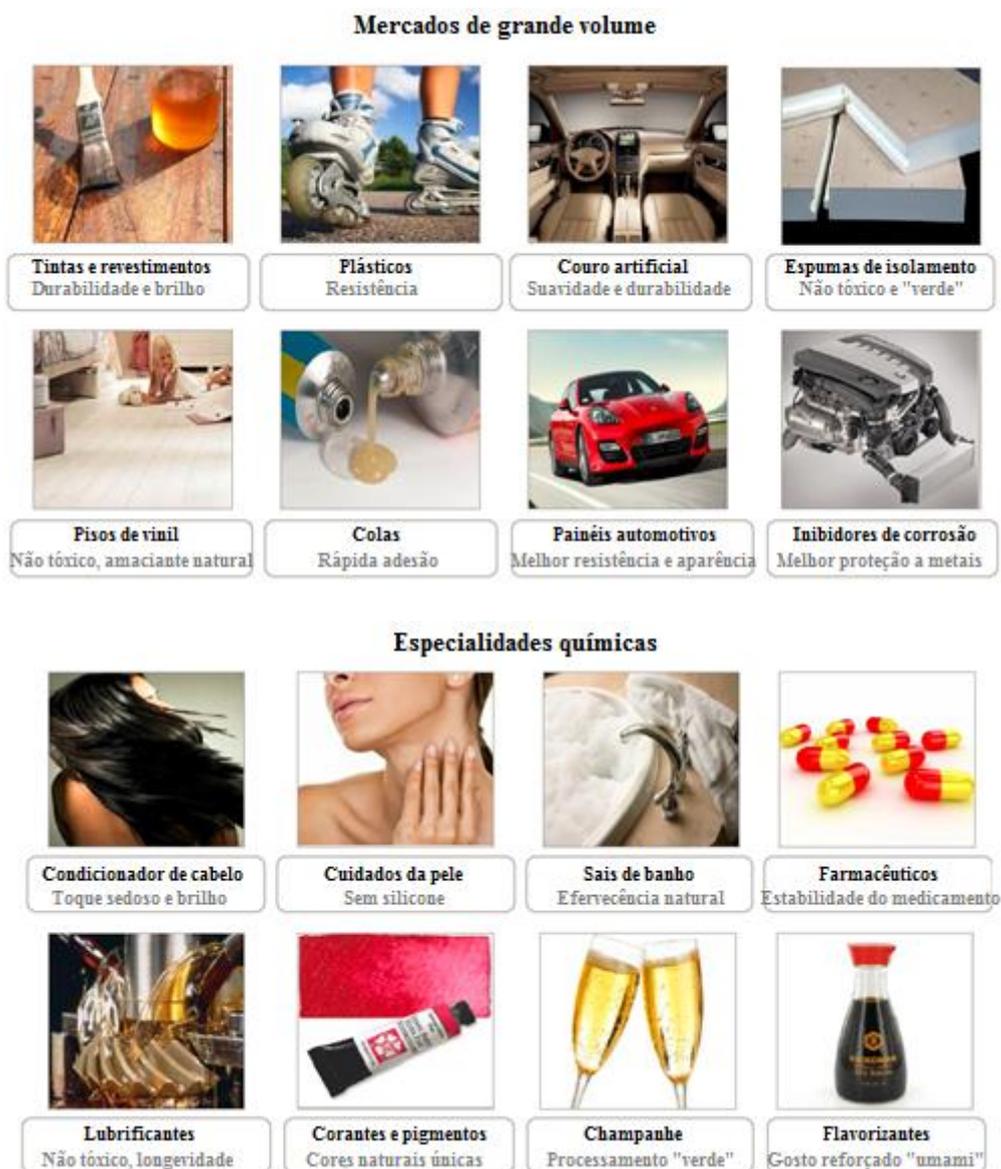


Figura IV-5 Aplicações finais do ácido succínico - Mercados de grande volume e especialidades
Fonte: BioAmber, 2015

Apesar das possibilidades de exploração industrial do ácido succínico serem variadas, historicamente, devido ao alto custo da rota petroquímica predominante até 2013, seu uso foi limitado a uma estreita gama de aplicações de maior valor agregado tais como produtos farmacêuticos, ingredientes alimentares, revestimentos e pigmentos, surfactantes e detergentes situados na parte superior do diagrama apresentado na figura IV-4 (TECNON ORBICHEM, 2013).

Com base no que já foi mencionado, o desenvolvimento de rotas fermentativas com cada vez maiores vantagens de custo, pureza e benefícios ambientais surge como uma forma de explorar a cadeia de valor deste produto, criar novas aplicações e

umentar sua demanda. O cenário de desenvolvimento de rotas biológicas cada vez mais eficientes, além de expandir a demanda de ácido succínico para os mercados já existentes como substituto ao petroquímico convencional, pode criar novos mercados de grande volume e menor valor agregado em que o bio-ácido succínico entra como substituto não *drop-in* a outros intermediários petroquímicos convencionalmente explorados até então por vantagens de custo como: anidrido maleico na produção de BDO (1,4-butanodiol), ácido adípico em plastificantes e polióis de poliéster e anidrido ftálico em plastificantes e resinas alquídicas (WEASTRA, 2012). Esses processos de substituição vêm a permitir o desenvolvimento de novos materiais e aplicações antes não atrativos, como por exemplo, o bio-PBS (polibutileno succinato).

A tabela IV-2 lista os mercados-alvo do bio-ácido succínico já existentes e consolidados e os novos mercados que podem emergir diante das vantagens do bioproduto e da sua potencial produção em larga escala e a baixo custo.

Tabela IV-2 Mercados potenciais para o bio-ácido succínico

Novos mercados	Mercados existentes
BDO e derivados	Soluções anticongelantes
PBS	Solventes e lubrificantes
Polióis de poliéster	Produtos farmacêuticos
Plastificantes	Cosméticos
Resinas alquídicas	Produtos alimentícios

Fonte: Weastra, 2012.

Desta forma, estudos de mercado apontam que a concretização do desenvolvimento comercial do bio-ácido succínico com produção em larga escala, preço competitivo e garantia de performance irá afetar diversos mercados hoje abastecidos por produtos petroquímicos. Poderá ser observada diminuição da demanda por opções convencionais de base fóssil e também desenvolvimento de novas aplicações finais ampliando determinados mercados. Segundo relatório da Weastra (2012), os mercados que mais serão atingidos pelo bio-ácido succínico deverão ser o de BDO, PBS (polibutileno succinato) e poliuretanos (derivados de polióis de poliéster). Quanto ao PBS, estima-se um potencial de substituição de 100% do produto petroquímico pelo bioproduto e prevê-se uma grande ampliação deste mercado, hoje limitada por questões econômicas, a partir da expansão do leque de aplicações deste produto (WEASTRA, 2012).

O BDO é utilizado principalmente na produção de THF (tetrahidrofurano) e PBT (polibutileno tereftalato). O THF é utilizado para a produção de fibras spandex utilizada em roupas de elastano e outros polímeros, resinas, solventes e tintas para plásticos. O PBT é um termoplástico utilizado na indústria automotiva e de equipamentos eletrônicos (BIOAMBER, 2014). Outra aplicação deste derivado é na produção de PBS.

O PBS é um poliéster convencionalmente utilizado em aplicações específicas como sacolas compostáveis, filmes agrícolas, talheres, copos e tampas. O advento do bio-PBS com vantagem de custo permitirá a expansão da sua aplicação para embalagens de alimentos, fibras e não tecidos e bens duráveis como interiores de automóveis, bens de consumo e eletrodomésticos. Esse plástico pode ser utilizado em combinação com outros biopolímeros como PLA, PHA, PHBV e outros polímeros petroquímicos como polipropileno, poliestireno e policarbonato para a produção de propriedades específicas (BIOAMBER, 2014).

Os poliuretanos são derivados de polióis de poliéster que são capazes de serem produzidos por bio-ácido succínico em substituição ao ácido adípico. Sua principal aplicação é em solas para calçados, revestimentos, adesivos, selantes e em espumas moldadas para aplicações automotivas como assentos de carro.

As principais aplicações finais desses novos potenciais mercados estão demonstradas na figura IV-6.

PBS	 Filmes agrícolas	 Copos descartáveis	 Sacolas plásticas
Plastificantes	 Tubos de PVC	 Plásticos de engenharia	 Brinquedos
Polímeros e ésteres	 Adesivos	 Selantes	 Fita isolante
Polióis de poliéster	 Sapatos	 Assentos de carro	 Isolamento

Figura IVIV-6 Aplicações finais do ácido succínico
Fonte: Myriant, 2015

As figuras IV-7 e IV-8 a seguir mostram a previsão quanto à evolução no tempo do *market share* do ácido succínico por aplicação com o desenvolvimento comercial do bioproduto evidenciando as alterações mencionadas.

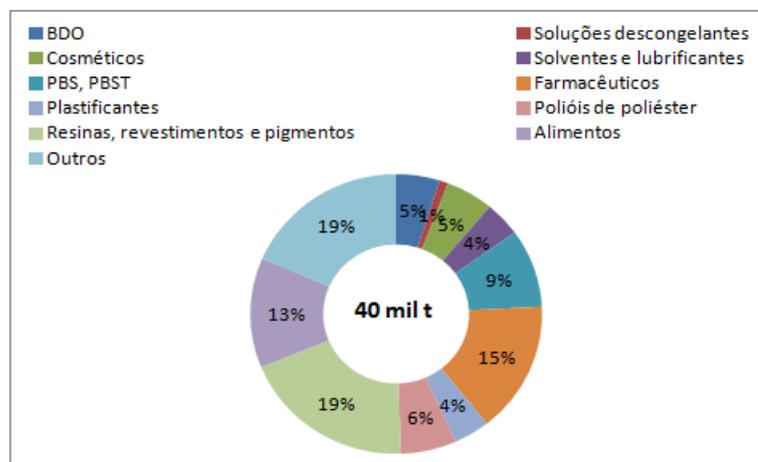


Figura IV-7 Market share do ácido succínico por aplicação em 2011
Fonte: Weastra, 2012

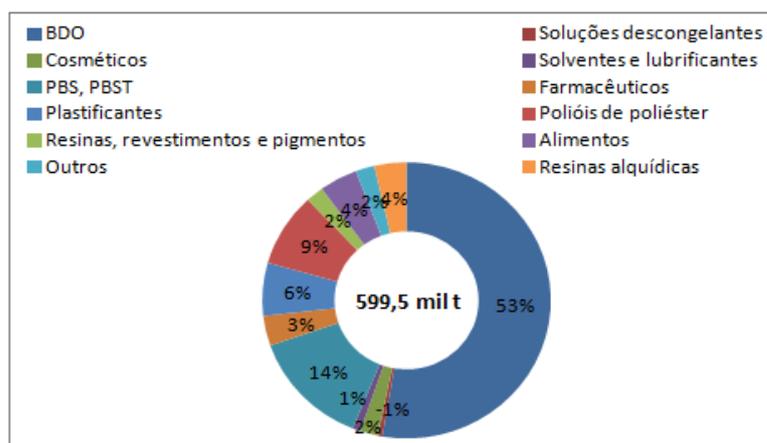


Figura IV-8 Projeção do market share do ácido succínico por aplicação para 2020
Fonte: Weastra, 2012

Segundo projeção realizada pela Weastra em 2012, portanto, é previsto que o mercado de ácido succínico cresça, em aproximadamente 10 anos, cerca de 15 vezes representando uma taxa anual de crescimento de 28%. Quanto à projeção da aplicação, espera-se que em 2020 a maior demanda por ácido succínico seja dos mercados de BDO, PBS e polióis de poliéster (aplicados em poliuretanos). A comparação à demanda desses mercados pelo produto em 2012 evidencia o quanto serão afetados.

A concretização desta projeção necessita, porém, que esses novos mercados sejam desenvolvidos, que novas aplicações sejam demonstradas e que os *end users*

sejam convencidos da sua potencialidade. Dependendo de inovações a jusante e de relações de cooperação com o *end user*, o desenvolvimento comercial do bio-ácido succínico pode não se efetivar por completo e impedir o aumento esperado do seu mercado.

A figura IV-9 compara estudos de mercados de três consultorias de forma a verificar a taxa de crescimento anual prevista para este produto nos próximos anos.

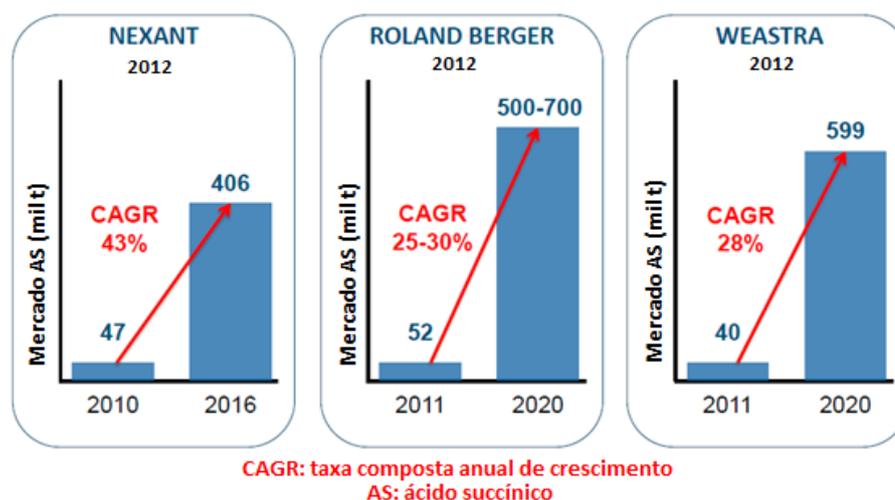


Figura IV-9 Projeção de crescimento do mercado de ácido succínico, 2012
Fonte: BioAmber, 2015

Conforme pode ser observado, em 2012, a Nexant projetou um crescimento do mercado de ácido succínico de 2010 até 2016 a uma taxa média anual de 43%. Analisando criticamente este dado pode-se dizer que a empresa foi otimista nesta projeção visto que até 2015 não foi observado o crescimento esperado. Esta questão é um indicativo da complexidade do processo de desenvolvimento comercial do bio-ácido succínico e dos desafios que se apresentam às empresas produtoras até que se alcance a adoção da indústria pelo produto em novas aplicações. Esta análise cria, ainda, uma descrença quanto à concretização das projeções realizadas pela Roland Berger e Weastra para 2020. Pode-se dizer que todas as três empresas não foram capazes de perceber a complexidade deste processo e os desafios a serem vencidos para ganho de maturidade.

A seção IV.4 busca, então, compreender mais a fundo este processo. Será apresentado um quadro com informações técnicas e estratégicas dos projetos em andamento no mundo por empresa produtora de bio-ácido succínico elaborado em 2013.

As conclusões gerais do estudo deste quadro serão analisadas para a contextualização do estágio atual de desenvolvimento dessa nova plataforma química. Essa contextualização permitirá compreender o nível de maturidade do processo de desenvolvimento comercial deste novo produto e, portanto, identificar quais os desafios inerentes a esse processo e possíveis implicações à indústria química.

IV.4 Contextualização dos projetos em andamento e desafios para avanço no nível de maturidade

Um quadro com informações sobre os projetos de bio-ácido succínico em andamento está disponível no Anexo I. Este quadro foi construído em 2013 e utilizado como base de análise em um projeto de análise da dinâmica de inovação envolvida no desenvolvimento deste produto¹⁷.

A análise desses projetos permitiu a compreensão da fase de maturidade do desenvolvimento deste bioproduto e de algumas estratégias adotadas pelas empresas na busca por vantagens comparativas. Essa análise abordou tanto aspectos tecnológicos quanto de modelos de negócio permitindo a observação de algumas tendências:

- i. As empresas buscam desenvolver processos produtivos que permitam grande flexibilidade de matéria-prima na expectativa de futuramente explorar fontes menos nobres, de mais fácil acesso e menor custo;
- ii. Observa-se uma grande variedade de alternativas tecnológicas: as empresas apostam em plataformas tecnológicas próprias com uso de microrganismos diferentes e, apesar da aparente vantagem do uso de leveduras, uma rota dominante ainda não foi revelada apontando para a coexistência de tecnologias distintas;
- iii. A produção já se encontra em escala comercial: todas as empresas venceram os desafios de escalonamento de suas tecnologias e já comercializam o produto, umas em maior escala que outras (algumas empresas já possuem planos de

¹⁷ Para mais informações ver: A dinâmica de inovação em intermediários químicos a partir de biomassa: o caso do ácido succínico. Araújo, 2013.

construção de plantas comerciais com capacidade instalada de 50 mil t/ano e até 100 mil t/ano);

- iv. Apesar do sucesso do escalonamento, o processo produtivo ainda não alcançou a maturidade tecnológica. O esforço no aprimoramento da plataforma tecnológica é contínuo, como forma de adquirir vantagem competitiva em termos de custo e qualidade e explorar mercados diversos;
- v. As empresas são intensivas em conhecimento, com grande investimento em biotecnologia, utilizando-se de estratégias de patenteamento como forma de proteção e fonte de recursos;
- vi. As empresas buscam agregar valor aos seus produtos da mesma maneira, alegando serem produtos sustentáveis, com pegada de carbono praticamente neutra, de alta performance, de custo baixo e pouco variável e com uma aplicação potencial de alto valor monetário;
- vii. As empresas atuantes são *start-ups* independentes ou *joint venture* de grandes empresas estabelecidas no setor químico que vêm buscando um posicionamento na indústria de produtos de fonte renovável;
- viii. As empresas contam com uma dinâmica de parcerias bastante complexa e ainda muito volátil, com colaboração em diversas etapas da cadeia produtiva: acesso à matéria-prima, desenvolvimento tecnológico para conversão e transformação químicas, escalonamento de tecnologias, construção e operação de plantas, comercialização e distribuição;
- ix. Observou-se um esforço no sentido da exploração da cadeia do bio-ácido succínico por parte dos parceiros tecnológicos, comerciais e financeiros identificados, com projetos inovadores para desenvolvimento, aprimoramento e/ou escalonamento de processos *downstream* para produção de derivados e validação do uso do bioproduto em novas aplicações e também financiamento desses projetos.

Além desses padrões identificados, pôde-se observar que algumas empresas possuem determinadas vantagens comparativas devido às suas estratégias produtivas e operacionais. Essas vantagens são oriundas, por exemplo, de processos produtivos em

menor número de etapas em função do microrganismo utilizado, do nível de integração para frente ou para trás adotado pela empresa ou de melhores resultados em análises de ciclo de vida.

Observando as tendências apresentadas, é possível perceber que, no caso do bio-ácido succínico, as quatro empresas produtoras existentes já concluíram o escalonamento do processo produtivo alcançando escala comercial de produção e vêm prometendo aumento significativo da capacidade produtiva, mas a cadeia de valor do bioproduto ainda não foi completamente estruturada até os possíveis produtos finais.

Os próximos passos para que este bioproduto se torne comercialmente explorado em diversos mercados é a transformação da sua ampla aplicabilidade potencial em demanda, o desenvolvimento de todo um negócio sustentável e a sua valorização junto ao mercado, e o alcance de competitividade. Os gargalos e desafios inerentes a esses processos para este caso são:

- i. O desenvolvimento de novas aplicações no que inclui a transformação para uso final;
- ii. A superação de um mercado inicialmente pequeno e fragmentado (mercado do ácido succínico de origem petroquímica) explorando o elevado potencial do produto principalmente como substituto não *drop in* a petroquímicos convencionais, ou seja, a extensão do produto a novos mercados;
- iii. A garantia e comunicação ao mercado consumidor e ao *end user* de performance e valor agregado satisfatórios dos novos produtos/ usos finais de base renovável;
- iv. O ganho de economias de escala de forma a aproveitar o potencial integral do produto.

No caso da substituição de produtos fósseis convencionais, para que esse potencial seja comprovado é preciso que o bio-ácido seja competitivo em termos econômicos e que de alguma forma agregue um valor adicional ao *end user*. Ou seja, além das vantagens de custo que são ampliadas com economias de escala, a proposição de valor do produto e a sua aplicação final devem ser visíveis e atraentes à indústria cliente (WALTER, 2014).

Além disso, tratando-se de um intermediário da cadeia, esse processo de substituição deve ser promovido ao longo das cadeias químicas, o que pode ser um desafio para o produtor, principalmente se ele não se integra para frente e se torna apenas um fornecedor de produtos básicos ou intermediários (BOMTEMPO, 2013). Nesses últimos casos, para a difusão do bio-ácido succínico nessas novas aplicações, necessita-se de complementadores a jusante na cadeia produtiva, como, por exemplo, produtores de aditivos e transformadores que tornem possível a sua adoção pelos usuários finais com desempenho favorável (BOMTEMPO, 2013). No caso de substituições não *drop in* é necessário, ainda, a adaptação de equipamentos da linha de produção como máquinas e moldes, ou seja, é necessário um esforço no sentido da adaptação ou até mesmo construção de ativos complementares.

Desta forma, o anúncio do desenvolvimento de um intermediário químico, como o bio-ácido succínico, não significa que ocorrerá a substituição deste em larga escala para a produção de produtos finais convencionalmente de origem fóssil. O intermediário deve primeiramente estar disponível em grandes quantidades e a preço competitivo e, em seguida, deve ser capaz de penetrar em cadeias produtivas complexas e que já foram desenvolvidas durante décadas para o *input* de intermediários petroquímicos. O grande desafio para o desenvolvimento comercial do bio-ácido succínico, considerando o estágio atual dos projetos, é, portanto, de forma geral, a estruturação dessa cadeia de valor no sentido de diversos produtos finais diferentes.

Em resumo, a comercialização do produto final requer: desenvolvimento tecnológico, verificação da performance e qualidade do produto final, demanda do mercado e perspicácia na formulação do modelo de negócios (PETERSSSEN, 2014). Neste sentido, o desenvolvimento do mercado, aplicação de economias de escala e a adoção de parcerias são fatores chave para o sucesso comercial deste produto (WALTER, 2014). Pode-se dizer ainda que a concretização do desenvolvimento de novas aplicações e atendimento a novos mercados garante ao bio-ácido succínico uma demanda tamanha que permite manter economias de escala e ainda atrair maior número de consumidores e complementadores em uma relação cíclica de ganho-ganho.

A subseção IV.4.1 a seguir busca fazer uma análise aplicada desses desafios a serem enfrentados para o desenvolvimento comercial deste bioproduto a partir da exploração de um exemplo: o desenvolvimento da cadeia de valor do bio-PBS.

IV.4.1. Desafios ao desenvolvimento da cadeia de valor do bio-PBS, um exemplo

Tomando como exemplo um mercado que vem ganhando bastante destaque ultimamente, o de PBS, pode-se ilustrar a necessidade do desenvolvimento da aplicação e, portanto, do encadeamento entre os elos da cadeia para o sucesso comercial do produto final.

O PBS é um poliéster biodegradável alifático sintético de grande resistência química e térmica obtido através da copolimerização do 1,4 butanodiol (BDO) com ácido succínico. O BDO é um intermediário químico produzido, entre outros processos, pelo processo Davy que é responsável por cerca de 28% do BDO produzido no mundo (WEASTRA, 2012). Este processo utiliza o anidrido maleico (MAN).

Em função do alto custo da sua produção via rota fóssil, atualmente o uso do PBS é restrito a blenda com amido ou copolímeros adipatos produzidos pela japonesa Showa Highpolymer e a coreana SK Polymers (BASTOS, 2007). O advento do bio-ácido succínico com vantagem de custo permitindo produzir um PBS 100% renovável (bio-PBS) partindo do bio-ácido succínico e bio-BDO permite acreditar no crescimento potencial desse mercado como uma alternativa futura a polímeros convencionais (PET) e mesmo a outros biopolímeros (PLA). Essa substituição ampliaria o mercado do PBS para aplicações como embalagens flexíveis, sacolas compostáveis, filmes agrícolas e copos descartáveis (WEASTRA, 2012) e ainda em aplicações como equipamentos eletrônicos e no interior de automóveis (REVERDIA, 2014).

Porém, muito além da adaptação de processos de transformação química necessários para a conversão a BDO e polimerização a PBS em escala comercial, para a entrada do bio-ácido succínico neste mercado historicamente restrito é necessário o desenvolvimento da aplicação do bio-PBS, ou seja, a integração dos elos da cadeia a jusante desse produto incluindo a adoção pelo consumidor final em usos não convencionais.

Em virtude da baixa aplicação do PBS de rota fóssil, muitos vêm considerando o bio-PBS um novo material que, muito além de substituir o PBS de mercado restrito, vem a substituir petroquímicos convencionais em novas aplicações. O bio-PBS é um substituto *drop in* ao PBS, ou seja, um substituto perfeito, mas é um substituto não *drop*

in aos polímeros convencionais de amplo valor comercial com propriedades mecânicas e físicas similares. Estas questões conferem ao desenvolvimento comercial deste produto diversos desafios.

A figura IV-10 apresenta a cadeia produtiva do bioplástico PBS até o consumidor final.

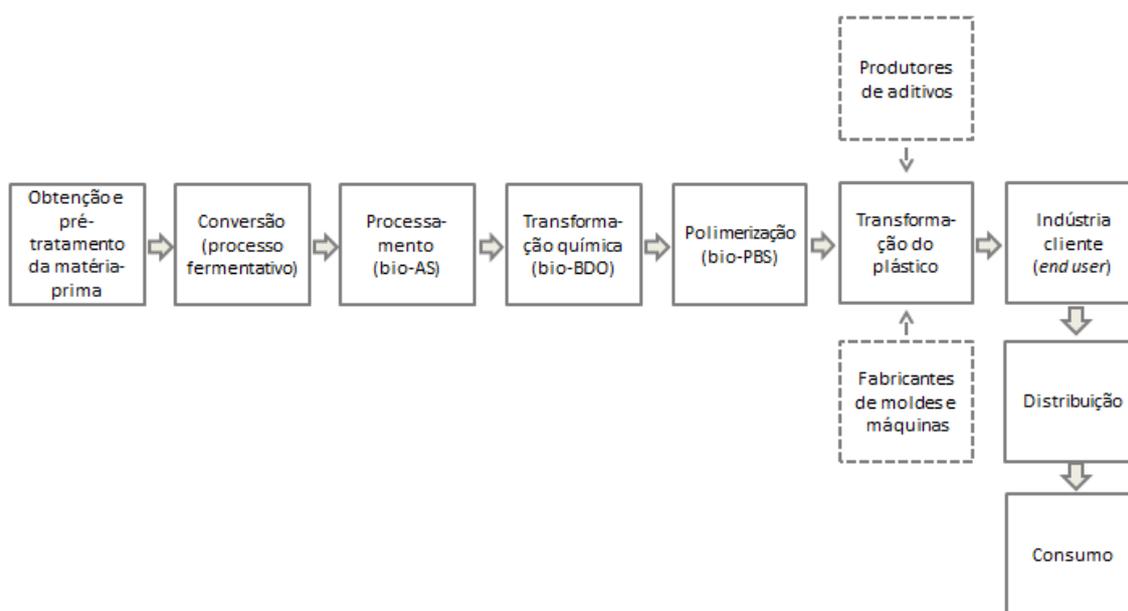


Figura IV-10 Cadeia produtiva do bio-PBS
Fonte: Elaboração própria a partir de (Silva *et al.*, 2013)

Analisando os elos dessa cadeia, percebe-se que para a concretização do desenvolvimento comercial do bio-PBS, como um exemplo ilustrativo, partindo da produção comercial de bio-ácido succínico, é preciso:

- i. Desenvolver tecnologias capazes de transformar o bio-ácido succínico no bio-PBS com performance e qualidade favorável, em escala comercial e de forma competitiva em custo, realizando substituições a petroquímicos ao longo da cadeia;
- ii. Garantir a existência e colaboração de todos os desenvolvedores necessários a jusante da cadeia como produtores de aditivos ao polímero e fabricantes de moldes e máquinas para produção de utensílios e adaptação de processos e equipamentos como forma de transformar o novo plástico em um produto final com eficiência e qualidade e em escala compatível com a demanda; é o próprio

desenvolvimento de novas aplicações e estruturação das relações a jusante da cadeia de modo a adquirir competências na compreensão da utilização final;

- iii. Verificar a adaptabilidade do *end user*, ou seja, a adoção deste polímero em usos finais não convencionais como substituto não *drop in* a polímeros e materiais convencionais, a partir da divulgação da atratividade do novo produto frente aos convencionais por estratégias de pré-validação de performance e de garantia de agregação de valor.

É importante observar que estratégias de integração vertical da produção reduzindo as incertezas e de parcerias com atores chave para a combinação de competências são facilitadores a esse processo de desenvolvimento.

A superação destes desafios deve se estender para além da cadeia do bio-PBS, tomada como exemplo, atingindo diversas cadeias que levem a produtos finais distintos de forma a explorar a alta aplicabilidade do produto.

Por fim, superando estes desafios inerentes ao desenvolvimento comercial de um novo intermediário químico com potencial para criação de novas aplicações, fica claro compreender o efeito que a entrada deste bioproduto no mercado pode surtir à indústria química, principalmente à petroquímica, no sentido em que pode vir a alterar a demanda e *market share* por aplicação de alguns petroquímicos convencionais.

IV.5 Caracterização como plataforma química

A partir de todas as informações disponibilizadas anteriormente sobre o ácido succínico e os desafios e impactos inerentes ao desenvolvimento comercial do produto de origem biológica, é possível estudar a sua aderência aos fatores característicos de uma plataforma química de forma a verificar o potencial deste produto como plataforma e avaliar o quão “plataformável” é o bioproduto ainda em desenvolvimento. A tabela IV-3 cruza as características de plataformas químicas a particularidades identificadas ao caso do bio-ácido succínico como forma de avaliar a sua aderência a este conceito.

Tabela IV-3 Aplicação do conceito de plataforma química ao caso do bio-ácido succínico

Plataformas químicas	Bio-ácido succínico	Aderência ao conceito
-----------------------------	----------------------------	------------------------------

Plataformas químicas	Bio-ácido succínico	Aderência ao conceito
Estrutura química flexível	Ácido orgânico dicarboxílico de cadeia linear e saturada.	
Larga gama de derivados potenciais a custo competitivo	Vantagens de custo somadas à flexibilidade estrutural característica conferem potencial como substituto <i>drop in</i> ao produto fóssil em mercados já existentes e não <i>drop in</i> a petroquímicos convencionais em novos mercados. As árvores de aplicações potenciais ainda não foram, porém, completamente desenvolvidas.	
Intermediários na cadeia de valor	Não possui valor comercial de forma que precisa ser transformado em um produto de uso final ao mercado.	
Estruturadas em ecossistemas de inovação	Identificação de parcerias com empresas dos mais variados setores e elos da cadeia produtiva. Porém, a estruturação da cadeia ainda não foi concluída, está em fase de grande esforço em inovação e variedade de alternativas. O ecossistema de inovação, visto como o conjunto de cadeias produtivas, ainda está em construção.	
Reguladas por uma governança	Governança ainda desconhecida frente à maturidade do processo. Ainda não foi definido um produtor dominante no mercado nem um agente com maior poder de barganha.	
Geram valor através de economias de escopo e escala	Frente à vasta aplicabilidade do produto, o desenvolvimento do seu mercado propicia um grande aumento na demanda permitindo a criação conjunta de economias de escala e escopo. Porém, apesar dos anúncios de extensão da capacidade produtiva, o nível de maturidade do processo de desenvolvimento deste produto identificado não permite ainda o aproveitamento dessas economias.	

Legenda:

-  Condição desenvolvida
-  Condição parcialmente desenvolvida
-  Condição ainda por desenvolver

Fonte: Elaboração própria

A análise da tabela IV-3 permite afirmar que o bio-ácido succínico possui potencial como plataforma química diante da aderência aos fatores intrínsecos à molécula deste produto como flexibilidade da estrutura química e amplitude da árvore de derivados capaz de ser gerada. Por outro lado, em vista ao nível de maturidade atual do processo de desenvolvimento desse novo produto, alguns fatores ainda não podem ser comprovados e este ainda não é considerado uma plataforma estabelecida no

mercado. Este produto ainda está em fase de desenvolvimento comercial, a sua cadeia ainda não foi completamente estruturada até os produtos finais, o ecossistema de inovação necessário à concretização deste produto em novos mercados ainda está em construção e muitas incertezas e desafios ainda se apresentam às empresas produtoras.

É interessante apontar nesta análise que, da mesma forma como o bioproduto, o ácido succínico fóssil de estrutura equivalente possui potencial como plataforma química, mas este nunca vingou em vista à limitação do mercado a aplicações de baixo volume e maior valor agregado devido às desvantagens de custo do seu processo. As vantagens de custo do bioproduto, por outro lado, abrem novas oportunidades de investimento na cadeia e criam expectativas sobre a ampla exploração da sua aplicabilidade potencial e, portanto, o desenvolvimento deste como plataforma. Como já discutido na seção IV.4, a adoção do produto em novas aplicações necessita, porém, de muito mais que simplesmente vantagem de custo frente a petroquímicos convencionais.

Aderente aos desafios de qualquer nova plataforma química em desenvolvimento, pode-se resumir as questões levantadas na seção IV.4 para o avanço em maturidade no processo de desenvolvimento do bio-ácido succínico em três pontos:

- i. Desenvolver novas aplicações principalmente em mercados não *drop in* de alto valor comercial como superação à limitação inicial de mercado;
- ii. Impulsionar o encadeamento de elos da cadeia e a colaboração dos mais diferentes agentes no desenvolvimento de tecnologias e aditivos, na adaptação de processos e construção de equipamentos que permitam a produção do composto de uso final com qualidade e eficiência de custo e ambiental;
- iii. Garantir a atratividade ao *end user* através da redução da sua percepção de risco como forma de gerar uma demanda tamanha que proporcione economias de escala.

Como consequência destes desafios, soma-se também a necessidade de saber gerir um ecossistema de inovação extremamente complexo e dinâmico em que convivem agentes dos mais variados setores, das mais variadas competências e todos com interesses na apropriação de valor do produto a ser comercializado.

Estes desafios levam, então, aos mesmos dilemas levantados para plataformas químicas na seção III.2: a decisão quanto ao nível de abertura aos agentes externos contra a busca por apropriação de valor; o incentivo à colaboração e inovação externa contra os riscos de aumento da competitividade e, por fim, a busca por atração do mercado a partir do investimento por parte de colaboradores como forma de aumentar a demanda e permitir economias de escala para gerar vantagem de custo para maior atração e maior colaboração.

É interessante observar, por fim, que a inovação inerente ao processo de desenvolvimento deste novo bioproduto é uma inovação em processo e não em produto frente ao fato do bio-ácido succínico ser idêntico ao petroquímico convencional, uniforme e bem definido, variando, entre os atores envolvidos, a forma de obtenção e o modelo de negócios. Ou seja, como definido anteriormente, neste caso a nova plataforma química sendo desenvolvida é na verdade um produto obtido por um novo processo com grande potencial para modificar o mercado frente à limitada aplicabilidade do petroquímico convencional por questões de custo. Desta forma, a competição entre as empresas produtoras da plataforma nessa indústria se dá em nível de processo produtivo, englobando não só o aspecto tecnológico como todo o modelo de negócios adotado por cada empresa no sentido do desenvolvimento comercial.

De forma geral, retomando aos modelos de competição para plataformas químicas em geral e analisando os aspectos mercadológicos do bioproduto, pode-se dizer que o desenvolvimento do bio-ácido succínico como plataforma pode enfrentar, em maior ou menor intensidade, os seguintes mecanismos de competição (neste caso, o produto plataforma é visto ainda como potencial plataforma)¹⁸:

- i. Entre potenciais plataformas e seu equivalente petroquímico: entre o bio-ácido succínico e o ácido succínico de origem fóssil, ambos com mesma estrutura química e, portanto, derivados potenciais, porém com custos de produção e emissão de poluentes distintos fruto do processo produtivo, oferecendo oportunidades distintas de exploração da cadeia (neste caso, o bioproduto se comporta como substituto *drop in* e é extremamente competitivo);

¹⁸ Esses mecanismos de competição serão melhor compreendidos após a análise das variáveis a ser realizada no capítulo V. Essa análise permitirá observar naturalmente quais as forças competitivas mais impactantes a esse ecossistema de inovação e quais, no estágio de maturidade atual do processo de desenvolvimento deste bioproduto, já foram contornadas ou ainda não se manifestaram.

- ii. Entre potenciais plataformas e produtos químicos já estabelecidos no mercado: entre o bio-ácido succínico e petroquímicos convencionais como ácido adípico, anidrido ftálico e anidrido maleico na produção de derivados de alto valor comercial, mensurada pelos custos de mudança e vantagens da plataforma (neste caso, o bioproduto se comporta como substituto não *drop in* e depende do desenvolvimento de novas aplicações para ser competitivo);
- iii. Entre empresas produtoras de uma mesma potencial plataforma: entre as quatro produtoras de bio-ácido succínico na busca por domínio de mercado e garantia de demanda através de adoção de tecnologias mais eficientes e baratas e estratégias de alianças e parcerias;
- iv. Entre empresas desenvolvedoras: entre os atores a jusante da cadeia na busca por desenvolvimento de tecnologias mais favoráveis e mais atrativas à estruturação comercial da plataforma e, portanto, garantia de fornecimento;
- v. Entre empresas produtoras de potenciais plataformas e empresas desenvolvedoras: entre cada uma das quatro empresas produtoras e seus parceiros diretamente envolvidos na cadeia produtiva ou novos *players*, dada a partir de estratégias de integração para frente ou para trás e/ou de desenvolvimento de tecnologias integradas mais eficientes.

Com base em toda a análise apresentada nesta seção, a seção IV.6 conclui o capítulo e visa sugerir práticas e estratégias adequadas às empresas produtoras de bio-ácido succínico para dar prosseguimento a esse processo de estruturação de uma nova plataforma química.

IV.6 Conclusão do capítulo

A análise realizada nas seções anteriores permitiu perceber que o bio-ácido succínico é uma potencial plataforma química ainda em desenvolvimento. A apresentação dos desafios inerentes a esse processo e da dinâmica de competição existente permite supor que para que o produto se concretize no mercado como uma plataforma química é necessário que as empresas produtoras definam estratégias que permitam garantir a substituição deste bioproduto a produtos petroquímicos em novas

aplicações de forma a criar uma demanda tamanha que seja capaz de gerar economias de escala e cada vez maior atração pelo bioproduto.

A forma mais adequada de estruturar todo o ecossistema de inovação deste bioproduto no sentido deste objetivo é através da definição de uma estrutura interna robusta e do investimento em relacionamentos chave que atuem em todos os elos da cadeia de valor do produto, não integrados pela empresa produtora do intermediário, no sentido de diversos produtos finais. Essa estrutura interna e esses relacionamentos devem proporcionar um conjunto de competências que permita a criação de mecanismos de *push* e *pull* que, presentes em um elo a elo da cadeia de valor, garantam o alcance do *end user* e a satisfação do consumidor final. Os mecanismos de *push* são criados quando o produtor do intermediário apresenta condições de produção relacionadas à quantidade e qualidade que garantem maior segurança aos investidores atraindo o seu interesse e impulsionando inovações colaborativas e, portanto, a demanda do elo seguinte. Já os mecanismos de *pull* são criados quando o produtor divulga os benefícios de um produto final ainda não desenvolvido de forma a criar atração do *end user* que, garantindo demanda pelo produto, incentiva os elos anteriores da cadeia a investir neste mercado.

O capítulo V objetiva, justamente, analisar a forma como as quatro empresas produtoras vem estruturando esse ecossistema de forma a identificar se estão no caminho para a concretização do desenvolvimento da plataforma química, ou seja, da estruturação da cadeia de valor deste produto no sentido de produtos finais diversos. Essa análise permitirá verificar os esforços das empresas no sentido dos fatores indispensáveis ao desenvolvimento comercial de uma plataforma identificados pela Succinity (WALTER, 2014), basicamente: criação de demanda, criação de uma rede de produção, ganho de competitividade, aproveitamento de economias de escala e alcance de excelência operacional. Ainda, essa análise permitirá também avaliar a estratégia de desenvolvimento adotada por cada empresa: *coring*, *tipping* ou um conjunto dos dois.

Capítulo V – Análise da estruturação da cadeia de valor do bio-ácido succínico

O capítulo IV introduziu o produto caso de estudo desta dissertação, o bio-ácido succínico, e permitiu: a apresentação dos desafios relacionados ao seu desenvolvimento comercial, discutindo como exemplo a cadeia de valor de produção de bio-PBS; a caracterização do bio-ácido succínico como composto com potencial para ser considerado uma plataforma química diante do nível de maturidade atual do seu processo de desenvolvimento; a apresentação da dinâmica de competição envolvida neste processo e a indicação de práticas adequadas a serem seguidas pelas empresas produtoras. Com base nessas informações, o presente capítulo visa discutir o posicionamento das empresas produtoras de bio-ácido succínico no mundo, BioAmber, Myriant Technologies LLC, Succinity GmbH e Reverdia Vof, analisando as estratégias que vêm sendo adotadas, por cada uma, na busca pela estruturação das cadeias produtivas que formam o ecossistema de inovação deste produto e, portanto, seu desenvolvimento comercial como plataforma química.

Este capítulo consiste na exploração do quadro analítico construído na seção III.3 para comparação caso a caso das opções tecnológicas e modelos de negócio adotados por cada empresa produtora de bio-ácido succínico como forma de analisar o quão próximo os seus produtos estão de se tornar uma plataforma química. Como abordado na seção III.3, esse quadro representa um modelo que incorpora cinco variáveis de análise julgadas nesta dissertação como as alavancas estratégicas adotadas por empresas focais no processo de desenvolvimento de suas plataformas químicas, relembrando: *background*, design tecnológico, escopo interno da empresa, estratégia de valor e relacionamentos externos. Cada uma dessas cinco variáveis engloba fatores críticos que definem as competências das empresas, permitem identificar a maturidade dos seus processos e vantagens comparativas e avaliam o seu direcionamento no sentido do estruturação da cadeia deste novo bioproduto. Uma versão mais resumida do quadro é reproduzida na figura V-1:

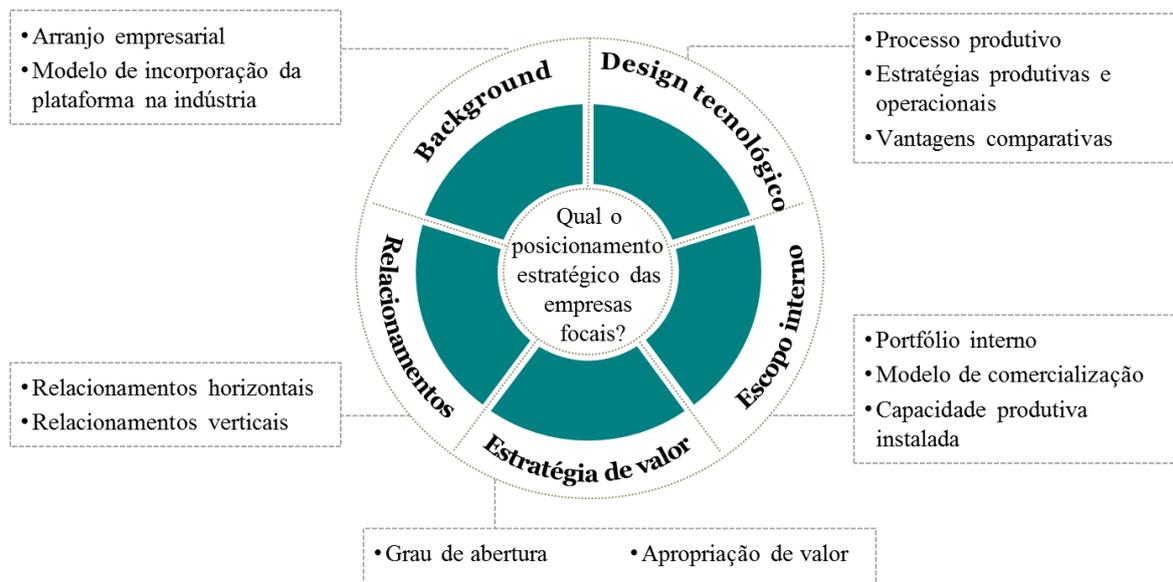


Figura V-1 Versão resumida do quadro analítico para estudo de plataformas químicas
Fonte: Elaboração própria

Na seção V.1, será realizada uma análise, por variável, para cada uma das quatro empresas produtoras de forma a identificar o estágio atual desse processo e as previsões futuras a partir da verificação de esforços tecnológicos e estratégicos por parte dessas empresas. Na seção V.2, uma comparação geral entre as empresas considerando todas as variáveis analisadas em conjunto permitirá visualizar o contexto global de desenvolvimento dessa nova plataforma bem como apontar os riscos a que se expõem as empresas e que podem quebrar com as previsões identificadas. Nesta seção, será ainda realizada uma tentativa de identificação, nos movimentos das empresas, da adesão ou não a um dos caminhos estratégicos definidos na seção II.5: *coring* e/ou *tipping*.

A metodologia deste capítulo se baseia na coleta de informações principalmente nos sites das empresas (produtoras e parceiras), em revistas e blogs especializadas como *Biofuels Digest*, *Biomass Magazine*, *ICIS Green Chemicals*, *ChemEurope*, *Chemical Industry Roundtables*, *Green Chemicals Blog* e *IHS Chemical Week* e em relatórios publicados pelas empresas *Weastra* e *Tecnon OrbiChem*. Utilizou-se como base informações levantadas para a realização de um estudo anterior¹⁹ que datam de agosto de 2012 a setembro de 2013. Essas informações foram atualizadas a partir de pesquisa nas mesmas fontes de busca durante o período de setembro de 2013 a janeiro de 2015.

¹⁹ A dinâmica de inovação em intermediários químicos a partir de biomassa: o caso do ácido succínico. Araújo, 2014

V.1 Posicionamento das empresas produtoras quanto às variáveis de análise

Nesta seção serão apresentadas as estratégias adotadas por cada empresa e fatores relevantes em relação a cada variável detalhada na figura V-1 de forma a analisar comparativamente os casos. Será realizada uma tentativa de identificar padrões e tendências no posicionamento destas empresas neste incipiente mercado e demonstrar como determinados movimentos vêm colaborando para a concretização do bio-ácido succínico como plataforma química. Ou seja, a análise que será feita nesta seção basicamente pretende observar os esforços no sentido do desenvolvimento de uma nova plataforma química visando identificar o quão próximo está o bio-ácido succínico de se tornar de fato uma plataforma estabelecida no mercado e como as empresas vêm enfrentando os desafios inerentes a esse processo.

V.1.1. *Background*

Esta variável pretende definir e analisar o histórico de cada empresa produtora de bio-ácido succínico, sob o ponto de vista da sua criação como forma de identificar e compreender o modelo estratégico ou arranjo empresarial adotado.

O modelo estratégico da empresa evidencia as competências e expertises acumuladas desde a sua formação bem como os interesses estratégicos envolvidos. Estas características intrínsecas podem garantir maior ou menor segurança de investimento aos complementadores e, ainda, transparecem um suposto modelo de incorporação da plataforma na indústria evidenciando, a partir do perfil das empresas, o seu foco estratégico e a sua forma de conduzir o negócio, ou seja, uma previsão dos mercados alvo a serem atingidos e do nível de integração de processos para frente e/ou para trás. Esses dois últimos fatores serão comprovados através da análise da variável escopo interno na subseção V.1.3.

A tabela V-1 a seguir apresenta um resumo do perfil das quatro empresas produtoras com as seguintes informações: país de origem, ano de fundação, *background* e setor de atuação.

Tabela V-1 Quadro comparativo: *Background*

Empresa	País de origem	Ano de fundação	Background	Sector de atuação
BioAmber	Canadá	2008	<i>Start-up</i> (<i>spin-off</i> da DNP)	Bioeconomia
Myriant	EUA	2009	<i>Start-up</i> (<i>spin-off</i> da BioEnergy)	Bioeconomia
Succinity	Alemanha	2013	<i>Joint venture</i> (BASF/ Corbion Purac)	Bioeconomia
Reverdia	Holanda	2010	<i>Joint venture</i> (DSM/ Roquette)	Bioeconomia

Fonte: Elaboração própria

A análise deste quadro permite observar que as quatro empresas produtoras de bio-ácido succínico atuam no setor da bioeconomia e são, de uma forma geral, recentes. A BioAmber foi a primeira a ser formada, em 2008, e a Succinity a última, em 2013. Além disso, duas empresas, Myriant e BioAmber, são norte-americanas e as outras duas, Succinity e Reverdia, europeias, indicando o interesse pela exploração desse novo bioproduto em diversas regiões do mundo.

Quanto à formação das empresas, pode-se observar que estas apresentam duas origens distintas: *joint ventures* ou *start-ups* oriundas de *spin-off*. As *start-ups*, BioAmber e Myriant, evidenciam a atração de novos participantes a esse mercado, enquanto as *joint ventures*, Succinity e Reverdia, demonstram o movimento de empresas já estabelecidas no mercado em setores distintos no sentido da exploração da biomassa.

É interessante observar ainda que as duas *joint ventures* indicam modelos estratégicos de cooperação entre empresas do setor químico/petroquímico (BASF, DSM) e da indústria de alimentos (Corbion, Roquette). O grande interesse das empresas petroquímicas nesse arranjo parece ser, contanto com uma estrutura interna já madura, o desenvolvimento de novos bioprodutos de forma a promover substituições aos seus petroquímicos ao longo de toda a cadeia produtiva.

Formadas com bases de conhecimento distintas, cada uma dessas quatro empresas possuem competências chave específicas que moldam o seu foco estratégico e

definem a sua participação nesse ecossistema. Em função dessas competências que possuem, cada uma dessas empresas deve buscar desenvolver ou conquistar, via aliança com outros agentes, competências complementares indispensáveis ao desenvolvimento, produção e comercialização do bioproduto. A tabela V-2 apresenta as competências chave e complementares de cada *player* - seja uma *start up*, uma empresa estabelecida na indústria química ou uma empresa estabelecida na indústria de alimentos - e a importância da sua atuação neste setor em desenvolvimento.

Tabela V-2 Competências dos players e perspectivas em relação à bioeconomia

	BioAmber e Myriant (Start-up)	BASF e DSM (Ind. química/ petroquímica)	Corbion e Roquette (Ind. de alimentos)
Competências chave	Biotecnologia	Produção; comercialização	Processamento de biomassa
Competências complementares	Acesso à MP ⁽¹⁾ ; produção; comercialização	Acesso à MP; biotecnologia	Biotecnologia; produção; comercialização
Importância da bioeconomia para a empresa	Total	Variável	Média
Importância da empresa para a bioeconomia	Pequena	Grande	Média

⁽¹⁾ MP: matéria-prima

Fonte: Adaptado de Bomtempo, 2013

A análise da tabela V-2 permite observar que as *start-ups* BioAmber e Myriant são empresas de base tecnológica com grande expertise em biotecnologia de forma que permite a elas o desenvolvimento de novas soluções, otimização de processos e construção de um amplo portfólio e *pipeline* de bioprodutos. Por outro lado, estas empresas não detêm uma base de conhecimento em produção em larga escala nem uma rede de relacionamentos *upstream* e *downstream* da cadeia consolidada que permita acesso à matéria-prima e comercialização dos seus produtos.

Já as *joint ventures* Succinity e Reverdia, ao contrário, são formadas por uma combinação equivalente de competências de líderes globais que lhes confere: *know how* do mercado; *know how* em processamento de biomassa; acesso à matéria-prima; um

departamento de P&D robusto; uma rede de distribuição madura; relações já estabelecidas com *end users* e ativos complementares necessários ao desenvolvimento de aplicações comerciais aos novos produtos. Ou seja, esses arranjos empresariais convergem competências que propiciam às empresas uma estrutura já madura em produção, processamento e comercialização e uma forte presença de mercado garantindo aos seus colaboradores segurança de investimento e de fornecimento. Desta forma, resta a elas uma base em biotecnologia para o desenvolvimento de inovações no setor.

Com base nestas observações, é possível compreender a importância de cada uma dessas empresas ao desenvolvimento da bioeconomia e vice versa. As empresas estabelecidas no setor químico e petroquímico com a estrutura que possuem em produção em larga escala e comercialização são *players* extremamente importantes à bioeconomia, mas, por outro lado, os negócios renováveis representam pouco peso nos seus investimento e receita. Ao contrário, as *start-ups* são totalmente dependentes do desenvolvimento da bioeconomia e, portanto, da presença das empresas estabelecidas e do aporte de recursos para o seu sucesso comercial, mas individualmente representam pouco à construção desse setor.

Além destas questões, um estudo mais detalhado de cada empresa permite identificar outras características importantes da sua atuação no setor que sugerem o modelo de incorporação da plataforma na indústria adotado.

A BioAmber, originada de uma *spin-off* da DNP, herdou a cultura desta empresa de forma que, ao que tudo indica, deve investir na colaboração externa em uma estratégia para impulsionar o desenvolvimento deste mercado. Além disso, a empresa divulga contar com uma equipe experiente formada por veteranos da indústria nas áreas de biotecnologia industrial e produtos químicos (BIOAMBER, 2014). Esta formação agrega à empresa expertise em conversão química para o desenvolvimento de etapas de processamento *downstream* e de transformação em derivados de forma a permitir o avanço na cadeia de valor do bioproduto base.

A Myriant foi incorporada em 2014 pela PTT Global Chemicals (PTTGC), seu principal investidor, mas manteve sua marca, localização e estrutura (SALEH, 2014). A PTTGC é uma empresa química e petroquímica tailandesa totalmente integrada cujos produtos são derivados dos seus principais compostos: olefinas (etileno e propileno)

(PTTGC, 2015). Essa incorporação pode ser vista como um movimento estratégico para complementar competências e contornar os obstáculos da *start-up* no processo de desenvolvimento da plataforma.

Quanto à Succinity, o perfil integrado da BASF e a sua expertise em BDO sugerem que esta possua competências que a permite investir no desenvolvimento da cadeia do produto internamente para a produção de derivados, como o bio-BDO, em uma estratégia de verticalização da produção. Pode-se sugerir, ainda, que o interesse da BASF nessa aliança seja justamente o desenvolvimento do produto final como substituto aos seus petroquímicos.

Por fim, quanto à Reverdia, o perfil da DSM aberto à inovação colaborativa indica que a empresa deve apostar na externalização da sua tecnologia e na adoção de parcerias para o desenvolvimento comercial do produto (DSM, 2015). Da mesma forma como no caso da Succinity, pode-se imaginar que a Reverdia possua competências para a exploração interna da cadeia de valor do bio-ácido succínico e objective o desenvolvimento de novos biomateriais e bioquímicos que venham a substituir os petroquímicos utilizados e produzidos pela DSM.

Como fechamento a esta seção, a tabela V-3 traz as possíveis implicações de todos os fatores apresentados para esta variável no estudo do posicionamento de cada uma das empresas quanto ao desenvolvimento da nova plataforma química.

Tabela V-3 Análise do background das empresas - possíveis implicações

Empresa	Possíveis Implicações
BioAmber	Base de conhecimento em biotecnologia avançada; Amplio portfólio interno; Aderência ao conceito de <i>open innovation</i> (colaboração externa).
Myriant	Base de conhecimento em biotecnologia avançada; Amplio portfólio interno; Interesse na integração de tecnologias.
Succinity	Confiabilidade; Rede de distribuição madura; Departamento de P&D robusto; Produção interna integrada

Empresa	Possíveis Implicações
Reverdia	Confiabilidade; Rede de distribuição madura; Departamento de P&D robusto; Aderência ao conceito de <i>open innovation</i> (colaboração externa).

Fonte: Elaboração própria.

V.1.2. Design tecnológico

Esta variável pretende identificar as particularidades do composto químico com potencial como plataforma e do processo produtivo utilizado para sua obtenção no que inclui a rota tecnológica adotada bem como o estágio de maturidade da tecnologia. Nesse sentido, serão também apresentados os movimentos identificados para otimização de tecnologia por pesquisa e desenvolvimento e também as atuais plantas em operação e suas escalas para produção comercial de bio-ácido succínico.

Todas as quatro empresas identificadas utilizam rotas biológicas com fixação de CO₂ e fontes de matéria-prima renovável para a produção de bio-ácido succínico e, portanto, tratando-se de um processo fermentativo, os fatores que vêm a diferenciar os processos e fornecer vantagens comparativas em custo, rendimento e qualidade a uma ou outra empresa são, principalmente, as fontes de matérias-primas, microrganismos e processos *downstream* de purificação e isolamento empregados. Algumas empresas optam, ainda, por adotar estratégias produtivas e operacionais que permitem também melhorar a análise de ciclo de vida do produto e reduzir custos como estratégias de cogeração de utilidades, de aproveitamento de economias de escala e de localização de suas plantas.

Em relação à matéria-prima, o substrato utilizado no processo fermentativo é a glicose e, a depender da fonte utilizada, torna-se necessária a realização de etapas de pré-tratamento. É interessante apontar que a escolha das empresas quanto à fonte de matéria-prima a ser empregada deve, portanto, estar respaldada na sua disponibilidade, custo e no estágio de desenvolvimento de processos de pré-tratamento economicamente viáveis.

A tabela V-4 resume alguns aspectos das plataformas tecnológicas desenvolvidas por cada empresa: microrganismo utilizado, matéria-prima possível de ser utilizada e nível de maturidade comercial conquistado.

Tabela V-4 Quadro comparativo: Design Tecnológico

Empresa	Microrganismo	Matéria-prima	Nível de maturidade (1ª partida)
BioAmber	Bactéria (Pomacle) Levedura (Sarnia)	Dextrose 95% de milho, trigo ou outras fontes de amido; sacarose da cana-de-açúcar ou beterraba e açúcares lignocelulósicos	Comercial: planta demo (Pomacle, FRA - 2010)
Myriant	Bactéria	Açúcares industriais, glicose, sacarose e celulose de milho ou sorgo	Comercial: planta comercial (Lake Providence, EUA - 2013)
Succinity	Bactéria	Sacarose, amido liquefeito e xarope de glicose	Comercial: planta comercial (Montmeló, Espanha - 2014)
Reverdia	Levedura	Amido de milho não geneticamente modificado e fontes celulósicas	Comercial: planta comercial (Cassano Spinola, Itália - 2012)

Fonte: Elaboração própria

A análise dessa tabela permite observar que, apesar de atualmente as diferentes tecnologias das quatro empresas coexistirem, pode-se verificar algumas vantagens a uma ou outra empresa referente à plataforma tecnológica desenvolvida e o seu nível de maturidade comercial.

Quanto ao microrganismo, a Myriant e a Succinity empregam em seu processo produtivo bactérias próprias, a saber: *E.coli* geneticamente modificada e *Basfia succiniciproducens*, respectivamente. A Reverdia utiliza-se de uma cepa de leveduras de baixo pH que, segundo a empresa e estudos da Universidade de Utrecht, permite a ela a produção de um bioproduto com a melhor qualidade do mercado e compatível a aplicações em nichos específicos de química fina nos quais a exigência relativa à cor e aparência é maior (REVERDIA, 2015; ICIS CHEMICAL BUSINESS, 2013). A BioAmber está passando por um momento de transição no seu processo produtivo quanto ao microrganismo utilizado. A planta demonstração em Pomacle, França, que operou até dezembro de 2014, utilizou a bactéria *E. coli* em seu processo fermentativo.

Porém, a primeira planta comercial da empresa foi desenhada e está atualmente sendo construída para operar com uso de uma cepa de leveduras de segunda geração licenciada da Cargill (BIOAMBER, 2014).

A análise comparativa realizada na seção IV.2 para os processos fermentativos com leveduras e bactérias leva a crer que a BioAmber e Reverdia parecem possuir vantagens quanto ao custo e eficiência produtiva e flexibilidade de matéria-prima devido à opção tecnológica pelo uso de leveduras. Estratégias como a da Myriant de uso de engenharia genética para a otimização de vias metabólicas que levem ao produto de interesse, porém, podem permitir bons rendimentos em produção e mesmo a obtenção do bio-ácido succínico em apenas uma etapa, como divulgado pela empresa (MYRIANT, 2015).

Quanto à matéria-prima, BioAmber, Myriant e Reverdia já divulgaram poderem utilizar fontes de 2ª geração em seus processos produtivos com base em testes de laboratório realizados e a BioAmber divulgou, inclusive, o seu interesse futuro na exploração de resíduos industriais. Apesar de não ter sido encontrada nenhuma divulgação da Succinity quanto ao seu interesse em explorar fontes de 2ª geração, sabe-se que a BASF possui participação na empresa Renmatix que desenvolve processos para tratamento de material lignocelulósico para obtenção de açúcares (BIOFUELS DIGEST, 2013). Essa flexibilidade é desejada pelas empresas no sentido em que lhes garante redução de custo podendo selecionar a matéria-prima mais acessível e barata conforme a época do ano e localização da planta. Fora isso, quanto às matérias-primas de 1ª geração, pode-se observar uma grande variedade de fontes possíveis de serem exploradas no caso da BioAmber. A empresa divulgou que irá utilizar-se de milho na planta de Sarnia ao invés de trigo como havia fazendo em Pomacle. Ainda, as preocupações éticas, legais e sociais podem conferir à Reverdia e à Myriant menor restrição à sua aceitação pelos mercados mundiais, principalmente europeus: à Reverdia por utilizar-se de milho não geneticamente modificado e à Myriant por poder utilizar-se do sorgo, uma fonte não alimentar. Já para a Succinity, não foram encontradas as fontes de matéria-prima possíveis de serem utilizadas pela empresa.

Quanto à maturidade da tecnologia, as empresas ainda vêm investindo em aprimoramentos. A BioAmber e a Succinity, por exemplo, divulgaram o desenvolvimento de processos de purificação próprios. A BioAmber inclusive pretende

já integrá-lo à produção em Sarnia. Apesar disso, todas as empresas já alcançaram o estágio comercial sendo que a BioAmber foi a primeira a comercializar o produto e a Reverdia a primeira a operar uma planta em escala comercial. É interessante observar também que a Myriant, partindo de uma plataforma tecnológica já validada para a produção comercial de D(-) ácido láctico e aproveitando as vantagens de menores custos de produção, fácil acesso à matéria-prima e energia, proximidade ao rio Mississippi e apoio das autoridades locais, foi a primeira a construir e iniciar operação em escala comercial na América do Norte em Lake Providence, LA, EUA (MYRIANT, 2015).

Apesar de todas as empresas já comercializarem bio-ácido succínico, a BioAmber ainda não possui nenhuma planta comercial. Desde 2010, a empresa opera uma planta demonstração da ARD e neste ano de 2015 irá começar a operação de sua primeira planta comercial em Sarnia (BIOAMBER, 2014). O fato da empresa planejar para a sua primeira planta a aplicação das inovações de processo conquistadas nesse tempo como a utilização de uma cepa de leveduras otimizada, um processo de purificação próprio e uma nova fonte de matéria-prima pode-se dizer que ela passa por um momento de transição em que corre diversos riscos. A empresa pode não ser capaz de introduzir essas inovações e ter dificuldade em integrar o processo *downstream* à fermentação em uma única instalação de forma a não concretizar essas aparentes vantagens.

Por fim, ainda relacionado ao design tecnológico, é importante posicionar que na fase atual de maturidade do desenvolvimento deste novo produto, a não definição de uma tecnologia capacitadora²⁰ e a grande variedade de alternativas tecnológicas cria uma situação de incerteza (ABERNATHY e UTTERBACK, 1978). Apesar de todas as empresas já terem alcançado o estágio de comercialização do produto e, portanto, terem superado os desafios de escalonamento, o esforço no aprimoramento da tecnologia é contínuo e, por enquanto, conforme apresentado na seção IV.4, diversas tecnologias coexistem sem que uma rota dominante tenha sido revelada.

Caso uma tecnologia futuramente se destaque como a mais favorável, espera-se uma redução nessa variedade de alternativas tecnológicas e grandes repercussões podem

²⁰O termo tecnologia capacitadora foi definido por Abernathy e Utterback (1978) como um novo processo produtivo que, de forma aleatória e imprevisível, é revelado como a opção tecnológica mais favorável em um processo de inovação.

surgir. Pode-se observar uma total alteração nos *players* desse mercado e, portanto, na forma de conduzir esse processo de inovação. Desta forma, o fluxo de entrada e saída de *players* nessa etapa inicial, chamada de fluida, confere a este ecossistema um dinamismo que impede a realização de previsões acertadas sobre a estruturação dessa nova plataforma. Ainda, é a partir da definição de uma tecnologia capacitadora que se caminha para um aumento significativo de escala proporcionalmente à demanda criada, de forma que, tratando-se de um processo de inovação, o desenvolvimento de novas plataformas depende de aspectos externos e imprevisíveis.

A identificação das tecnologias utilizadas atualmente pelas empresas que compõem esse ecossistema é nesse sentido interessante para supor vantagens comparativas a uma ou outra empresa em função do uso de rotas mais eficientes e baratas, da produção de compostos de melhor qualidade ou de estratégias operacionais. Essas vantagens tornando-se competitivas e, portanto, efetivas na dinâmica de competição podem interferir na atração de consumidores e complementadores.

V.1.3. Escopo interno da empresa

Esta variável pretende identificar quais os elos da cadeia de valor do bio-ácido succínico são integrados pela empresa produtora em escala comercial, ou seja, qual o nível de integração vertical ou verticalização do processo produtivo e o portfólio interno resultante. A partir do estudo desta variável para cada empresa produtora, é possível analisar estratégias de integração para trás e para frente como forma de garantir fornecimento de matéria-prima e permitir o avanço em cada cadeia produtiva explorada da árvore de derivados. Neste sentido, serão também apresentadas as iniciativas das empresas no sentido da expansão desse portfólio, ou seja, não apenas os produtos comerciais serão levados em consideração como também todo o *pipeline* (linha de produtos) em que a empresa vem investindo e o seu estágio de desenvolvimento.

Tratando do *pipeline* da empresa, nesta subseção serão apresentadas também, quando existentes, estratégias de expansão horizontal da gama de produtos fabricados a partir do aproveitamento da plataforma tecnológica do bio-ácido succínico em função da múltipla aplicabilidade desta tecnologia.

Além disso, essa variável pretende identificar para cada empresa os modelos de comercialização de produtos e os canais de distribuição utilizados, ou seja, as suas estratégias quanto à exploração dos mercados potenciais e suas aplicações foco. Uma empresa pode optar por focar em um determinado mercado alvo e escoar a produção excedente para outro ou pode simplesmente comercializar o bio-ácido succínico simultaneamente para múltiplas empresas e diversos mercados. Essa questão evidencia o nível de exploração da árvore de derivados do produto, suas principais aplicações e a existência de maior dependência à demanda de um ou outro mercado-alvo. Quanto aos canais de distribuição, serão identificadas as formas pelas quais as empresas entregam seus produtos a seus clientes, se via vendas diretas ou vendas indiretas. No caso das vendas indiretas, as empresas optam por aliar-se a empresas distribuidoras para a expansão da comercialização a determinadas regiões.

Relacionado a estes fatores, nesta subseção são apresentados também os dados atualizados até janeiro de 2015 sobre as capacidades produtivas instaladas de cada empresa e as previsões futuras de expansão da produção como forma de comprovar a possibilidade de atendimento a mercados de alto volume em substituição a petroquímicos convencionais.

Os dados levantados para análise do escopo interno das empresas revelou uma grande variedade de opções estratégicas. Em comum, porém, todas as empresas vêm buscando explorar e atingir diversos mercados para o bio-ácido succínico e expandir suas capacidades instaladas de forma a gerar volumes produtivos que atendam a essa variedade de mercados incluindo mercados commoditizados e, portanto, concretizar o produto como uma plataforma química. A atitude das empresas em planejar e divulgar uma expansão significativa no seu volume de produção pode ser vista como uma forma estratégica de atrair mercado aos seus produtos, possibilitar o seu desenvolvimento e enfrentar o dilema do tipo ovo-galinha comentado na seção IV.5. Por essa estratégia, as empresas se arriscam a realizar elevados investimentos sem a certeza de adoção pelo mercado, porém, aceleram a conquista do interesse do mercado e de complementadores ao demonstrar condições de produzir em grande volume com aproveitamento de economias de escala de forma a garantir fornecimento confiável e estabilidade de preço.

Quanto ao portfólio interno, foi identificado que apenas a BioAmber e a Myriant vêm investindo na expansão da cadeia do bio-ácido succínico internamente de forma a

acelerar e permitir o desenvolvimento de novas aplicações e novos mercados ao produto. No caso da Succinity, apesar do perfil verticalmente integrado da BASF sugerir o seu interesse na exploração da cadeia deste intermediário para produção em larga escala de derivados, ao que parece, a Succinity não vem se empenhando na expansão vertical do seu portfólio. Quanto ao mercado de BDO, grande aposta de outras empresas, pode-se encontrar uma justificativa para a Succinity não estar, pelo menos por enquanto, interessada no desenvolvimento deste derivado. A BASF, maior produtora de BDO petroquímico, em 2013, anunciou a produção dos primeiros volumes de bio-BDO em escala comercial utilizando o processo produtivo desenvolvido e patenteado pela Genomatica e divulgou oferecer o produto a clientes para que possam testá-lo ou utilizá-lo comercialmente. A BASF acredita que o bio-ácido succínico não deve ser utilizado como matéria-prima para a produção de bio-BDO, pois vê o processo direto da Genomatica como mais atrativo (BIOFUELS DIGEST, 2015; GREEN CHEMICALS BLOG, 2013).

As tabelas V-5, V-6, V-7 e V-8 a seguir apresentam o *pipeline* da Myriant e da BioAmber indicando o estágio de maturidade e principais aplicações dos produtos de interesse das empresas, obtidos a partir de expansão vertical e horizontal do bio-ácido succínico.

Tabela V-5 Pipeline fruto de expansão vertical – Myriant

Expansão vertical		
Estágio de maturidade	Comercial	
Produto	Myrifilm®	Myriflex®
Aplicações	Solvente para: • Revestimentos • Resinas	Plastificante para: • PVC • Outras resinas

Fonte: Elaboração própria com base em Myriant, 2015

Tabela V-6 Pipeline fruto de expansão horizontal – Myriant

Expansão horizontal			
Estágio de maturidade	Comercial	Desenvolvimento ⁽¹⁾	Pesquisa
Produto	D(-) ácido láctico	Ácido acrílico	Ácido mucônico
Aplicações	• Plásticos duráveis • Recipientes plásticos	• Revestimentos • Fraldas	• Plásticos • Fibras

(1) “Desenvolvimento” se refere a produtos que ainda não foram produzidos em escala suficiente em laboratório que permita o seu teste de qualidade. São produtos em estágio inicial de pesquisa sem previsão de disponibilização de amostra por pelo menos dois anos.

Fonte: Elaboração própria com base em Myriant, 2015

Tabela V-7 Pipeline fruto de expansão vertical – BioAmber

Expansão vertical			
Estágio de maturidade Produto	Pré-comercialização ⁽¹⁾		N/I
	BDO/THF/GBL	Poliésteres (PBS e misturas)	Succinato de di-sódio
Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> • Elastômeros • Plásticos de engenharia • Solas de sapato • Spandex • Solventes 	<ul style="list-style-type: none"> • Carpetes • Plásticos de engenharia • Poliuretanos • Fibras e tecidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Flavorizante/intensificador de sabor • Acidulante • Conservante

(1) “Pré-comercialização” se refere a produtos já produzidos em escala piloto e testados e para os quais o processo produtivo está sendo escalonado com amostras disponíveis para teste e qualificação.

Fonte: Elaboração própria com base em BioAmber, 2014

Tabela V-8 Pipeline fruto de expansão horizontal – BioAmber

Expansão horizontal			
Estágio de maturidade Produto	Desenvolvimento ⁽¹⁾		
	Ácido adípico	Caprolactama	HMDA
Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> • Carpetes • Plásticos de engenharia • Fibras e tecidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Carpetes • Filmes • Fibras e tecidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Carpetes • Plásticos de engenharia • Poliuretanos • Fibras e tecidos

(1) “Desenvolvimento” se refere a produtos que ainda não foram produzidos em escala suficiente em laboratório que permita o seu teste de qualidade. São produtos em estágio inicial de pesquisa sem previsão de disponibilização de amostra por pelo menos dois anos.

Fonte: Elaboração própria com base em BioAmber, 2014

Conforme pode ser observado, a Myriant já produz e comercializa duas formulações com derivados do bio-ácido succínico, um solvente (Myrifilm®) e um plastificante (Myriflex®), e também o bioproduto D(-) ácido lático. Além disso, a empresa vem investindo na produção de outros dois bioprodutos, um ainda em estágio de pesquisa (ácido mucônico) e outro em estágio de desenvolvimento (ácido fumárico).

Quanto à BioAmber, a empresa vem investindo nos seguintes derivados do bio-ácido succínico: BDO/THF/GBL, poliésteres (PBS e misturas) e succinato de di-sódio. O succinato de di-sódio é obtido por transformações químicas convencionais, mas apesar da divulgação do investimento no desenvolvimento deste derivado, não foram encontradas informações sobre o estágio de maturidade em que se encontra. Os outros dois derivados estão em fase pré-comercial, sendo que o BDO/THF/GBL são derivados

diretos do bio-ácido e ainda intermediários na cadeia e os poliésteres são derivados mais avançados na cadeia e de uso final.

Para a produção de BDO/THF/GBL, a empresa licenciou a tecnologia da DuPont de hidrogenação catalítica em fase líquida capaz de converter bio-ácido succínico a BDO, GBL e THF e aliou-se à Evonik, empresa líder em desenvolvimento catalítico, para escalonar e otimizar os catalisadores do processo e melhorar a performance e custo dessa transformação. O escalonamento para produção comercial desta tecnologia completou-se em 2012 e necessitou de esforço tecnológico por se tratar de um processo novo. Por este processo, o ácido succínico purificado é produzido em solução aquosa, sem etapas de evaporação e cristalização, e é diretamente convertido a BDO ou THF, resultando em um processo integrado a partir do açúcar.

Quanto à produção de poliésteres, alguns anúncios encontrados na mídia especializada (PLASTICS TODAY, 2012) já revelam o desenvolvimento de bio-PBS modificado (mistura de PBS com PLA) pela AmberWorks, uma *joint venture* entre a BioAmber e NatureWorks. Esse biopolímero modificado é um plástico biodegradável que oferece melhor desempenho em relação a flexibilidade, tenacidade e resistência térmica comparado a outros biopolímeros convencionais e ainda uma boa capacidade de processamento *drop in* nos equipamentos existentes.

Além dessa expansão vertical, vem se observando o interesse da BioAmber na produção de outros bioprodutos, todos em fase de desenvolvimento, a saber: ácido adípico, caprolactama e HMDA.

A análise desses dados permite dizer que, dentre as quatro produtoras de bio-ácido succínico, a Myriant é a que se encontra mais avançada na cadeia em uma estratégia de integração vertical para a produção e comercialização de produtos com uso final. A empresa já produz e comercializa dois derivados, um solvente e um plastificante, que não são intermediários e sim produtos finais de forma que vem promovendo o desenvolvimento de novas aplicações ao bioproduto e colaborando para a sua estruturação como plataforma química. O início da comercialização do bio-BDO da BioAmber será também um marco muito importante ao desenvolvimento do bio-ácido succínico como plataforma química, pois o processo integrado permitirá vantagens de custo de forma a atrair os transformadores seguintes da cadeia e permitir o encadeamento até um produto de uso final.

A tabela V-9 a seguir apresenta os produtos comerciais de cada uma das empresas e também os produtos pré-comerciais já com previsão de capacidade produtiva divulgada. As capacidades instaladas e as projeções de expansão desta são apresentadas para estes produtos bem como a localização das plantas produtoras, atuais e previstas.

Tabela V-9 Quadro comparativo: Escopo interno – portfólio

Empresa	Portfólio	Capacidade instalada	Projeção de expansão de capacidade instalada	Localização das plantas atuais e previstas
BioAmber	Bio-AS	3 mil t/ano	30 a 120 mil t/ano (2015 - 2017)	Pomacle, França (até 12/2014); Sarnia, Canadá (2015)*;
	Bio-BDO/THF/GBL	-	4 a 104 mil t/ano (2015 - 2017)	América do Norte (2017)*
Myriant	Bio-AS	15 mil t/ano	70 a 175 mil t/ano	Lake Providence, EUA; EUA; Leuna, Alemanha*;
	Myrifilm®	N/I	N/I	Nanjing, China*
	Myriflex®	N/I	N/I	
Succinity	Bio-AS	10 mil t/ano	60 mil t/ano	Montmeló, Espanha
Reverdia	Bio-AS	10 mil t/ano	N/I (2016)	Cassano Spinola, Itália

N/I: Não informado.

* Plantas previstas.

Fonte: Elaboração própria

A análise destes dados consolidados permite perceber alguns importantes fatos:

- i. A Myriant é atualmente a produtora com maior capacidade instalada para a produção de bio-ácido succínico. Essa capacidade é, entretanto, ainda distante de escalas de porte mundial que podem se concretizar mais à frente se as expansões de mercado projetadas pelos estudos de mercado citados na seção IV.3 deste trabalho vierem a se concretizar. Essa capacidade parece se situar em torno de escalas de 100 mil t/ano;

- ii. Apenas a BioAmber e a Myriant já desenvolveram derivados do bio-ácido succínico com previsão de comercialização. No caso da Myriant os seus derivados Myrifilm® e Myriflex® já estão inclusive sendo comercializados sem, porém, informações da capacidade instalada. No caso da BioAmber, a comercialização do seu derivado bio-BDO está prevista para iniciar em 2015 com 4 mil t/ano e em 2017 com mais 100 mil t/ano;
- iii. Todas as empresas possuem planos de expansão da capacidade produtiva de bio-ácido succínico para os próximos anos sendo que as únicas com previsão de data de início de operação são a BioAmber e a Reverdia. A Reverdia não divulgou a capacidade instalada prevista nem a localização da planta, mas declara a estratégia de expansão da sua presença nas principais regiões (Europa, Ásia e Américas) em uma estratégia de estabelecer presença global. A Myriant divulga o interesse em uma expansão significativa da sua capacidade, mas ainda não apresenta prazo estimado para a concretização. A Succinity ainda está avaliando a possibilidade de construção de uma segunda planta com capacidade para 50 mil t/ano;
- iv. A BioAmber está passando por um momento de transição da planta demonstração com operação finalizada em dezembro de 2014 e a planta comercial ainda em construção em Sarnia de forma que no momento não está operando nenhuma planta e conta com o estoque formado para este período;
- v. Todas as empresas, mesmo que ainda não tenham divulgado a localização das suas próximas plantas produtivas, demonstram estarem interessadas no estabelecimento de uma presença global de forma a atender aos principais mercados.

A tabela V-10 apresenta um resumo do modelo de comercialização adotado por cada uma das empresas e os canais de distribuição para alcance desses mercados alvo.

Tabela V-10 Quadro resumo: Escopo interno – Modelo de comercialização

Empresa	Modelo de comercialização	Canais de distribuição
BioAmber	Bio-AS: mercados existentes e novos mercados Derivados: mercados existentes	Venda direta e indireta

Empresa	Modelo de comercialização	Canais de distribuição
Myriant	Bio-AS: mercados existentes e novos mercados Novas formulações: mercados existentes e novos mercados	Venda direta e indireta
Succinity	Bio-AS: mercados existentes e novos mercados	Venda direta
Reverdia	Bio-AS: mercados existentes e novos mercados	Venda direta e indireta

Fonte: Elaboração própria

Conforme pode ser observado, todas as empresas com exceção da Succinity apostam, além da venda direta, na venda indireta para disposição dos seus produtos ao mercado. A Succinity já conta com uma rede de clientes madura herdada da BASF o que pode justificar essa ausência de aliança, pelo menos divulgada, com distribuidores externos.

Quanto aos mercados explorados, todas as empresas vêm focando na substituição ao ácido succínico petroquímico (*drop in*) em mercados já existentes como de aditivos alimentares e química fina, onde o bioproduto agrega valor devido ao seu conteúdo renovável, e na substituição a intermediários petroquímicos com estrutura semelhante a do ácido succínico como o ácido adípico, anidrido maleico e anidrido ftálico (não *drop in*) na criação de novos mercados. Nestes novos mercados o bioproduto é endereçado principalmente a plastificantes sem ftalato, substitutos ao silicone (emolientes) e bioplásticos como o PBS (não *drop in*) e carece do desenvolvimento destas aplicações e de serviços técnicos para demonstrar as vantagens em performance e benefícios ambientais do produto final com base no bioproduto. Estes mercados e suas aplicações finais estão demonstrados nas figuras V-2 e V-3.



Figura V-2 Mercados emergentes - ácido succínico
 Fonte: BioAmber, 2014

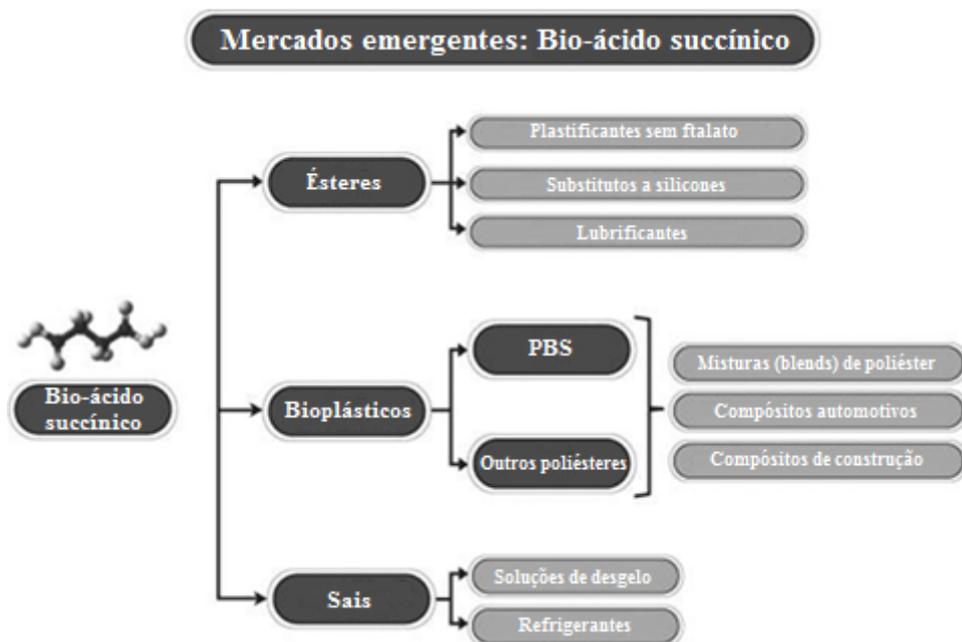


Figura V-3 Mercados emergentes: bio-ácido succínico
 Fonte: BioAmber, 2014

Além destes mercados, as duas empresas que já investiram na produção integrada de derivados do bio-ácido succínico, BioAmber e Myriant, vêm também escoando esses derivados para mercados em que entram como substitutos a derivados e produtos finais de origem fóssil como é o caso do commodity BDO (*drop in*) e das especialidades químicas Myrifilm® e Myriflex®.

Em resumo, pode ser observada a diversidade de mercados a que as empresas produtoras de bio-ácido succínico vêm buscando direcionar seus produtos. Conforme divulgado pela BioAmber (2014), suas estratégias de mercado visam atacar no total as seguintes aplicações (em ordem decrescente de tamanho de mercado): plastificantes; poliuretanos (derivados de polióis de poliéster); produtos de cuidado pessoal e cosméticos (emolientes e surfactantes); resinas e revestimentos; aditivos de alimentos; lubrificantes (ésteres); química fina e soluções descongelantes. É interessante observar, porém, que o alcance a todos esses mercados exige competências para abordar produtos diferentes do ponto de vista químico e, principalmente, mercados finais e *end users* muito diversificados. Isso sugere a necessidade de esforço por parte destes *players* na compreensão da utilização desses produtos e para participação ativa nos processos de desenvolvimento e adoção dos mesmos. Sob esse entendimento, o alcance a essa variedade de mercados é um desafio enorme que se coloca a todos os quatro produtores desse ecossistema.

V.1.4. Estratégia de valor (criação e apropriação)

Para que um composto químico intermediário tenha valor comercial e que este valor seja devidamente capturado pelo produtor, como já explicado, é necessário que a sua cadeia produtiva seja desenvolvida até o produto final e que a empresa produtora saiba definir a forma de se relacionar com os agentes da cadeia. No caso de plataformas químicas, esse valor é maximizado quando do alcance de diversos mercados de forma a explorar ao máximo a árvore de derivados do composto. As estratégias e movimentos adotados pelas empresas produtoras das plataformas no sentido da criação e apropriação de valor são denominados aqui de estratégias de valor.

Como já dito, para que a cadeia de valor de um intermediário químico seja desenvolvida e alcance diversos mercados e este possa ser considerado uma plataforma, caso a empresa produtora não seja integrada verticalmente, é necessário o engajamento de diversos agentes a jusante da cadeia que atuem de forma colaborativa para a produção de vários produtos finais. A abertura à colaboração externa sem uma contrapartida implantação de limitações como custos de acesso ao produto/tecnologia pode criar mecanismos de competição e levar à captura de valor por parte de outros agentes que não a empresa desenvolvedora do intermediário.

Neste sentido, essa variável visa analisar como cada uma das empresas vem lidando com esses dilemas: grau de abertura à inovação *versus* apropriação de valor e inovação *versus* competição. Serão definidos para cada empresa:

i. O grau de abertura à inovação

Neste ponto é estudado o esforço, por parte de cada uma das quatro empresas produtoras, para a integração dos elos da cadeia no sentido do alcance de diversos mercados a partir do estímulo à colaboração externa. Serão levantadas informações sobre os meios de interação com potenciais investidores como forma de atrair o seu interesse e também as estratégias de colaboração já conquistadas.

Quanto ao relacionamento com potenciais investidores, é interessante observar a quem a empresa vem se direcionando e por quais meios, como forma de analisar a dimensão com que vem buscando explorar os mercados para seus produtos e o quão próximo está de eventuais colaboradores e, portanto, da extensão do seu *network*.

Quanto às estratégias de colaboração, serão apontados os fatores que indicam a adesão da empresa ao conceito de *open innovation* como forma de acelerar o desenvolvimento desta plataforma e alcance dos mercados potenciais. Esses fatores são basicamente a existência de parcerias formais e/ou acordos não vinculativos já firmados por cada uma das empresas produtoras e a adoção de estratégias de licenciamento de tecnologia, tanto no sentido de ganhar acesso à propriedade intelectual alheia (*in-licensing*) como forma de acelerar o desenvolvimento do produto internamente, quanto no sentido de disponibilizar a terceiros o acesso à propriedade intelectual interna (*out-licensing*) como forma de criar valor externamente. As estratégias de *out-licensing* muitas vezes criam canais com agentes estratégicos para o aprimoramento tecnológico e maximizam as possibilidades de desenvolvimento de aplicações.

ii. As estratégias de apropriação de valor

Neste ponto serão identificadas as fontes de receitas adotadas por cada uma das empresas produtoras (venda de produtos e/ou *out-licensing*) e possíveis estratégias de criação de barreiras de acesso à tecnologia por patenteamento e/ou licenciamento exclusivo de tecnologia (*in-licensing*).

Desta forma, é possível perceber que as estratégias de licenciamento, ao mesmo tempo em que podem intensificar a colaboração entre diferentes agentes, são formas de garantir proteção e exclusividade tecnológica e gerar captura de valor à empresa responsável pela inovação, ou seja, detentora da patente. Por *out-licensing* as empresas geram receitas pela disponibilização de sua tecnologia a terceiros. Por *in-licensing* exclusivo, as empresas garantem acesso exclusivo à propriedade intelectual de terceiros de forma que, durante o prazo contratual, podem considerá-la de sua posse.

Levantaram-se, então, informações sobre as empresas relacionadas às suas estratégias para criar valor e permitir a captura deste valor. A tabela V-11 resume os aspectos dos modelos de negócio de cada empresa identificados de forma a comparar as estratégias de cada uma das quatro empresas produtoras.

Tabela V-11 Quadro comparativo: Estratégias de criação e apropriação de valor

Empresa	Grau de abertura	Estratégias de colaboração¹	Fonte de receitas	Proteção tecnológica
BioAmber	A caminho de plataforma industrial	Parcerias; divulgação aberta; <i>in-licensing</i>	Venda de produtos	Patenteamento e <i>in-licensing</i> exclusivo
Myriant	A caminho de plataforma industrial	Parcerias; divulgação aberta; ferramentas online; <i>in-licensing</i>	Venda de produtos	Patenteamento e <i>in-licensing</i> exclusivo
Succinity	Plataforma interna ²	Divulgação aberta; interação com consumidores	Venda de produtos	Patenteamento
Reverdia	A caminho de plataforma industrial	Parcerias; <i>out-licensing</i> ; divulgação aberta; ferramentas online	Venda de produtos e <i>out-licensing</i>	Patenteamento

¹ Por estratégias de colaboração entende-se os mecanismos adotados pelas empresas para incentivar a inovação colaborativa (mecanismos de abertura) e também as colaborações já conquistadas.

² Classificada como tal em função da inexistência, pelo menos por enquanto, de evidências concretas de desenvolvimento de plataforma industrial.

Fonte: Elaboração própria

Quanto às estratégias de criação de valor, pode-se dizer que as plataformas em desenvolvimento da BioAmber, Myriant e Reverdia vêm caminhando para uma plataforma industrial. Essas três empresas já contam com a colaboração de agentes externos dos mais variados perfis e competências via estabelecimento de uma rede de parcerias que permite acelerar o processo de adoção do mercado a esta nova plataforma.

Essas parcerias possuem caráter tecnológico, comercial e financeiro, abrangem diversos elos da cadeia de valor e tomam a forma de acordos tecnológicos de desenvolvimento conjunto, *in-licensing*, *out-licensing*, *joint ventures*, contratos de fornecimento e também acordos não vinculativos como carta de intenção e memorando de entendimento. Em geral, essas alianças permitem a otimização de processos, a validação de performance em aplicações específicas, o desenvolvimento conjunto de derivados, a garantia de demanda e a distribuição do produto. Quanto às estratégias de licenciamento de tecnologia, *in-licensing* (no caso da BioAmber e Myriant) e *out-licensing* (no caso da Reverdia), estas permitem alavancar o desenvolvimento de novas aplicações através da combinação de tecnologias e competências entre as empresas aliadas. A estratégia da Reverdia em específico pode ser vista como uma forma de estimular o desenvolvimento do produto por parte de empresas capacitadas a partir da compra da sua tecnologia, acelerando, portanto, o processo de difusão do produto como plataforma.

No caso da Myriant, dois mecanismos interessantes de colaboração puderam ser observados a partir dos quais a empresa busca, em aliança a alguma empresa, realizar um avanço em P&D de forma a permitir e estimular que outras empresas apliquem esse avanço no desenvolvimento comercial de derivados. São os casos das suas alianças com a Davy Technologies para validação e integração do uso do bio-ácido succínico como substituto perfeito a petroquímicos convencionais em processos consolidados e com a Piedmont Chemical Industries LLC para validação de performance do uso do produto em novas aplicações.

Por outro lado, no caso da Succinity, a empresa não divulgou nenhuma iniciativa explícita de colaboração com agentes da cadeia de valor. A empresa, ainda muito recente, divulga contar com apoio dos seus detentores BASF e Corbion para o desenvolvimento da cadeia internamente, mas, simultaneamente, vem apresentando estratégias de divulgação do produto e de intensificação da interação com seus consumidores, não se sabe se como forma de simplesmente garantir demanda ou como forma de atrair a colaboração e investimento de terceiros. Em um material da empresa (WALTER, 2014), esta revela reconhecer a importância do estabelecimento de parcerias e obtenção de colaboração ao longo da cadeia de valor como um fator chave para o crescimento no mercado de bio-ácido succínico na medida em que permite desenvolver aplicações e acelerar a introdução do produto no mercado. A Corbion também divulga estar envolvida em uma extensa cadeia de valor e vem trabalhando com parceiros

critérios selecionados que possuam tecnologias e/ou competências complementares para que continue crescendo no desenvolvimento de bioquímicos. Desta forma, ainda muito embrionária, a Succinity parece aos poucos estar compreendendo a dinâmica do ecossistema em que está inserida, o que permite dizer que seu modelo de negócios está em fase de experimentação e que, portanto, ainda é cedo para sugerir o caminho que a empresa pretende selecionar ao desenvolvimento de sua plataforma.

Independente da existência de parcerias formais ou não, observou-se para as quatro empresas a adoção de estratégias para contínua e progressiva atração de inovação colaborativa e/ou oportunidades de investimento e, portanto, possível expansão/criação de toda uma rede de parcerias. Entre essas estratégias, pode-se destacar a divulgação do produto e de seus derivados, seja verbal (por meio de palestras, reportagens, documentos e participação em conferências) ou física (por meio de amostragem e ensaios experimentais) e a criação de mecanismos de aproximação e interação com investidores (por meio de conferências, canais para contato e ferramentas *online*). Quanto às ferramentas *online* verificadas, as empresas vêm investindo em basicamente três iniciativas:

- i. Espaços para o compartilhamento de dados técnicos e comerciais dos seus produtos e derivados (Myriant), bem como literaturas relevantes, relatórios de conferências, congressos e outros documentos que são capazes de providenciar *insights* e melhor entendimento sobre os produtos e seus mercados (Reverdia);
- ii. Dispositivos para a solicitação de amostras dos seus produtos de forma prática e aberta a todos os interessados (Myriant, Reverdia);
- iii. Canais para contato com potenciais investidores (BioAmber, Myriant, Succinity, Reverdia).

Essas estratégias permitem aumentar o conhecimento da indústria sobre as potencialidades do produto e seus derivados, criar atratividade por estes produtos e estimular colaboração nos próximos passos da cadeia. Além de demonstrar o interesse das empresas na colaboração externa, essas estratégias evidenciam que as empresas não vêm limitando o seu produto a mercados específicos, pelo contrário, vêm criando possibilidades de exploração em todos os mercados interessados. Essas estratégias de

divulgação permitem também a criação de mecanismos de *market pull* que estimulam, a partir da garantia de demanda, o encadeamento dos elos da cadeia até o *end user*, questão esta que será discutida na subseção V.1.5.

Quanto às estratégias de apropriação de valor, foi possível perceber que todas as quatro empresas contam com proteção de tecnologia por intermédio de patenteamento de processos, microrganismos e aplicações. Fora isso, a BioAmber e a Myriant contam com grandes parceiros tecnológicos por acordos de *in-licensing* exclusivo de tecnologias de forma a evitar que outras empresas se apropriem das suas descobertas, copiem suas tecnologias e/ou utilizem os mesmo processos.

Ainda, quanto às formas de gerar receitas adotadas pelas empresas, todas contam com a venda de seus produtos e a Reverdia conta, ainda, com o licenciamento de suas tecnologias a terceiros como uma segunda fonte. Segundo a Reverdia (2015), em função da insegurança dos clientes consumidores de bio-ácido succínico quanto aos custos futuros e disponibilidade do produto em um mercado altamente competitivo, muitos passaram a demonstrar interesse em produzir o bioproduto em uma estratégia de integração para trás. Enxergando esse interesse, a empresa viu no licenciamento a forma de sobreviver nesse cenário e garantir captura de valor sem prejuízo ao mercado e à evolução do desenvolvimento da plataforma química; a empresa enxergou as necessidades dos seus clientes e ajustou suas estratégias.

V.1.5. Relacionamentos externos (competição e colaboração)

Esta variável pretende analisar os relacionamentos, tanto de competição quanto de colaboração, entre cada empresa produtora de bio-ácido succínico e os agentes envolvidos nesse mercado. Desta forma, serão estudados os relacionamentos horizontais, ou seja, entre as empresas produtoras de um mesmo composto químico ou de compostos concorrentes em uma mesma aplicação e os relacionamentos verticais, ou seja, com os agentes complementadores e com o *end user*.

Quanto aos relacionamentos horizontais, pretende-se identificar a existência de estratégias de cooperação entre as empresas produtoras de bio-ácido succínico no sentido do desenvolvimento da cadeia de valor do produto por compartilhamento de experiências e expertises e também de mecanismos de competição na disputa pela

garantia de compradores para seus produtos. Nesse contexto, serão também avaliados os relacionamentos entre cada uma das empresas produtoras do bioproduto e empresas consolidadas produtoras de ácido succínico ou outros compostos substituíveis de base fóssil. Considerando o esforço de algumas das quatro empresas produtoras de bio-ácido succínico em ampliar seu portfólio interno explorando o desenvolvimento de derivados do produto, pode-se também identificar e analisar as competições entre estas e outras produtoras integradas dos derivados.

Quanto ao relacionamento com o *end user* serão analisadas as estratégias para a geração de mecanismos de *market pull* que, partindo do último elo da cadeia, geram demanda elo a elo até chegar ao produto intermediário, no caso o bio-ácido succínico, de forma a estimular o engajamento dos agentes da cadeia. Como já mencionado na subseção V.1.4, essas estratégias são as mesmas utilizadas para a atração de inovação colaborativa só que agora com foco no *end user* que se interessa basicamente na performance do produto em sua aplicação final. Desta forma, o relacionamento entre cada uma das empresas produtoras do bioproduto e os *end user* de cada mercado alvo se baseia, basicamente, na apresentação da lógica da demanda sob o âmbito de aspectos técnicos e ambientais como forma de demonstrar e garantir que o produto funciona no uso final desejado. A empresa estrategicamente estuda o que é valor para o *end user* e busca demonstrar como o seu produto permite criar o valor que ela procura.

Quanto aos relacionamentos com os agentes complementadores, será apresentada a dinâmica de parcerias adotada por cada empresa como forma de obter contribuição no desenvolvimento do produto desde a obtenção de matéria-prima e construção de plantas industriais até a produção de derivados e comercialização. Essas parcerias incluem, portanto, alianças comerciais, tecnológicas e financeiras com clientes *upstream* e *downstream* e outros interessados neste desenvolvimento que, em conjunto, permitem o sucesso comercial do produto e seu estabelecimento no mercado como plataforma química. Tratando-se de um produto potencialmente substituto *drop in* do petroquímico convencional, mas não *drop in* de outros intermediários fósseis, essas parcerias podem vir como forma de possibilitar o surgimento de novas aplicações. Partindo do somatório de tecnologias e competências, essas alianças com agentes dos mais variados elos permitem o desenvolvimento, por exemplo, de processos de transformação necessários à estruturação de uma nova cadeia produtiva e o escoamento do produto por uma rede de clientes já estabelecida.

Quando facilmente identificadas, serão estudadas também as parcerias que, apesar de não diretamente firmadas com a empresa produtora do bioproduto intermediário, vêm se estruturando na extensão da cadeia até o produto final, permitindo o encadeamento entre elos da cadeia e a compreensão do grau de maturidade desse processo e de exploração dos mercados potenciais no sentido do aproveitamento do potencial de aplicação do produto.

Ainda quanto aos colaboradores, além dos parceiros formais, torna-se importante também analisar o relacionamento com consumidores que não são ligados às empresas por acordos contratuais. Esses relacionamentos não vinculativos geralmente objetivam a validação de performance do produto de forma que podem criar interesse do consumidor por evoluir este acordo para uma parceria comercial formal.

Por fim, caso tenham sido identificados movimentos oportunistas por parte dos agentes externos que signifiquem ameaças às empresas produtoras, como o interesse em integração para frente ou para trás ganhando autonomia no desenvolvimento do produto ou a adoção de parcerias por parte de um parceiro com fortes concorrentes, estes serão evidenciados e tratados como forças competitivas.

A análise de parcerias permite estudar também, a depender do nível de maturidade do negócio, o modelo de governança e liderança existente por trás dessa dinâmica que, caso diagnosticado, será apresentado.

Iniciando-se a análise proposta nesta seção, quanto aos relacionamentos horizontais, as quatro empresas enfrentam um ambiente extremamente competitivo em que buscam conquistar vantagens para sua sobrevivência comercial. Os principais concorrentes a cada uma dessas empresas são: outras empresas produtoras de bio-ácido succínico, produtoras de ácido succínico petroquímico, produtoras de derivados petroquímicos e produtoras de derivados de base biológica, sejam elas integradas desde a molécula do açúcar ou dependentes de fornecimento de bio-ácido succínico.

Em relação à concorrência com produtos petroquímicos, o esforço em validar a qualidade do bioproduto em substituição a estes somada à proposição de valor dos produtos de base biológica que garantem um valor agregado sem a cobrança de um preço *premium* vem permitindo maior competitividade ao bioproduto. O bioproduto vem se destacando pela redução de custo, de emissão de gases de efeito estufa e de

consumo energético comparadamente ao produto de base fóssil. A dinâmica de parcerias apresentada para a BioAmber e Myriant e o arranjo empresarial da Succinity e Reverdia evidenciam um grande número de empresas convencionalmente petroquímicas que vêm sendo atraídas à redefinição de estratégias e modelos de negócio para a exploração desse novo mercado de base renovável.

Em relação à concorrência entre as empresas produtoras de bio-ácido succínico, no estágio de maturidade atual do processo de desenvolvimento dessa nova plataforma todas as tecnologias e modelos de negócio das quatro empresas convivem sem a afirmação de uma liderança. Em geral, o grande mercado potencial para o produto vem prometendo, por meio de acordos de fornecimento, absorver o volume produtivo previsto para cada empresa. O dinamismo desse ecossistema de inovação pode, porém, afetar essas relações de competição e levar à definição de uma tecnologia capacitadora e um modelo de negócios ótimo que resulte em uma empresa dominante neste mercado. Os fatores que, geralmente, são decisivos para a definição de vantagens comparativas são: tecnologia inovadora, volume de produção, acesso a capital, robustez em P&D, recursos pessoais, rede de clientes e subsídios e incentivos governamentais.

A tabela V-12 a seguir apresenta algumas vantagens comparativas de cada uma das quatro empresas:

Tabela V-12 Relacionamentos horizontais competitivos

Empresa	Vantagens comparativas
BioAmber	Pioneira na comercialização de bio-AS; Integração para a frente; Microrganismo: levedura; Processo de purificação próprio (simples e eficiente, segundo a empresa); Garantia de venda total da CP em Sarnia de 2015 a 2017; Localização das plantas (previstas) em locais com oferta de matéria-prima e energia a menor custo; Capacidade anual de produção planejada para mais do dobro das outras empresas; Apoio governamental.
Myriant	Integração para a frente; Garantia da venda total da CP de Lake Providence desde 2012; Localização da planta em local com oferta de matéria-prima e energia a menor custo; Atualmente maior CP para bio-AS; MP celulósica não alimentar; Plataforma tecnológica já validada; Histórico de sucesso com parceiros e consumidores;

Empresa	Vantagens comparativas
	Time experiente em biotecnologia e engenharia; Apoio governamental.
Succinity	Processo de purificação próprio; Rede de distribuição madura/ Acesso ao mercado; Departamento de P&D robusto; Expertise da BASF na produção e comercialização de BDO; <i>Know-how</i> do mercado; Fôlego financeiro; Fornecimento seguro.
Reverdia	Pioneira na operação de planta comercial para produção de bio-AS; Microrganismo: levedura de baixo pH; MP não geneticamente modificada; Alta qualidade do produto; Menor pegada de carbono do mercado; Modelo de biorrefinaria integrada desde a produção de fontes de carbono; Rede de distribuição madura/ Acesso ao mercado; Departamento de P&D robusto; <i>Know-how</i> do mercado; Fornecimento seguro.

*CP: capacidade produtiva; MP: matéria-prima; GEE: gases de efeito estufa.

Fonte: Elaboração própria

A análise desta tabela permite observar o grande volume de vantagens comparativas que as empresas divulgam possuir frente às outras produtoras. No estágio atual desse processo de inovação não é possível considerar essas vantagens como competitivas, mas são bons indicadores para perceber o conjunto de competências desse ecossistema de inovação. Ou seja, apesar da não identificação de líderes nesse setor ainda em formação, algumas estratégias e posicionamentos podem se revelar importantes na construção do negócio.

Quanto à competição em torno do BDO, pode-se dizer que esta ocorre entre os *players* BioAmber, Genomatica, produtores petroquímicos e outros produtores não integrados. A BioAmber aposta no desenvolvimento de bio-BDO internamente integrado ao seu bio-ácido succínico e posterior venda ao mercado. A Genomatica aposta na produção de BDO integrada a partir do açúcar e posterior venda e licenciamento ao mercado por intermédio de parcerias. As produtoras não integradas apostam na compra do bio-ácido succínico de uma das quatro empresas produtoras e transformação interna ao BDO. A BioAmber se diz competitiva a esses dois concorrentes em função do preço final do seu produto escalonado estar previsto para

10% inferior ao produto de base fóssil e do seu processo integrado possuir um elevado rendimento em açúcar quando comparado ao produto via fermentação direta. O surgimento de novos *players* nesse mercado, como a Succinity, pode dinamizar ainda mais esse ambiente e alterar as posições competitivas.

Ainda quanto aos relacionamentos horizontais, mas agora colaborativos, só foi identificada uma empresa com iniciativas nesse sentido, a Reverdia. A empresa desenvolveu um banco de dados *online*, já mencionado na subseção V.1.5, que pode ser visto como uma ferramenta que incentiva a colaboração entre todos os agentes da cadeia e outros interessados, incluindo as produtoras de bio-ácido succínico e o *end user*, a partir do compartilhamento e construção de conhecimentos sobre o produto de forma prática e aberta.

Quanto aos relacionamentos verticais com agentes externos, com exceção da Succinity que não divulgou nenhuma aliança formal para colaboração ao longo da cadeia de valor do seu produto, todas as outras empresas vêm apostando na adoção de parcerias de forma a obter colaboração e acelerar o escalonamento e comercialização da sua tecnologia inovadora, permitir o desenvolvimento de derivados e estabelecer mercado para os seus produtos. Essa parcerias permitem acelerar o processo de desenvolvimento desta potencial plataforma através, principalmente, de:

- i. Desenvolvimento de novas aplicações para o bio-ácido succínico a partir do somatório de tecnologias e competências em cooperações tecnológicas para a produção de derivados e otimização de tecnologias *downstream*;
- ii. Ampliação da rede de clientes e garantia de demanda por acordos de distribuição ou comercialização com empresas estabelecidas acelerando a entrada do produto no mercado;
- iii. Cooperação tecnológica para otimização dos processos produtivos internos como forma de ganhar maior competitividade em custo e qualidade;
- iv. Garantia de fornecimento confiável de matéria-prima através de contratos de fornecimento;
- v. Financiamento e colaboração no design, construção e/ou operação de plantas industriais;

- vi. Obtenção de direito de acesso à propriedade intelectual de terceiros (*in-licensing*);
- vii. Validação de performance do produto em algumas aplicações e também do seu potencial como substituto a petroquímicos convencionais em processos já estabelecidos.

Em resumo, essas parcerias podem ter caráter tecnológico, financeiro ou comercial. Via parcerias tecnológicas, as empresas contam com a colaboração de tecnologias e competências de terceiros para otimizar seus processos produtivos como forma de reduzir custo e melhorar eficiência e também permitir o desenvolvimento de processos *downstream* para a produção de derivados. Essas parcerias são geralmente do tipo cooperação tecnológica, acordo de desenvolvimento conjunto ou licenciamento tecnológico (*in-licensing*). Via parcerias comerciais, as empresas buscam usufruir de canais de abastecimento e distribuição já estabelecidos como forma de garantir a oferta de matéria-prima e a comercialização do produto final. Via parcerias financeiras, as empresas objetivam a obtenção de capital para investimento no projeto e construção das plantas industriais e podem se basear em acordos de *joint venture*, subsídios governamentais e empréstimos com ou sem juros. No caso da BioAmber, por já ter concluído o seu IPO e estar no caminho de uma segunda oferta pública, a empresa obtém financiamento também por meio da venda de ações.

As tabelas V-13, V-14 e V-15 a seguir apresentam todas as parcerias identificadas, com exceção das financeiras, para cada uma das empresas BioAmber, Myriant e Reverdia e suas características principais²¹.

Tabela V-13 Relacionamentos externos – BioAmber

Empresa (ano)	Tipo de Parceria	Finalidade	Posição na cadeia de valor	Mercados-alvo
Brenntag (2013)	Contrato de distribuição	Distribuição	<i>Downstream</i>	-
Cargill (2011)	Licenciamento de tecnologia	Inovação (MO)	<i>Upstream</i>	-
DuPont Applied BioSciences (2010)	Licenciamento de tecnologia	Inovação (processo)	<i>Downstream</i>	BDO, THF e GBL
Evonik (2012)	Cooperação tecnológica de longo prazo	Inovação (processo)	<i>Downstream</i>	BDO, THF e GBL
IMCD Group	Contrato de	Distribuição	<i>Downstream</i>	Resinas e

²¹ O Anexo II contém uma análise detalhada dessas parcerias identificadas.

Empresa (ano)	Tipo de Parceria	Finalidade	Posição na cadeia de valor	Mercados-alvo
(2013)	distribuição			revestimentos
Inolex (2012)	Contrato de fornecimento	Comercialização	<i>Downstream</i>	Emolientes
Lanxess (2011)	Cooperação tecnológica	Comercialização	<i>Downstream</i>	Plastificantes sem ftalato
PTT MCC Biochem (2011)	Contrato de fornecimento (Take or pay)	Inovação (MO) e comercialização	<i>Downstream</i>	PBS
Mitsubishi Chemical/Faurecia (2012)	Contrato de fornecimento exclusivo	Comercialização	<i>Downstream</i>	PBS modificado para interior de automóveis
Mitsui & Co. (2010)	<i>Joint venture</i>	Construção, operação e distribuição	<i>Upstream e Downstream</i>	-
NatureWorks LLC. (2012)	<i>Joint venture</i> (AmberWorks)	Comercialização	<i>Downstream</i>	PBS modificado (PBS/PLA)
Oleon	Contrato de fornecimento	Comercialização	<i>Downstream</i>	Lubrificantes
Tereos Syral S.A.	Carta de intenções não-vinculativa	Abastecimento	<i>Upstream</i>	-
Vinmar International Ltd. (2014)	Contrato de fornecimento (Take or pay)	Comercialização	<i>Downstream</i>	-
Xuchuan Chemical	Contrato de fornecimento	Comercialização	<i>Downstream</i>	Elastômeros de poliuretano fundido (CPU)

* Inovação (processo): desenvolvimento de novas tecnologias, validação ou adaptação tecnológica de processos já existentes para escalonamento e/ou produção de derivados. Inovação (MO): desenvolvimento de novos microrganismos. Comercialização: transformação do produto em derivados e disposição no mercado. Distribuição: disposição direta do bioproduto em diversos mercados.

Tabela V-14 Relacionamentos externos – Myriant

Empresa (ano)	Tipo de Parceria	Finalidade	Posição na cadeia de valor	Mercados-alvo (aplicação/região)
Azelis (2014)	Contrato de distribuição	Distribuição	<i>Downstream</i>	-
Bayegan (2013)	Contrato de distribuição	Distribuição	<i>Downstream</i>	-
BCD Chemie	Contrato de distribuição	Distribuição	<i>Downstream</i>	-
China National BlueStar Group (2011)	Memorando de entendimento	Comercialização	<i>Downstream</i>	BDO

Empresa (ano)	Tipo de Parceria	Finalidade	Posição na cadeia de valor	Mercados-alvo (aplicação/região)
DaniMer (2012)	Contrato de fornecimento	Comercialização	<i>Downstream</i>	Adesivos
Davy Process Technology (2011)	Memorando de entendimento	Inovação (processo)	<i>Downstream</i>	-
Oxea	Contrato de fornecimento	Comercialização	<i>Downstream</i>	Plastificantes
Piedmont Chemical Industries (2011)	Acordo de desenvolvimento o conjunto e Contrato de fornecimento	Comercialização	<i>Downstream</i>	Polióis de poliéster
PTT Chemical Group	<i>Joint venture</i>	Comercialização	<i>Downstream</i>	-
Showa Denko (2012)	Contrato de fornecimento	Comercialização	<i>Downstream</i>	PBS
Sojitz Corporation (2011, 2014)	Contrato de distribuição	Distribuição	<i>Downstream</i>	Plastificantes
ThyssenKrupp Uhde (2009)	Acordo de aliança exclusivo	Construção e operação(EPC)	<i>Upstream</i>	-
UPC (2014)	Acordo de desenvolvimento o conjunto	Comercialização	<i>Downstream</i>	Plastificantes

* Inovação (processo): desenvolvimento de novas tecnologias, validação ou adaptação tecnológica de processos já existentes para escalonamento e/ou produção de derivados. Inovação (MO): desenvolvimento de novos microrganismos. Comercialização: transformação do produto em derivados e disposição no mercado. Distribuição: disposição direta do bioproduto em diversos mercados. EPC: acordos para engenharia, aquisição e construção de plantas industriais.

Fonte: Elaboração própria

Tabela V-15 Relacionamentos externos – Reverdia

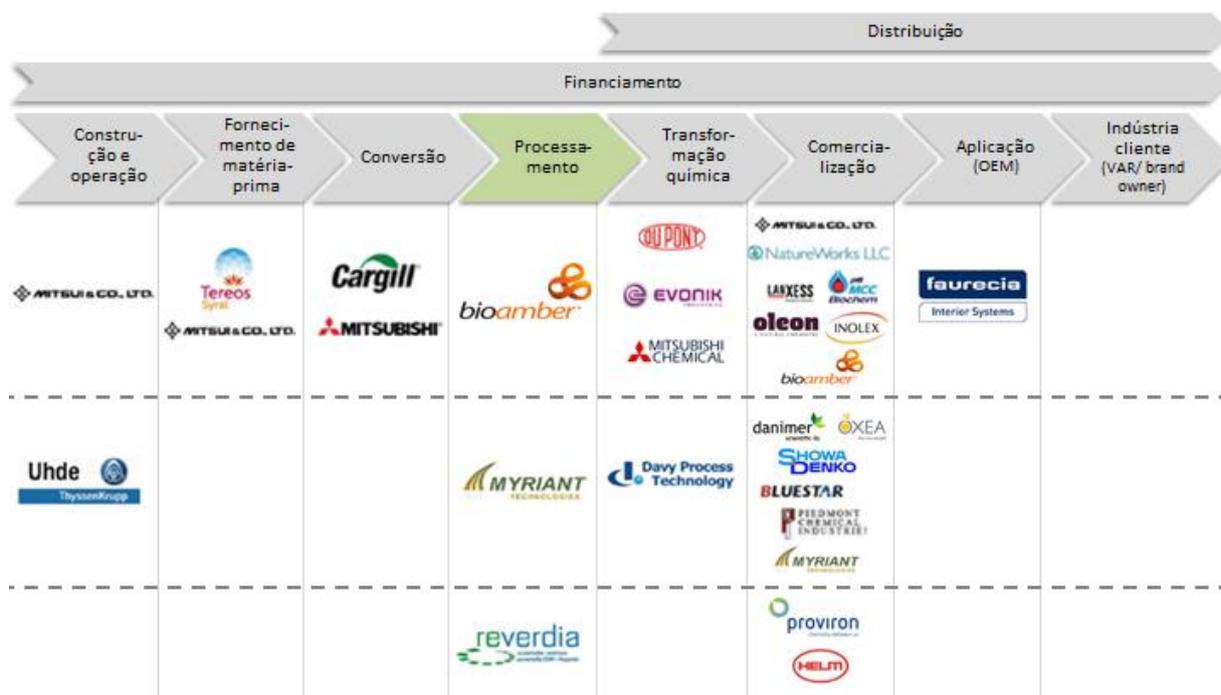
Empresa (ano)	Tipo de Parceria	Finalidade	Posição na cadeia de valor	Mercados-alvo (aplicação/região)
Helm (2012)	Contrato de distribuição	Distribuição	<i>Downstream</i>	-
Proviron (2012)	Contrato de fornecimento	Comercialização	<i>Downstream</i>	DMS

* Comercialização: transformação do produto em derivados e disposição no mercado. Distribuição: disposição direta do bioproduto em diversos mercados.

Fonte: Elaboração própria

A análise destas tabelas permite perceber o extenso e diverso conjunto de parceiros quanto aos seus setores de atuação, interesses e competências. A contribuição destes parceiros vem se dando ao longo de toda a cadeia de valor do bio-ácido succínico, mas com maior peso nas etapas *downstream*. A coluna “mercados-alvo” evidencia o esforço das empresas, em colaboração com parceiros, no desenvolvimento de novas aplicações ao bioproduto. Algumas vezes esse esforço se dá via desenvolvimento tecnológico conjunto, cooperação tecnológica, *joint venture* ou licenciamento em que há um compartilhamento de competências e tecnologias entre as aliadas e outras vezes por envolvimento puramente comercial via contratos de fornecimento ou de distribuição.

Em geral, essas parcerias vêm a permitir a integração entre os agentes de cada elo da cadeia e, como consequência, a incorporação da plataforma na indústria em novos mercados. A figura V-4 busca estruturar a cadeia produtiva que vem sendo desenvolvida por cada empresa, sob o âmbito dos atores envolvidos e do relacionamento entre eles para demonstrar como vem se dando o fenômeno de encadeamento dos elos da cadeia até o consumidor final.



* Diagrama não exaustivo.

OEM: *Original Equipment Manufacturer*; VAR: *Value-Added Reseller*

Figura V-4 Diagrama de mecanismos de mercado

Fonte: Elaboração própria

A análise desse diagrama permite observar o maior volume de parcerias no elo da cadeia responsável pela comercialização do produto. Contando, em alguns casos, com o esforço em inovação e desenvolvimento de tecnologias em processos produtivos *downstream* (transformação química), essas alianças vêm a validar o uso do bioproduto em substituição a intermediários petroquímicos convencionais, colaborar para o desenvolvimento de novas aplicações para o bio-ácido succínico e direcioná-lo a mercados específicos. Além disso, a presença da Myriant e BioAmber em elos a jusante da produção do bio-ácido succínico reforçam a extensão do seu portfólio interno via integração vertical da produção.

Pode-se observar também que a BioAmber, pioneira na comercialização do produto, é a empresa que atualmente possui uma rede de parcerias mais densa. A empresa vem apostando em parcerias com os mais variados agentes na direção de diversos mercados e também no encadeamento de agentes de elos distintos no sentido de uma aplicação específica. Porém, o sucesso comercial da BioAmber vem a depender não apenas da conquista destes colaboradores como também da sua habilidade para manter e gerenciar essa dinâmica de parcerias. A empresa é dependente destes relacionamentos estratégicos em toda a cadeia de valor desde a promoção de P&D, financiamento, construção e operação de plantas até a comercialização de forma que o fracasso na sua condução pode significar um atraso ou incapacidade de desenvolver e produzir seus produtos e gerar oportunidades de mercado e demanda.

Outro ponto interessante a ser analisado neste diagrama é o fato das empresas formadas a partir de *joint ventures* com líderes globais da indústria química com expertise em biotecnologia e conversão química, Succinity e Reverdia, serem as que menos vêm apostando nessas alianças colaborativas ao longo da cadeia de valor do bio-ácido succínico. Como já mencionado, essas empresas contam com uma estrutura interna de P&D e distribuição que as confere menor dependência à colaboração externa. Mesmo assim, ambas as empresas divulgam estar interessadas em contar com o apoio de agentes da cadeia para acelerar esse processo de desenvolvimento e alcançar diversos mercados.

Este diagrama idealmente deveria, para uma visualização completa da estruturação da cadeia, posicionar todos os agentes envolvidos nesse processo, ou seja, não apenas parceiros diretos às empresas focais como também clientes e parceiros dos

seus parceiros. Essa análise mais profunda, porém, exige um esforço grande em pesquisa que foge do escopo deste trabalho. Um exemplo encontrado facilmente na literatura e posicionado no diagrama é o da cadeia BioAmber → Mitsubishi Chemical → PTT MCC Biochem → Faurecia, pela qual se espera ser possível produzir e disponibilizar ao mercado, a partir de 2015, equipamentos e acessórios de interior de automóveis feitos de PBS modificado. A integração entre esses agentes de diferentes elos da cadeia em um encadeamento vem permitindo, portanto, o desenvolvimento de um uso final a ser comercializado à indústria cliente. Para a concretização dessa produção, porém, depende-se do sucesso na partida e operação da planta em Sarnia, ainda em construção, do escalonamento da tecnologia para produção destes plásticos e do convencimento do *end user* ao uso destes novos materiais.

Além disso, seria interessante também nesta análise avaliar o quão próximo de um produto final está cada uma das empresas via as parcerias identificadas. A grande variedade de aplicações finais e a distinção entre as cadeias de cada produto final quanto ao número de etapas dificulta essa análise que, portanto, não foi possível de ser realizada neste trabalho.

Uma última observação que pode ser feita quanto a esses relacionamentos se refere à governança desse sistema. Em função da cadeia de valor deste bioproduto ainda não estar completamente estruturada até o usuário final, não é possível afirmar o mecanismo de controle e comando que governa o ecossistema de inovação nem identificar o líder da plataforma, tanto no sentido do produtor dominante no mercado quanto do agente com maior poder de barganha.

Fora essas parcerias tecnológicas e comerciais, outro tipo de colaboração cujo caráter está relacionado à comercialização do bioproduto, porém sem vínculo contratual, e que foi identificado para todas as quatro empresas se dá através da aliança a consumidores e laboratórios especializados para a realização de teste de qualidade dos seus produtos em diversas aplicações. O fornecimento de amostras dos seus produtos internos para consumidores estratégicos que convencionalmente utilizam-se dos produtos petroquímicos para teste de performance e otimização de novas aplicações e derivados objetiva garantir que estes atendam às devidas especificações em cada uma de suas aplicações potenciais e permite conquistar atratividade do mercado.

Quanto aos comportamentos oportunistas que podem surgir por parte de agentes colaboradores e torná-los competidores às empresas produtoras de bio-ácido succínico, o estudo realizado dos relacionamentos verticais não foi capaz de analisá-los em detalhes. Para esta percepção, torna-se necessário o estudo mais aprofundado dos parceiros, o que foge do escopo deste trabalho. Porém, pode-se perceber que esses comportamentos existem e as empresas devem estar atentas e, na medida do possível, flexibilizar seus modelos de negócios para a sua adaptação a essa dinâmica competitiva. Um exemplo que pode ser verificado na subseção V.1.4 é o da estratégia da Reverdia em diversificar sua fonte de receitas através do licenciamento de suas tecnologias frente à identificação de *players* da cadeia a jusante interessados na integração para trás para a produção de bio-ácido succínico.

Por fim, quanto aos relacionamentos com o *end user*, todas as quatro empresas divulgam estar se engajando em conquistar o seu interesse nos produtos finais capazes de serem produzidos a partir dos seus intermediários. De fato, esse tipo de relação é essencial para o desenvolvimento de mercado para intermediários químicos. Por mais verticalmente integrada que seja a empresa química, ela necessita, para a sua sobrevivência no mercado, da garantia de demanda para os seus produtos. O interesse do *end user* no uso final divulgado cria demanda pelo produto do elo anterior da cadeia e assim por diante gerando demanda elo a elo da cadeia. A garantia de demanda é um fator chave para impulsionar a expansão da capacidade produtiva de forma a permitir economias de escala que, por sua vez, criam maior atração pelo produto gerando ainda maior demanda. A exploração desse ciclo elo a elo da cadeia é, então, estratégico para o desenvolvimento desta plataforma química e o seu valor vem sendo enxergado por todos os quatro *players*. Essa aproximação ao *end user* vem se dando através de presença em palestras e conferências para o desenvolvimento de interesse e desenvolvimento de produtos finais em escala experimental e publicação dos resultados quanto às suas propriedades e especificações. Nenhuma parceria entre as empresas produtoras de bio-ácido succínico e um *end user* foi, porém, identificada neste momento.

V.2 Considerações finais - Comparação geral entre as empresas

Até então, foram apresentados o estágio atual de desenvolvimento desta plataforma química, as estratégias empresariais e as previsões divulgadas pelas empresas produtoras de avanço, seja tecnológico ou comercial, no sentido de conferir uma maior maturidade a esse processo. Estas informações serão aqui consolidadas em um resumo comparativo que permitirá identificar ou retomar, de forma conclusiva, alguns fatores importantes a esse estudo.

A análise do quadro desenvolvido para estudo de plataformas químicas será retomada visando identificar os mecanismos utilizados pelas empresas para acelerar a adoção do mercado aos seus produtos, os movimentos no sentido da consolidação de fatores indispensáveis à estruturação da plataforma química bem como desafios a serem enfrentados para a concretização das previsões divulgadas pelas empresas. Serão considerados, ainda, nesta seção a adesão das empresas aos caminhos estratégicos analisados na seção II.5, *coring* e/ou *tipping*, (subseção V.2.1) e os riscos inerentes ao processo no estágio de maturidade em que se encontra (subseção V.2.2).

Primeiramente, retornando às variáveis analisadas nesse estudo para comparação entre o posicionamento das empresas no ecossistema de inovação em que convivem (*background*, design tecnológico, escopo interno, estratégias de valor e relacionamentos externos) pode-se fazer algumas observações gerais que, traduzidas em implicações, analisam o quão próximo de se tornar uma plataforma química está o bio-ácido succínico em estruturação.

- i. *Background*: Observou-se uma grande diversidade de perfis com competências complementares entre si que compõem um ecossistema rico e dinâmico. A dependência a competências de terceiros cria uma certa fragilidade ao modelos de negócio das empresas focais no que estão vulneráveis a esforços em inovação externos e, portanto, convivem com incertezas tecnológicas e comportamentais.
- ii. *Design tecnológico*: Observou-se uma variedade de opções tecnológicas que, convivendo juntas, sugerem a fluidez do estágio em que se encontra esse processo de inovação estando sujeito à entrada e saída de *players*. Apesar do alcance da produção comercial, todas as empresas vêm investindo no

- aprimoramento da sua plataforma tecnológica seja via flexibilização de matéria-prima, otimização de microrganismos e/ou processos *downstream* permitindo a identificação de vantagens comparativas.
- iii. Escopo interno: Observou-se que duas empresas, BioAmber e Myriant, estão investindo na expansão da cadeia do bioproduto por estratégias de integração vertical e representam um avanço no sentido da adoção do intermediário pelo mercado. Todas as quatro empresas vêm demonstrando interesse no alcance de uma grande variedade de mercados a partir dos seus modelos de comercialização e partem da divulgação de projeção de expansão da capacidade instalada como forma de acelerar a conquista do interesse do mercado e de complementadores ao demonstrar condições de produzir em grande volume. A ambição das quatro empresas quanto aos mercados a serem atingidos sugere, porém, grandes desafios a serem enfrentados no sentido da criação de sólidas competências na compreensão das utilizações finais.
 - iv. Estratégia de valor: Observou-se que, com exceção da Succinity, todas as empresas contam atualmente com a colaboração de agentes da cadeia de valor dos seus produtos via parcerias formais no que se pode afirmar que vêm caminhando para a estruturação de uma plataforma industrial. O caso da Succinity pode ser compreendido como uma empresa embrionária ainda em fase de experimentação do seu modelo de negócios. Todas as empresas apresentam meios para aproximação a potenciais investidores e colaboradores. Como forma de se proteger das forças competitivas e assegurar a captura de valor, todas as quatro empresas contam com mecanismos de proteção tecnológica via patenteamento/ licenciamento exclusivo e, ainda, no caso da Reverdia, com uma segunda fonte de receitas via *out-licensing*. Essas estratégias criam bases para o desenvolvimento da plataforma sem prejuízo às empresas focais.
 - v. Relacionamentos externos: Observou-se, com exceção da Succinity, a adoção de um grande volume de parcerias com agentes dos mais variados setores e competências que, através do compartilhamento de conhecimentos e tecnologias, permitem impulsionar o desenvolvimento de novas aplicações ao bioproduto na sua adoção pelo mercado. A possibilidade de encadeamento entre elos da cadeia a jusante pôde ser verificada via um exemplo real para o caso da BioAmber.

Porém, para nenhuma das empresas verificou-se a estruturação da cadeia até um uso final disponibilizado a uma indústria cliente. O interesse das empresas no relacionamento com *end users* como forma de impulsionar a demanda (*market pull*) foi identificado, mas não foi possível verificar a adoção de parceria formal. Quanto às relações competitivas, horizontais e verticais, observou-se, dentro do possível, o esforço das empresas em manter sua posição neste dinâmico mercado.

Estas observações levam a crer que as quatro empresas produtoras de bio-ácido succínico vêm se empenhando, tanto na dimensão tecnológica quanto estratégica, no desenvolvimento desta nova plataforma química, mesmo que em diferentes graus, mas ainda dependem de esforços maiores no sentido do alcance da grande variedade de mercados potenciais deste intermediário e da completa estruturação do ecossistema de inovação.

Como forma a complementar esta análise geral, sugere-se a identificação mais específica de esforços das empresas no sentido da concretização dos fatores indispensáveis à estruturação de uma plataforma química definidos por Walter (2014): aproveitamento de economias de escala, alcance de excelência operacional, criação de demanda, ganho de competitividade e estruturação de um *network* de produção. A tabela V-17 visa apontar se as empresas vêm definindo estratégias no sentido de cada um desses passos.

Quanto à escala, visando o aproveitamento de economias de escala, são consideradas as projeções de aumento de capacidade instalada divulgada pelas empresas. Quanto à excelência operacional, é considerado o sucesso no alcance da operação de plantas comerciais. Quanto à competitividade, é considerada a existência de vantagens comparativas aos produtos das empresas e o esforço para ampliá-las frente aos concorrentes petroquímicos e também entre cada uma das produtoras. Quanto à demanda, são considerados os esforços no sentido da validação de performance dos seus produtos e/ou da criação de mecanismos de atração do mercado (*market pull* e *market push*). Quanto ao *network* produtivo, é considerada a identificação de relacionamentos colaborativos com agentes da cadeia no sentido de criação de um ecossistema de inovação de forma a permitir o encadeamento dos elos, o desenvolvimento de aplicações e acelerar o endereçamento do produto aos mercados alvo.

Tabela V-16 Posicionamento quanto aos fatores indispensáveis a uma plataforma química

	BioAmber	Myriant	Succinity	Reverdia
Escala	●	●	●	●
Excelência operacional	●	●	●	●
Competitividade	●	●	●	●
Demanda	●	●	●	●
Network produtivo	●	●	●	●

● Passo concluído
 ● Passo não concluído
 ● Esforço identificado
 ● Esforço não identificado

Fonte: Elaboração própria

Os pontos a seguir retomam alguns aspectos levantados na análise das empresas realizada na seção anterior para entendimento da tabela.

- i. Escala: Todas as quatro empresas divulgaram previsões de aumento da capacidade instalada nos próximos anos de forma que é possível identificar o seu esforço no sentido do aproveitamento de economias de escala;
- ii. Excelência operacional: A BioAmber é a única empresa a não ter comprovado a sua excelência operacional em planta comercial, mas deve fazê-lo ainda este ano quando da partida da sua primeira planta comercial em Sarnia, conforme previsão da empresa;
- iii. Competitividade: Todas as empresas vêm buscando comprovar as vantagens em custo e conteúdo renovável dos seus processos e produtos em comparação ao equivalente petroquímico e vêm ainda se esforçando na otimização das suas plataformas tecnológicas como forma de ganhar vantagens comparativas frente às outras produtoras do bioproduto e de derivados da cadeia;
- iv. Demanda: Todas as empresas já iniciaram a comercialização dos seus produtos e vêm se esforçando, por estratégias de divulgação aberta do produto e de validação de performance, na criação de relações de confiança e no aumento da atratividade do mercado gerando mecanismos de *market pull* e *market push*. No caso da Myriant e BioAmber, ainda, as empresas vem investindo no

desenvolvimento de derivados internamente como forma de assumir etapas da cadeia e facilitar a adoção do mercado;

- v. *Network* produtivo: Com exceção da Succinity, todas as empresas já firmaram parcerias com agentes externos da cadeia em vista ao desenvolvimento comercial do produto e alcance de presença global. Essa dinâmica de parcerias vem constantemente se alterando com a adoção de novos acordos e suspensão de outros de forma que a construção de uma rede estabelecida e madura ainda está sob esforço das empresas. No caso da Succinity, apesar da empresa divulgar que reconhece a importância dessas parcerias ao longo da cadeia de valor, não foi encontrado nenhum caso de aliança formal. A empresa vem se envolvendo com diversos clientes potenciais engajados em vários campos de aplicação diferentes que permitem o desenvolvimento comercial do seu bioproduto e podem evoluir para acordos formais.

De forma geral, essa análise permite perceber que as empresas vêm adotando estratégias no sentido de cada um desses fatores indispensáveis. Um olhar mais atento a essas informações permite perceber ainda que as empresas vêm apostando em basicamente três mecanismos para acelerar a adoção do mercado: criação de relações de confiança, estabelecimento de presença global e de mecanismos de *market push* e *market pull*.

É importante lembrar, porém, que, sendo o desenvolvimento de uma nova plataforma química um processo de inovação em que pequenos avanços acompanham pequenos retrocessos e em que há uma intensa interdependência entre os fatores evolutivos internos e externos às empresas, a identificação dos esforços das empresas não pode ser visto como indicativo de sucesso no avanço deste processo. A dinâmica de inovação e competição no entorno desse ecossistema é extremamente complexa e são diversos os riscos que se impõem a esse processo que podem retardar ou impossibilitar a concretização de previsões realizadas com base no empenho das empresas. Estes riscos serão analisados na subseção V.2.2.

V.2.1. Adesão a caminhos estratégicos: *coring* e/ou *tipping*

Retornando ao que foi apresentado na subseção II.5 sobre as possíveis estratégias definidas por Gawer e Cusumano (2014) a serem seguidas por empresas com a intenção de serem líderes de plataformas e vencerem os mecanismos de competição, “*coring*” e “*tipping*”, pode-se agora refletir sobre a aderência das estratégias das empresas produtoras de bio-ácido succínico a um ou outro mecanismo ou a um conjunto dos dois. A opção estratégica “*coring*” se baseia na criação de uma nova plataforma, no caso um composto químico, que seja essencial a um sistema tecnológico e a um mercado ainda não atingidos por nenhuma plataforma. A opção estratégica “*tipping*” se baseia na articulação de um mercado extremamente competitivo já dominado por uma plataforma para atração ao seu produto de forma a permitir a entrada neste mercado.

No caso do bio-ácido succínico, por ser um produto equivalente em termos de estrutura química ao produto petroquímico, mas possuir vantagens econômicas e ambientais que abrem novas oportunidades de exploração da cadeia de derivados do produto, pode-se perceber que as estratégias das empresas são na verdade um conjunto de “*coring*” e “*tipping*” a depender do mercado alvo do produto plataforma. Em vista a essa característica do bioproduto, como pôde-se observar, os modelos de comercialização adotados pelas empresas são diversos. Estas buscam atingir mercados já existentes em que o bioproduto é um substituto *drop in* ao petroquímico equivalente ou em que derivados deste bioproduto são substitutos *drop in* a intermediários petroquímicos equivalentes ou novos mercados em que o bioproduto é um substituto não *drop in* a produtos petroquímicos convencionais.

Para o escoamento do produto nos mercados já existentes em que esse (ou seus derivados) entra como substituto *drop in* a produtos petroquímicos, as empresas seguem a estratégia de “*tipping*”. Por meio dessa estratégia, as empresas buscam derrotar esses produtos estruturalmente equivalentes. Para isso contam com a divulgação das vantagens do produto de base renovável e com uma rede de distribuição que permita alcançar esses mercados já estabelecidos. Nesses casos, a experiência e maturidade da empresa e o seu *know-how* do mercado e acesso a ele são fatores diferenciais que conferem a ela vantagens nessa disputa, como é o caso da Succinity e Reverdia. Empresas *start-ups* como a BioAmber e Myriant apostam, para entrada nesses mercados

de forma competitiva, em parcerias estratégicas que lhe garantam expertise para atuar nesses mercados e apoio financeiro para aumentar seu poder de barganha nesse cenário.

Já para escoamento do produto em novos mercados como substituto não *drop in* a petroquímicos convencionais, este se comporta como uma nova plataforma, uma nova solução aos problemas deste mercado de forma que a sua entrada depende de transformações em processos estabelecidos e afeta toda a dinâmica do setor. Desta forma, para o alcance desses mercados as empresas adotam a estratégia de “coring” pela qual tentam alterar a forma de funcionamento atual de um sistema tecnológico e posicionar o seu produto como central. O grande desafio a essa estratégia é conquistar o desenvolvimento desses novos mercados que carece de transformadores, de inovação nos processos tecnológicos e de garantia de performance do produto de uso final. As empresas, nesse sentido, vêm investindo em testes de qualidade junto a consumidores, e no relacionamento com o *end user* e buscando estabelecer uma rede de parcerias que colabore no desenvolvimento tecnológico necessário à criação dessas novas aplicações ao produto.

V.2.2. Fatores de risco

A condição financeira, resultados operacionais e atratividade das empresas participantes desse ecossistema de inovação são extremamente dependentes de diversos fatores. Essa subseção pretende apontar os riscos que se apresentam a cada uma dessas empresas e que podem retardar ou impossibilitar a continuidade do processo de desenvolvimento deste novo produto potencialmente plataforma.

- i. A matéria-prima oriunda de fontes de 1ª ou 2ª geração está sujeita a flutuações de preço que depende de fatores imprevisíveis como condições climáticas e programas governamentais e políticas;
- ii. As empresas podem não conseguir levantar mais financiamentos para os seus negócios, importantes para o contínuo desenvolvimento do produto e ganho de competitividade;
- iii. As empresas possuem um histórico de operação limitado que não garante a elas a obtenção de lucros em um futuro próximo; são dependentes da expansão da capacidade produtiva prometida;

- iv. A dependência de consumidores ou de parceiros formais cria um ambiente de extrema vulnerabilidade em que o fracasso na condução desses relacionamentos pode incapacitar o desenvolvimento comercial dos seus produtos;
- v. O sucesso na produção e comercialização do intermediário bio-ácido succínico pode não significar o desenvolvimento de derivados competitivos no mercado;
- vi. O esforço em inovação neste ecossistema pode desdobrar no desenvolvimento de tecnologias capazes de competir com as tecnologias desenvolvidas por cada uma das quatro empresas de forma a reduzir a demanda pelos seus produtos;
- vii. As empresas vêm investindo no aprimoramento de suas plataformas tecnológicas e de processos de conversão e já contam com as vantagens comparativas dessas inovações, mas podem não ser capazes de introduzi-las de forma integrada no processo produtivo em escala comercial;
- viii. A expansão da presença das empresas a nível global através da operação em plantas espalhadas pelo mundo pode não se concretizar por desafios relacionados a diferentes políticas, impostos, regulamentos e a dificuldade de obtenção de subsídios;
- ix. As patentes das empresas podem não proteger as suas tecnologias em todas as regiões do mundo e o seu período limitado de aplicação, assim como dos contratos de *in-licensing* exclusivo, podem não proporcionar vantagem comercial e prevenir evasão;
- x. As empresas podem não ser capazes de lidar com seus segredos comerciais e não garantir apropriação de valor sob suas tecnologias não protegidas;
- xi. Outras plataformas podem surgir e competir com o bio-AS.

Desta forma, apesar do esforço do presente trabalho em identificar o posicionamento das empresas quanto ao desenvolvimento desta nova plataforma química não é possível antecipar a sua concretização no mercado e prever possíveis alterações na indústria, pois estes fatores de risco podem alterar essas previsões e retardar esse processo.

Capítulo VI – Conclusão

Inserido no contexto de estruturação da bioeconomia e com enfoque em inovação, o presente trabalho objetivou estudar o processo de desenvolvimento de novas plataformas químicas sob o âmbito tecnológico e estratégico e aplicar a fundamentação teórica construída ao estudo particular do caso do bio-ácido succínico. O interesse no estudo do bio-ácido succínico surgiu de diversos fatores, principalmente, da emergência e valorização do desenvolvimento de produtos com elevado conteúdo renovável e da oportunidade que é criada para exploração da cadeia deste composto químico de extensa aplicabilidade potencial antes não atrativa frente ao alto custo da rota petroquímica.

A caracterização desenvolvida para o termo plataforma química baseou-se em uma revisão teórica da literatura em plataformas tecnológicas e permitiu não só criar uma definição para o termo como estudar como se dá o seu processo de estruturação no mercado. A identificação deste processo como um processo de inovação, ou melhor, de múltiplas inovações totalmente interdependentes permitiu compreender os fatores indispensáveis ao desenvolvimento comercial de uma plataforma química, os desafios inerentes a esse processo e, por fim, as opções estratégicas e mecanismos a serem adotados pelas empresas produtoras para a conquista do sucesso comercial dos seus produtos e alcance dos mercados. Essas análises convergiram na construção de um quadro analítico para o estudo de plataformas químicas. Este quadro propõe cinco variáveis de análise para estudo dos aspectos tecnológicos e de modelo de negócios adotados pelas empresas, lembrando: *background*, design tecnológico, escopo interno, estratégia de valor e relacionamentos externos.

O conceito desenvolvido para plataforma química foi aplicado ao caso do bio-ácido succínico de forma a caracterizá-lo como potencial plataforma e compreender os desafios inerentes ao seu processo de desenvolvimento comercial. Em seguida, as variáveis de análise para o estudo de plataformas químicas em desenvolvimento foram também aplicadas ao estudo específico do bio-ácido succínico para compreensão do posicionamento de cada uma das quatro empresas produtoras no ecossistema de inovação em que convivem.

A análise individual de cada variável permitiu identificar o dinamismo e complexidade desse ecossistema de inovação no que compreende a diversidade de

alternativas tecnológicas e de modelos de negócio coexistentes, a amplitude e variedade de agentes externos envolvidos e os esforços estratégicos necessários para a substituição do bioproduto a produtos petroquímicos em novas aplicações e para a atração do mercado. Quanto aos mecanismos para acelerar a adoção do mercado, pôde-se perceber que as quatro empresas utilizam-se basicamente de: criação de relações de confiança, estabelecimento de presença global e mecanismos de *market push* e *market pull*.

Em geral, pôde-se observar um grande esforço das empresas produtoras no sentido do contínuo aprimoramento dos seus processos produtivos, do desenvolvimento de novas aplicações, na maioria das vezes com colaboração externa, e da garantia de demanda em volumes tamanhos que possibilitem a aplicação de economias de escala como forma de gerar maior atração a outros consumidores e complementadores. A identificação deste esforço permite dizer que o posicionamento atual das empresas nesse ecossistema de inovação é favorável à concretização comercial deste bioproduto como plataforma química no mercado.

É importante destacar, entretanto, que essa constatação, apesar de bem fundamentada, pode não se concretizar ou ser retardada em função de forças externas atuantes nesse ecossistema e da caracterização da estruturação de uma nova cadeia de valor como um processo de inovação. Estas questões se traduzem em fatores de risco que podem vir a interferir diretamente na condição financeira, resultados operacionais e atratividade das empresas imersas em um contexto de inovação e competição extremamente dinâmico, desordenado e incerto.

Além desses fatores de risco, o diagnóstico da fase de desenvolvimento comercial em que se encontram os atuais *players* desse mercado de bio-ácido succínico permite arriscar dizer que o setor permanece atrativo a novos entrantes e vulnerável à saída de atuais participantes, sendo este dinamismo extremamente impactante ao andamento deste processo. O fato de as empresas produtoras serem recentes, de ainda não terem alcançado maturidade tecnológica e mesmo em seus modelos de negócio e da estruturação da cadeia do bioproduto ainda não ter sido concluída torna evidente que este setor ainda se encontra em uma fase fluida. Neste estágio da indústria, diversos processos são experimentados e otimizados sem uma tecnologia capacitadora definida, ou seja, a volatilidade é muito grande, a entrada e saída de empresas é fácil e constante. Desta forma, pode-se dizer que, apesar das patentes identificadas, as barreiras de

entrada e saída a essa indústria são pequenas em função da flexibilidade de processos e modelos adotados e conferem a este setor um elevado dinamismo em que a entrada de novas *start-ups* com tecnologias e estratégias inovadoras e a saída de importantes *players* com elevado potencial comercial podem vir a alterar o cenário atual e invalidar diversas conclusões e previsões realizadas.

Por fim, pode-se identificar as principais contribuições do presente estudo. A definição de fatores que caracterizam uma plataforma química, a criação de um quadro analítico para o estudo de diferentes plataformas e a compreensão do seu processo de estruturação permitem a criação de uma base teórica para o estudo dessa nova classe de produtos antes inexistente na literatura. Essa teoria permitiu endereçar questões inerentes a esse processo e que criam um contexto diferenciado e repleto de desafios como: a necessidade de desenvolvimento de novas aplicações; as diversas e complexas possibilidades de encadeamento e integração entre os diferentes elos da cadeia produtiva; o árduo processo de adoção do mercado e adaptação da indústria a esses novos produtos e a vulnerabilidade da atuação em um ecossistema de inovação dinâmico e competitivo.

As limitações do presente trabalho ao estudo do caso do bio-ácido succínico tangem principalmente a dificuldade de total compreensão de mecanismos de mercado frente à sua complexidade e, muitas vezes, ao difícil acesso a informações importantes sobre os modelos de negócio das empresas. Pode-se dizer, ainda, que as fontes de busca utilizadas neste trabalho para o estudo do bio-ácido succínico – basicamente blogs especializados, sites de empresas, *press releases* e outros documentos de divulgação – oferecem informações secundárias que devem ser analisadas cuidadosamente de forma a segregar os dados reais e relevantes dos dados com fins propagandísticos. A obtenção de informações primárias por meio, por exemplo, de entrevistas diretas com representantes das empresas seria necessário para aumentar a clareza e confiabilidade das informações e permitir um maior aprofundamento das análises.

Em função destas limitações e mesmo de dimensões não incluídas no escopo deste trabalho, sugere-se como próximos estudos em continuidade a este:

- i. O estudo mais aprofundado do encadeamento entre parcerias para a condução do bio-ácido succínico a um produto de uso final e o mapeamento dos efeitos de rede entre todos os atores envolvidos nesse ecossistema em estruturação;

- ii. O estudo do desenvolvimento do bio-ácido succínico sob o âmbito das matérias-primas e tecnologias de conversão da biomassa como forma de compreender a estruturação *upstream*, ou seja, da oferta desse bioproduto, de maneira mais completa;
- iii. O estudo de aspectos sociotécnicos relacionados ao processo de adoção e difusão de uma plataforma no mercado que, em conjunto com o posicionamento estratégico das empresas produtoras, permitem uma análise mais aprofundada da estruturação de uma plataforma em um ecossistema de inovação.

Além disso, é importante destacar que, tratando-se de um estudo de caso, essa análise embute algumas particularidades que não podem ser generalizadas. Para uma total compreensão do processo de desenvolvimento de novas plataformas químicas em geral, torna-se necessário o estudo futuro comparativo de outros produtos e em outros contextos competitivos.

Referências Bibliográficas

ABERNATHY, W.J., UTTERBACK, J.M. Patterns of industrial innovation. *Technology Review*, vol. 80, n. 7, p. 40-47, Junho-Julho 1978.

ADNER, R.; KAPOOR, R. Value creation in innovation ecosystems: how the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. *Strategic Management Journal* 31 (3), p. 306–333, 2010.

ARAÚJO, M. A dinâmica de inovação em intermediários químicos a partir de biomassa: o caso do ácido succínico. Projeto de Final de Curso, Engenharia Química, Escola de Química, UFRJ. 2014.

BALDWIN, C.Y.; WOODARD, C. J. The architecture of platforms: a unified view. *Platforms, Markets and Innovation*. Edward Elgar Publishing. p. 19-44. 2009.

BASF. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <https://www.basf.com/br/pt.html>

BASTOS, V. Biopolímeros e polímeros de matérias-primas renováveis alternativos aos petroquímicos. *Revista do BNDES*, v. 14, n. 28, p. 201-234. 2007.

BEAUPREZ, J. J.; DE MEY, M.; SOETAERT, W. K. Microbial succinic acid production: Natural versus metabolic engineered. *Process Biochemistry*. 45, p. 1103–1114, 2010.

BENNETT, S. J. Using past transitions to inform scenarios for the future of renewable raw materials in the UK. 2012

BERNIER, R.L.; DUNUWILA, D.; COCKREM, M.; FRUCHEY, O.S.; KEEN, B.T.; ALBIN, B.A.; DOMBEK, B.D.; DCLINTON, N.A. Processes for purification of succinic acid via distillation or sublimation. WO 2013088239 A3. 2014.

BioAmber. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <http://www.bio-amber.com/>.

BioAmber. Form 10-K. Março, 2014. Disponível na internet em: <http://app.quotemedia.com/data/downloadFiling?webmasterId=101533&ref=9497557&type=HTML&symbol=BIOA&companyName=BioAmber&formType=10-K&dateFiled=2014-03-28>

BioAmber. Form 10-Q. Novembro, 2014. Disponível na internet em: <http://app.quotemedia.com/data/downloadFiling?webmasterId=101533&ref=9896362&type=HTML&symbol=BIOA&companyName=BioAmber&formType=10-Q&dateFiled=2014-11-12>

Bioenergy LLC. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <http://www.bioenergyllc.com/rd.htm>

Biofpr – Biofuels, Bioproducts & Biorefining. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <http://www.biofpr.com/view/0/index.html>

Biofuels Digest. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <http://www.biofuelsdigest.com/>

Biomass Magazine. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <http://biomassmagazine.com/>.

BOMTEMPO, J.V. Bioeconomia em construção I – Os fatores de competitividade na bioeconomia. 2014. Disponível na internet em: <https://infopetro.wordpress.com/2014/03/31/bioeconomia-em-construcao-i-os-fatores-de-competitividade-na-bioeconomia/#more-5197>. Último acesso em: fevereiro, 2015.

BOMTEMPO, J.V. Dinâmica tecnológica de inovação da indústria baseada em biomassa: dos biocombustíveis à bioeconomia. PETROBRAS Bioprodutos. 2014.

BOMTEMPO, J.V. Os dilemas dos produtos na bioeconomia. Disponível na internet em: http://www.brasilagro.com.br/index.php?noticias/visualizar_impressao/14/52645. Último acesso em: março, 2014.

BOMTEMPO, J.V. Panorama Economico da Quimica de Renováveis - AgenteTecnológica Setorial, 2013

BORGES, E. R. *Desenvolvimento de um Processo Biotecnológico para a Produção de Ácido Succínico por Actinobacillus Succinogenes*. Tese (Doutorado) – Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

BORGES, E. R. e JUNIOR, N. P. Succinic acid production from sugarcane bagasse hemicellulose. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, pp. 1001-1011, 2011.

BOZELL, J.; PETERSEN, R. Technology development for the production of biobased products from biorrefinery carbohydrates, the US Department of Energy's "Top 10" revisited. *Green Chemistry*, vol. 12, n. 4, p. 525-728, abril 2010.

BROEREN, M.; LUTERBACHER, C.; HEGGEMEIER, H. Platform chemicals create new value streams. *GLBRC - Great Lakes Bioenergy Research Center*. 2012. Disponível na internet em: <https://www.glbrc.org/sciencereport/platform-chemicals-create-new-value-streams/>

C&EM – Chemical & Engeneering News. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <http://cen.acs.org/index.html>

CBC. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <http://www.cbc.ca/news>

ChemEurope. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <http://www.chemeuropa.com/en/>

Chemical Industry Roundtables. [Online] [Último acesso em: setembro de 2013.] <http://chemicalroundtables.com/wordpress2/>

CHENG, K. K.; ZHAO, X. B.; ZENG, J.; ZHANG, J. A.. Biotechnological production of succinic acid: current state and perspectives. *Biofuels, Bioproducts & Biorefining*, p. 302-318, 2012.

CHRISTENSEN, C.H.; ; RASS-HANSEN, J.; MARSDEN, C.C.; TAAMING, E.; EGEBLAD, K. The Renewable Chemicals Industry. *ChemSusChem*, n.1, p.283-289, 2008.

Corbion. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <http://www.corbion.com/>

DaniMer. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <http://danimer.com/>

DSM. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <http://www.dsm.com/corporate/home.html>

European Commision. Innovating for a sustainable growth: a bioeconomy for Europe. 2012. Disponível na internet em:

FLEURY, A.; FLEURY, M.T. Estratégias e gestão de competências em diferentes arranjos empresariais. *Estratégias Empresariais e Formação de Competências*. Editora Atlas. 2004.

Fruchey *et al.*. Processes for producing succinic acid from fermentation broths containing diammonium succinate. US 8,246,792 B2. Estados Unidos, 2012

Fruchey *et al.*. Processes for the production of hydrogenated products. US 8,084,626 B1. Estados Unidos, 2011

GALEZOTT, P. Conversion of biomass to selected chemical products. *Chem Soc Rev*, n.41, p. 1538-1558, 2012.

GAWER, A. Bridging differing perspectives on technological platforms: Torward an integrative framework. *Research policy*. 2014.

GAWER, A. Platforms, markets and innovation: An introduction. *Platforms, Markets and Innovation*. Edward Elgar Publishing. p. 1-16, 2009.

GAWER, A. Towards a general theory of techonological platforms. Summer Conference 2010. Imperial College London Business School. 2010.

GAWER, A.; CUSUMANO, M. A. Industry platforms and ecosystem innovation. *Product Development & Management Association*. 31(3), p. 417-433, 2013.

GAWER, A.; CUSUMANO, M. How companies become platform leaders. *MIT Sloan Management Review*. 2008.

Green Chemicals Blog. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.]
<http://greenchemicalsblog.com/>

HARTMANN, M. We make the difference. *BioAmber. Corporate Overview 2014*. 2014

EUROPEAN COMMISSION. Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. 2012. Disponível na internet em:
http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/201202_innovating_sustainable_growth.pdf

ICIS Green Chemicals. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.]
<http://www.icis.com/blogs/green-chemicals/>

IHS Chemical Week. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.]
<http://www.chemweek.com/home/>

InnovativeIndustry.net. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.]
<http://www.innovativeindustry.net/>

JM Davy Technologies. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.]
<http://www.davyprotech.com/>

KLINE, S.J.; ROSENBERG, N. An overview of innovation. National Academy Press, p. 275–305. 1986.

KOCKELKOREN, J. Biosuccinium: accelerate bio-based market adoption. *Reverdia*.

KRIEKEN, V.; BREUGEL, V. Process for the preparation of a monovalent succinate salt. US 8,865,438. 2014

LEAL, M.L. Agenda Tecnológica Setorial, Química dos renováveis. 2014. Disponível na internet em: <http://www.abiquim.org.br/seminariotecnologia/Content/pdf/8-09/Maria%20Luisa%20Leal.pdf>

LIN, C.S.K.; LUQUE, R.; CLARK, J.H.; WEBB, C.; DU, C. Wheat-based biorefining

LUBBEN, M. The missing link for the bio-based economy: business model innovation. *Reverdia. EFIB 2014*. 2014.

MAKINEN, S. J.; SEPPANEN, M.; ORTT, J. R. Introduction to the special issue: platforms, contingencies and new product development. *Product Development & Management Association*. 31(3), p.412-416, 2013.

MEYNIAL-SALLES, I.; DOROTYN, S.; SOUCCAILLE, P. A New Process for the Continuous Production of Succinic Acid From Glucose at High Yield, Titer, and Productivity. *Biotechnology and Bioenergy*. 99, p.129–135, 2007

Myriant. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <http://www.myriant.com/index.cfm>.

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. The Bioeconomy to 2030 designing a policy agenda, OECD. 2009.

OROSKI, F.; BOMTEMPO, J. V.; ALVES, F. Bioplastics tipping point: drop in or non drop in? 2013. Disponível na internet em: <http://www.businesschemistry.org/article/?article=187>

OVERHOLM, H. Collectively created opportunities in emerging ecosystems: The case of solar service ventures. *Technovation*. 2014

Oxea. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <http://www.oxea-chemicals.com/>

PERVAIZ, M.; CORREA, C. A. Biorefinaria - Desenvolvimento de plataformas químicas através de tecnologias integradas de biomassa. *Polímeros*, vol.19, n.1, 2009.

PETTERSEN, B. Partnerships to integrate bio-based value chains. *BioAmber. EFIB 2014*. 2014.

Plastics News. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.]
<http://www.plasticsnews.com/>

Plastics Today [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.]
<http://www.plasticstoday.com/>

PRWeb. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.]
<http://www.prweb.com/recentnews/index.htm>

PTTGC- PTT Global Chemicals. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.]
<http://www.pttgcgroup.com/th>

Química Verde no Brasil 2010-2030. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), 2010.

Reverdia. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <http://www.reverdia.com/>.

Roquette Freres. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.]
<http://www.roquette.com/>

SALEH, A. Bio 2014. *Myriant*. 2014

SCHRODER, H.; HAEFNER, S.; ABENDROTH, G. V.; HOLLMANN, R.; RADDATZ, A.; ERNST, H. Patente n° *WO 2010/092155 A1*, 2010.

Science Direct. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.]
<http://www.sciencedirect.com/>

SILVA, M. F.; COSTA, L.; PEREIRA, F.; COSTA, M. A indústria de transformação de plásticos e seu desempenho recente. *BNDES Setorial* 38, p. 131-172, 2013.

Society of Chemical Industry and John Wiley & Sons, Ltd Biofuels, Bioproducts and Biorefining.(Biofpr). 5, p. 595–597, 2011. Disponível online em: <http://onlinelibrary.wiley.com/>

Speciality Chemicals. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <http://www.specchemonline.com/news>

SPITZ, P. Petrochemicals, the rise of an industry, Wiley, 1988.

strategy for fermentative production and chemical transformations of succinic acid. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 6, p. 88–104, 2012.

Succinity. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <http://www.succinity.com/>.

Synbiobet. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.] <http://synbiobeta.com/>

Tecnon OrbiChem. [Online] [Último acesso em: março de 2014.] <http://www.orbichem.com/>.

TECNON ORBICHEM. Chemical Business Focus. Bio-materials and Intermediates. Issue 000. Julho, 2013.

TECNON ORBICHEM. Chemical Business Focus. Bio-materials and Intermediates. Issue 001. Setembro, 2013.

TEECE, D. Business Models, Business Strategy and Innovation. Long Range Planning ,43, p.172-194, 2010.

THE FROPTOP GROUP. UK Expertise for Exploitation of Biomass-Based Platform Chemicals. www.chemistryinnovation.co.uk/FROPTOP

Top products you should explore, as chosen by experts. *Environmental Leader Technology Reviews*. 2013.

USPTO. [Online] [Último acesso em: janeiro de 2015.]
<http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-bool.html>

UTTERBACK, J. M. Mastering the dynamics of innovation. Boston, MA: Harvard Business School Press. 1994.

WALTER, P. Business development for renewable chemicals: Opportunities, challenges & lessons learned for biobased succinic acid. *Succinity. World Congress on Industrial Biotechnology*. 2014.

WALTER, P. Is renewable succinic acid a commercial reality. *Succinity. World Congress on Industrial Biotechnology*. 2014.

WEASTRA, s.r.o. WP 8.1. Determination of market potential for selected platform chemicals. 2012.

ZEIKUS, J.G.; JAIN, M. K.; ELANKOVAN, P. Biotechnology of succinic acid production and markets for derived industrial products. *Appl Microbiol Biotechnol*. 51, p. 545-552, 1999.

ANEXO I

Projetos em bio-ácido succínico em andamento no mundo (2013)

Empresa	País (sede)	Perfil da empresa	Matéria-prima	Aplicação	Rota	Investimento
BioAmber	EUA	Fundação: 2008. Foco: química renovável Atuação: França, Canadá, Tailândia e Brasil ou EUA.	- glicose (trigo) ou de amido (milho) sacarose (cana-de-açúcar) - CO ₂ - levedura (Cargill)	- poliuretanos - plastificantes - produtos para cuidados pessoais - descongelamento de soluções - resinas e revestimentos - aditivos alimentares - lubrificantes	Tecnologia fermentativa própria (levedura). Downstream: hidrogenação catalítica em fase líquida (DuPont) para transformação a BDO e THF.	\$ 12 milhões(2010); \$45 milhões (2011); \$30 milhões(2012): Naxos Capital, Sofinnova Partners, Ltd. Mitsui & Co., Clifton Group e LANXESS. \$ 30 milhões (2014): Agriculture and Agri-food Canada e outras organizações governamentais.
Myriant Technologies LLC	EUA	Fundação: 2004. Foco: bioprodutos Atuação: Eua, Alemanha e China	- sacarose (cana-de-açúcar) ou açúcar celulósico (sorgo) - CO ₂ - <i>E.coli</i> GM No futuro: açúcar de baixo custo (95 Dextrose)	- biopolímeros - revestimentos - poliuretanos - plastificantes (marca Myriflex) - solventes - pigmentos	Tecnologia fermentativa própria (<i>E. coli</i> GM) Purificação: resinas de troca iônica	\$25 milhões: USDA's B&I. \$50 milhões: DOE. \$80 milhões: Myriant Lake Providence Inc. \$10 milhões: Lake Providence Port Commission e Louisiana Department of Transportation. \$60milhões: PTT Chemical Group.

Succinity GmbH (BASF/Purac)	Alemanha	Fundação: 2013. Foco: bio-ácido succínico. Atuação: Espanha	- glicerol e açúcares (glicose) - CO ₂ - <i>Basfia succiniciproducen</i>	- bioplásticos (polímeros biodegradáveis como PBS e PBSA) - solventes - revestimentos - poliuretanos - plastificantes	Tecnologia fermentativa própria. Purificação livre de gipsita: processamento eficiente, sem muitas correntes de rejeito, processo fechado.	n/d
Reverdia Vof (DSM/Roquette)	Holanda	Fundação: 2010. Foco: projeto Biosuccinium™. Atuação: Itália e França.	- derivados de amido(milho não GM) - CO ₂ - levedura. No futuro: biomassa celulósica	- plastificantes - poliuretanos - produtos de cuidado pessoal - resinas - revestimentos - biopolímeros. Alta pureza e qualidade: produtos finos de maior exigência quanto à cor e outros critérios	Tecnologia fermentativa própria (leveduras de baixo pH)	n/d

Empresa	Estágio dos projetos				Parcerias		
	Localização da planta	Produtos	Capacidade produtiva	Início de operação	Empresa (ano)	Tipo	Finalidade
BioAmber (DNP Green Technology/ARD)	Pomacle, França *ARD	bio-ácido succínico	3 mil t/ano	2010 (demo)	Vinmar International Ltd. (2014)	Contrato de fornecimento	Comercialização
					Mitsui & Co. (2010)	Joint venture e contrato de distribuição	Comercialização, construção e operação de plantas e distribuição exclusiva na Ásia.
					Faurecia (2012)	Contrato de fornecimento	Inovação (processo) e comercialização: Desenvolvimento de novos bioplásticos para indústria automotiva.

					Sinoven Biopolymer Inc. (2009)	Contrato de fornecimento	Comercialização: Produção de PBS modificado
Sarnia, Ontario, Canadá *Mitsui	bio-ácido succínico	30 mil t/ano, expansível a 50 mil t/ano	2014/2016	DuPont Applied BioSciences (2010)	Licenciamento de tecnologia	Inovação: Produção de BDO, THF e GBL.	
				Cargill (2011)	Licenciamento de tecnologia	Inovação: Desenvolvimento de novas cepas de levedura	
	bio-BDO	23 mil t/ano	2014	Mitsubishi Chemical Corporation / PTT MCC Biochem (2011)	Contrato de fornecimento	Comercialização: Produção de PBS Inovação: Otimização do processo de bio-AS	
Rayong, Tailândia *Mitsui	bio-ácido succínico	65 mil t/ano	2015	Lanxess (2011)	Cooperação tecnológica	Comercialização: Desenvolvimento de plastificantes (Uniplex LXS TP®)	
				NatureWorks LLC. (2012)	Joint venture (AmberWorks)	Comercialização: Desenvolvimento de novos biopolímeros (misturas de PLA com PBS, novo grau de resina Ingeo®)	
	bio-BDO	50 mil t/ano	2015	Evonik Industries' Catalysts Business Line (2012)	Cooperação tecnológica de longo prazo	Inovação: Produção e desenvolvimento de catalisadores para scale-up de tecnologia de produção de BDO, THF e GBL.	
EUA ou Brasil *Mitsui	bio-ácido succínico	65 mil t/ano	n/d	Inolex (2012)	Contrato de fornecimento	Comercialização: Produção de produtos de cuidado pessoal como emolientes	

		bio-BDO	50 mil t/ano	n/d	Tereos Syral S.A.	Carta de intenções não-vinculativa	Comercialização: Fornecimento de matéria-prima e utilidades para as futuras plantas na Europa e Brasil
Myriant Technologies LLC	Lake Providence, Louisiana, EUA	bio-ácido succínico	14 mil t/ano, expansível a 77 mil t/ano	2013	ThyssenKrupp Uhde (2009)	Acordo de aliança exclusivo	Comercialização: Construção e operação de plantas
					PTT Chemical Group	Joint venture	Comercialização: Exploração da tecnologia da Myriant no sudeste asiático.
					Davy Process Technology (2011)	Memorando de entendimento	Inovação: Produção de BDO, THF e GBL.
	Leuna, Alemanha *ThyssenKrupp	bio-ácido succínico	1,360 mil t/ano, expansível a 5 mil t/ano	2013 (demo)	China National BlueStar Group (2011)	Memorando de entendimento	Comercialização: Construção de planta e fornecimento exclusivo de 85 mil t/ano para produção de BDO
					Sojitz Corporation (2011)	Contrato de distribuição	Comercialização: Distribuição do produto no Japão, China, Coreia do Sul e Taiwan
					Showa Denko (2010)	Contrato de fornecimento	Comercialização: Produção de PBS
					Piedmont Chemical Industries (2011)	Contrato de fornecimento por 5 anos	Comercialização: Produção de poliál de poliéster verde
	Nanjing, China *BlueStar	bio-ácido succínico	100 mil t/ano	n/d	Wilson Industrial Sales Company (2011)	Contrato de fornecimento	Comercialização: Produção de fertilizantes com co-produto sulfato de amônio líquido
					Basf (2010)	Contrato de fornecimento	Comercialização: Produção de derivados

					Johann Haltetmann Ltd. (2010)	Contrato de fornecimento	Comercialização: Produção de derivados
					Bayegan (2013)	Contrato de distribuição	Comercialização: Distribuição do produto no Oriente Médio, Europa Oriental e Africa
Succinity GmbH (BASF/Purac)	Barcelona, Espanha	bio-ácido succínico	10 mil t/ano, expansível a 25 mil t/ano	março de 2014	n/d		
	n/d	bio-ácido succínico	50 mil t/ano	n/d			
Reverdia Vof (DSM/Roquette)	Cassano Spinola, Itália	bio-ácido succínico	10 mil t/ano	2012	Proviron	Contrato de fornecimento	Comercialização: produção e comercialização de dimetil-succinato (Provichem 2511 Eco®), intermediário para BDO, e outros derivados.
	Lestrem, França	bio-ácido succínico	500 t/ano	2010 (demo)	Helm	Contrato de distribuição	Comercialização: Distribuição e desenvolvimento do mercado de bio-ácido succínico
	n/d	bio-ácido succínico	n/d	2015			

ANEXO II

Dinâmica de parcerias - Informações complementares à subseção V.1.5

▪ **BioAmber**

Segue um resumo das parcerias tecnológicas firmadas pela BioAmber. Além dessas empresas, a BioAmber mantém relações contratuais com diversas universidades, laboratórios e centros de pesquisa também para licenciamento tecnológico.

Cargill

Desde 2010, a BioAmber mantém um acordo de licenciamento comercial e outro de desenvolvimento tecnológico de 4 anos com a Cargill licenciando de forma exclusiva a levedura proprietária desta empresa e desenvolvendo-a, em conjunto, para a sua utilização no processo fermentativo de produção comercial de bio-ácido succínico. Em outubro de 2013, esse desenvolvimento foi concluído finalizando o escalonamento do microrganismo alcançando as expectativas de performance da cepa de leveduras otimizada. A BioAmber pretende manter a aliança à Cargill para desenvolvimento futuro de opções alternativas de matéria-prima como fontes lignocelulósicas não alimentares (BIOAMBER, 2014).

DuPont e Evonik

Desde 2010, a empresa mantém um acordo de licenciamento de tecnologia também com a DuPont que concede licenças para desenvolvimento e comercialização de uma tecnologia catalítica para conversão de bio-ácido succínico em bio-BDO e bio-THF. A partir dessa aliança, a DuPont tem a opção de garantir uma parte dos derivados produzidos por acordo do tipo *off-take*. Para o desenvolvimento desse processo de conversão, a BioAmber conta com a participação da Evonik na otimização e escalonamento dos catalisadores em uma cooperação tecnológica de longo prazo projetando inclusive para o futuro o desenvolvimento de uma nova geração de catalisadores.

Celexion

Quanto à parceria com a Celexion estabelecida em 2010 esta consiste em um acordo exclusivo de licenciamento de tecnologia pelo qual a BioAmber tem acesso à propriedade tecnológica de caminho metabólico para desenvolvimento, produção e comercialização de derivados C6 como ácido adípico, HMDA e hexanodiol de forma que permite a expansão horizontal do portfólio da empresa.

Quanto às parcerias comerciais, a empresa busca firmar acordos como forma de reduzir os riscos tanto de fornecimento quanto de distribuição, garantindo a oferta de matéria-prima e a comercialização do produto final através de acesso ao mercado. Os principais parceiros comerciais da BioAmber são: Lanxess, PTT MCC Biochem e Vinmar International Ltd (BIOAMBER, 2015).

Outro tipo de colaboração cujo caráter está relacionado à comercialização do bioproduto, porém sem vínculo contratual, se dá através do fornecimento de amostras dos seus produtos internos para consumidores estratégicos que convencionalmente utilizam-se dos produtos petroquímicos para teste de performance e otimização de novas aplicações e derivados com o objetivo de garantir que estes atendam às devidas especificações em cada uma de suas aplicações potenciais. Estrategicamente, o foco da BioAmber é em identificar consumidores que valorizem o conteúdo renovável em suas matérias-primas de forma que, validando a performance do produto, passem a ter interesse em firmar acordos comerciais de fornecimento de longo prazo. Seguem algumas validações já conquistadas:

- i. No caso do bio-BDO, por exemplo, em 2013 a BioAmber validou a alta qualidade do produto junto a 20 empresas consumidoras do BDO fóssil, incluindo a sua aplicação em bio-spandex;
- ii. No último trimestre de 2013, a empresa validou também o uso do Bio-SA™ em couros artificiais, espumas feitas de PET reciclado e dispersões de poliuretanos (BIOAMBER, 2015);
- iii. Alguns dos maiores produtores na Europa Ocidental e América do Norte validaram o uso do bio-AS como substituto ao ácido adípico na produção de polióis de poliéster (BIOAMBER, 2014);

- iv. Os ésteres derivados de bio-AS já foram testados para seu uso em lubrificantes e performaram bem com fluidez em baixas temperaturas otimizada e melhor prevenção à oxidação e corrosão (BIOAMBER, 2014).

Além dessas estratégias comerciais para qualificação dos seus produtos junto a clientes chave, a empresa também possui acordos comerciais não vinculativos do tipo memorando de entendimento (MOU) para o fornecimento de bio-ácido succínico em um total de 144 mil t que deseja transformar em acordos definitivos após a construção da planta de Sarnia (BIOAMBER, 2014).

Segue um resumo das parcerias comerciais firmadas pela BioAmber.

Lanxess e Solvin

Desde 2012, em acordo de desenvolvimento conjunto com a Lanxess, a BioAmber vem investindo na produção e comercialização de plastificantes sem ftalato sob a marca Uniplex LXS TP®. Antes de iniciar as vendas desses plastificantes, estes foram testados pela Solvin, uma divisão da Solvay uma das produtoras líderes de PVC do mundo, e sua qualidade foi verificada com performance inclusive superior aos plastificantes convencionais.

Vinmar

Em 2014, aBioAmber fechou um acordo com a Vinmar, uma distribuidora líder de produtos químicos, do tipo *take-or-pay* de duração de 15 anos para três plantas ainda em construção. Assim que a operação tiver sido iniciada em todas as três plantas, a Vinmar estará comprometida com a compra de um volume anual total de 210 mil t de bio-ácido succínico, sendo 10 mil t/ano o mínimo a ser comprado da planta de Sarnia, Canadá durante esses 15 anos. Destes 210 mil t, 10 mil t serão provenientes da planta de Sarnia, 50 mil t da planta prevista para 2017 e 150 mil t da planta prevista para 2020. A Vinmar estará comprometida também com a compra, por 15 anos, de 100% do BDO produzidona planta a ser localizada na América do Norte com comissionamento previsto para 2017e capacidade de 100 mil t/ano e das 4 mil t/ano de BDO a serem produzidas em uma unidade de fabricação ainda neste ano.

Essa empresa vem também investindo nos projetos dessas novas plantas industriais de forma a permitir que a BioAmber se torne uma produtora de bio-BDO

com o financiamento necessário e baixo risco de construção e operação frente à garantia de demanda. A Vinmar planeja investir pelo menos 10% na unidade produtora de BDO e participar na busca de outras fontes de financiamento.

A Vinmar é reconhecida por sua expertise logística e experiência em grandes projetos químicos, possui presença global e cultiva relacionamentos com clientes de forma que garante a penetração nos mais variados mercados de bio-ácido succínico. Essa parceria permite à BioAmber expandir a sua capacidade produtiva, ganhar economias de escala e garantir venda de grande parte dos seus produtos.

PTT MCC Biochem

Da mesma forma como com a Vinmar, a BioAmber fechou um contrato de *take-or-pay* com duração de 3 anos também em 2014 com a PTT MCC Biochem, uma *joint venture* entre Mitsubishi Chemical Corporation e PTT Public Company Limited (PTT PCL) formada em 2011 para a produção e comercialização do plástico biodegradável PBS (Biofuels Digest, 2015). A partir do acordo firmado, a BioAmber se compromete a fornecer à PTT MCC Biochem bio-ácido succínico em um volume que cubra 80% da demanda desta empresa. A produção de PBS pela PTT MCC Biochem está programada para ocorrer em uma planta na Tailândia com uma capacidade para 20 mil t/ano cuja operação deve iniciar em 2015 de forma que deve consumir cerca de 14 mil t/ano do bio-ácido a plena capacidade. Esse acordo garante a venda de volume significativo do bioproduto produzido na planta de Sarnia durante os primeiros 3 anos de operação, afirma a posição da BioAmber como principal fornecedora para um comprador emergente chave e evidencia a qualidade e competitividade de preço do produto da BioAmber.

Esses acordos de *take-or-pay* firmados com a Vinmar e com a PTT MCC Biochem garantem a comercialização de 50% da capacidade produtiva da planta de Sarnia durante os 3 primeiros anos de operação e 33% durante os seguintes 12 anos. Além desses acordos, a BioAmber assinou 19 contratos de fornecimento e distribuição e 7 memorandos de entendimento de forma que o somatório dos volumes acordados excede a capacidade disponível para venda na planta de Sarnia. Esses acordos de fornecimento são exemplos de esforços para o desenvolvimento de mercado para novas aplicações. A empresa divulgou ter interesse, assim do início da operação em Sarnia, em assinar contratos de fornecimento adicionais como estes no sentido de aplicações como

couro artificial, plastificantes, poliuretanos, produtos de cuidado pessoais e espumas (BIOAMBER, 2014).

A figura 1 demonstra os acordos de fornecimento já firmados para a planta de Sarnia que, somados, garantem a venda da totalidade da capacidade nominal inicial prevista.

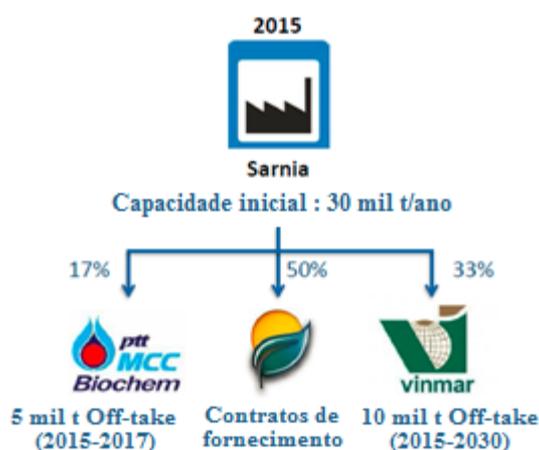


Figura 0-1 Parcerias comerciais para fornecimento de bio-AS produzido na planta de Sarnia
Fonte: BioAmber, 2014

Mitsubishi Chemical e Faurecia

Em 2012, a BioAmber firmou um contrato de fornecimento exclusivo de bio-ácido succínico com os parceiros Mitsubishi Chemical e Faurecia para a produção de PBS e sua modificação para a fabricação de compósitos a serem utilizados em partes moldadas para o interior de automóveis. A Mitsubishi e a Faurecia, líder no mercado de acessórios de interior de automóveis, possuem um acordo de desenvolvimento conjunto de bioplásticos para esta aplicação específica que partirá do PBS patenteado pela Mitsubishi (BIOAMBER, 2014). A Mitsubishi irá fabricar o PBS a partir do bio-AS fornecido por meio de uma *joint venture* (PTT MCC Biochem) e a Faurecia irá modificá-lo de forma a produzir compósitos proprietários para a produção de painéis de instrumentos e de porta e consoles centrais. Segundo reportagem de 2012, esses bioplásticos deverão estar disponíveis no período de 2015 a 2020 e a Faurecia terá direito exclusivo de utilização destes para aplicação em interior de automóveis (BIOAMBER, 2015) (PLASTICS NEWS, 2012). Essa aliança evidencia uma estratégia de encadeamento dos elos da cadeia em um ecossistema de inovação colaborativa de

forma a permitir a comercialização da tecnologia desenvolvida pela BioAmber. A figura 2 demonstra esse encadeamento.

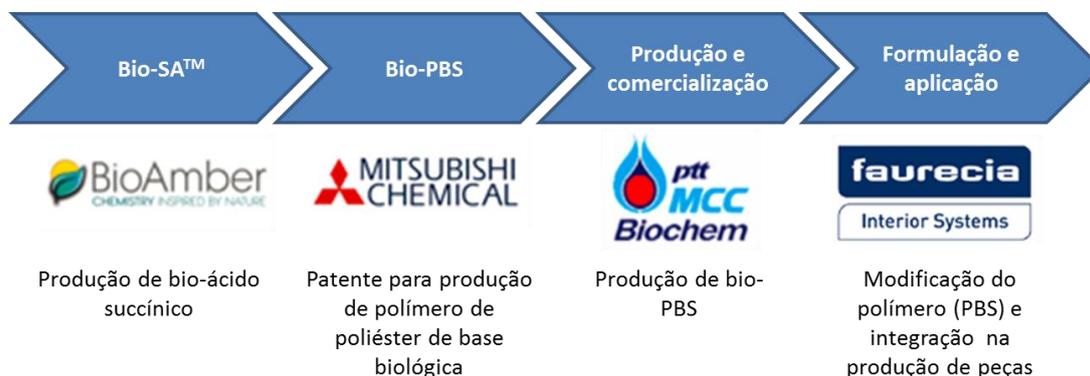


Figura 0-2 Estratégia de encadeamento dos elos da cadeia pela adoção de parcerias
Fonte: BioAmber, 2014

Outro relacionamento de fornecimento exclusivo da BioAmber com uma transformadora final e participação da Mitsubishi se dá com uma empresa produtora e designer de produtos de construção sustentáveis. Por esses relacionamentos, a BioAmber fornece a essa empresa o bio-PBS desenvolvido pela Mitsubishi a partir do seu bio-AS para a produção de placas de compósitos orgânicos com potencial de substituição à placas de fibra de média densidade (BIOAMBER, 2014).

Xuchuan Chemical

A BioAmber assinou um contrato de fornecimento exclusivo de 5 anos com a Xuchuan Chemical, uma empresa global líder em polióis de poliéster, que irá inicialmente utilizar o bio-ácido succínico para produzir elastômeros de poliuretano fundidos (CPU). A substituição ao ácido adípico permitiu a produção de poliuretanos com maior resistência à abrasão e a solventes.

Oleon

Com a Oleon, produtora de oleoquímicos, também foi firmado um acordo de fornecimento exclusivo de 5 anos para a produção de ésteres para lubrificantes de alta performance e biodegradáveis. Essa nova linha de lubrificantes é um exemplo do valor e diferenciação que o bio-ácido succínico pode oferecer em aplicações tecnicamente desafiadoras. A colaboração oferecida pela BioAmber a esse desenvolvimento permitirá a ela ter acesso à propriedade intelectual relacionada às formulações e comercializá-las conjuntamente.

Breentag

Em 2013, a BioAmber divulgou ter fechado uma parceria com uma das maiores distribuidoras de produtos químicos do mundo, Brenntag, para a distribuição de bio-SATM e bio-BDO nas Américas (GREEN CHEMICALS BLOG, 2015) (BIOFUELS DIGEST, 2015).

Sinoven

Em 2011, a BioAmber comprou a totalidade da Sinoven, uma empresa que possui uma tecnologia proprietária de modificação de PBS aumentando o valor de mercado da BioAmber. A Sinoven compra o PBS de terceiros e modifica-o internamente para a produção de um bioplástico, mistura ou compósito, mais favorável a aplicações específicas.

NatureWorks

Em 2012, a BioAmber aliou-se à NatureWorks para a criação de uma *joint venture* (50/50) chamada de AmberWorks LLC para pesquisa, desenvolvimento, produção, licenciamento e comercialização de uma nova família de resinas modificadas de PLA com PBS, sob a marca Ingeo®, para aplicação em utensílios como garfos e facas. Nesta aliança, a NatureWorks oferece uma presença comercial global, relações já estabelecidas com clientes chave, experiência na comercialização de polímeros inovadores e aplicações já desenvolvidas em uma gama de indústria sendo, portanto, responsável pelo marketing e comercialização dos produtos da *joint venture*. A BioAmber oferece a sua propriedade intelectual de bio-ácido succínico e bio-BDO e sua expertise em biotecnologia e processamento químico. A partir desse acordo, a AmberWorks possui o direito de licenciamento não exclusivo de patentes em PBS modificado da subsidiária da BioAmber, Sinoven, e também de patentes da NatureWorks.

Inolex

Em 2012 a BioAmber firmou um contrato de fornecimento com a Inolex para a produção de emolientes 100% sustentáveis e naturais para utilização no mercado de cuidado pessoal como substitutos aos fluidos de silicone. Atualmente, a empresa já vem

comercializando uma gama de ésteres de bio-ácido succínico como emolientes na indústria de cuidado pessoal.

IMCD Group

Em 2013 a BioAmber anunciou um contrato de distribuição com a IMCD Group para a distribuição de bio-SA™ na Bélgica, Holanda, Luxemburgo, França, Espanha, Portugal, Alemanha, Inglaterra, Irlanda, Suíça, Polónia e Sudeste Europeu para o mercado de resinas e revestimentos. O forte acesso ao mercado, expertise técnica e em logística e a capacidade de desenvolvimento de aplicações da IMCD, segundo a BioAmber, vai permitir acelerar as vendas do seu produto no mercado europeu. Para a IMCD essa parceria permite a expansão do seu portfólio de ofertas para a produção de polímeros sustentáveis.

A partir das parcerias comerciais apresentadas, pode-se comprovar, conforme menciona o relatório anual da empresa (BIOAMBER, 2014), que a habilidade da BioAmber em fornecer grandes quantidades do seu bioproduto permitiu aos seus clientes o desenvolvimento de novas aplicações impulsionando o crescimento do mercado deste produto e o início da comercialização dos seus produtos derivados. A figura 3 a seguir demonstra as aplicações desenvolvidas a partir das parcerias firmadas pela BioAmber com empresas estabelecidas no mercado.



Figura 0-3 Desenvolvimento de aplicações por meio de parcerias estratégicas
Fonte: BioAmber, 2014

Analisando os resultados financeiros trimestrais da empresa nos últimos 2 anos (2014 e 2013) pode-se observar o seu progresso no sentido do desenvolvimento comercial com aumento das vendas, adição de novos clientes e redução do custo de produção unitário. O custo unitário para produção de Bio-SA na planta demonstração na França reduziu em 32% em 2013 quando comparado a 2012 (BIOFUELS DIGEST, 2015). Após 4 anos de comercialização de bio-ácido succínico, segundo dados de 2014, já são um total de 38 clientes atendidos. Essa base de clientes estabelecidos em diversos mercados evidencia e valida a qualidade do produto e dos processos da empresa e as vantagens de custo que possuem quando comparado a seus competidores. O grande volume de contratos de fornecimento firmados pela empresa garantem para os próximos 4 anos a venda de aproximadamente 145 mil t de bio-ácido succínico.

Apesar do crescente número de clientes, as receitas da BioAmber representam vendas de bio-AS para um número limitado de clientes. Ao fim de 2013, 64% das vendas foram às empresas Flavor e Fragrances International, Inc, (IFF) e Brenntag. Ao fim de 2012, 63% das vendas foram às empresas IFF e Mitsubishi Chemical (BIOAMBER, 2014). Esse fator representa um grande risco à empresa no sentido em que seu lucro de vendas depende de um número limitado de consumidores de forma que a descontinuação de qualquer acordo de fornecimento vem a gerar um enorme impacto na performance financeira da empresa.

Quanto às parcerias financeiras, eles objetivam a obtenção de capital para investimento no projeto e construção das plantas industriais e se baseiam em acordos de *joint venture*, subsídios governamentais e empréstimos com ou sem juros. Segue um resumo das parcerias financeiras firmadas pela BioAmber.

Mitsui & Co.

A BioAmber possui uma aliança com a Mitsui & Co. na forma de uma *joint venture*, para financiar, construir e operar a planta em Sarnia, Canadá, e talvez, futuramente, mais duas plantas industriais. A BioAmber detém 70% de participação acionária na empresa resultante desta aliança, BioAmber Sarnia, restando à Myriant 30% das ações. Enquanto a BioAmber licencia a sua tecnologia à *joint venture* e se responsabiliza pelo desenvolvimento da aplicação e oferecimento de suporte técnico de vendas, a Mitsui é responsável por prover o *know-how* logístico e facilitar a

comercialização na Ásia permitindo a distribuição em mercados específicos (BIOAMBER, 2014).

Export Development Canada (EDC), Comerica Bank e Farm Credit Canada

Um consórcio financeiro formado por Export Development Canada (EDC), Comerica Bank e Farm Credit Canada vem financiando os projetos da BioAmber através de contratos de empréstimos comerciais. Os recursos desses empréstimos serão utilizados para concluir a construção da planta em Sarnia e financiar a sua partida e comissionamento.

Hercules Technology Growth Capital, Inc. (HTGC)

Em 2013 a empresa estabeleceu um acordo de empréstimo com a HTGC que concedeu um empréstimo a prazo no valor de \$ 25 milhões. Este empréstimo a prazo é reembolsável em 36 meses após o encerramento.

Além destes parceiros é importante também mencionar o apoio financeiro de programas governamentais à empresa através de empréstimos e concessões que somaram em 2014 um total de \$45 milhões: Minister of Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC), Sustainable Development Technology Canada, Sustainable Chemistry Alliance (SCA), Federal Economic Development Agency (FEDDEV) e Ontario Minister of Economic Development, Trade and Employment (SJIF).

Por a empresa já ter concluído o seu IPO e estar no caminho de uma segunda oferta pública, ela obtém financiamento também por meio da venda de ações. Em 2013, a empresa recebeu um total de \$ 80 milhões de seus acionistas públicos.

A figura 4 evidencia os financiamentos levantados para a construção da planta em Sarnia com um CAPEX de \$ 125 milhões.

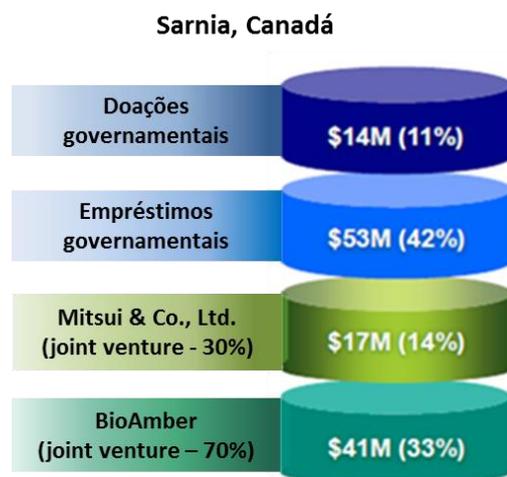


Figura 0-4 Fontes de financiamento para a construção da planta de Sarnia
Fonte: BioAmber, 2014

- **Myriant**

Segue um resumo das parcerias tecnológicas, comerciais e financeiras identificadas para a Myriant.

PTT Global Chemicals (PTTGC)

Desde a sua criação, a maior acionista dos empreendimentos da Myriant é a PTT Global Chemicals (PTTGC) que, recentemente, comprou a totalidade da empresa passando a ser sua controladora integral. Em 2011, esse parceiro financeiro realizou um investimento de capital na empresa no valor de \$60 milhões que colaborou no desenvolvimento de tecnologia, construção da planta de Lake Providence e na comercialização do bio-ácido succínico (BIOMASS MAGAZINE, 2015). Em 2013, as empresas anunciaram a criação de um *joint venture* chamada Auria BioChemicals Co. Ltd. com o propósito de conduzir pesquisa e desenvolvimento em bioquímicos para aprimorar a tecnologia da Myriant e preparar caminho para investir em uma planta comercial de bio-ácido succínico no Sudeste Asiático (PTTGC, 2015).

ThyssenKrupp Industrial Solutions (Uhde)

A empresa possui uma parceria com a ThyssenKrupp Industrial Solutions (Uhde) desde 2009 para a engenharia, aquisição e construção (EPC) das suas plantas industriais de bio-ácido succínico desde a escala piloto até a comercial de forma a

garantir o sucesso no escalonamento, validar a tecnologia e garantir que o processo seja competitivo em custo e produza um bioproduto de elevada pureza em escala comercial (BIOFUELS DIGEST, 2015) (SPECIALITY CHEMICALS, 2015) (BIOMASS MAGAZINE, 2015). Desta forma, essa parceria garante à empresa qualidade no seu processo e produto final (MYRIANT, 2015).

Davy Process Technologies

Conforme já mencionado, a Myriant aliou-se em 2011 à Johnson Matthey – Davy Process Technologies, produtora de BDO petroquímico, por um memorando de entendimento (MOU) para demonstrar a possibilidade de substituição direta ao MAN pelo seu bio-ácido succínico na produção de bio-BDO, seu derivado bio-THF e bio-GBL (BIOFUELS DIGEST, 2015). A Davy fornece garantias do processo e de performance dos produtos em escala comercial (SPECIALITY CHEMICALS, 2015). O bio-BDO obtido possui uma eficiência de carbono de 87%, superior à eficiência obtida pelo processo fermentativo direto a bio-BDO empregado pela Genomatica e licenciado pela BASF. Ainda, essa aliança inclui um acordo de desenvolvimento exclusivo (JDA) para integrar as tecnologias das empresas para minimizar os custos de recuperação e purificação do bio-ácido succínico a ser utilizado na produção de bio-BDO (BIOMASS MAGAZINE, 2015). Essa parceria permite, então, a integração exclusiva dos processos produtivos de bio-ácido succínico e bio-BDO garantindo aos clientes que licenciam a tecnologia da Davy uma produção a custo competitivo no mercado e com melhor pegada de carbono. O escoamento do bio-ácido succínico através dessa integração com a clientela já estabelecida pela Davy facilita a exploração da cadeia do bio-AS no sentido de uma aplicação final (MYRIANT, 2015) (JM DAVY, 2015).

China National BlueStar

Em 2011, outro memorando de entendimento firmado pela Myriant foi com a China National BlueStar Co. Ltd. Por este acordo, as empresas fecharam um contrato de fornecimento exclusivo de bio-ácido succínico e divulgaram planejar a construção de uma planta comercial para produção de bio-ácido succínico de 100 mil/t ano na China. A BlueStar licencia a tecnologia de produção de BDO da Davy e é uma das maiores produtoras da Ásia (WEASTRA, 2012) (ICIS GREEN CHEMICALS, 2015).

Sojitz e UPC

Também em 2011, a Myriant anunciou uma parceria comercial com a Sojitz (Japão) para a distribuição de bio-ácido succínico no Japão, China, Coréia do Sul e Taiwan (BIOFUELS DIGEST, 2015). A Sojitz possui uma forte presença no mercado de produtos químicos na Ásia e pretende construir neste ano (2015) uma planta comercial para a produção de derivados que deve consumir cerca de 75 mil t do bio-ácido succínico da Myriant (MYRIANT, 2015). Em 2014, a Myriant firmou outra parceira com a Sojitz desta vez um acordo de desenvolvimento conjunto envolvendo também a UPC (Taiwan) para a produção e comercialização de plastificantes a base de bio-ácido succínico. Nesta aliança a Myriant é a responsável pelo fornecimento da matéria-prima (bio-AS), a UPC pela produção de plastificantes de base biológica e sem ftalatos e a Sojitz pela comercialização do produto (MYRIANT, 2015).

Piedmont Chemical Industries

Conforme já mencionado, em 2012, a Piedmont Chemical Industries (EUA) desenvolveu uma linha de polióis de poliéster verde em escala experimental em parceria com a Myriant e DuPont Tate & Lyle Bio Products (DLT). Esses produtos são intermediários na produção de uretanos aplicados em espumas, revestimentos, adesivos e selantes. A empresa combinou o bio-1,3-propanodiol (PDO) e o bio-ácido succínico destas empresas para produzir polióis de alta pureza, 100% renováveis e funcionalmente equivalentes e competitivos em preço ao produto petroquímico.

Essas empresas concordaram no uso do conceito de *open innovation* para disponibilizar a formulação desenvolvida para produtores de polióis e toda a indústria de uretanos, oferecendo também amostras do produto desenvolvido e divulgaram o interesse em oferecer o produto em escala comercial ao mercado. Como já analisado na subseção V.1.4, providenciando acesso aberto à formulação e especificações técnicas do seu bio-ácido succínico e a amostras do bioproduto e da linha de polióis desenvolvida, a Myriant encoraja produtores de polióis a integrar este bioproduto em sua linha de produção e consumidores de polióis (indústria de uretanos) a utilizar o produto verde em sua aplicação final (MYRIANT, 2015) (BIOFUELS DIGEST, 2015). Esse é um acordo não exclusivo que pode garantir maior interesse e permitir o desenvolvimento de novas aplicações ao bioproduto (GREEN CHEMICALS BLOG, 2015).

DaniMer

Sob esse mesmo conceito, ainda em 2012, essas duas empresas, Myriant e DLT, aliaram-se à DaniMer (EUA) para o desenvolvimento e comercialização de bio-adesivos (Hot Melt Adhesive 92721) a serem utilizados no processo de reciclagem de PET e também em fraldas e produtos femininos (PRWEB, 2015) (DANIMER, 2015).

Bayegan

Em 2013, a empresa anunciou um amplo acordo de colaboração com a Bayegan (Turquia), por meio do qual as empresas concordam em comercializar bio-ácido succínico nos mercados em todo o Oriente Médio, Europa Oriental e África sendo esse um passo estratégico para ampliar a presença da Myriant no mercado global. Pelos termos do acordo, a Bayegan se compromete a comprar uma quantidade pré-determinada de bio-ácido succínico da Myriant para fornecer a seus clientes e a Myriant concede direitos de distribuição exclusiva à Bayegan nestes territórios. Caso certas metas comerciais sejam atendidas, as empresas pretendem ainda unir-se por *joint venture* para a construção de uma planta de bio-AS na Turquia.

BCD Chemie

A Myriant firmou um acordo de distribuição com a BCD Chemie em 2013 para a venda e distribuição de bio-ácido succínico e do solvente Myrifilm® nos mercados da Áustria, Alemanha e Suíça. A BCD Chemie oferece um dos portfólios mais completos de produtos químicos na Europa e, portanto, a sua rede de distribuição fornece à Myriant acesso a empresas químicas que buscam integrar bioprodutos em uma ampla gama de aplicações. A Myriant se mostra confiante que essa parceria possibilitará expandir o alcance das vendas e marketing da empresa, acelerar a entrada no mercado europeu e oferecer suporte de alta qualidade em todas as aplicações para ambos os produtos.

Azelis

Em 2014, a Myriant firmou mais um acordo de distribuição com a Azelis, uma empresa distribuidora de especialidades químicas líder no mercado global, para a distribuição de bio-ácido succínico nos países nórdicos, Bélgica, Holanda, Luxemburgo, França, Portugal, Espanha, Itália, Reino Unido e Irlanda. Essa parceria providencia à

Myriant suporte e conexões suficientes com empresas químicas para a integração do seu bioproduto em diversas aplicações.

Showa Denko

A Showa Denko (Japão), em 2012, selecionou a Myriant como sua fornecedora de bio-ácido succínico para a produção de PBS (ICIS GREEN CHEMICALS, 2015).

Oxea

Em 2014, a empresa anunciou o fornecimento de bio-ácido succínico em quantidade comercial para a Oxea (Alemanha) para a produção de plastificantes sem ftalato (OXBLUE® DOSX) aplicados em pisos, adesivos, selantes e brinquedos (OXEA, 2015).

Conforme pode ser percebido a partir dessas parcerias, a empresa vem buscando ampliar o seu leque de consumidores e estabelecer acordos de distribuição e fornecimento em diversas regiões e com foco em diversos mercados de forma a garantir demanda pelos seus produtos produzidos em larga escala. Desde 2012, a empresa já vem garantindo a venda total da sua capacidade produtiva da planta de Lake Providence por acordos de fornecimento com seus clientes (MYRIANT, 2015).

Além disso, a empresa vem aliando-se a consumidores e a laboratórios especializados para realização de teste de qualidade do seu produto para diversas aplicações. A validação do uso do produto em suas aplicações alvo com performance equivalente ou mesmo superior a oferecida pelos produtos petroquímicos somada a melhor pegada ambiental permitem criar interesse pelo produto e garantir o seu escoamento do bioproduto.

Cerca de 190 consumidores receberam amostras do bio-ácido succínico da empresa e já aprovaram sua qualidade na produção de polímeros, revestimentos, plastificantes, uretanos, solventes e pigmentos. As análises conduzidas por esses consumidores permitiram validar que o bioproduto da empresa é quimicamente idêntico ao petroquímico e, ainda, é ambientalmente amigável e possui vantagens de custo mesmo sem subsídios governamentais. Laboratórios independentes de terceiros também já confirmaram a performance do bioproduto em diversas aplicações como revestimentos, biopolímeros, uretanos e plastificantes, conforme figura 5.



Figura 0-5 Teste de performance do bio-ácido succínico por laboratórios independentes

Fonte: Myriant, 2015

Quanto às parcerias financeiras, além do apoio da PTTGC, a Myriant contou com apoio governamental com investimentos do Departamento de Energia dos EUA (DOE), do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA), do Departamento de Transporte de Luisiana e da Comissão do Porto de Lake Providence no total de \$85 milhões para a construção da planta em Lake Providence.

- **Reverdia**

Foram identificadas duas parcerias formais pelas quais a Reverdia busca impulsionar o desenvolvimento do mercado para o seu bioproduto e criar uma presença global.

Helm

Em 2012, a Reverdia anunciou um acordo com a Helm (Alemanha), uma empresa com know how em serviços logísticos e de mercado, para distribuição do seu bio-ácido succínico em mercados europeus específicos e desenvolvimento conjunto de novos mercados. O interesse da Helm nessa parceria é oferecer aos seus clientes um produto com qualidade, custo e impacto ambiental comprovados como *best-in-class* (REVERDIA, 2015).

Proviron

Em 2012, a empresa anunciou um contrato de fornecimento com a Proviron (Bélgica), empresa global de química fina, para produção e comercialização de dimetil-succinato (DMS) sob a marca Provichem® 2511 ECO, utilizado como solvente ou na

produção de compostos de química fina como pigmentos, estabilizadores de UV, flavorizantes e fragrâncias. As características únicas dos pigmentos a base de DMS permitem que estes sejam candidatos adequados para uso em um grande número de produtos como tintas, revestimentos, plásticos e produtos têxteis. Diversos clientes receberam amostras do DMS desenvolvido e aprovaram a sua qualidade.

A Reverdia divulgou na época (2012) estar buscando trabalhar em outros derivados aderentes a sua área de expertise e foco de mercado. A Proviron possui expertise em uma grande variedade de potenciais derivados ao bioproduto como aditivos para polímeros (plastificantes), sistemas à base de água (monômeros e emulsificantes), aditivos para alimentos e fluidos funcionais (produtos químicos de degelo e farmacêuticos) de forma que este acordo pode vir a evoluir para o desenvolvimento de novas aplicações ao bio-ácido succínico.