



UFRJ

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS

Ecossistemas de Inovação: 2 estudos de caso na Bioeconomia
Tese de Doutorado
Daniella Fartes dos Santos e Silva

Rio de Janeiro
12 de Abril de 2019

Ecossistemas de Inovação: 2 estudos de caso na Bioeconomia

Daniella Fartes dos Santos e Silva

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito à obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientadores:

José Vitor Bomtempo

Flávia Chaves Alves

Rio de Janeiro
12 de Abril de 2019

586e

Silva, Daniella Fartes dos Santos e
Ecossistemas de Inovação: 2 estudos de caso na
Bioeconomia / Daniella Fartes dos Santos e Silva.
- Rio de Janeiro, 2019.

201 f.

Orientador: José Vitor Bomtempo.

Coorientadora: Flávia Chaves Alves.

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio
de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós
Graduação em Engenharia de Processos Químicos e
Bioquímicos, 2019.

1. Ecossistemas de Inovação. 2. Bioeconomia. I.
Bomtempo, José Vitor, orient. II. Alves, Flávia
Chaves, coorient. III. Título.

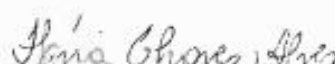
Ecossistemas de Inovação: 2 estudos de caso na Bioeconomia

Daniella Fartes dos Santos e Silva

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito à obtenção do título de Doutor em Ciências.

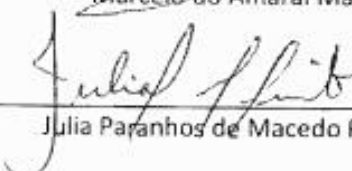
Orientada por:

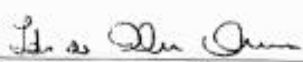

José Vitor Bomtempo, D.Sc.


Flávia Chaves Alves, D.Sc.

Aprovada por:


Marcelo do Amaral Martins, D.Sc.


Julia Paranhos de Macedo Pinto, D.Sc.


Fábio de Almeida Oroski, D.Sc.


Mario Sergio Salerno, D.Sc.

Rio de Janeiro
12 de Abril de 2019

Agradecimentos

Gostaria primeiramente de agradecer ao meu marido, Felipe Matos, pela confiança incondicional em meu trabalho, pelo carinho e apoio.

Agradeço a minha família, Maristela, Fernando, Fernanda e Maicon, pelo amor e dedicação em me ensinar os valores que carrego por toda a vida, e que apesar da distância, sempre me apoiaram e incentivaram a cruzar novas fronteiras.

Agradeço também aos meus orientadores, José Vitor e Flávia, pelo valioso conhecimento que compartilharam comigo, pela disposição em ajudar e pela simpatia que tornaram a elaboração dessa tese muito mais agradável.

Agradeço imensamente a todos os profissionais que foram entrevistados e concordaram em ceder seu tempo para contribuir com a construção desse trabalho.

Por fim, agradeço ao Cnpq pelo apoio financeiro.

Resumo

A Bioeconomia pode ser descrita como um conjunto de indústrias que utilizam recursos biológicos renováveis para a conversão em produtos como biocombustíveis, químicos e alimentos. Ela apresenta soluções para garantir um desenvolvimento mais sustentável através da redução da dependência de recursos fósseis. Buscando compreender o dinamismo, principalmente de indústrias em nascimento, surge o conceito de Ecossistemas de Inovação (EI), que é definido como um conjunto de arranjos colaborativos e competitivos através do qual as empresas combinam as suas ofertas individuais em uma solução coerente voltada para o cliente. Entretanto, alguns fundamentos dessa abordagem ainda não estão plenamente estabelecidos. Um desses fundamentos é a determinação se a análise deve ser sobre um produto ou uma empresa. Assim, o objetivo desta tese foi identificar os pontos críticos do processo de inovação dentro dos EIs de forma a contribuir para o desenvolvimento de estratégias empresariais para a Bioeconomia, simultaneamente estudando a influência de duas perspectivas de análise – produto e empresa – na construção dos EIs. Para atender ambas as demandas, dois casos representativos da Bioeconomia foram escolhidos: o etanol de segunda geração, para análise do produto, e a Amyris, para a análise da empresa. A metodologia foi baseada numa avaliação qualitativa empírica que visou a determinação de cinco dimensões-chave dos EIs: estágio evolucionário, estrutura focal, alocação de desafios, estratégia e *Value Blueprint*. Os principais resultados para o etanol de segunda geração mostraram um ecossistema diversificado, em termos de *players* e estratégias, no estágio de nascimento e com um maior nível de cooperação que competição. Os principais resultados da Amyris mostraram uma elevada capacidade de reestruturação da *Value Blueprint* diante dos desafios e a presença de diferentes estratégias e estágios evolucionários em diferentes segmentos. A análise conjunta mostrou que a natureza da inovação influenciou nas estruturas focais, alocação dos desafios e capacidade de reestruturação da *Value Blueprint*. Dentre as similaridades podem ser destacados os desafios para acessar a matéria-prima. Em relação à contribuição à abordagem de EI, os principais resultados mostraram a capacidade das dimensões-chave em atender às duas diferentes perspectivas – produto e empresa – seguindo as recomendações metodológicas apresentadas. Dentre as recomendações, esta tese propôs duas novas classificações de *players*, os agentes agregadores e conectores. Como conclusão, a abordagem de EI conseguiu acessar os pontos críticos das inovações da Bioeconomia sob duas diferentes perspectivas de análise.

Abstract

The Bioeconomy can be described as a set of activities that use renewable raw materials for conversion into a wide range of products such as biofuels, chemicals and food. It presents solutions to ensure a more sustainable development through reduction of dependence on fossil resources. To understand the dynamism, especially of emerging industries, researchers have used the concept of Innovation Ecosystems (IE). An innovation ecosystem is a set of collaborative and competitive arrangements through which economic actors combine their individual offerings into a coherent client-centric solution. However, the foundations of the Innovation Ecosystem approach are not yet fully established. One of these fundamentals is the determination whether the analysis should be about a product or a firm. Therefore, the objective of this thesis was to identify the critical points of the innovation process within the IEs in order to contribute to the development of business strategies for the Bioeconomy, simultaneously studying the influence of two perspectives of analysis - product and company - in the construction of IEs. To meet both demands, two representative cases of the Bioeconomy were chosen: second generation ethanol for the product analysis, and Amyris for the firm analysis. The methodology was based on a qualitative empirical evaluation that focused at determining five key dimensions of EI: evolutionary stage, focal structure, allocation of challenges, strategy and Value Blueprint. The main results for second generation ethanol showed a diversified ecosystem, in terms of players and strategies, at the birth stage and with a higher level of cooperation than competition. Amyris' main results showed a high resilience of the Value Blueprint to challenges and the presence of different strategies and evolutionary stages in different segments. The combined analysis showed that the innovation nature influenced the focal structures, allocation of challenges and reshaping capability of Value Blueprint. Among the similarities, it can be highlighted the challenges to access the raw material. Regarding the contribution to the EI approach, the main results showed the ability of the key dimensions to meet the two different perspectives - product and company - following the methodological recommendations presented. Among the recommendations, this thesis proposed two new classifications of players, the aggregators and connectors agents. As a conclusion, the EI approach was able to assess the critical points of the Bioeconomy innovations under two different perspectives of analysis.

Lista de Figuras

Figura 1: Formulação de uma estratégia de ecossistema.	31
Figura 2: Framework das estratégias no ecossistema.	33
Figura 3: Esquema genérico de um ecossistema	35
Figura 4: <i>Framework</i> sobre os efeitos dos desafios do ecossistema de inovação.....	35
Figura 5: Exemplo de um esquema genérico do arranjo dos ecossistemas.	37
Figura 6: <i>Value Blueprint</i> Genérica.	41
Figura 7: Variação das estruturas de análise dos ecossistemas em função do elemento focal. a) Produto como elemento focal. b) Empresa como elemento focal (produto especificado) c) Empresa como elemento focal (sem produto especificado).	49
Figura 8: Aplicações do farneseno.	54
Figura 9: Dimensões-chave dos EI.	58
Figura 10: Esquema genérico de uma estrutura focal.	63
Figura 11: Exemplo completo de uma <i>Value Blueprint</i>	64
Figura 12: Principais etapas dos processos de produção do etanol 1G (milho e cana-de-açúcar) e 2G.	66
Figura 13: Processo de inovação da tecnologia de etanol de segunda geração.	67
Figura 14: Estrutura inicial do Ecossistema da Granbio.....	69
Figura 15: Linha do tempo da Granbio.	72
Figura 16: <i>Value Blueprint</i> da Granbio.....	74
Figura 17: EMV da Granbio.	75
Figura 18: Linha do tempo da Raízen.....	78
Figura 19: Estrutura do Ecossistema da Raízen.	80
Figura 20: <i>Value Blueprint</i> da Raízen	81
Figura 21: Linha do Tempo da Poet-DSM	83
Figura 22: Estrutura do ecossistema da Poet-DSM	84
Figura 23: Reestruturação do Ecossistema da Poet-DSM.....	86
Figura 24: <i>Value Blueprint</i> Poet-DSM.	87
Figura 25: Estrutura do Ecossistema da Beta Renewables.	89
Figura 26: <i>Value Blueprint</i> da Beta Renewables.....	90
Figura 27: Linha do tempo da Beta Renewables.	91
Figura 28: Estrutura do Ecossistema da Abengoa.	93
Figura 29: <i>Value Blueprint</i> da Abengoa.....	94
Figura 30: Linha do tempo da Abengoa.	95
Figura 31: Estrutura do Ecossistema da Dupont	97
Figura 32: Linha do tempo da Dupont.	98
Figura 33: Reposicionamento da Dupont frente à sua reestruturação.....	99
Figura 34: Categorização das notícias levantadas.	101
Figura 35: Estratégias seguidas pelos principais <i>players</i> (ecossistema focal).....	106
Figura 36: Estratégias seguidas pelos principais <i>players</i> (ecossistema geral)	107
Figura 37: Desafios do Ecossistema do Etanol 2G.	108
Figura 38: Característica da empresa influenciando o número de parcerias.	110
Figura 39: Característica da empresa influenciando na estratégia para o etanol 2G ..	110

Figura 40: Ecossistema Geral de Etanol 2G	113
Figura 41: Linha do Tempo da Amyris.....	121
Figura 42: Ecossistema da Amyris – Biocombustíveis e Lubrificantes.....	124
Figura 43: Ecossistema da Amyris – Cosméticos	127
Figura 44: Ecossistema da Amyris – Polímeros e Indústria Química	130
Figura 45: Ecossistema da Amyris – Aromas e Fragrâncias.	132
Figura 46: Ecossistema da Amyris – Saúde, Biologia Sintética e Nutracêuticos.	136
Figura 47: Transformação da <i>Value Blueprint</i> da Amyris.....	140
Figura 48: Reposicionamento dos desafios segundo exercício proposto por Adner e Kapoor (2010).	146
Figura 49: Papéis estratégicos da Amyris.....	150
Figura 50: Papel de “conector” da Givaudan.	152
Figura 51: Comparação entre estruturas e alocação dos desafios para etanol 2G e Amyris.....	157
Figura 52: Fluxograma de riscos de co-inovação.....	159

Lista de tabelas

Tabela 1: Domínios de Negócio do Ecossistema de Negócios para computadores pessoais	37
Tabela 2: Modelo 6C	43
Tabela 3: Principais diferenças entre Ecossistema de Conhecimento e de Inovação....	44
Tabela 4: Características e diferenças entre os conceitos de <i>supply-chain</i> , <i>value-chain</i> , sistemas setoriais de inovação, ecossistemas de negócios e ecossistemas de inovação.	46
Tabela 5: Variação do foco da análise para diferentes literaturas	47
Tabela 6: Conjunto de Artigos para a análise das dimensões-chave dos EIs.....	56
Tabela 7: Categorização das notícias.	60
Tabela 8: Informações sobre as entrevistas semi-estruturadas	62
Tabela 9: Características dos projetos comerciais de etanol 2G	67
Tabela 10: <i>Status</i> dos projetos comerciais de etanol 2G	100
Tabela 11: Desafios competitivos dos ecossistemas 2G.	102
Tabela 12: Desafios cooperativos dos ecossistemas 2G.	103
Tabela 13: Desafios competitivos enfrentados pela Amyris	142
Tabela 14: Desafios cooperativos enfrentados pela Amyris.	143
Tabela 15: Estágio evolucionário do ecossistema para cada segmento da Amyris	148
Tabela 16: Vantagens e desvantagens das estratégias de mitigação dos riscos de co-inovação	163
Tabela 17: Diferenças entre a perspectiva com foco no produto e na empresa	166

Lista de Quadros

Quadro 1: Estágios do Ecossistema de Negócios.	39
Quadro 2: Lições do etanol 2G	115
Quadro 3: Lições da Amyris.....	153

Lista de Siglas

1G - Primeira Geração

2G - Segunda-Geração

API - American Process Inc.

ARG - American Refining Group

ASTM - American Society for Testing and Material

BIO - Biotechnology Innovation Organization

BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento

BR&D - Board Biomass Research and Development Board

C5 - Açúcares de cinco carbonos

C6 - Açúcares de seis carbonos

Cgen – Conselho de Gestão do Patrimônio Genético

Cislog - Centro de Inovação em Engenharia de Sistemas Logísticos

CMPN - Conselho de Ministros dos Países Nórdicos

CNI - Confederação Nacional da Indústria

COFCO - China National Cereals, Oils, and Foodstuff Corporation

COP - Conferências das Partes

CTC - Centro de Tecnologia Canavieira

CTNBio - Comissão Técnica Nacional de Biossegurança

DOE - Department of Energy

EI - Ecossistemas de Inovação

EMV - Ecossistema Mínimo Viável

GGE - gases de efeito estufa

IA - Inteligência Artificial

IDRI - Infectious Disease Research Institute

IEA - Agência Internacional de Energia

IEC - Instituto Agrônomo de Campinas

IFF - International Flavors and Fragrances Inc.

IoT- Internet of Things

JV - Joint Venture

NCM - Nordic Council of Ministers

NIH - National Institutes of Health

NREL - National Renewable Energy Laboratory

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

P&G - Procter & Gamble

PAISS - Programa de Apoio a Inovação no Setor Sucroenergético e Sucroquímico

PR - Press Releases

Ridesa - Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético

RSC - Royal Society of Chemistry

SI – Sistemas de Inovação

SNI – Sistemas Nacionais de inovação

SSI – Sistemas Setoriais de Inovação

STI – Sistemas Tecnológicos de Inovação

TPGV - Texas Pacific Group Ventures

UCP - Universidade Católica Portuguesa

VB - Value Blueprint

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DA LITERATURA	23
2.1. Sistemas de Inovação.....	23
2.2. Ecossistemas de Inovação – Explorando o conceito	27
2.3. Ecossistemas de Inovação e as Estratégias Empresariais.	30
2.4. Estruturas, desafios e estágios evolucionários dos Ecossistemas de Inovação. 33	
2.5. <i>Value Blueprint</i> e Reconfiguração dos Ecossistemas de Inovação	40
2.6. Fluidez do conceito e comparação com outras abordagens	42
2.7. Contribuição teórica – Ecossistema do Produto x Ecossistema da Empresa ...	47
3. METODOLOGIA	51
3.1. Escolha dos casos.....	51
3.1.1. Etanol de segunda geração	52
3.1.2. Amyris e seus químicos de base renovável.....	53
3.2. Identificação das Dimensões-chave	56
3.3. Acesso à informação	58
3.3.1. Acesso à informação – Etanol de Segunda Geração	58
3.3.2. Acesso à informação – Amyris	61
3.3.3. Entrevistas Semi-Estruturadas – Etapa de validação.....	61
3.4. Construção das Dimensões-chave	62
4. ECOSSISTEMAS DO ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO	65
4.1. Etanol 2G – Cenário geral.....	65
4.2. Principais Players – Empresas com Plantas Comerciais Ativas	68
4.2.1. Granbio.....	68
4.2.2. Raízen.....	75
4.2.3. POET-DSM Advanced Biofuels.....	82
4.3. Principais <i>Players</i> – Empresas com Plantas Comerciais Desativadas	87
4.3.1. Beta Renewables	87
4.3.2. Abengoa	92
4.3.3. Dupont	96
4.3.4. Conclusões sobre os projetos desativados	99

4.4.	Discussão sobre os <i>players</i>	100
4.4.1.	Estágio evolucionário e trajetória do ecossistema geral	100
4.4.2.	Desafios do ecossistema geral do etanol 2G	101
4.4.3.	Estratégias	105
4.4.4.	Alocação dos desafios	107
4.4.5.	Outros fatores que influenciaram o ecossistema geral do etanol 2G - Um foco nas estruturas e Value Blueprints	109
4.4.6.	Novas dimensões - Agentes agregadores	111
4.4.7.	Lições sobre o caso do etanol 2G	114
5.	ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO DA AMYRIS	116
5.1.	Histórico da Amyris	117
5.2.	Ecossistema da Amyris parte 1 – Biocombustíveis e lubrificantes.....	122
5.3.	Ecossistema da Amyris parte 2 – Cosméticos	125
5.4.	Ecossistema da Amyris parte 3 – Polímeros e Indústria Química	128
5.5.	Ecossistema da Amyris parte 4 – Aromas e Fragrâncias.....	131
5.6.	Ecossistema da Amyris parte 5 – Saúde, Biologia Sintética e Nutracêuticos.	133
5.7.	Ecossistema Total da Amyris e Value Blueprint.	137
5.8.	Alocação dos Desafios e Estágio do Ecossistema da Amyris.....	142
5.9.	Papéis estratégicos	149
5.10.	Novas dimensões – Ecossistema da Empresa.....	150
5.11.	Lições do caso da Amyris	152
6.	ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO NA BIOECONOMIA	155
6.1.	Comparação dos casos estudados – Influência nas dimensões-chaves dos Ecossistemas de Inovação	155
6.2.	Riscos de Co-Inovação e Estratégias.....	159
6.3.	Riscos do Ecossistema Geral e Agentes Agregadores.....	164
6.4.	Contribuições para a abordagem de Ecossistemas de Inovação – Ecossistemas do produto x Ecossistema da Empresa	165
6.4.1.	Competição entre ecossistemas (análise do produto) e relação entre diferentes produtos/mercados (análise da empresa)	168
6.4.2.	Outras contribuições.....	169
7.	CONCLUSÕES	172
8.	REFERÊNCIAS	176

1. INTRODUÇÃO

As constantes preocupações com os impactos ambientais provocados pelas emissões de gases de efeito estufa (GGE) têm levado diversos países a redefinirem suas economias de forma a atingir metas de sustentabilidade. As diversas Conferências das Partes (COP), como a COP 21 de Paris em 2015 e mais recentemente a COP 24 de Katowice, em 2018, são exemplos desse esforço conjunto para promover a transição de uma economia baseada em recursos fósseis para uma economia de baixo carbono.

Além das preocupações ambientais, outro *driver* que motiva o desenvolvimento de uma economia mais sustentável é a busca por alternativas que possam garantir o suprimento energético e não-energético dos países. No ano de 2016 a indústria de petróleo e gás natural foi responsável por 82,6% da energia primária utilizada no mundo, por 96% da produção de energia utilizada pelo setor de transporte (92% de petróleo e 4% de gás natural) e por 44% (56% se for acrescentado o carvão) do que foi destinado à indústria para soluções não energéticas (IEA, 2019a).

Até o ano de 2014, os elevados preços do petróleo também tinham funcionado como *driver* para essa transição. No entanto, a partir de meados desse mesmo ano, o preço do barril de petróleo começou a cair drasticamente, chegando a atingir o valor de \$28,94 (Brent) em janeiro de 2016 (NASDAQ, 2019). Atualmente esse valor, apesar de oscilar, ainda permanece baixo, em 4 de janeiro de 2019 estava cotado a \$57,06 (Brent) (NASDAQ, 2019). Essa queda no preço do petróleo inviabilizou alguns projetos de utilização de matéria-prima renovável em substituição às fósseis que se mostravam viáveis a valores de \$80-\$100 por barril de petróleo. Essa mudança no cenário mundial vem enfatizar o aspecto econômico do conceito de desenvolvimento sustentável e reforçar a ideia de que novos produtos e processos não devem ser vistos apenas como uma forma de mitigar os impactos ambientais provocados pelo desenvolvimento humano; mais do que isso, eles se apresentam como oportunidades que devem ser estudadas e exploradas na forma mais eficiente possível.

Outros *drivers* incluem o avanço da biotecnologia industrial, que tem proporcionado o surgimento de novas rotas para a produção de químicos e

biocombustíveis, o interesse crescente pela economia circular¹, a busca por segurança na produção de alimentos e a perspectiva da inovação tecnológica como saída da crise (Bomtempo & Alves, 2014).

Neste contexto surge o conceito de Bioeconomia. Um dos primeiros registros da utilização desse termo foi em 2009 em um relatório da OCDE intitulado “*The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda*” (OCDE, 2009)². Neste relatório a Bioeconomia é definida como:

Um mundo onde a biotecnologia contribui para uma parcela significativa da produção econômica. A Bioeconomia emergente, provavelmente será global e orientada pelos princípios do desenvolvimento sustentável e sustentabilidade ambiental. A Bioeconomia envolve três elementos: conhecimento biotecnológico, biomassa renovável, integração entre aplicativos (OCDE, 2009, p.8).

Nota-se que nesta primeira conceituação, a biotecnologia tem o papel principal de promover a transição dos recursos fósseis para os renováveis. Numa definição feita pela Comissão Europeia em 2012, a Bioeconomia se refere à “produção de recursos biológicos renováveis e a conversão destes recursos e fluxos de resíduos em produtos de maior valor agregado, como alimentos, ração, produtos *biobased* e bioenergia” (Comissão Europeia, 2012). Observa-se nesta segunda definição a ênfase na utilização do fluxo de resíduos e uma orientação dos produtos gerados.

Mais recentemente, no início de 2017, o Conselho de Ministros dos Países Nórdicos (NCM - *Nordic Council of Ministers*) publicou um relatório no qual a Bioeconomia “consiste na gestão de recursos biológicos renováveis e sua conversão em alimentos, ração, produtos *biobased* e bioenergia através de tecnologias inovadoras e

¹ Definição: Economia circular é um sistema industrial que é restaurativo ou regenerativo por intenção e design (Ellen MacArthur Foundation, 2012).

² Na década de 1970, Georgescu-Roegen cunhou o termo “*bioeconomics*” para uma nova abordagem da economia. De acordo com o autor “O termo pretende fazer com que tenhamos em mente continuamente a origem biológica do processo econômico e assim destacar o problema da existência da humanidade com uma limitada reserva de recursos acessíveis, desigualmente localizados e desigualmente apropriados”. O autor buscou integrar mais profundamente os componentes ambientais e sociais da atividade econômica humana nas economias desenvolvidas (Gowdy & Mesner 1998).

eficientes” (NCM, 2017). Nota-se que nesta definição as tecnologias de conversão não são necessariamente biotecnológicas.

A partir de um conjunto de definições de Bioeconomia (OECD, 2009; Comissão Europeia 2012; CNI, 2013; NBM, 2017; VTT *Technical Research Center of Finland*, 2012; BR&D Board, 2019) é possível identificar algumas características-chave:

- É baseada no conceito de desenvolvimento sustentável, necessitando atender às demandas ambientais, econômicas e sociais;
- Tem como matéria-prima recursos renováveis (produzidos para este fim ou fluxo de resíduos);
- Utiliza tecnologias de conversão sustentáveis, sejam elas por rota bioquímica, química ou termoquímica;
- Gera produtos energéticos e não-energéticos;
- É dependente de inovações tecnológicas e organizacionais (novos modelos de negócios);
- É intersetorial, enfatizando a necessidade de surgimento de novas conformações de cadeias de valor.

No sentido de incentivar a Bioeconomia, algumas instituições e países têm buscado orientar empreendedores, pesquisadores e formuladores de políticas a práticas que auxiliem nesse crescimento. Além dos relatórios apresentados, outros exemplos são: o *“From the Sugar Platform to Biofuels and Biochemicals”* organizado pelo Diretório Geral de Energia da Comissão Europeia (2015), onde são citados 94 produtos químicos derivados de açúcares renováveis (Comissão Europeia, 2015); o *“Meeting Policy Challenges for a Sustainable Bioeconomy”* da OECD (2018) que foca nos desafios políticos para o desenvolvimento principalmente de pequenas e médias refinarias; o *roadmap* tecnológico organizado pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2017) *“Delivering Sustainable Bioenergy”*, que examina o papel da bioenergia à luz das mudanças no cenário energético nos últimos cinco anos; e o *“The Bioeconomy Initiative: implementation framework”* do *Biomass Research and Development Board* (BR&D Board), que fornece uma estrutura para as agências federais abordarem os principais desafios científicos e técnicos que limitam a expansão da Bioeconomia nos Estados Unidos (BR&D Board, 2019).

Esses são apenas alguns exemplos do que tem sido discutido no mundo sobre a Bioeconomia. Apesar do grande interesse, todas essas publicações confirmam que os desafios ainda são bastante significativos, o que também tem sido apresentado pela literatura científica (Philp, 2018). Duas razões para a presença de tamanhos desafios são: a necessidade de desenvolvimento tecnológico para conseguir competir com os derivados de petróleo e a forte característica intersetorial que indica uma mudança de paradigma nas cadeias de valor tradicionais. Essa mudança é motivada, dentre outros fatores, pela mudança de matéria-prima, aproximando, por exemplo, empresas de especialidades químicas do agronegócio.

Reconhecendo os desafios da Bioeconomia, os relatórios citados frequentemente recomendam algumas ações para enfrentá-los. O *Delivering Sustainable Bioenergy* (IEA, 2017), por exemplo, propõe as seguintes ações:

- Desenvolver e implementar sistemas de governança de sustentabilidade internacionalmente reconhecidos que cubram todos os bioprodutos e que apoiem as melhores práticas de sustentabilidade e estimulem a inovação;
- Criar uma estrutura política estável e de longo prazo para a bioenergia, aumentar a confiança dos investidores e permitir a produção sustentável de bioenergia;
- Identificar e remover as barreiras administrativas desnecessárias à implantação da bioenergia, de acordo com os objetivos de sustentabilidade.

Diante dessas recomendações, surge a necessidade de questionar como esses sistemas de governança, políticas e medidas de redução de barreiras poderiam ser criados. Apesar do reconhecimento dos desafios, há ainda a necessidade de identificar uma abordagem que possa endereçar e discutir tais desafios.

Buscando compreender o dinamismo, principalmente de indústrias emergentes, surge o conceito de Ecossistemas de Inovação. Um ecossistema de inovação é um conjunto de arranjos colaborativos e competitivos através do qual atores econômicos combinam as suas ofertas individuais em uma solução coerente voltada para o cliente (Moore, 1993; Adner 2006). Num ecossistema de inovação, as empresas co-evoluem em torno de um produto/processo inovador sendo direcionados por um ou mais líderes que

estimulam os membros do ecossistema a buscarem um objetivo que os fará lucrar conjuntamente (Moore, 2006; Adner & Kapoor, 2010; Iansiti & Levien, 2004).

Uma das principais contribuições desse conceito é a ideia de que uma empresa não faz parte apenas de uma indústria, mas sim de um ecossistema que cruza diversas indústrias. Libertando-se das fronteiras setoriais tradicionais, a análise passa a ser mais focada em atores, indústrias e processos específicos da inovação em questão. Outra contribuição se refere à ênfase dada aos arranjos cooperativos e não apenas aos competitivos. Essa dimensão já tinha sido abordada em trabalhos anteriores (Nalebuff & Brandenburger, 1997), mas tendo a cooperação como elemento para aumentar o valor de um produto/processo, mais do que um elemento essencial para a criação de valor propriamente dita. A literatura de Ecossistemas de Inovação discute como a cooperação entre agentes de diferentes indústrias torna-se um elemento crucial no processo de inovação (Moore, 1993; Adner & Kapoor, 2010; Adner 2006).

Como foi visto, muitas instituições têm debatido sobre as melhores formas de se estimular a Bioeconomia, principalmente para mitigar impactos ambientais e reduzir as dependência das fontes fósseis, mas pouco tem sido discutido sobre como acessar sistematicamente as dimensões-chave das inovações na Bioeconomia de forma a enfrentar os desafios que ela apresenta e ainda, construir estratégias que garantam às empresas o ganho de vantagem competitiva. A abordagem analítica de Ecossistema de Inovação atende essas demandas uma vez que responde questões referentes aos desafios competitivos e cooperativos associados à inserção de empresas novas e estabelecidas nesse ambiente em estruturação.

Buscar compreender todos os setores que envolvem a Bioeconomia, no entanto, é uma atividade desafiadora. Uma forma de simplificar a análise é selecionar uma parcela da Bioeconomia para a partir dela desenvolver uma análise mais específica. Bozell & Petersen (2010) contribuíram nessa discussão sobre produtos-chave da Bioeconomia ao mostrarem que o desenvolvimento de uma biorrefinaria depende de duas metas estratégicas: a energética e a econômica. A energética foca na substituição do grande volume de petróleo para fins de transporte por biocombustíveis, como etanol e biodiesel, que estão associados a baixos preços e elevados volumes. A econômica visa a produção de químicos de base renovável que estariam associados a baixos volumes e

preços elevados. Outros autores também seguem essa divisão, como Menon & Rao (2012), Cherubini (2010) e Mohan *et al.* (2015). Nesta tese, o amplo espectro de produtos potenciais da Bioeconomia foi simplificado a dois produtos que se julgou representativos dos desafios de estruturação: a produção de biocombustíveis e a produção de químicos de base renovável.

Além das demandas da Bioeconomia, tem-se as demandas da abordagem de Ecossistemas de Inovação. Por ser uma abordagem relativamente nova – tendo ganho maiores repercussões a partir de 2011 (Gomes *et al.*, 2016) – seus fundamentos ainda não estão plenamente estabelecidos. Um desses fundamentos é a determinação se a análise deve ser sobre um produto (Moore, 2006; Weil *et al.*, 2014; Overholm, 2014), sobre uma empresa (Iansiti & Levien, 2004; Adner & Kapoor, 2010, Santos & Eisenhardt, 2005), ou ainda se abordagem tem flexibilidade para atender as duas perspectivas.

Somando as demandas tanto da Bioeconomia quanto da abordagem de Ecossistemas de Inovação é possível questionar: Quais as dimensões-chave para análise dos Ecossistemas de Inovação na Bioeconomia? Como diferentes segmentos da Bioeconomia influenciam nessas dimensões? Como criar estratégias para mitigar os riscos da inovação na Bioeconomia? E ainda: O elemento focal de uma análise de EI é um produto ou uma empresa?

Considerando os questionamentos acima, o objetivo dessa tese foi: identificar os pontos críticos do processo de inovação dentro dos EIs de forma a contribuir para o desenvolvimento de estratégias empresariais para a Bioeconomia. Esse objetivo geral pode ser segmentados nos seguintes objetivos específicos:

- Identificar as dimensões-chave dos Ecossistemas de Inovação no contexto da Bioeconomia;
- Construir e analisar os Ecossistemas de Inovação de dois casos da Bioeconomia, um relacionado a produção de um biocombustível e outro relacionado a produção de químicos de base renovável e alto valor agregado;
- Comparar os ecossistemas de forma a identificar diferenças e semelhanças entre as dimensões-chave dos EIs.

- Analisar os ecossistemas construídos identificando pontos críticos para contribuir na criação de estratégias empresariais para a Bioeconomia.
- Verificar a aplicabilidade da abordagem para dois elementos focais: produto e empresa;
- Verificar diferenças e semelhanças nessa aplicação, assim como suas contribuições específicas para cada caso;

Para atender esses objetivos serão analisados dois estudos de caso da Bioeconomia, o do etanol de segunda geração e da empresa Amyris.

Além desta Introdução, esta tese ainda conta com outros 6 capítulos. No capítulo 2 foi feita uma revisão da literatura sobre ecossistemas de inovação visando a identificação das suas principais dimensões e a discussão sobre a contribuição teórica desta tese. No capítulo 3 foi descrita a metodologia utilizada na tese. Nos capítulos 4 e 5 foram construídos e analisados os ecossistemas de dois casos da Bioeconomia. No capítulo 6 foi realizada uma discussão comparativa entre os dois casos endereçando as questões levantadas pela tese. E, por fim, no capítulo 7 foram apresentadas as conclusões do trabalho, assim como suas limitações e sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo inicialmente apresenta uma breve revisão de sistemas de inovação (seção 2.1) para então revisar a abordagem de Ecossistemas de Inovação. A discussão sobre EI está dividida em: exploração do seu conceito (seção 2.2), propostas de estratégias (seção 2.3), estruturas, classificação dos desafios e estágios evolucionários (seção 2.4), *Value Blueprint* e alternativas de reconfiguração do ecossistema (Seção 2.5) e fluidez do conceito (Seção 2.6). Na última seção (seção 2.7) será discutida a lacuna identificada nesta revisão e a contribuição teórica desta tese.

2.1. Sistemas de Inovação

A abordagem sistêmica da inovação teve início com o conceito de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) (Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Nelson, 1993). A base do conceito é a análise de oferta/demanda, mas incorpora também outros atores como institutos de pesquisa, agências governamentais e universidade. Essa abordagem considera um contexto nacional voltado principalmente para soluções através de políticas públicas.

Freeman (1987) desenvolveu o conceito de Sistema Nacional de Inovação buscando compreender a formação de arranjos produtivos e inovadores eficientes, que permitiram países – principalmente através de suas empresas – se desenvolverem economicamente. Segundo o autor, o SNI seria “a rede de instituições dos setores público e privado, cujas atividades e interações iniciam, importam, modificam e difundem novas tecnologias.” (Freeman, 1995).

Em 1992, Lundvall publicou o livro *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, onde definiu o Sistema de Inovação (SI) como um conjunto de componentes discretos e a relação entre eles. Para o autor, as estruturas de produção e a definição institucional são as duas dimensões mais importantes para definir um SI. A abordagem de Lundvall (1992) reconheceu que a organização dos SI é influenciada por fatores econômicos, políticos e culturais que ajudam a determinar a escala, direção e sucesso de todas as atividades de inovação.

Impulsionados pela ideia de globalização, outras derivações surgiram a partir do conceito de SNI. Carlsson e Stankiewicz (1991) desenvolveram o conceito de Sistema

Tecnológico. De acordo com os autores, um Sistema Tecnológico é definido como uma rede de agentes interagindo num segmento econômico, sobre uma infraestrutura institucional, envolvidos na geração, difusão e uso de tecnologias. A base do Sistema Tecnológico é o fluxo de conhecimentos e competências, que se materializa numa rede dinâmica de agentes e organizações.

Também buscando outras fronteiras que não as nacionais, surgiu o conceito de Sistemas Regionais de Inovação (SRI). Cooke (2001) estudou os SRIs com o objetivo de reduzir o nível de agregação das análises presente na literatura de SNI. O autor trabalhou a perspectiva regional tentando explicitar o impacto da localização de indústrias de alta tecnologia, parques tecnológicos, redes de inovação e políticas públicas de incentivo à inovação. A cooperação sistêmica, a mútua dependência e o associativismo são características explicitadas nos sistemas regionais de inovação. Em outro artigo, o autor apresenta o SRI para o caso da biotecnologia, onde o principal ator são as universidades, no entanto, para transferir a ciência básica do laboratório para o mercado são necessárias cadeias complexas e interativas de transações entre cientistas, empresários e vários intermediários. Proximidade de serviços, como hospitais de pesquisa para ensaios clínicos, cria um sistema de inovação (Cooke, 2002).

Apesar da corrente teórica de SRIs trazer a especificidade da análise para o nível regional, uma outra corrente da literatura buscou ser ainda mais particular a um dado segmento. Malerba e Orsenigo (1996) introduziram o conceito de Sistema Setorial de Inovação, cuja análise se baseia na ideia de que diferentes setores operam em diferentes regimes tecnológicos. As principais diferenças entre as abordagens de Sistema Nacional de Inovação (SNI) e Sistema Setorial de Inovação (SSI) estão relacionadas com as fronteiras delimitadas para estudo. Enquanto os SNI são limitados por fronteiras nacionais, a abordagem de SSI estuda sistemas que podem ser locais, nacionais ou multinacionais. Muitas vezes essas três dimensões coexistem em um setor. Além disso, os SNIs resultam da composição de diferentes setores, alguns dos quais são tão importantes que dirigem o crescimento da economia nacional.

Pela definição de Malerba (2002, 2006), um setor é um conjunto de atividades que são unificadas por alguns grupos de produtos direcionados para uma determinada ou emergente demanda e que compartilham algum conhecimento comum.

No artigo de Geels (2004) o autor aponta alguns pontos de discussão sobre a teoria de sistemas setoriais da inovação com intuito de fazer contribuições sobre questões que teriam sido deixadas em aberto. A primeira contribuição é incorporar explicitamente o lado do usuário na análise. Assim, a unidade de análise é ampliada de SSI para sistemas sócio-técnicos. A segunda contribuição é sugerir uma distinção analítica entre os sistemas, os atores envolvidos neles, e as instituições. Em terceiro lugar, o autor aponta as Instituições como parte integrante da análise e que não devem apenas ser usadas para explicar inércia e estabilidade, mas também para conceber interações dinâmicas entre atores e estruturas.

De modo a aprofundar os estudos sobre SSI, Malerba (2006) redefine a estrutura da abordagem de sistemas setoriais em três dimensões principais:

- **Conhecimento e Domínio Tecnológico:** Essa dimensão é essencial para delimitar o setor, uma vez que qualquer setor pode ser caracterizado por uma base específica de conhecimento.
- **Atores e Redes:** Caracteriza o setor uma vez que reúne todos os seus agentes. Esses agentes podem ser pessoas ou organizações. E ainda essas organizações podem ser empresas ou outras instituições, como universidades, instituições financeiras e agências governamentais. Essas organizações também podem ser partes da empresa, como departamentos de P&D e produção. Esses atores são caracterizados por específicos processos de aprendizado, competências, crenças, objetivos, estruturas organizacionais e comportamentos que interagem através de processos de comunicação, troca, cooperação, competição e comando.
- **Instituições:** As Instituições incluem normas, rotinas, hábitos comuns, práticas estabelecidas, regras, leis, padrões, entre outros. As interações entre os agentes são moldadas pelas Instituições.

Malerba (2006) explica que o Conhecimento e o Domínio Tecnológico não se distribuem automaticamente entre as empresas, e para que eles possam ser absorvidos, as empresas precisam acumular diversas habilidades. Essa apropriação vai depender de duas dimensões: o grau de acessibilidade e o grau de acúmulo.

Em relação à dimensão Atores e Redes, o autor destaca que os principais atores são as empresas, no entanto acrescenta a contribuição dos fornecedores e, principalmente, dos usuários na análise do setor. Outras organizações como universidades, órgãos financiadores, agências governamentais, entre outras, suportam a inovação, a difusão de tecnologia e a produção pelas empresas. Dentre diferentes setores, o papel de cada um desses agentes pode variar enormemente.

A última dimensão é formada pelas Instituições. Para o autor, elas desempenham um papel importante por afetarem a taxa de mudança tecnológica, e a organização da atividade de inovação. Elas podem surgir como resultado de decisão planejada por empresas ou outras organizações, ou como consequência imprevista da interação dos agentes. Elas também podem ser nacionais ou pertencer a um setor específico. Muitas vezes, as características das Instituições nacionais favorecem setores específicos que se encaixam melhor nas especificidades dessas Instituições. Assim, em certos casos, alguns sistemas setoriais se tornam mais predominantes em um país do que em outros, porque as Instituições existentes nesse país proporcionam um ambiente mais adequado para a inovação.

Ainda que a teoria de SSI tenha evoluído e se reconfigurado de modo a identificar os principais elementos para a promoção da inovação, ela ainda não captura completamente as especificidades de uma inovação que atinja múltiplas indústrias, justamente por ser baseada em um único setor com fronteiras bem definidas. No contexto de uma economia baseada em matérias-primas renováveis, assim como outras indústrias bastante dinâmicas, é comum que elementos essenciais para uma inovação estejam além das fronteiras tradicionais de um setor. Outras teorias, como a de cadeia de fornecimentos (Lee *et al.*, 1991) e cadeia de valor (Porter, 1985; Zamora, 2016) também não estudam a fundo tais dimensões.

Baseado no conceito de Sistemas Tecnológicos (Carlsson e Stankiewicz, 1991), Bergek *et al.* (2008) apresentam um constructo analítico que buscou capturar a dinâmicas de um sistema de inovação e de vários processos-chave, que foram denominados ‘funções’ (Edquist, 2005; Hekkert *et al.*, 2007). Essas funções influenciam o desenvolvimento, a difusão e o uso de novas tecnologias.

Bergek *et al.* (2008) mostraram que um Sistema Tecnológico de Inovação (STI), pode atravessar vários setores quando o foco é um campo de conhecimento e não necessariamente um produto. No entanto, essa análise intersetorial é condicionada ao estudo de um conhecimento que atinja várias indústrias, e não necessariamente um produto/processo que agregue conhecimentos de diversos setores – situações comuns na Bioeconomia.

A característica intersetorial da Bioeconomia também está relacionada com os frequentes níveis emergentes das tecnologias que dificultam a definição das fronteiras por serem bastante dinâmicos.

Outro aspecto que não é explorado nas abordagens de SSI e STI é a transformação das relações entre os atores conforme a inovação ganha espaço e o setor amadurece. Os desafios, tanto competitivos quanto cooperativos, mudam conforme a indústria evolui, o que acarreta a necessidade de as relações entre atores econômicos também evoluírem. A abordagem de SSI vem para configurar uma estrutura que facilita a compreensão entre os fluxos de informação para a geração do conhecimento (Araújo *et al.*, 2011; Oltra & Jean, 2016; Furtado *et al.*, 2010), no entanto, essa visão acaba se tornando estática, dificultando a compreensão da dimensão temporal do processo de inovação e consequente amadurecimento da indústria.

Como alternativa para a literatura de sistemas de inovação, vários autores têm explorado o conceito de Ecossistemas de Inovação como uma nova abordagem para indústrias dinâmicas e em nascimento. Na próxima seção será vista a exploração do conceito e suas repercussões nas estratégias empresariais; sua estrutura, desafios e estágios; e a evolução do conceito e a comparação com outras literaturas.

2.2. Ecossistemas de Inovação – Explorando o conceito

No campo das estratégias de negócio, diversos autores têm identificado a importância de expandir o foco de análise para além das fronteiras da empresa, principalmente em mercados dinâmicos onde a inovação é uma fonte primordial de vantagem competitiva (Teece, 2007; Adner & Kapoor, 2010; Moore, 1993). Neste contexto surge a abordagem de Ecossistemas de Inovação como uma proposta de

compreender como cada ator econômico envolvido no processo de inovação enfrenta os desafios que o novo produto/processo traz.

Um dos primeiros autores a introduzir o conceito de *ecossistema* no campo dos negócios foi James Moore em 1993 em seu artigo *Predators and Prey*. O autor apresentou o conceito de Ecosistema de Negócios (do inglês, *business ecosystem*) onde destacava a importância de uma empresa se ver não apenas como membro de uma indústria, mas como parte de um ecossistema que cruza diversas indústrias. Uma das principais contribuições está em analisar as empresas de outros setores com a mesma relevância que se estuda as empresas de sua indústria, ou até mais, caso seja reconhecido que tais empresas são essenciais para o seu ecossistema de negócio.

Num artigo mais recente, Moore (2006) descreve um ecossistema de negócio como comunidades intencionais de atores econômicos cujos negócios individuais compartilham em grande medida o destino de toda a comunidade. De acordo com o autor, num ecossistema de negócio, um grupo de empresas trabalha cooperativamente e competitivamente para apoiar novos produtos, satisfazer as necessidades dos clientes e, eventualmente, incorporar uma nova rodada de inovações. Esse processo ocorre principalmente através da co-evolução³ entre as empresas: uma complexa interação entre as estratégias de negócios competitivas e cooperativas. Essas empresas co-evoluem em torno de uma inovação e desenvolvem seus ecossistemas sendo direcionados por um agente líder que estimula os membros do ecossistema a buscar um objetivo que os fará lucrar conjuntamente. Um exemplo de uma empresa líder é a Apple no campo da música digital com o iPod, que cruzou a indústria de *software*, *hardware*, música, acessórios e outras. Entretanto, é importante perceber que durante o desenvolvimento dos ecossistemas as empresas líderes podem mudar, como no caso da IBM e Apple no ecossistema de computadores pessoais e do WalMart e Kmart no ramo do varejo (Moore, 1993).

Adner (2012) também enfatiza a presença de um agente líder o qual é responsável por construir uma *value blueprint* (conceito que será explorado em seguida)

³ O termo “co-evolução” também é originado da ecologia, tendo como definição um processo onde espécies interdependentes provocam mudanças uma na outra de forma se desenvolverem mutua mente (Baterson, 2002)

que crie valor para o consumidor final, assegure que todas as partes sejam beneficiadas pela inovação e que ainda gere valor suficiente para justificar seus próprios esforços e riscos da inovação. Muitas vezes, assume-se equivocadamente que o primeiro a entrar no mercado com uma inovação será o líder dessa indústria, no entanto, como foi mostrado por Teece (1986) o tipo de regime de apropriação⁴, o *timing* do surgimento do *design* dominante⁵ (Utterback, 1994) e, principalmente, a presença de ativos complementares⁶, podem redirecionar os lucros de uma inovação tecnológica para os outros *players* que não o inovador. Em consonância com o que foi discutido por Teece (1986), Adner (2006) identifica ameaças semelhantes nos ecossistemas de negócio. Em seu artigo, Adner (2006) usa o termo ecossistema de inovação (do inglês, *innovation ecosystem*). Apesar da diferença entre os nomes – *innovation* e *business* –, os conceitos são bastante semelhantes e vem sendo utilizados como sinônimos por vários autores (Dedehayir *et. al.*, 2014; Overholm, 2014; Rong *et al.*, 2015). De acordo com Adner (2006), um ecossistema de inovação é um conjunto de arranjos colaborativos através do qual as empresas combinam as suas ofertas individuais em uma solução coerente voltada para o cliente.

Uma das principais características do ecossistema é criar um valor para o consumidor que uma empresa individualmente não seria capaz. Os agentes de um ecossistema criam valor ao consumidor final através de um sistema inter-relacionado mais do que na forma de empresas individuais. Esse aspecto da abordagem está em consonância com o que foi colocado por Teece (1986) sobre os ativos complementares, onde existe uma dependência de outros atores para capturar o valor da inovação. Nalebuff & Brandenburger (1997) enfatizaram a cooperação como elemento para o aumento do valor do produto/processo, no entanto, a abordagem de ecossistemas de

⁴ Um regime de apropriação refere-se aos fatores ambientais, excluindo a estrutura da empresa e do mercado, que governam a capacidade de uma empresa inovadora de capturar os lucros gerados por uma inovação.

⁵ O *design* dominante se refere a uma estrutura que atende a um conjunto completo de necessidades dos usuários. O *design* dominante é aquele que ganha a lealdade do mercado, e para o qual os concorrentes e inovadores devem aderir se eles esperam comandar uma parcela significativa do mercado (Abernathy & Utterback, 1978)

⁶ Os ativos complementares são ativos especializados e co-especializados que atendem a inovação. (Teece, 1986)

inovação vem para enfatizar a essencialidade da cooperação para que o valor seja criado e não apenas expandido.

Ecossistemas de inovação são sistemas comerciais onde cada *player* contribui com um componente específico de uma solução conjunta (Clarysse *et al.* 2014; Christensen & Rosenbloom, 1995). Eles ainda podem ser descritos como uma rede de empresas que coletivamente produzem valor ao consumidor (Dedehayir *et al.*, 2014; Tiwana *et al.*, 2010). Reconhecendo isso, Adner (2006) afirma que para o sucesso de uma inovação é necessário que a empresa monitore seus parceiros e potenciais adotantes tanto quanto monitorea seus próprios processos. Essa forte dependência de outras empresas agrega novos riscos que muitas vezes não são inseridos nas estratégias empresariais, levando uma potencial inovação ao insucesso.

2.3. Ecossistemas de Inovação e as Estratégias Empresariais.

Para elaborar uma estratégia em um ecossistema de inovação, Adner (2006) destaca a análise de três principais riscos: *riscos de iniciativa*, que são os próprios riscos do gerenciamento do projeto; *riscos interdependentes*, que são os riscos de coordenar as inovações complementares; e os *riscos de integração*, presentes na adoção de processos ao longo da cadeia de fornecimento. Na Figura 1, um fluxograma indica a necessidade de estudar esses três riscos e suas influências na mudança da *expectativa* que a empresa focal tem sobre a inovação.

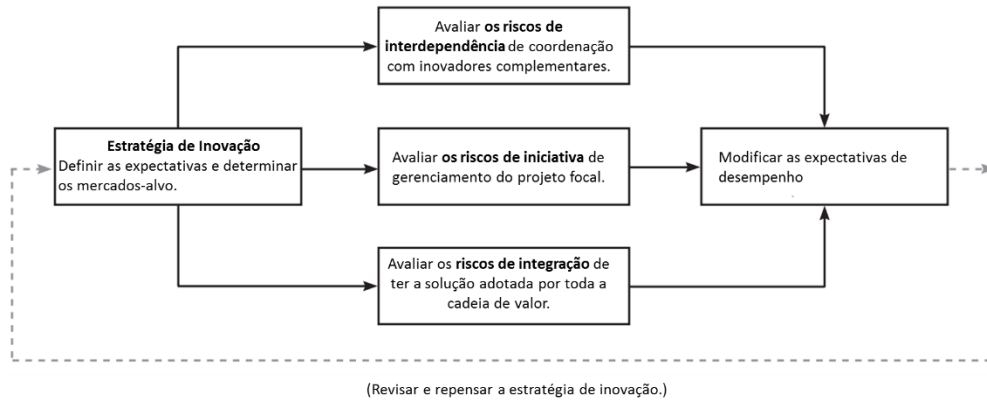


Figura 1: Formulação de uma estratégia de ecossistema. Fonte: Adaptado de Adner (2006)

A reformulação dessas estratégias muitas vezes apresenta resultados que não seriam percebidos caso fossem analisados somente os riscos de iniciativa. Por exemplo, a avaliação dos riscos externos (de integração e de interdependência) pode resultar em um atraso no lançamento de um novo produto para o mercado, em prol de um aperfeiçoamento de outros parceiros da cadeia de valor.

Iansiti & Levien (2004) mostraram que dentro de um ecossistema os agentes podem adotar três papéis estratégicos, o de *keystone*, o de *dominador* e o de *nicho*. O *keystone* é aquele *player* que vai melhorar o desempenho do ecossistema através do fornecimento de ativos comuns para o ecossistema, como no caso do sistema operacional *Windows* da Microsoft. Através do sucesso do ecossistema como um todo, o *keystone* garante sua própria sobrevivência e prosperidade, isto é, o *keystone* colocado por Iansiti & Levien (2004), exerce a função da empresa líder citada por Moore (1993) ou empresa focal citada por Adner & Kapoor (2010).

Para seguir a estratégia de *keystone*, o *player* deve provocar dois efeitos principais: a criação de valor dentro do ecossistema e a garantia de que esse valor irá ser compartilhado entre os outros *players*. Para isso, muitas vezes é utilizado um ativo do tipo plataforma. De acordo com Gawer & Cusumano (2014) uma plataforma externa, ou industrial, é definida como produtos, serviços ou tecnologias desenvolvidas por uma ou mais empresas, que servem como bases sobre as quais um número maior de empresas pode construir inovações complementares e potencialmente geradoras de efeitos de rede. Esse efeito de rede é uma característica constantemente citada na

literatura de plataforma e ecossistemas, e se refere à crescente valorização da plataforma conforme se aumenta o número de usuários. Está associada também a um custo de mudança do consumidor que tende a ficar fiel àquela plataforma.

A estratégia de *dominação* visa integrar, verticalmente ou horizontalmente, uma grande parte das redes do ecossistema; ao fazer isso o dominador detém uma maior porção do valor criado. Quanto maior o dominador se torna, menores são as chances de que se crie um ecossistema de grande relevância. Nesta situação, o dominador ganha a maior parte do valor criado, mas em compensação tem a maior responsabilidade sobre o destino do negócio.

A estratégia de *nicho* é a seguida pela maior parte das empresas, principalmente se o ecossistema possuir um *keystone* relevante. Os participantes dos nichos visam desenvolver capacidades que os diferenciem das outras empresas. Estes *players* muitas vezes são ofuscados pelo *keystone* e dependem dele. No entanto, são responsáveis por grande parte da criação de valor do ecossistema.

Para facilitar a tomada de decisão sobre que papel estratégico seguir, Iansiti & Levien (2004) apresentam um *framework* que leva em consideração duas características do ecossistema: o nível de turbulência e inovação e a complexidade dos relacionamentos entre os *players*. A Figura 2 mostra quatro quadrantes: no cenário mais simples, onde tanto a turbulência quanto a complexidade dos relacionamentos é baixa, os autores destacam a presença das *commodities*⁷. Quando o nível de turbulência e inovação é alto, mas as relações entre os *players* são mais simples, as estratégias de nichos seriam mais apropriadas já que começam a aparecer no ecossistema oportunidades de adquirir capacidades especializadas, focando em alavancar os ativos de outras empresas. Nesta situação é possível gerenciar o fluxo de conhecimento ao se especializar – já que as redes de relacionamento são simples – e atender a necessidade de outra empresa. No entanto, quando o nível de turbulência e inovação são baixos – o que ocorre com frequência em indústrias maduras – mas as relações são complexas, a tendência é as empresas se integrarem, seguindo a estratégias de dominação, adquirindo maior retorno da criação de valor. E, por fim, na situação onde ambas

⁷ Os autores não entram em estratégias específicas, sendo enfatizado os outros três quadrantes

variáveis são altas, aparece a oportunidade de ser o agente principal na criação de relações entre os agentes relevantes para o ecossistema, sem, no entanto, ser o detentor dos conhecimentos especializados, ou seja, deve-se optar pela posição de *keystone*.

Num mesmo ecossistema, mais de um agente pode seguir a estratégia de *keystone*. O mais bem-sucedido será aquele que melhor enfrentar os desafios competitivos e cooperativos presentes no ecossistema de inovação.

O principal foco da elaboração de estratégias empresarias na abordagem de EI é lidar com a dependência de outros atores. Esse é um reflexo do elemento principal da abordagem que é a necessidade da cooperação no processo de inovação. Soma-se ainda a característica dos EIs em seres multisetoriais, trazendo a complexidade das relações entre atores de diferentes indústrias.

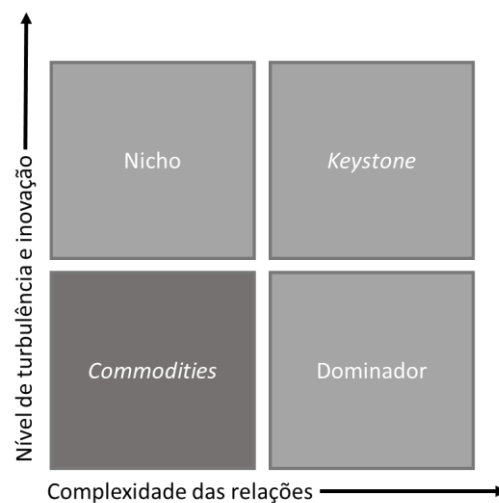


Figura 2: Framework das estratégias no ecossistema. Fonte: Iansiti & Levien (2004).

2.4. Estruturas, desafios e estágios evolucionários dos Ecossistemas de Inovação.

Essa seção visa discutir três principais dimensões dos EI que frequentemente aparecem inter-relacionadas: estruturas, desafios e estágios evolucionários. Cada uma dessas dimensões será discutida, assim como a relação entre elas.

Adner & Kapoor (2010) desenvolveram um *framework* que discute que tão importante quanto a *magnitude* dos desafios é a *localização* destes dentro do ecossistema. Os autores estruturam o ecossistema em três partes principais: a empresa focal, os componentes (principalmente fornecedores) e os complementadores (empresas que desenvolvem inovações complementares às da empresa focal para entregar o produto final para o consumidor). Essas três partes podem ser identificadas na Figura 3.

No processo de inovação, além dos desafios internos à empresa focal, surgem também os desafios dos complementadores e dos componentes que podem ser altos ou baixos. Para cada situação os autores discutem as consequências desses desafios, conforme o *framework* da Figura 4.

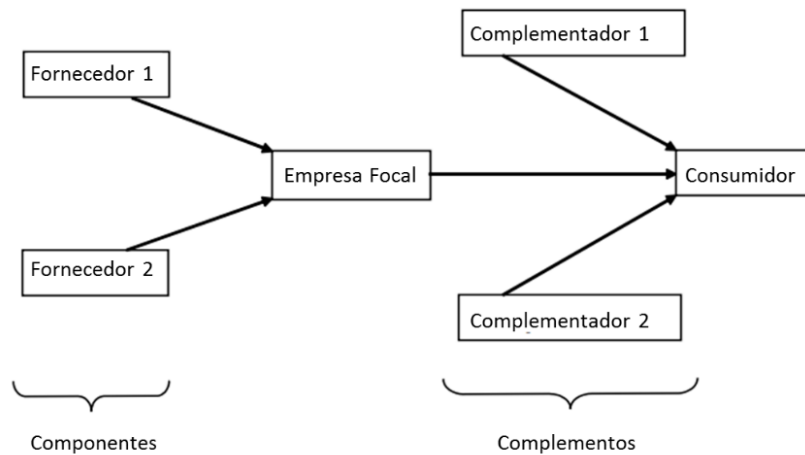


Figura 3: Esquema genérico de um ecossistema Fonte: Adaptado de Adner & Kapoor (2010).

		Desafios externos dos complementadores	
		Baixo	Alto
Desafios externos dos componentes	Baixo	Desafios internos de inovação.	Desafios internos de inovação + Restrição externa de consumo.
	Alto	Desafios internos de inovação + Restrição externa de produção.	Desafios internos de inovação + Restrição externa de consumo e produção.

Figura 4: *Framework* sobre os efeitos dos desafios do ecossistema de inovação. Fonte: Adaptado de Adner & Kapoor (2010).

Percebe-se que altos desafios nos complementadores causam restrições ao consumo e altos desafios relacionados aos componentes causam restrições de produção. É simples concluir que o cenário de maiores incertezas é o quadrante inferior direito, onde ambas as situações ocorrem. Poder-se-ia pensar que os quadrantes, inferior esquerdo e superior direito, ambos com apenas um desafio externo alto, teriam a mesma influência na vantagem do líder tecnológico – neste contexto é a empresa focal a desenvolver a inovação principal – no entanto, como foi verificado por Adner & Kapoor (2010), os desafios nos componentes aumentam a vantagem de desempenho do líder tecnológico, enquanto os desafios nos complementos diminuem essa vantagem. Essas duas hipóteses foram testadas pelos autores através de um estudo de caso sobre a

indústria de equipamentos litográficos de semicondutores, a qual passou por nove gerações de inovação.

Sobre a primeira hipótese – que desafios nos componentes aumentam a vantagem de desempenho do líder – os autores defendem que ao buscar soluções para estes desafios a empresa focal se aproxima e melhora sua coordenação com seus fornecedores, facilitando novos ciclos de projeto e desenvolvimento. Essa aproximação aumenta a oportunidade de aprendizado e acúmulo de conhecimento tácito sobre essa inovação que dificultará a imitação pelos concorrentes e permitir o avanço mais rápido na curva de aprendizado pela empresa focal.

Já em relação à segunda hipótese – que os desafios nos complementadores diminuem a vantagem de desempenho do líder – os autores mostraram que os complementadores compõem a proposição de valor ao consumidor, e que ao reduzir essa criação de valor, a taxa de adoção da inovação é reduzida. Isso prejudica a empresa focal de duas formas diferentes. Primeiro, permite aos concorrentes tempo para se informar e imitar o líder antes que esse adquira uma participação relevante no mercado. Segundo, as baixas taxas de adoção irão reduzir a habilidade da empresa em ganhar experiência, o que atrasa também o avanço na curva de aprendizado no seu período de exclusividade.

A estrutura de ecossistema colocada por Adner & Kapoor (2010) aparece de forma bastante simples no modelo, considerando que a própria base da abordagem é a compreensão de uma rede complexa de atores – de múltiplas indústrias – interagindo. O que de fato acontece são várias empresas buscando estruturar seus ecossistemas em torno da inovação. Considerando mais de uma empresa buscando a inovação, a estrutura dos principais agentes do ecossistema pode ser descrita, ainda de forma simples, na Figura 5. Aqui o objetivo é mostrar algumas das complexidades que podem aparecer nos ecossistemas, como a competição por um mesmo componente e a presença de diferentes estratégias em relação ao número de componentes/complementos.

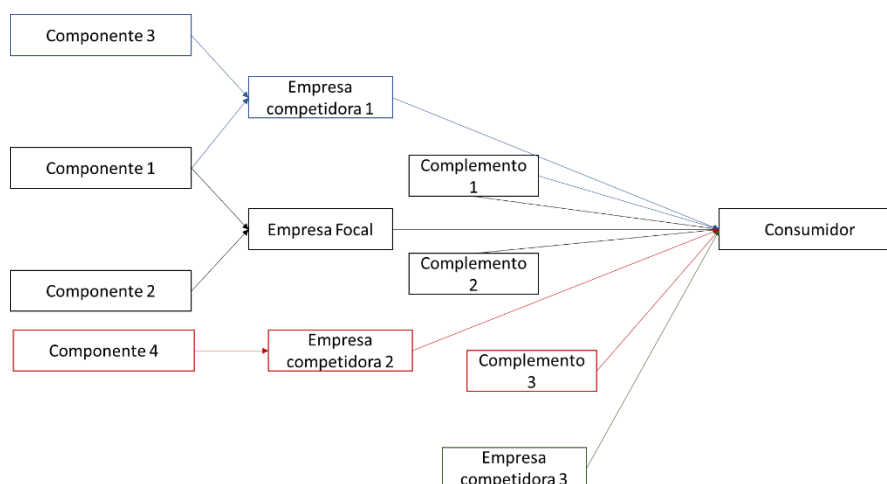


Figura 5: Exemplo de um esquema genérico do arranjo dos ecossistemas. Fonte: Elaboração própria.

Iansiti & Levien (2004) enfatizaram que além dos componentes e complementadores, outras organizações também fazem parte do ecossistema e devem ser consideradas na elaboração de estratégias, como: agências financiadoras, instituições de ciência e tecnologia, empresas competidoras, consumidores, agências reguladoras, possíveis substitutos, entre outros. Os autores também apresentam o conceito de domínios de negócios, ou seja, organizações e indústrias com as quais o futuro do ecossistema está mais intimamente ligado. A Tabela 1 mostra um exemplo de um recorte dos principais domínios de negócios do ecossistema liderado pela Microsoft.

Tabela 1: Domínios de Negócio do Ecossistema de Negócios para computadores pessoais

Domínio	Número de Empresas
Sistemas integradores	7752
Companhias de serviço em desenvolvimento	5747
Revendedores dos Campus	4743
Revendedores de software independentes	3917
Empresas de treinamento	2717
Revendedores gerais de alto valor agregado	2580
Empresas pequenas de especialidades	2252
Revendedores especiais de alto valor agregado	2156
Provedores de serviço de <i>hosting</i>	1379
Provedores de serviço de <i>internet</i>	1253
Consultores de negócios	938
Companhias de suporte de <i>software</i>	675
Empresas consumidoras de eletrônicos	467
Revendedores não segmentados	290
Lojas de mídia	238

Fonte: Iansiti & Levien (2004)

Adner & Kapoor (2010) e lansiti & Levien (2004) apresentaram diferentes formas de analisar a estrutura de um ecossistema. Enquanto Adner & Kapoor (2010) fazem uma análise com foco sobre um determinado agente, lansiti & Levien (2004) analisam o conjunto de indústrias conectadas. Para os fins desta tese, essas duas formas de estudo serão tratadas como estrutura focal e geral, respectivamente. Os líderes dos ecossistemas focais são representados por aquelas empresas que criam valor para o consumidor final, assegurando que todas as partes se beneficiem da inovação. Quando se observa o ecossistema geral é possível identificar agentes que podem deter um certo poder sobre o futuro do ecossistema, mas não são necessariamente as empresas líderes do ecossistema focal. Esses agentes ficam responsáveis por conectar diferentes ecossistemas focais, estruturando o ecossistema geral. São exemplos, fornecedores comuns a duas ou mais empresas focais e órgãos públicos de fomento à inovação.

Uma vez que o ecossistema surge, Moore (1993) mostra que este passa por quatro estágios evolucionários: nascimento, expansão, liderança e renovação/morte. A Quadro 1 apresenta os desafios cooperativos e competitivos referentes a cada estágio do ecossistema, segundo Moore (1993).

Apesar dos quatro estágios bem definidos, Moore (1993) afirma que um ecossistema pode falhar e desaparecer em qualquer dos estágios evolucionários. Além das próprias falhas estratégicas da empresa líder, um ecossistema pode ser substituído por outro por uma inovação de ruptura⁸. Dedehayir *et. al.* (2014) analisaram como três inovações de ruptura (baquelite, fornos de micro-ondas e fotocópia) reconfiguraram um ecossistema existente e quais variáveis determinaram sua nova orientação. Entre os principais resultados, foi identificado que quanto maior a modularidade⁹ da inovação de ruptura, o mais provável é que novos atores entrarão no ecossistema e que novas fontes de receita surgirão. A ideia de modularidade e plataformas tecnológicas frequentemente cruza a literatura de ecossistema de inovação, uma vez que tal

⁸ Refere-se a uma inovação que inicialmente atende um segmento nicho que aparentemente não ameaça o setor principal da qual aquele nicho faz parte. Com o tempo essa inovação ganha performance de forma a penetrar cada vez mais em outros segmentos, rivalizando com a tecnologia incumbente e posteriormente a eliminando, provocando a ruptura (Christensen, 1997).

⁹ A modularidade é um atributo de um sistema complexo que visa a criação de estruturas baseadas na minimização da interdependência entre módulos que podem ser recombinaados para obter novas configurações sem a perda da funcionalidade ou desempenho do sistema (Campagnolo & Camuffo, 2010).

modularidade permite que diversas indústrias trabalhem sobre uma mesma plataforma (Tiwana *et al.*, 2010; Gawer & Cusumano, 2014).

Quadro 1: Estágios do Ecossistema de Negócios.

Estágios Evolucionários dos Ecossistemas de Negócio		
	Desafios Cooperativos	Desafios Competitivos
Nascimento	Trabalhar com clientes e fornecedores para definir a nova proposta de valor em torno de uma semente de inovação.	Proteger suas ideias de outras pessoas que possam produzir ofertas semelhantes. Amarrar os clientes críticos e os principais fornecedores e canais.
Expansão	Trazer a nova oferta a um grande mercado, trabalhando com fornecedores e parceiros para intensificar a oferta e para atingir o máximo de cobertura de mercado.	Derrotar implementações alternativas de ideias semelhantes. Certificar-se de que a sua abordagem é o padrão de mercado em sua classe através de segmentos de mercado-chave dominantes.
Liderança	Fornecer uma visão promissora para o futuro que encoraja os fornecedores e clientes a trabalhar juntos para continuar a melhorar a oferta integrada.	Manter forte poder de negociação em relação aos outros participantes no ecossistema, incluindo os principais clientes e fornecedores valiosos.
Renovação	Trabalhar com os inovadores para trazer novas ideias para o ecossistema existente.	Manter elevadas barreiras à entrada para evitar que os inovadores criem um ecossistema alternativo. Manter altos custos de mudança para os clientes, a fim de ganhar tempo para incorporar novas ideias em seus próprios produtos e serviços.

Fonte: Adaptado de Moore (1993).

Overholm (2014) mostrou como novas oportunidades são descobertas e criadas quando um ecossistema está no estágio de nascimento. O ecossistema em emergência cria essas oportunidades de duas formas: ele pode promover uma *oportunidade cognitiva*, ajudando os empreendedores a entenderem como se estruturar dentro do ecossistema para promover a criação de valor, ou então, uma *oportunidade prática* para a entrada no mercado, de forma que novos empreendimentos possam entrar no ecossistema criado e interagir com parceiros da mesma forma que o criador do ecossistema. O aproveitamento dessas oportunidades leva ao crescimento e à reconfiguração do ecossistema.

Uma limitação da abordagem de Ecossistemas de Inovação é a ausência de um foco específico para normas e leis – também chamado de *Instituições* pela literatura de Sistemas Setoriais de Inovação (Malerba, 2006) – de um ecossistema. Esse ambiente de leis, normas, rotinas, regras e práticas que moldam as interações entre os agentes do ecossistema é dado como fixo por grande parte dos autores. Apesar de Gomes *et al.* (2016) reconhecerem que as empresas podem realizar esforços para gerenciar (direta e indiretamente) reguladores, mídia, clientes, complementadores inovadores e outros

atores, esse aspecto não é enfatizado por muitos autores do conceito. No contexto da Bioeconomia esse aspecto torna-se relevante já que as *Institutions* não são tão rígidas. Novos programas, leis, regulamentos são criados ou reestruturados com uma frequência maior do que muitas indústrias estabelecidas.

2.5. Value Blueprint e Reconfiguração dos Ecossistemas de Inovação

Nesta seção será discutido como ocorre a reconfiguração de um ecossistema frente aos desafios discutidos na seção anterior. Para isso será apresentada uma ferramenta chamada *Value Blueprint*. No livro “*The Wide Lens*”, Adner (2012) introduz essa ferramenta com a proposta de deixar explícita as dependências do ecossistema. A *Value Blueprint* tem uma forte relação com a proposição de valor dos modelos de negócio¹⁰ (Chesbrough, 2010; Teece, 2010), mas além da proposição e formas de captura de valor, o modelo identifica e mensura as dependências do ecossistema. Para a construção de uma *Value Blueprint*, Adner (2012) mostra que são necessárias seis etapas de identificação (1. consumidor final, 2. proposta de valor do projeto, 3. fornecedores, 4. Intermediários, 5. complementadores e 6. riscos.) e uma etapa de classificação das dependências – das de menor risco para maior risco. O autor propõe que essa classificação seja feita por cores: verde para baixo risco, amarelo para médio e vermelho para alto. O autor ainda ressalta a constante realimentação e atualização da ferramenta. A Figura 6 mostra uma *Value Blueprint* genérica.

¹⁰ Teece (2010) explica que a essência de um modelo de negócio é definir a maneira pela qual uma empresa entrega valor a seus clientes, os instiga a pagar por tal entrega e converte tais pagamentos em lucro.

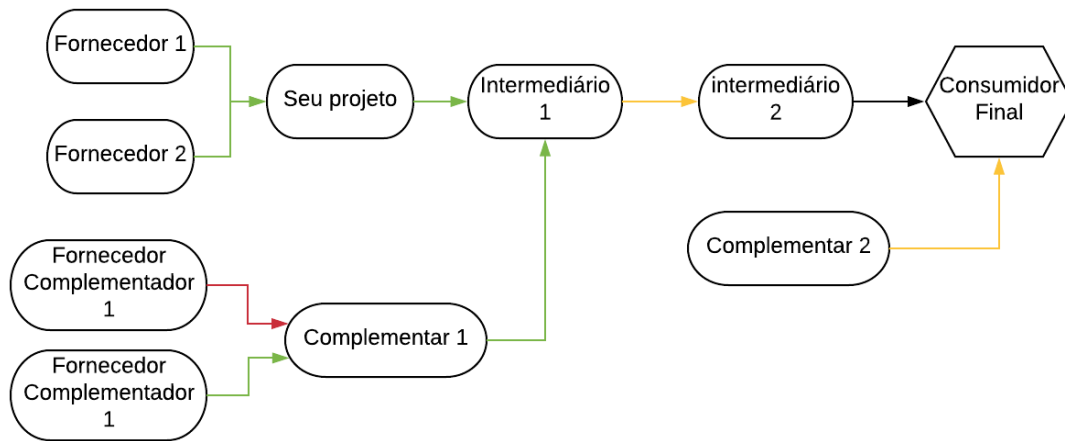


Figura 6: *Value Blueprint* Genérica. Fonte: Adaptado de Adner (2012)

A partir das análises de estrutura focal e *Value Blueprint*, Adner (2012) explica que existem três etapas de configuração do ecossistema:

- **Ecosistema Mínimo Viável (EMV):** É a menor configuração de elementos que juntos ainda conseguem criar um valor comercial único;
- **Expansão Sequencial:** Configuração que permite que elementos sejam adicionados ao ecossistema de forma que cada nova contribuição aumente o valor proposto e facilite a entrada de um novo elemento.
- **Ecosistema *Carryover*:** O processo de alavancagem dos elementos já adicionados em um ecossistema de modo a permitir a construção de um novo ecossistema. Isso poderia acontecer, por exemplo, com uma nova onda de inovação.

Essas etapas não são necessariamente sequenciais. Um ecossistema já poderia surgir com uma configuração de *Carryover*. O que muitas vezes ocorre, no entanto, é a reestruturação de um ecossistema diante das dificuldades de fazê-lo funcionar perfeitamente. A reconfiguração do ecossistema pode ocorrer através de 5 níveis de combinação:

- **Separação:** Existe uma oportunidade de separar elementos inicialmente conectados de forma a criar ou avançar com a proposição de valor?
- **Combinação:** Existe uma oportunidade de combinar elementos antes separados de forma a criar ou avançar com a proposição de valor?

- Realocação: Existe uma oportunidade de mudar os elementos existentes de posição de forma a criar ou avançar com a proposição de valor?
- Adição: Existe uma oportunidade de adicionar novos elementos de forma a criar ou avançar com a proposição de valor?
- Subtração: Existe uma oportunidade de eliminar novos elementos de forma a criar ou avançar com a proposição de valor?

Com base nessas cinco perguntas, Adner (2012) propõe um exercício que busca eliminar os gargalos do ecossistema e permitir que este melhore sua *Value Blueprint*.

2.6. Fluidez do conceito e comparação com outras abordagens

Apesar do primeiro artigo sobre Ecossistemas ter sido publicado em 1993 (Moore, 1993), o conceito vem ganhando força a partir de 2011 (Gomes *et al.* 2016). Assim, alguns pesquisadores buscaram alternativas para sistematizar o que havia disponível na literatura em modelos e *frameworks* específicos. Um exemplo é o trabalho de Rong *et al.* (2015), no qual os autores tomaram como base um *framework* utilizado na literatura de sistemas de redes que analisa o contexto, a configuração e a capacidade da indústria – o framework 3C. Para o caso do ecossistema, foram compilados diversos artigos da nova abordagem para criar um novo *framework* - 6C. O objetivo desse *framework* consiste em eliminar os *gaps* que os autores identificaram na abordagem de *supply-chain* – principalmente a ausência de complementadores - através do conceito de ecossistemas de inovação. O *framework* proposto está descrito na Tabela 2.

Outro indício da fluidez do conceito é a presença de outras literaturas com bases semelhantes nos termos da ecologia, um exemplo é a literatura de Ecossistemas do Conhecimento. De acordo com Clarysse *et al.* (2014), o objetivo da literatura sobre ecossistema de conhecimento é explorar os mecanismos pelos quais organizações geograficamente próximas se beneficiam da sua localização. Segundo Powell *et al.* (2010), para o desenvolvimento de um ecossistema de conhecimento são necessários dois fatores e um mecanismo: (1) diversidade de formas organizacionais e (2) presença de um “inquilino âncora” e o mecanismo de transposição entre domínios. A diversidade organizacional é principalmente responsável por gerar padrões divergentes, múltiplos tipos de regras e uma competitividade construtiva. O “inquilino âncora” possibilita as conexões através da proximidade e ajuda na formação dos diferentes domínios. Já o

mecanismo de transposição entre domínios é o resultado da criação e troca entre as conexões formadas.

Tabela 2: Modelo 6C

3C	6C
Contexto As características da rede de suprimentos, como os <i>drivers</i> , principais barreiras, missões-chaves.	1.Contexto Do ponto de vista do ciclo de vida, diferentes estágios do ecossistema de negócios têm diferentes missões, drivers e barreiras • Estágios do ciclo de vida • Missões • <i>Drivers</i> • Barreiras
	2.Cooperação Reflete os mecanismos pelos quais os parceiros interagem para alcançar objetivos estratégicos comuns • Mecanismo de Coordenação • Sistema de governança
Configuração Elementos e padrões típicos de rede de suprimentos, incluindo funções, relações e arquitetura de informações.	3.Constructo • Estrutura • Infraestrutura
	4.Configuração • Padronização • Relacionamentos externos
Capacidade Os principais recursos de sucesso da rede de suprimento a partir da visão funcional de design, produção, logística de entrada e gerenciamento de informações.	5.Capacidade Os principais recursos de sucesso do Ecossistema de Negócio IoT • Comunicação e Acessibilidade • Integração e Sinergia • Habilidade de Aprendizado • Adaptação e Mobilidade
	6.Mudanças (<i>change</i>) • Reflete o padrão de renovação e evolução do ecossistema de negócio • Renovação • Co-evolução

Fonte: Adaptado de Rong *et al.* (2015)

No exercício de compreender as diferenças entre o ecossistema de inovação e o de conhecimento, Clarysse *et. al.* (2014) resumiram em três fatores os aspectos mais divergentes entre os dois conceitos, conforme pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3: Principais diferenças entre Ecossistema de Conhecimento e de Inovação.

Fator	Ecossistema de Conhecimento	Ecossistema de Inovação
Foco da atividade	Geração de Conhecimento	Valor ao consumidor
Conectividade entre os atores	Aproximação geográfica	Rede de valor
Ator-chave	Universidades e organizações públicas de pesquisa	Empresas líderes

Fonte: Clarysse *et. al.* (2014)

O objetivo principal do trabalho desenvolvido por Clarysse *et. al.* (2014) foi buscar entender se um ecossistema de conhecimento bem-sucedido se transforma consequentemente em um ecossistema de inovação. Através de um estudo de caso com 220 organizações (agências públicas, centros de pesquisa públicos e privados, centros de incubação, universidades, hospitais universitários, empresas privadas, entre outros), os autores verificaram que os ecossistemas de conhecimento não evoluem naturalmente para um ecossistema de inovação, por dois fatores principais: pelo processo de criação de valor entre os dois ecossistemas ser diferente e pela forma como o ator-chave age. No caso do ecossistema de conhecimento o ator não participa diretamente da competição ao contrário do que ocorre no ecossistema de inovação.

Devido à fluidez da abordagem, é comum ocorrerem divergências na sua utilização formal. Além da abordagem de ecossistema de conhecimento, outras interpretações têm ocorrido na literatura de ecossistemas, como a utilização de termos como “*National Innovation Ecosystems*” (Fukada & Watanabe, 2008) e “*Open Innovation Ecosystems*” (Rohrbeck *et al*, 2009).

Ainda assim, a crescente atenção que o conceito de ecossistema de inovação tem recebido desde 2011 reflete o potencial que essa nova abordagem tem de atender demandas que outras teorias de inovação podem não alcançar. Um exemplo é a literatura de *supply-chain*, que apesar de expandir o controle da produção para além da empresa focal, não leva em consideração complementadores importantes para a inovação (Rong *et al.*, 2015).

Outro exemplo é a abordagem de *value-chain*. Apesar de assumir uma maior interação com agentes externos, a abordagem de *value-chain* não inclui organizações que estejam fora das cadeias de suprimento tradicionais e leva em consideração o ambiente externo como fixo (Adner & Kappor, 2010). Já o ecossistema considera que as empresas podem realizar esforços para gerenciar (direta e indiretamente) reguladores, mídia, clientes, complementadores inovadores e outros atores (Gomes *et al.*, 2016), além de considerar o meio externo como em constante transformação.

Pode-se citar também os Sistemas Setoriais de Inovação (Malerba, 2006). Como explicado na seção 2.1, essa abordagem não atinge completamente a análise da dinâmica de transformação das relações entre os atores, nem a identificação dos novos desafios que venham a surgir durante o processo de inovação. As principais características e diferenças entre os conceitos de *supply-chain*, *value-chain*, sistemas setoriais de inovação, ecossistemas de negócios e ecossistemas de inovação podem ser vistas na Tabela 4.

Na Tabela 4 foram diferenciados os ecossistemas de negócio dos de inovação. Essa distinção foi feita por ter sido identificado por Gomes *et al.* (2016) uma pequena diferença entre os conceitos. Enquanto ecossistemas de negócio têm o foco principal voltado para a captura de valor, o ecossistema de inovação tem o foco voltado para a criação de valor.

A abordagem de ecossistema de negócio/inovação ainda está em construção. Apesar disso, vem sendo bastante aplicada em diversos setores como energia solar (Overholm, 2014), biocombustíveis (Weil *et al.*, 2014), fármacos (Li & Garnsey, 2014) equipamentos de rede e comunicação (Li, 2009), e internet (Rong *et al.*, 2015). Outros autores ainda reconheceram a necessidade de expandir a análise para além das fronteiras setoriais, identificando os EIs como uma solução para estudos de inovação na Bioeconomia (Santos e Silva *et al.*, 2019). Vários autores reconhecendo a fluidez da abordagem têm tentado contribuir para deixá-la mais robusta, como os *reviews* de Oh *et al.* (2016) e Gomes *et al.* (2016), o *framework* proposto por Rong *et al.* (2015) e o exercício comparativo de Clarysse *et al.* (2014). Esta tese também visa contribuir para o desenvolvimento da abordagem. A próxima seção discutirá a contribuição teórica da tese.

Tabela 4: Características e diferenças entre os conceitos de *supply-chain*, *value-chain*, sistemas setoriais de inovação, ecossistemas de negócios e ecossistemas de inovação.

	Nível de Análise	Foco Principal	Principais Agentes	Mecanismo de Coordenação
Value Chain - Empresa (Porter, 1985)	Empresa	Reduzir o custo e melhorar os recursos que podem trazer vantagem competitiva por diferenciação	Empresa e seus recursos humanos	Hierarquia gerencial
Value Chain - Indústria (Porter, 1985)	Indústria	Co-especialização, poder de barganha e relações entre parceiros.	Firma, clientes e fornecedores	Contratos Formais
Supply Chain (Lee <i>et al.</i> , 1991)	Rede de Fornecimento	Fluxo de material e informação ao longo da cadeia	Fornecedores e montadores	Contratos Formais
SSI (Malerba, 2006)	Setor	Criação de valor no setor	Empresas do setor	<i>Institutions</i>
Ecossistema de Negócio (Moore, 1993)	Ecossistema	Captura de Valor, localização dos atores e integração	Fornecedores, complementares de empresas focais e clientes	Governança do ecossistema, contratos formais (com fornecedores), acordos informais com complementadores
Ecossistema de inovação (Adner, 2006; Adner & Kapoor, 2010)	Ecossistema	Co-criação de valor; Localização de atores, integração, desafios distribuídos entre parceiros e complementadores	Fornecedores, complementares de empresas focais e clientes	Governança do ecossistema, contratos formais (com fornecedores), acordos informais com complementadores

Fonte: Modificado a partir de Gomes *et al.* (2016)

2.7. Contribuição teórica – Ecosistema do Produto x Ecosistema da Empresa

A abordagem de ecossistemas de inovação veio evoluindo rapidamente nas últimas duas décadas, no entanto, ainda apresenta elementos que precisam ser melhor explorados para garantir sua ampla aplicabilidade. Em primeiro lugar, e mais imediato, tem-se a necessidade de definição do elemento focal para que o ecossistema possa ser construído, isto é, a definição se o ecossistema é do produto/serviço ou da empresa. Moore (1993) argumenta que o ecossistema é do produto (computadores pessoais, reprodutor de mídia mp3, etc.). No entanto, o próprio autor ocasionalmente se refere ao “ecossistema da Apple” ou “ecossistema da Microsoft”. Muitas vezes essa questão é irrelevante já que uma empresa pode ser caracterizada e analisada a partir de um produto-chave e vice-versa. Já outros pesquisadores (Adner, 2006; Iansiti & Levien, 2004) tomam como elemento focal a empresa, que busca desenvolver um produto. Apesar de parecer sutil, a diferença é bastante importante no exercício de delimitar as fronteiras de estudo. A Tabela 5 classifica algumas referências da abordagem de ecossistemas de inovação em relação aos seus elementos focais.

Tabela 5: Variação do foco da análise para diferentes literaturas

Foco	Autor(es)	Ano	Tipo
Produto	Moore	1993	Teórico
	Moore	2006	Teórico
	Weil et al.	2014	Estudo de Caso
	Overholm	2014	Estudo de Caso
Empresa	Iansiti & Levien	2004	Teórico
	Adner	2006	Teórico
	Adner & Kapoor	2010	Teórico
	Santos & Eisenhardt	2005	Teórico
	Li	2009	Estudo de caso

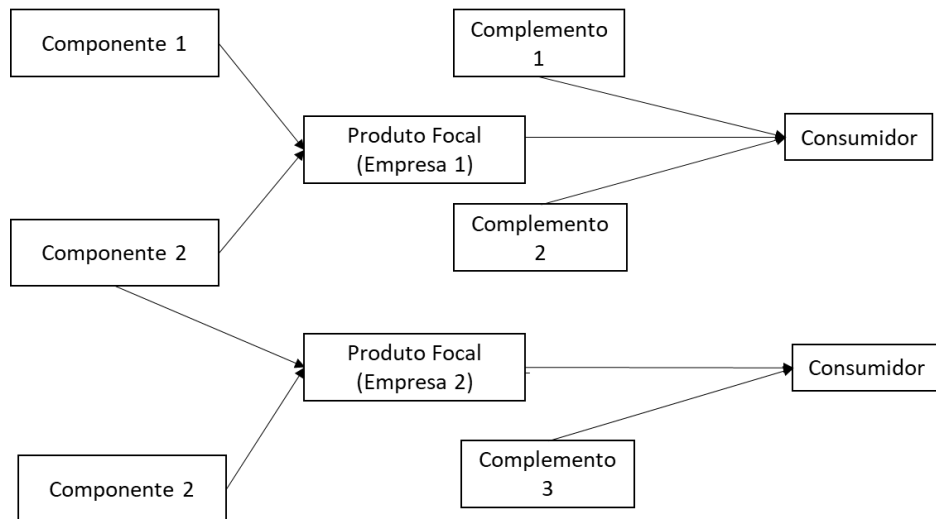
Fonte: Elaboração própria.

Se o produto for considerado o elemento focal, automaticamente todas as empresas que produzem aquele produto estão incluídas na análise. Se a empresa for considerada como elemento focal, surgem duas possibilidades. Em primeiro lugar a possibilidade de analisar um produto específico daquela empresa. Nesse caso, segue-se da mesma forma que o caso anterior, os concorrentes continuam a aparecer na análise para verificar as dimensões competitivas e cooperativas.

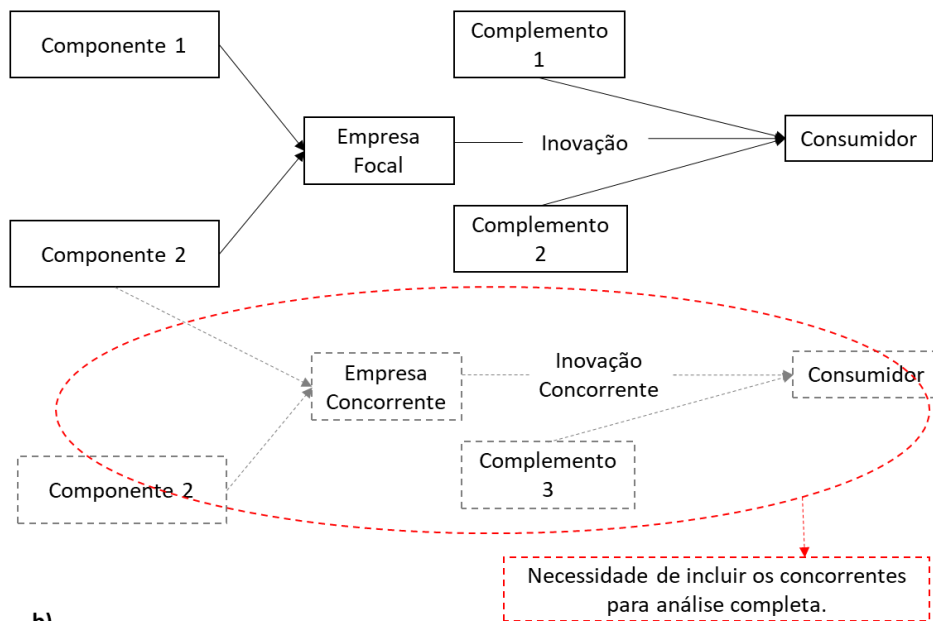
A segunda possibilidade seria considerar a empresa como elemento focal sem definir um produto específico. Nesta situação, o ecossistema da empresa será feito considerando todos os produtos que ela produz, o que conseqüentemente passa a incluir uma nova dimensão na análise que é a relação entre os produtos da mesma empresa. A criação de plataformas tecnológicas (Gawer & Cusumano, 2014) que suportem outros produtos, é um exemplo de como essa complementaridade pode ser importante, exigindo do investigador uma análise intrafirma mais profunda. A Figura 7 mostra as três situações mencionadas.

Considerando a análise sobre o produto, outra questão pouco explorada pela abordagem de EI é a competição entre ecossistemas. Considerando uma análise de produto focal, diferentes ecossistemas focais podem competir e cooperar num ambiente que, para esta tese, será chamado de ecossistema geral. Alguns trabalhos levam em consideração múltiplos ecossistemas focais inseridos no ecossistema geral, mas não discutem as especificidades da concorrência entre esses ecossistemas, buscando enfatizar os aspectos cooperativos (Overholm, 2014; Li & Garnsey, 2014). Alguns trabalhos abordam brevemente essa questão, mas restringem a análise sobre aspectos específicos dos setores estudados (Weil et al., 2014; Rong et al. 2015). Moore (1993) deu início a essa discussão, porém não foi muito explorada pelos trabalhos teóricos seguintes (Iansiti & Levien, 2004; Santos & Esenhardt, 2005; Adner & Kapoor, 2010; Adner, 2013).

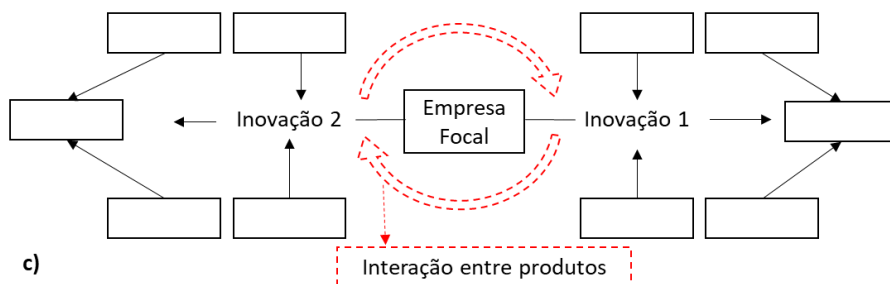
Considerando a análise sobre a empresa, uma questão pouco explorada é a relação entre os diferentes produtos da empresa e a presença de produtos que promovam o efeito de rede (Gawer & Cusumano, 2014; Rong et al. 2015) fora dos setores de tecnologias digitais e tecnologias de informação. Novos produtos *biobased* da Bioeconomia podem se comportar como plataformas tecnológicas - químico plataforma (Bomtempo *et al*, 2017) - ao que se refere ao seu potencial de atingir vários mercados. A dinâmica de construção e readaptação de empresas com esses tipos de produtos aparecem com frequência na Bioeconomia, no entanto, elas devem ser estudadas através de uma análise sistemática capaz de capturar todas suas dimensões-chave.



a)



b)



c)

Figura 7: Variação das estruturas de análise dos ecossistemas em função do elemento focal. a) Produto como elemento focal. b) Empresa como elemento focal (produto

especificado) c) Empresa como elemento focal (sem produto especificado). Fonte:
Elaboração própria.

Assim, esta tese irá avaliar dois ecossistemas. Um que contém empresas competidoras – análise tomando o produto como elemento focal - e um que contém uma empresa com um portfólio de produtos inter-relacionados – análise tomando a empresa como elemento focal.

3. METODOLOGIA

Este capítulo, dividido em 4 seções, descreve a metodologia utilizada no trabalho. A primeira seção apresenta o processo de escolha dos casos estudados visando atender os objetivos aplicados e teóricos da tese. A segunda seção mostra como foram selecionadas as dimensões-chave dos ecossistemas de inovação. Por fim, as seções três e quatro discorrem sobre a construção e análise dos Els.

3.1. Escolha dos casos

Considerando o que foi discutido nos Capítulos 1 e 2, a primeira etapa desta metodologia foi a escolha dos casos a serem estudados. O principal desafio desta etapa foi atender às demandas tanto da contribuição aplicada quanto da teórica. A demanda aplicada foca em estudar dois casos que representem bem a Bioeconomia, enquanto a teórica foca em estudar os Els sob as perspectivas da empresa e do produto.

Como já foi apresentado, Bozell & Petersen (2010) propõem uma visão com um foco em biocombustíveis e outro em químicos de alto valor agregado. Essa visão engloba dois grupos de produtos que são frequentemente citados nas definições de Bioeconomia (Comissão Europeia, 2012; NCM, 2017; BR&D Board, 2019). Assim, primeiramente, buscou-se estudar ecossistemas que envolvessem a produção de biocombustíveis e químicos de base renovável de forma a acessar parte considerável do que se tem definido como Bioeconomia.

Buscando atender a demanda teórica, esta tese também focou em casos que pudessem ser apresentados sob as perspectivas de produto e empresa. Dessa forma, foram investigados casos que apresentassem um conjunto de empresas gerando um produto (biocombustível) e uma empresa gerando vários produtos (químicos de base renovável e de alto valor agregado).

Outra condição para a seleção dos casos estudados foi a presença dos atores dos ecossistemas de inovação no Brasil. O objetivo dessa condição foi permitir o acesso a esses atores para buscar validar os resultados encontrados, através de realização de entrevistas, reduzindo a subjetividade das análises. Essa etapa será melhor explicada na seção 3.3 (Entrevistas Semi-Estruturadas - Etapa de validação).

Aplicando esses critérios foi possível chegar a dois casos da Bioeconomia: a produção de etanol de segunda geração (análise do produto) e a produção dos químicos de base renovável da empresa Amyris (análise sobre a empresa).

As duas próximas subseções entram em detalhes sobre esses dois casos, justificando suas escolhas.

3.1.1. Etanol de segunda geração

O etanol tem sido o principal biocombustível utilizado no mundo tendo como principais produtores os EUA e o Brasil (IEA, 2019b). De acordo com um relatório produzido pela IEA em 2011, a participação dos biocombustíveis para fins de transporte deverá aumentar de 4% para 27% até o ano de 2050 (IEA, 2011). No entanto, um relatório mais recente, que acompanha o desenvolvimento do etanol para rastrear esse aumento, mostrou que apesar de etanol convencional estar “*on track*”, o avançando precisa acelerar em 25 vezes a sua produção para atingir a quantidade estimada de 57 bilhões L (1,6 EJ) para 2025 (IEA, 2017).

A principal diferença entre o etanol convencional, também chamado de primeira geração (1G) e o avançado, também chamado de segunda-geração (2G), está na matéria-prima utilizada. Enquanto que os biocombustíveis tradicionais são derivados de produtos alimentícios, como milho e cana-de-açúcar, os avançados visam a utilização de matéria-prima não-alimentícia, como a palha do milho e o bagaço de cana-de-açúcar.

O atraso em relação ao avanço do etanol 2G registrado pela IEA é um obstáculo importante, pois grande parte do aumento em volume de biocombustíveis esperado para 2050 depende dos produtos avançados, principalmente por questões de uso da terra e segurança alimentar.

O etanol 2G ainda se qualifica como candidato para esta tese por ter tido um histórico rico de empresas participantes. Seis empresas chegaram a construir suas plantas comerciais, sendo que três delas tiveram seus projetos desativados. Tanto os projetos ativos quanto os desativados permitem uma análise enriquecedora, pois respondem sobre quais desafios foram, ou não, superados. O número de empresas participantes também permite uma análise de concorrência entre ecossistemas focais, como foi colocado na seção 2.7.

O número de participantes interessados no etanol 2G também é um reflexo dos incentivos governamentais que o biocombustível vem recebendo. No Brasil, por exemplo, houve o Programa de Apoio ao Setor Sucroenergético e Sucroquímico (PAISS) entre 2011 e 2014, o qual tinha uma linha temática exclusivamente para o etanol 2G; e atualmente está ocorrendo o desenvolvendo a Política Nacional de Biocombustíveis ou Renovabio, que visa o aumento das produções de etanol e biodiesel no Brasil. Nos EUA, o *Biomass Program* é um exemplo de programa que também direcionou um foco específico em biocombustíveis de origem celulósica.

Outros estudos também identificaram a análise de ecossistemas de inovação como adequada para estudar as dimensões intersetoriais do etanol 2G (Santos e Silva, *et al.*, 2019). Considerando as características apresentadas, o etanol 2G atendeu os requisitos para esta tese na representação de um produto-chave da Bioeconomia.

3.1.2. Amyris e seus químicos de base renovável

A Amyris é uma empresa criada na Califórnia (EUA) que está presente em vários segmentos da Bioeconomia. Isso porque ela produz químicos de base renovável capazes de ser aplicados em diferentes segmentos como, cosméticos, polímeros e fragrâncias.

A Amyris tem sua origem no setor farmacêutico, mas começou a ampliar seu negócio após o desenvolvimento da molécula de trans- β -farneseno¹¹. O farneseno é um químico de base renovável sem substituto fóssil que apresenta uma gama de aplicações quando submetido a outros processos químicos, como hidrogenação e polimerização. De forma geral, o farneseno por ser usado para gerar: solventes, emolientes, materiais de alto desempenho, adesivos, fragrâncias, surfactantes, estabilizadores, resinas, espumas, revestimentos, selantes, emulsificantes e precursores de vitaminas (Comissão Europeia, 2015). A Figura 8 mostra uma divulgação da Amyris sobre as possibilidades de mercados a partir do farneseno.

¹¹ Nesta tese será descrito apenas como farneseno ou pelo seu nome comercial, Biofene.

Na busca por uma *commodities*, construímos uma plataforma tecnológica



Figura 8: Aplicações do farneseno. Fonte: Traduzido a partir de Biofuels Digest (2018a)

Apesar de atualmente a empresa ser focada na produção de químicos, a Amyris ainda teve uma experiência de aproximadamente 10 anos no setor de biocombustíveis. O farneseno foi inicialmente pensando para o mercado de biocombustíveis, pois apresentava a capacidade de gerar um diesel renovável. O farneseno chegou a ser utilizado em frotas de ônibus em São Paulo e Rio de Janeiro até o final de 2012. A empresa também fez parcerias com as empresas aéreas Azul e Gol, no Brasil para voos de demonstração comercial e com a Cathay Pacific, para voos comerciais regulares entre Toulouse e Paris (Exame, 2014).

A presença em ambos os segmentos de biocombustíveis e químicos, faz da Amyris uma empresa com vasta experiência na Bioeconomia. Buscar compreender as motivações por trás das escolhas da Amyris em determinar seus mercados de atuação é uma das vantagens de tomar esse caso como referência para esta tese.

Como foi apresentado na seção 2.7, a perspectiva da análise voltada para a empresa, permite verificar a relação entre os diferentes produtos gerados. O esqualeno, por exemplo, é um produto da Amyris derivado do farneseno que abriu grandes possibilidades de negócios para a empresa¹². A análise da Amyris também permite

¹² O capítulo 5 entrará em detalhes sobre os produtos e mercados da Amyris.

estudar outro aspecto levantado na seção 2.7, um ecossistema baseado em produtos químicos tipo plataforma, isto é, aqueles que tenham propriedades que permitem atuação em diferentes segmentos.

Outra vantagem de estudar o caso da Amyris é a presença da empresa no Brasil. A Amyris construiu sua primeira planta comercial, Brotas 1, localizada no estado de São Paulo. A presença na Amyris no país também se deu pela criação da subsidiária Amyris Brasil, em 2008 (Amyris, 2016a). Essa presença facilitou o acesso a informação sobre o desenvolvimento do ecossistema da empresa. A Amyris ainda possui o capital aberto desde 2010, e publica regularmente seus relatórios anuais, os quais também foram uma importante fonte de consulta para esta tese.

Para finalizar as principais vantagens de tomar o caso da Amyris, o farneseno, um de seus primeiros e principais produtos, foi reconhecido por diferentes organizações como um dos principais químicos de base renovável da Bioeconomia, quatro exemplos de relatórios que destacam o farneseno são:

- Comissão Europeia (2015): *From the Sugar Platform to biofuels and biochemical*;
- IEA (2012): *Biobased Chemicals: Value added products from biorefineries*;
- BIO (2018): *Renewable Chemical Platforms Building the Biobased Economy*;
- RSC (2016): *Biomass sugar for non-fuel applications*.

Assim, esses dois casos, etanol 2G e Amyris, atendem às demandas dessa tese por permitir tanto a análise de produto *versus* empresa quanto representaram dois segmentos-chave da Bioeconomia – biocombustíveis e químicos de base renovável. Esses dois casos ainda contribuem para o estudo por representarem espectros opostos da Bioeconomia, enquanto o etanol 2G é um produto bastante conhecido, com mercado já estabelecido e que teve vários momentos de incentivos em diversos países, a Amyris é um exemplo de empresa que surgiu com uma nova e desconhecida proposta de biocombustível e se reestruturou para passar a produzir novos produtos químicos de base renovável. As próximas seções descrevem como os Els do etanol 2G e da Amyris foram construídos e analisados.

3.2. Identificação das Dimensões-chave

Para a identificação das dimensões-chave dos EI foi realizada inicialmente uma revisão da literatura sobre a abordagem. Para acessar os trabalhos publicados sobre o assunto foi utilizada a base de periódicos *Web of Science*. As palavras-chaves para a busca foram: “*Innovation Ecosystem*” e “*Business Ecosystem*”, uma vez que já tinha sido identificado por pesquisadores da área a similaridades entre as definições (Gomes *et al.*, 2016). Esse exercício se deu em 2015, portanto os artigos foram resgatados entre os anos de 1993 (primeira publicação) até o final de 2014. Os dez artigos mais citados foram selecionados para leitura completa, enquanto que paralelamente foi feita uma categorização dos restantes com base no título e resumo. Essa avaliação inicial contava com 413 artigos.

No entanto, a partir do segundo semestre de 2016, foi identificado o aumento expressivo (72% de aumento em relação a 2014) da produção de novos artigos sobre o tema, inclusive a presença de novos artigos do tipo *review*. Dessa forma, mudou-se a metodologia para uma análise de 3 artigos *Review* que tinham sido publicados. O estudo mais completo desses três foi o de Gomes *et al.*, (2016), e foi utilizado como referência para a identificar as principais literaturas sobre a abordagem de Ecossistemas de Inovação. Esse trabalho apresentou uma versão atualizada dos 10 artigos mais citados e, como o resultado de uma investigação sobre os constructos da abordagem, 6 artigos mais relevantes. A Tabela 6 mostra as referências identificadas por Gomes *et al.*, (2016).

Tabela 6: Conjunto de Artigos para a análise das dimensões-chave dos EIs.

Artigos mais citados	Nº de Citações	Artigos do constructo de EI
Teece (2007)	1136	Moore (1993)
Moore (1993)	222	Moore (1996)
Santos & Eisenhardt (2005)	190	Iansiti & Levien (2004)
Adner & Kapoor (2010)	156	Adner (2006)
Iansiti & Levien (2004a)	151	Adner & Kapoor (2010)
Adner (2006)	137	Gawer & Cusumano (2002)
Vargo (2009)	71	
Gawer & Cusumano (2008)	67	
Carayannis & Campbell (2009)	66	
Rohrbeck <i>et al.</i> (2009)	41	

Fonte: Gomes *et al.*, (2016)

Além da análise dos artigos publicados, também foram investigados os livros mais citados nos artigos. O principal deles é o de Adner (2012) "*The Wide Lens*". Dessa forma esse livro foi incluído no conjunto de literaturas a serem analisadas para a determinação das dimensões-chave dos EI. A partir dessas referências, pôde-se destacar as dimensões apresentadas na Figura 9. Essas dimensões podem ser classificadas através de suas co-dependências, gerando assim, dimensões de primeiro, segundo e terceiro nível. Por exemplo, a *value blueprint* é uma dimensão de terceiro nível ao demandar dimensões do primeiro (estratégias e desafios) e do segundo nível (estrutura focal). As referências que mais enfatizam cada dimensão estão descritas na Figura 9. A ausência de uma referência específica em algum quadro da Figura 9, indica que essa dimensão foi mais generalizada entre as publicações, não podendo ser atribuída a um artigo específico.

As dimensões apresentadas na Figura 9 já foram exploradas no Capítulo 2. Na próxima seção será detalhado como essas dimensões foram exploradas em cada um dos casos estudados.

Durante a construção das dimensões-chaves, foi identificada a necessidade de um elemento temporal para análise conjunta com as demais dimensões, assim foram construídas também linhas do tempo para cada uma das empresas analisadas. Os marcos destacados nas linhas do tempo foram provenientes das informações levantadas. A seção seguinte descreve como essas informações foram acessadas.

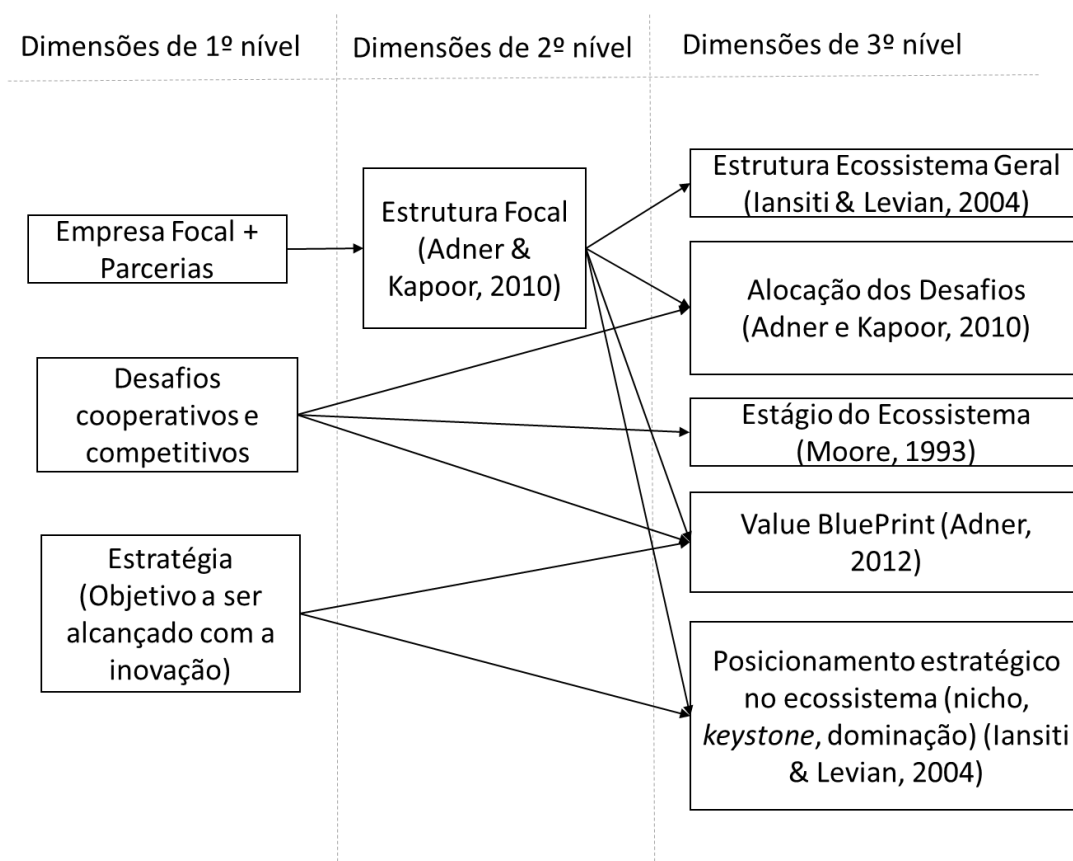


Figura 9: Dimensões-chave dos EI. Fonte: Elaboração própria

3.3. Acesso à informação

Para acessar as dimensões-chave de cada um dos casos estudados, foi necessário buscar um grande número de informações sobre o produto/empresa em questão. Para isso seguiu-se uma metodologia de duas etapas, uma de acesso à informação disponível online via documentos publicados e artigos da mídia especializada sobre o tema, e uma de verificação dos resultados através de entrevistas semi-estruturadas com especialistas dos ecossistemas. Essa seção examinará a primeira etapa separadamente para cada um dos casos estudados e a segunda etapa de forma conjunta.

3.3.1. Acesso à informação – Etanol de Segunda Geração

Nesta etapa foi feita uma busca das principais notícias e documentos que haviam sido publicadas sobre o etanol de segunda geração a partir entre janeiro de 2012 e agosto de 2018. O ano de 2012 foi escolhido por ser o marco dos primeiros anúncios de plantas comerciais de etanol de segunda geração. Para acessar essas matérias foram utilizados dois veículos, o site especializado no setor sucroenergético, novacana.com.br,

e o site especializado em Bioeconomia, biofuelsdigest.com. Esses dois sites foram escolhidos por divulgarem tanto matérias próprias quanto de outros meios de comunicação. O site Novacana, que exige assinatura para acesso completo ao seu conteúdo, gerou 403 artigos. As palavras-chave utilizadas foram: etanol de segunda-geração, etanol 2G e etanol celulósico. Esses 403 artigos foram provenientes de 54 fontes fora o conteúdo próprio do Novacana. Algumas dessas fontes foram: Valor Econômico, The New York Times, Reuters, ÚNICA, Financial Times, Exame e Dow Jones Newswires. Para os artigos originalmente em inglês, o Novacana os reproduzia em português, possibilitando o acesso com as palavras-chave em português.

Através do Biofuels Digest foram encontrados 170 artigos, fora o conteúdo próprio do Biofuels Digest. Algumas dessas fontes foram: Ethanol Producer Magazine, Bloomberg e University of York.

Esse material foi lido e classificado em 5 categorias: oportunidade do negócio, estruturação do ecossistema focal, desafios, evolução e co-evolução, e encerramento das atividades. Essas categorias foram baseadas nos estágios evolucionários dos ecossistemas, onde inicialmente as empresas buscam aproveitar uma oportunidade de inovação, estruturam seu ecossistema focal, possivelmente se deparam com desafios – que podem existir ao longo de todos os estágios (Moore, 1993) – possivelmente enfrentam esses desafios de maneira isolada (evolução) ou com outros parceiros (co-evolução) e, caso não consigam avançar com o ecossistema, encerram suas atividades. A Tabela 7 descreve cada categoria e atribui exemplos a cada uma delas.

O objetivo desse exercício foi organizar o material levantado para facilitar seu acesso na hora de buscar as informações sobre as dimensões-chave dos EI. A categorização não teve uma relação direta com as dimensões analisadas. Todo o material foi lido considerando todas as dimensões, isto é, ao discutir a dimensão dos desafios cooperativos e competitivos, por exemplo, a análise não se restringiu ao conteúdo categorizado como “desafios”. Isso porque boa parte do material poderia fazer parte de mais de uma categorização. A escolha final se deu através da interpretação da autora sobre a melhor classificação.

Tabela 7: Categorização das notícias.

Categoria	Descrição	Exemplos	Fonte	Data
Oportunidade de Negócio	Matérias que enfatizavam as vantagens do etanol 2G;	"Brasil é 'bola da vez' na rota do etanol celulósico"	Unica	nov/12
		"Bloomberg sees cellulosic ethanol production hitting 9.6 million gallons in 2013"	Bloomberg	dez/12
Estruturação do Ecossistema Focal	Matérias que apresentavam algum movimento das empresas do setor em buscar parcerias, seja para desenvolvimento do processo, acesso à matéria-prima, acesso à mercado ou acesso a financiamento	BNDESPar paga R\$ 600 milhões por 15% da GraalBio	Valor Econômico	jan/13
		DuPont seeks cellulosic ethanol partners after \$200 million investment in Iowa	Biofuels Digest	jun/13
Desafios	Matérias que visavam noticiar desafios enfrentados pelas empresas produtoras, mas sem apresentar alguma forma de enfrentamento dos desafios	Usina de etanol celulósico da GranBio teve problemas com autorização da ANP	Novacana	nov/13
		Cellulosic ethanol, what happened, what's happening?	Biofuels Digest	ago/16
Evolução e Co-Evolução	Matérias que visavam noticiar como as empresas vinham tentando enfrentar os desafios.	Poet-DSM anuncia novo sistema de pré-tratamento para etanol celulósico	Novacana	nov/17
		Empresas se unem para criar associação e resolver entraves para o etanol celulósico	Folha de São Paulo	abr/14
Encerramento das Atividades	Matérias que visavam anunciar a saída de algum player do negócio de etanol 2G.	DowDuPont vai colocar à venda unidade de etanol celulósico em Iowa (EUA)	Dow Jones Newswires	nov/17
		Abengoa coloca usina de etanol celulósico nos Estados Unidos à venda	Novacana	jul/17

3.3.2. Acesso à informação – Amyris

Inicialmente, o procedimento para o acesso a informações da Amyris transcorreu da mesma forma que o etanol 2G. No entanto, observou-se que a grande maioria do material publicado sobre a Amyris era uma reprodução dos *press releases* (PR) que a empresa divulgava, que inclusive contavam com mais informações e maior número de matérias do que nos sites consultados¹³. Assim, a metodologia de acesso a informação sobre a Amyris se deu através do levantamento de 247 *press releases* referente ao período de setembro de 2010 (quando a empresa fez seu IPO – *Inicial public offer*) até agosto de 2018 – data limite da análise.

Foram consultados também os relatórios anuais da empresa a partir de 2010, quando a empresa abriu seu capital. O site da empresa já faz uma divisão dos seus PR's entre financeiros e gerais. Os gerais foram divididos pelas áreas de atuação da Amyris: biocombustíveis e lubrificantes, polímeros e indústria química, aromas e fragrâncias, cosméticos, e saúde, nutrição e biologia sintética.

Em ambos os casos estudados – etanol 2G e Amyris – outras fontes de informações também foram consultadas, como artigos científicos, apresentações de eventos sobre os temas e sites especializados. Um artigo específico que foi bastante utilizado na tese foi o estudo de caso de Pisano & Wagonfeld (2010), que trouxe informações sobre a Amyris antes da sua abertura de capital.

3.3.3. Entrevistas Semi-Estruturadas – Etapa de validação

A metodologia deste estudo consistiu em uma avaliação qualitativa empírica que visava transformar informações em bases de comparação entre as dimensões analisadas. Para reduzir a influência da subjetividade nesta avaliação, seguiu-se uma etapa de entrevistas com os *players* dos ecossistemas estudados para buscar validar, ou possivelmente corrigir, os resultados encontrados com base no material levantado nas etapas de “acesso à informação”.

As entrevistas foram do tipo semi-estruturadas. Esse tipo de entrevistas tem pouca estruturação, mas apresenta focos pré-estabelecidos (Gil, 2008). Neste caso, os

¹³ Referente aos anos entre 2010 e 2013.

focos foram as dimensões-chave dos Els. A principal vantagem dessa metodologia é que o entrevistado tem ampla liberdade para expressar-se, o que leva à grande quantidade de informação (Gil, 2008; Vergara, 1998).

A duração das entrevistas foi determinada apenas pelo tempo mínimo de 30 minutos. O tempo máximo não foi determinado uma vez que era interessante para o trabalho extrair o máximo de informação de cada entrevistado, de forma que a duração total das entrevistas foram função da disponibilidade dos respondentes.

Visando a plena liberdade do entrevistado em discutir os temas propostos, foi acordado que os seus nomes não seriam divulgados nesta tese ou em outros documentos subsequentes. As empresas/instituições consultadas, as formas de contato e o tipo de registro das entrevistas então descritos na Tabela 8.

Para esta etapa, buscou-se profissionais que tivessem participado diretamente dos processos de inovação estudados. Assim foram consultados profissionais nas posições de diretor de projetos, diretor de tecnologias e projetos, diretor de operações, diretor de P&D, gerente de inovação, gerente de P&D, presidente e vice-presidente.

Tabela 8: Informações sobre as entrevistas semi-estruturadas

Entrevista	Empresa/Instituição	Forma de Contato	Registro
1	Granbio	Entrevista ao vivo	Áudio gravado
2	Granbio	Entrevista ao vivo	Registrado em papel
3	BNDES	Entrevista ao vivo	Áudio gravado
4	Beta Renewables	Telefone	Áudio gravado
5	Dupont	Troca de e-mails	E-mails salvos
6	BP/Granbio	Ao vivo	Áudio gravado
7	Granbio/CTBE	Ao vivo	Registrado em papel
8	Granbio	Telefone	Áudio gravado
9	Raízen	Telefone	Áudio gravado
10	Amyris	Telefone	Áudio gravado
11	Beta Renewables	Troca de e-mails	E-mails salvos

Fonte: Elaboração própria.

3.4. Construção das Dimensões-chave

Algumas dimensões-chave dos Els podem ser diretamente obtidas através das informações resgatadas na etapa de “acesso às informações” e “entrevistas”, como a identificação dos desafios cooperativos e competitivos enfrentados pelos *players*. No

entanto, outras dimensões possuem uma metodologia específica de construção, são os casos das estruturas focais e *value blueprints*.

As estruturas focais primeiramente propostas por Adner e Kapoor (2010), visavam à separação dos agentes do ecossistema focal em empresa focal, componentes e complementos (Figura 10). Para agregar mais elementos na análise seguiu-se a metodologia aplicada por Furtado et al. (2010) que visava classificar o tipo de relação com os parceiros em fluxos de material, financeiro, serviços e conhecimento. A Figura 10 mostra um esquema genérico de uma estrutura de ecossistema focal.

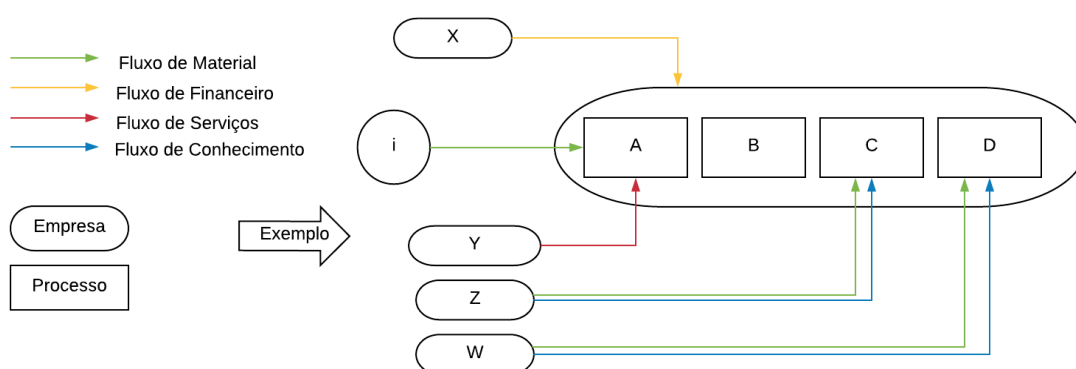


Figura 10: Esquema genérico de uma estrutura focal. Fonte: Elaboração própria.

Para a *Value Blueprint* de Adner (2012), um exemplo inicial já foi apresentado na seção 2.5 com a Figura 6, mas pode ser melhor explicado nesta seção. Para esta análise, seguiu-se a ordem de construção sugerida por Adner (2012) identificando: 1) consumidor final, 2) proposta de valor do projeto, 3) fornecedores, 4) Intermediários, 5) complementadores e 6) riscos. O autor sugere ainda que os riscos de dependências sejam identificados por cores; verde para os menores riscos, amarelo para os intermediários e vermelho para os de alto risco. Como a análise dos projetos foi feita a *posteriori*, foram classificados os desafios que as empresas enfrentaram por cada dependência como uma tradução do risco que existia antes da implementação do projeto. Dessa forma, na construção das *Value Blueprints*, setas verdes indicam dependências com baixos desafios, amarelas com desafios intermediários, e vermelhas com altos desafios. Utilizaram-se ainda setas pontilhadas para etapas ainda não concluídas. É importante destacar que a VB evidencia os riscos de co-dependência,

podendo ainda existir os riscos internos de cada *player*. A Figura 11 mostra um exemplo genérico de VB.

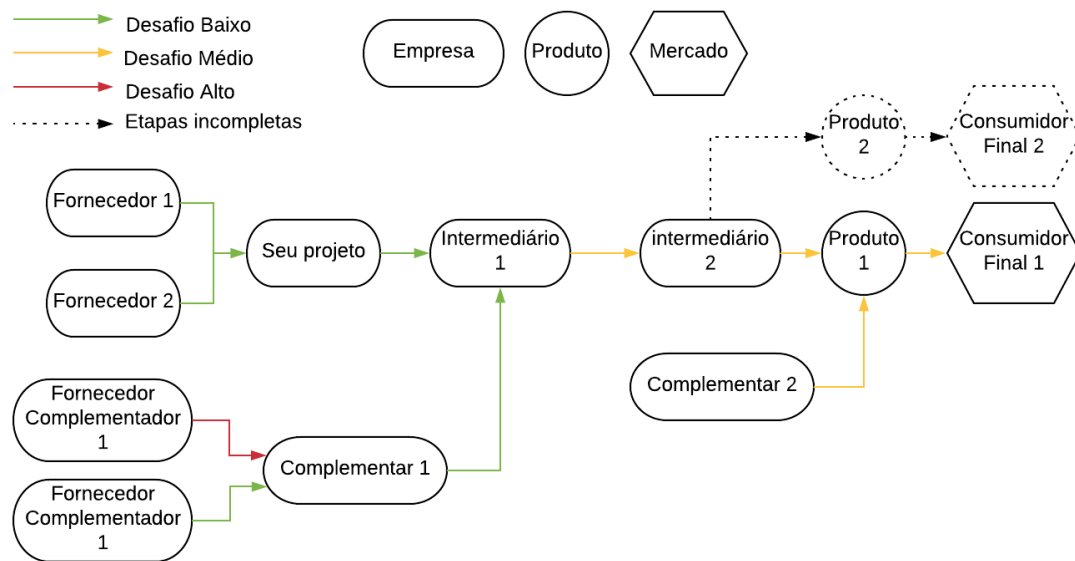


Figura 11: Exemplo completo de uma Value Blueprint. Fonte: Elaboração própria.

4. ECOSSISTEMAS DO ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO

Este capítulo dá início a seção de resultados desta tese. Os capítulos 4 e 5 se referem a apresentação dos ecossistemas do etanol de segunda geração e da Amyris, respectivamente. Neste capítulo será apresentado um cenário geral sobre o processo de inovação do etanol 2G e em seguida cada um dos principais *players* será analisado sob a visão do conceito de Ecossistemas de Inovação. Posteriormente será analisado o ecossistema geral, somando-se as contribuições individuais.

4.1. Etanol 2G – Cenário geral.

O etanol de segunda geração, ou etanol celulósico, é o mesmo produto químico que o etanol tradicional, diferenciando-se apenas por sua origem, que deixa de ser alimentícia para não-alimentícia, como as matérias-primas celulósicas. Além de aumentar a produtividade sem aumentar a área plantada, a tecnologia de segunda geração permite que uma grande quantidade de biocombustíveis seja produzida sem que haja a competição com a produção de alimentos. Soma-se ainda a possibilidade de dar uma destinação mais eficiente energeticamente para o que hoje ainda é considerado um resíduo. A Figura 12 mostra as etapas básicas dos processos de produção de etanol 1G e 2G via rota biotecnológica¹⁴.

A Figura 12 destaca 3 etapas-chaves do processo de segunda geração. São nelas que reside boa parte do conteúdo inovador do etanol 2G. O objetivo da etapa de pré-tratamento é desorganizar o complexo lignocelulósico removendo a proteção de lignina e liberando a celulose e hemicelulose. Alguns pré-tratamentos também podem incluir a hidrólise da hemicelulose em açúcares fermentáveis, principalmente a xilose (Canilha *et al.*, 2012). Uma vez que se tem o material pré-tratado parte-se para a etapa de hidrólise, a qual tem o objetivo de quebrar a celulose em açúcares fermentáveis. A etapa de fermentação já faz parte da rotina de produção do etanol de primeira geração, sendo fermentadas a glicose e sacarose. No entanto, para que a produção de etanol 2G seja mais facilmente viabilizada, faz-se necessário a conversão de todas as frações de açúcares, incluindo as pentoses no processo de fermentação. O desafio está em

¹⁴ O etanol também pode ser produzido via rota termoquímica, no entanto, este estudo só considerou os de origem bioquímica uma vez que tanto o processo quanto a matéria-prima do projeto comercial atual (Enerkem) são diferentes.

metabolizar as xiloses uma vez que o micro-organismo que atualmente é utilizado nesta etapa, não possuiu os genes necessários para a assimilação dessa molécula (Hector *et al.*, 2011).

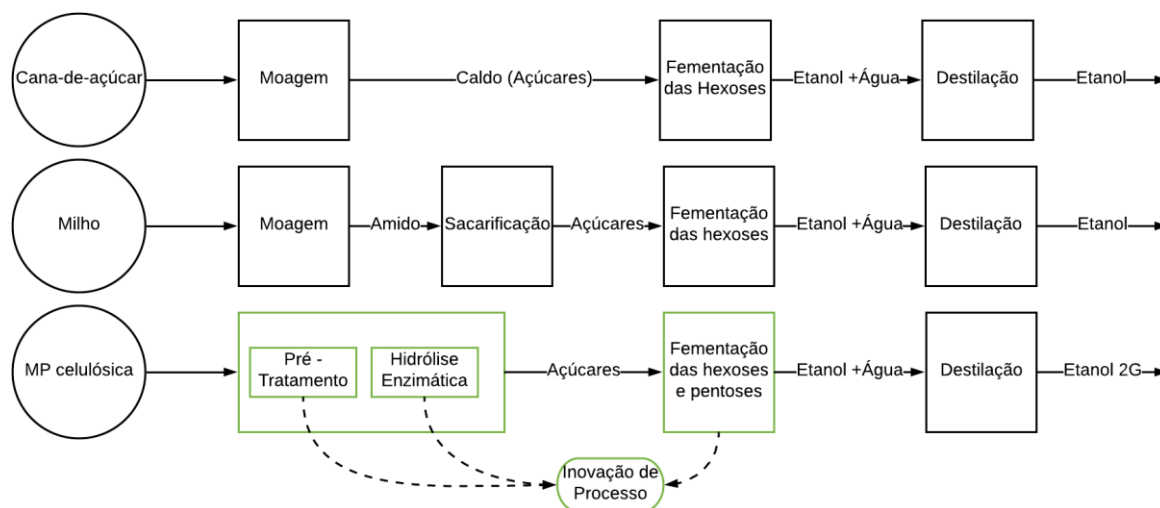


Figura 12: Principais etapas dos processos de produção do etanol 1G (milho e cana-de-açúcar) e 2G. Fonte: Elaboração própria.

Dessa forma, pode-se dividir o processo de produção do etanol 2G em 4 partes: coleta e processamento da matéria-prima celulósica, pré-tratamento, hidrólise e fermentação.

Na última década, várias empresas buscaram desenvolver o processo de produção de etanol de segunda geração por rota biotecnológica. Entre 2008 e 2012 diversas empresas tinham plantas piloto ou de demonstração mostrando resultados promissores (Figura 13). No entanto, foram 6 principais projetos que chegaram a escala comercial. Desses seis projetos, 3 foram vendidos/desativados entre 2016 e 2017. As características desses 6 projetos estão descritas na Tabela 9. Na próxima seção serão estudados os ecossistemas dos projetos ativos (Granbio, Raízen e Poet-DSM) e desativados (Abengoa, Dupont e Beta Renewables).

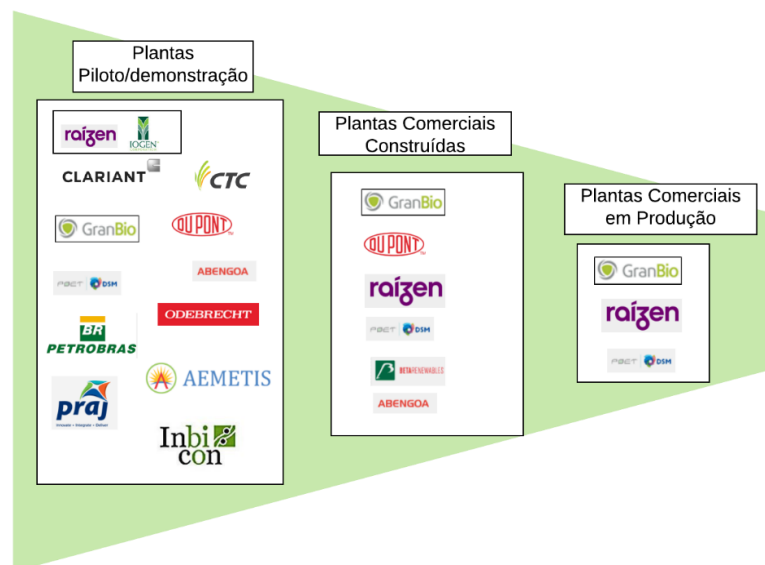


Figura 13: Processo de inovação da tecnologia de etanol de segunda geração. Fonte: Elaboração própria.

Tabela 9: Características dos projetos comerciais de etanol 2G

Granbio	Raízen	Poet-DSM	Beta Renewables	Abengoa	Dupont
S. João dos Milagres, Brasil	Piracicaba, Brasil	Emmetsburg, EUA	Crescentino, Itália	Hugoton, EUA	Nevada, EUA
Capacidade (milhões de litros/ano)					
82	40	94	75	95	113
CAPEX (Milhões de dólares)					
265	100	275	210	500	225
Matéria-Prima					
Palha de cana-de-açúcar	Bagaço de cana-de-açúcar	Palha de milho	Palha de trigo	Palha de milho	Palha de milho
Tecnologias de Conversão					
Pré-tratamento					
Explosão à vapor	Ácido diluído	Ácido diluído	Explosão à vapor	Ácido diluído	Alcalino
Hidrólise					
Enzimática (SSFC)	Enzimática (SSFC)	Enzimática (SSF)	Enzimática (SSFC)	Enzimática (SSF)	Enzimática (SSF)
Levedura					
DSM	logen	DSM	Leaf Technologies	Abengoa	Dupont
Situação					
Ativado	Ativado	Ativado	Desativado	Desativado	Desativado

Fonte: Adaptado de Lux Research (2016).

4.2. Principais Players – Empresas com Plantas Comerciais Ativas

4.2.1. Granbio

A Granbio é uma empresa brasileira de biotecnologia criada para explorar o potencial da biomassa da cana-de-açúcar, tendo como inicial e principal produto o etanol de segunda geração. Ela foi criada pelo empresário Bernardo Gradin e é controlada pela GranInvestimentos S.A., *holding* da família Gradin, e tem a BNDESPar, empresa de participações do BNDES, como acionista minoritário, com 15% do capital total (Granbio, 2018a). Criada em junho de 2011, pôs sua unidade comercial – a Bioflex 1 – em produção em setembro de 2014 (Novacana, 2014). A Bioflex 1 foi projetada para produzir 82 milhões de litros de etanol por ano e com flexibilidade para processar diferentes tipos de matérias-primas celulósicas e lignocelulósicas (Granbio, 2018a).

Estruturação do Ecossistema da Granbio.

A Granbio surgiu com o objetivo de construir uma biorrefinaria capaz de processar açúcares celulósicos em biocombustíveis e químicos. O etanol seria o primeiro produto e funcionaria como uma “prova de conceito” para validar a tecnologia de liberação e processamento de açúcares celulósicos (Entrevistas 6 e 8). Para isso a Granbio buscou inicialmente o que já existia de tecnologia nessa área através de acordos contratuais e licenciamentos, e dirigiu os maiores esforços de desenvolvimento para a matéria-prima (Entrevista 6, 7 e 8).

A estruturação do ecossistema da Granbio se deu através de parcerias para atender toda a cadeia produtiva do etanol de segunda geração, desde a produção da matéria-prima, até a distribuição do produto final. Quatro etapas estratégicas principais podem ser destacadas sobre as parcerias da Granbio: aquisição da matéria-prima, processo de pré-tratamento, processo de hidrólise enzimática e processo de fermentação. Para cada uma delas, a Granbio buscou parceiros especializados, como mostra a Figura 14.

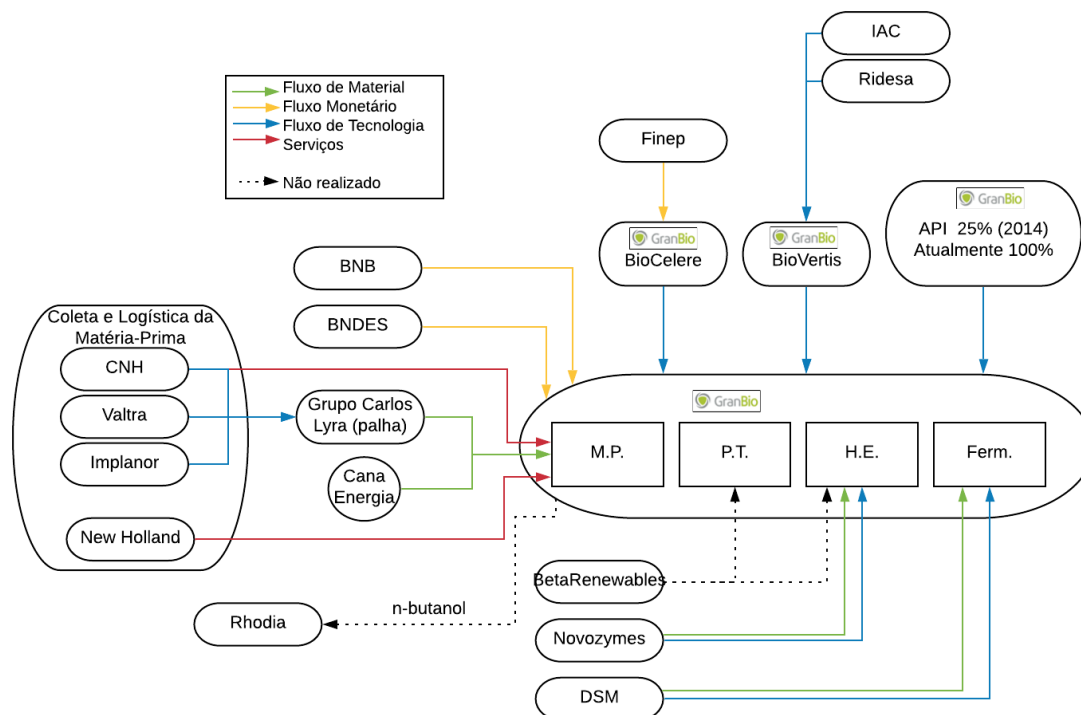


Figura 14: Estrutura inicial do Ecossistema da Granbio. Fonte: Elaboração própria.

Para obtenção da biomassa da cana, a Granbio inicialmente utilizou a palha da cana-de-açúcar. O desafio foi recolher, enfardar e armazenar essa biomassa, já que comumente ela era queimada ou deixada no campo. Para isso a empresa fomentou a colheita mecanizada da palha inclusive comprando equipamentos específicos para os produtores (Entrevistas 6 e 8). A Granbio contou com parceiros especializados em equipamentos para o agronegócio, como a CNH, Valtra e Implanor (Granbio 2018b).

O foco da empresa, no entanto, era utilizar a cana-energia como principal matéria-prima. A cana-energia é uma variedade da cana-de-açúcar mais resistente a ambientes menos férteis. Ela também possui maior produtividade e maior teor de fibra e bagaço por hectare (Novacana, 2015a). Para produzi-la, também foram necessárias algumas parcerias-chave, como o Instituto Agronômico de Campinas (IEA) e a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (Ridesa) que trabalharam junto à estação experimental da Granbio, a BioVertis.

Inicialmente a Granbio não previa muito investimento no desenvolvimento para as etapas-chaves do processo de segunda geração (Entrevista 6, 7, 8). O objetivo era buscar o que já havia de tecnologia disponível e investir esforços em agregar esses

diferentes atores em um ecossistema dirigido pela Granbio (Entrevista 8). No pré-tratamento, foi inicialmente utilizada a tecnologia licenciada da Beta Renewables; para a hidrólise enzimática foram utilizadas as enzimas da Novozymes e para a fermentação, as leveduras da DSM, formando a configuração inicial da Granbio.

Esse primeiro arranjo é o retrato de um ecossistema que distribui a responsabilidade da criação de valor com diversos parceiros. Por ser uma nova empresa no setor de etanol que busca um ecossistema completamente novo – nova matéria-prima e novo processo – a Granbio precisou de parceiros para atuar em diversas partes do ecossistema, pois não tinha todas as competências necessárias para criar o valor ambicionado. A Granbio assumiu a estratégia de *keystone* e passou a depender de vários agentes atuando em nichos especializados.

Nessa configuração, a cooperação é essencial para o sucesso da inovação. O maior desafio nesse tipo de estruturação é administrar o risco de co-inovação, isso significa garantir que todas as partes entreguem o resultado esperado além de distribuir proporcionalmente os ônus do empreendimento. Soma-se ainda o desafio de assegurar às partes sobre sua essencialidade no crescimento do negócio, ou seja, todos os membros precisam enxergar o potencial latente do processo de inovação em que estão participando.

A Figura 15 mostra a linha do tempo da Granbio com alguns dos seus principais marcos. Observa-se que até o início da operação da Bioflex 1, a Granbio se organizou para atingir seu objetivo de possuir uma biorrefinaria. Além das parcerias já previamente estabelecidas com Beta Renewables, DSM e Novozymes, a Granbio entrou em parceria com a Rhodia – com o objetivo de produzir bio n-butanol, composto químico fundamental para a produção de tintas e solventes (Valor Econômico, 2013). A Granbio também certificou seu centro de pesquisa, o BioCelere (Centro de Pesquisas em Biologia Sintética) e uma Estação Experimental (BioVertis) (Novacana, 2013). Nesse período houve ainda a aquisição de 25% da American Process Inc. (API) para ter acesso

a uma plataforma proprietária para área de bioquímicos e pré-tratamento do tipo organossolve¹⁵ (Entrevista 8; Novacana, 2013).

Esses movimentos mostram a Granbio se estruturando como uma biorrefinaria. Após a inauguração da planta, no entanto, observa-se que os movimentos mudam, a linha do tempo mostra tanto a presença de desafios, como o incêndio do estoque da palha da empresa e interrupções na planta, quanto a necessidade de novos aportes financeiros.

A Granbio, assim como outras empresas de etanol 2G, enfrentou diversos desafios tecnológicos quando inaugurou sua planta industrial. Um dos principais foi a tecnologia Proesa licenciada pela Beta Renewables que não entregou a eficiência acordada. Além de todos os transtornos causados nas tentativas de adaptação da planta para conseguir produzir o biocombustível, quando foi identificado que de fato um problema era a tecnologia licenciada, a unidade teve que permanecer parada para perícia técnica por cerca de um ano (Entrevista 8).

Uma vez autorizada, a Granbio pôde voltar a fazer modificações em sua planta. A solução para o pré-tratamento, veio da parceria com a API que inicialmente tinha outro propósito que era a produção de bioquímicos. A Granbio e a API buscaram uma nova solução para o pré-tratamento e a Granbio acabou por comprar a empresa, adquirindo seu portfólio de patentes (Entrevista 8).

Outro problema foi a ineficácia da levedura da DSM, que não funcionou por ser um micro-organismo adaptado a climas temperados europeus, diferente da realidade climática do estado de Alagoas (Entrevista 6, 7, 8). A solução foi gerar modificações genéticas em enzimas nativas através do Biocelere em co-desenvolvimento com a DSM.

¹⁵ O processo organosolv tem sido apresentado como um dos métodos mais promissores para o pré-tratamento de materiais lignocelulósicos. Apresenta elevada eficiência para remoção da lignina e uma quantidade relativamente inferior de químicos (Canilha *et al.*, 2012)

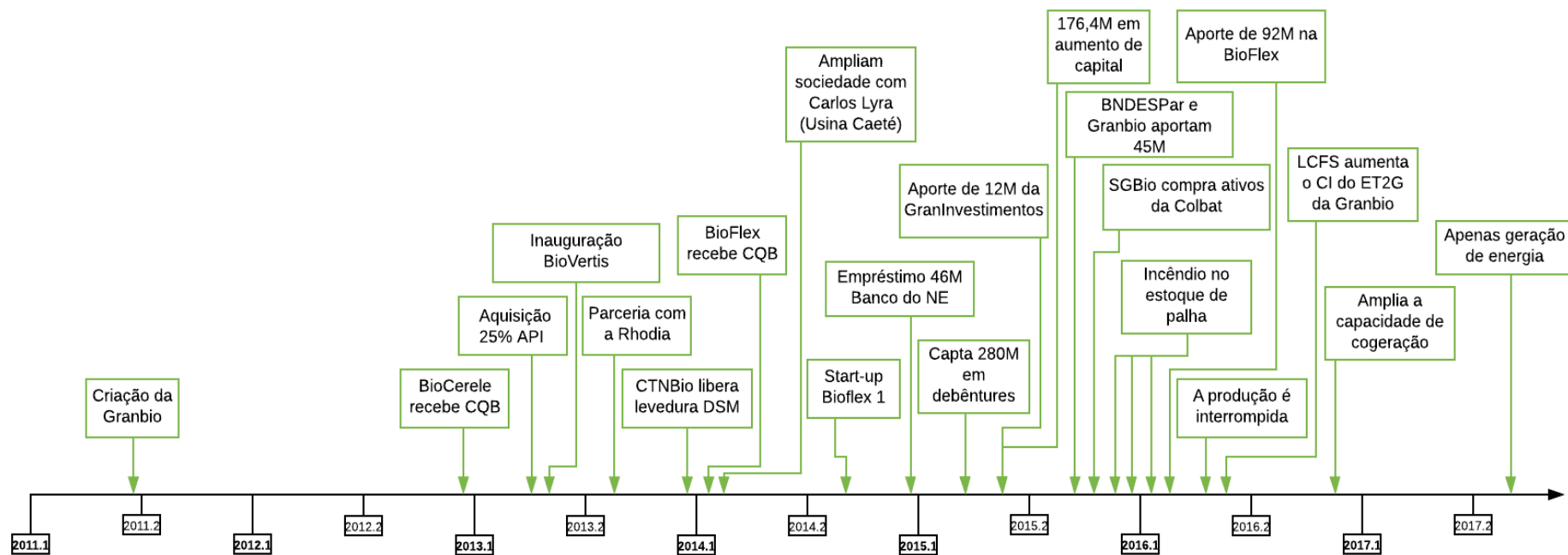


Figura 15: Linha do tempo da Granbio. Fonte: Elaboração própria.

Para esses dois grandes desafios da Granbio, a solução foi buscar em outros parceiros alternativas de reestruturar seu ecossistema. A existência desses parceiros que foram capazes de atender a essas novas demandas, foi consequência da estratégia da Granbio em buscar ser um *keystone* de um ecossistema mais complexo do que apenas produtor de etanol. A parceria com a API visava inicialmente um pré-tratamento mais adequado para produção de químicos por gerar açúcares mais puros. Já o BioCelere tinha objetivos de desenvolver leveduras para outros produtos a partir da biomassa da cana. Essa multiplicidade de atores na configuração inicial do ecossistema permitiu uma flexibilidade para a Granbio para se adaptar aos desafios não antecipados.

Value blueprint da Granbio

As dificuldades enfrentadas pela Granbio para a produção do etanol 2G também provocaram modificações da sua *value blueprint*. O objetivo da Granbio era desenvolver uma unidade produtora de insumos *biobased*, isto é, uma biorrefinaria, e a partir daí reproduzir essas plantas podendo adicionar novos elementos no processo e novos produtos. Desde a sua criação a Granbio se classificou como uma empresa de biotecnologia, e não apenas uma empresa do setor sucroenergético, tendo o objetivo de ser uma integradora tecnologias. A Figura 16 mostra a *Value Blueprint* da Granbio.

A estrutura bastante ramificada entre diferentes indústrias e a estratégia de crescimento acelerado, mostram claramente a tentativa da Granbio em criar seu *Ecosystem Carryover*. Como discutido na seção anterior essa configuração é um estágio de máxima eficiência que permite a multiplicação e expansão de novos ecossistemas. No entanto, diante da baixa maturidade das tecnologias de segunda geração e os consequentes desafios provocados, a Granbio precisou mudar sua *Value Blueprint*. Os obstáculos enfrentados mostraram que a Granbio deveria assumir um papel cada vez maior de desenvolvedor de tecnologia do que inicialmente havia sido previsto.

Como resultado a nova configuração da sua *value blueprint* assumiu um *status* de Ecossistema Mínimo Viável (Figura 17), onde o foco está em produzir o etanol 2G e gerar energia elétrica. Em compensação à restrição de produtos, a Granbio hoje detém cerca de 270 patentes relacionadas ao processamento da biomassa de cana e produção de etanol 2G (resultados de pesquisas própria, aquisição da API e resultado do processo

contra a Beta Renewables), o que abre a possibilidade de usar esse conhecimento no licenciamento de tecnologia (Entrevista 8).

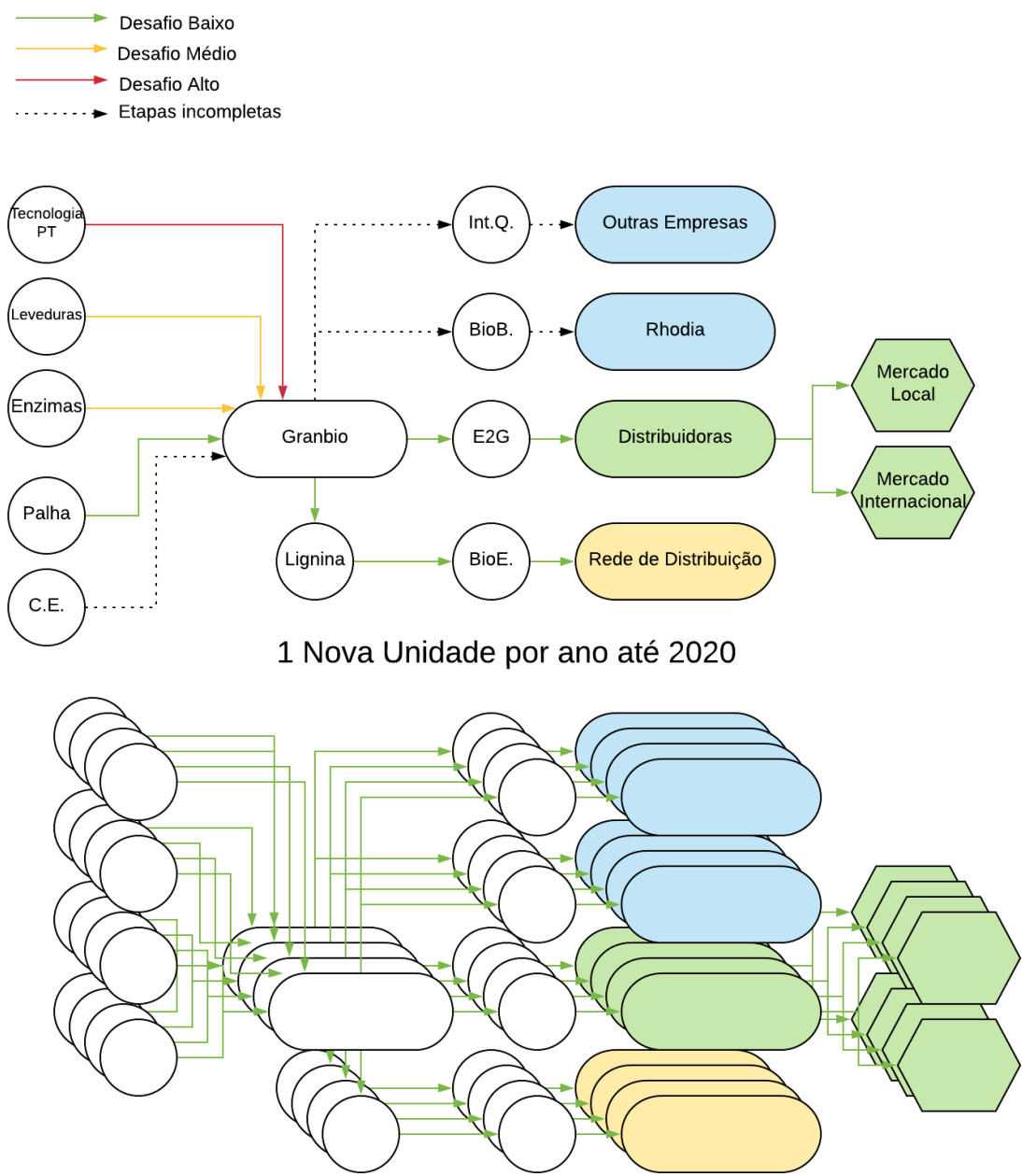


Figura 16: Value Blueprint da Granbio. Fonte: Elaboração própria.

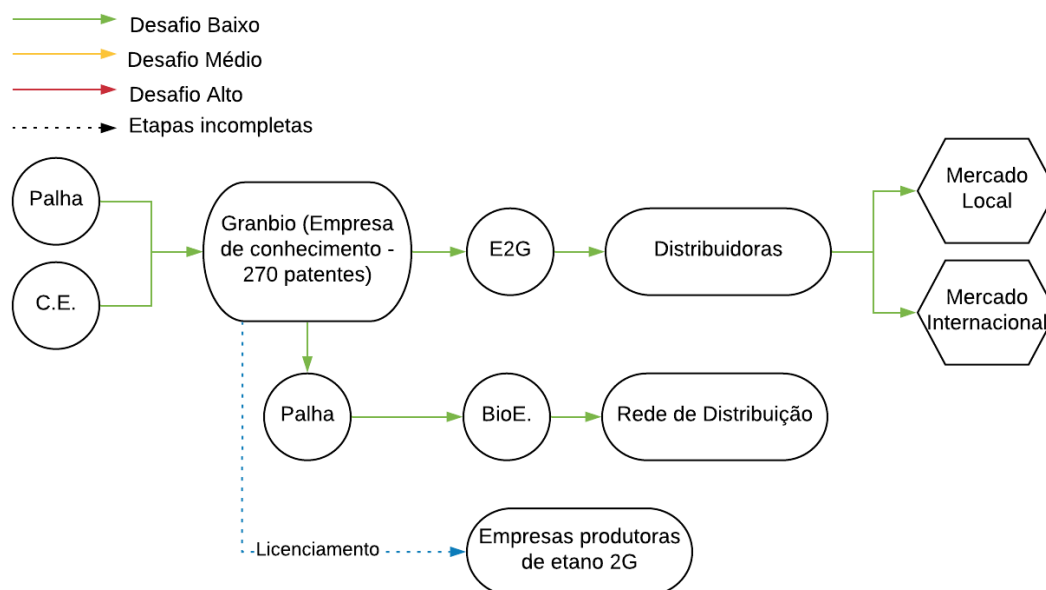


Figura 17: EMV da Granbio. Fonte: Elaboração própria.

4.2.2. Raízen

A Raízen é a *joint venture* entre a Shell, empresa do setor de óleo e gás, e a Cosan, incumbente no setor sucroenergético brasileiro. Atualmente possuiu 26 usinas de etanol, sendo uma de etanol 2G, com capacidade de moagem de 76,2 milhões de toneladas de cana por safra e é a maior produtora de etanol do país com uma produção de cerca de 2 bilhões de litros por ano (Raízen, 2018a; Novacana, 2018a).

No final de 2014, a Raízen inaugurou sua primeira planta de etanol celulósico com capacidade de 42 milhões de litros por ano, no entanto, alcançou até o momento apenas 17,5% dessa capacidade¹⁶. A planta recebeu o financiamento de R\$207,7 milhões do BNDES através do PAISS e iniciou sua construção em novembro de 2013. A Figura 16 mostra um pouco da trajetória da Raízen no setor de etanol 2G.

Estruturação do Ecossistema da Raízen

Enquanto a Granbio se baseou em um modelo *stand alone* – caracterizado por uma usina dedicada exclusivamente à produção de etanol de segunda geração –, a Raízen optou por construir uma usina integrada com a primeira geração. Essa opção traz

¹⁶ Dados da safra de 2017/2018 (Novacana, 2018c)

vantagens para a empresa por poder otimizar a utilização de recursos de uma fábrica já existente na nova unidade, como a disponibilidade de bagaço, água e energia. Outra vantagem é a possibilidade de fermentar o hidrolisado de celulose junto com a sacarose do melaço e fazer a fermentação das pentoses separadamente (Entrevista 9).

O modelo integrado desenvolvido pela Raízen fez com que os desafios enfrentados pela empresa fossem diferentes dos da Granbio. Primeiramente, o processo é ligeiramente diferente. A primeira diferença é o pré-tratamento, que é do tipo ácido diluído, que já promove a digestão dos polímeros que originam os açúcares C5. Dessa forma, a Raízen pôde separar a corrente de açúcares C5 e enviar para a etapa de hidrólise enzimática apenas o conteúdo com lignina e celulose, sendo uma forma de economizar enzimas (Entrevista 9). No entanto, mais do que a vantagem de economizar as enzimas, esse passo permitiu que a Raízen pudesse se concentrar nos problemas separadamente. Sendo assim, no primeiro ano (por volta de 2016) a Raízen pôde se concentrar nas soluções para o pré-tratamento – que como em todos os casos também foi uma etapa limitante do processo – e nos ajustes na etapa de hidrólise enzimática da celulose. No segundo ano (por volta de 2017) a Raízen pôde se concentrar no problema da fermentação dos açúcares C5 (Entrevista 9). Essa estratégia de ir resolvendo os problemas separadamente, explicam o *gap* na linha do tempo da Raízen (Figura 18) entre a segunda metade de 2015 até 2018.

As decisões da Raízen foram um reflexo das competências e recursos que ela detinha. A disponibilidade de bagaço e a ausência de competências e recursos para a coleta da palha, foram as razões para que o projeto inicial só utilizasse o bagaço. A ausência de tecnologia em leveduras geneticamente modificadas para fermentação de açúcares C5, foi a razão para a etapa de separação da corrente de C5 após o pré-tratamento.

Tomadas essas decisões iniciais, as duas primeiras parceiras da Raízen foram a Iogen e a Novozymes. A Iogen, junto com a Raízen, formam a subsidiária Iogen Energy, responsável pelo desenvolvimento tecnológico do etanol 2G. Para esse desenvolvimento foram enviadas mais de 1000 toneladas de bagaço para a fábrica da Iogen no Canadá durante 18 meses. Após os testes, o processo ainda precisou passar por uma tropicalização (Entrevista 9). A Novozymes inicialmente desempenhou na

Raízen o mesmo papel que na Granbio, fornecendo enzimas, no entanto, após a resolução dos primeiros problemas, a Raízen foi buscar parceiros para o desenvolvimento de uma levedura capaz de fermentar açúcares C5. A partir de uma seleção que contava com 5 empresas (Entrevista 9), a Novozymes foi a escolhida para expandir sua parceria com a Raízen, agora atuando também na etapa de fermentação. A estrutura do ecossistema da Raízen pode ser vista na Figura 19.

A Raízen ainda conta com algumas parcerias que podem influenciar no desenvolvimento do seu ecossistema, mas de uma maneira mais indireta. De forma a atender às demandas do setor sucroenergético de forma geral, a Raízen conta com o Centro de Inovação em Engenharia de Sistemas Logísticos (Cislog) e o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) (Raízen, 2018b). A Raízen ainda conta com o Pulse, um centro de inovação para hospedar empresas *startups* voltadas à inovação no setor sucroenergético. Apesar de não ser um centro voltado especificamente para as tecnologias de segunda geração, o Pulse apoia *startups* que contribuem para o aumento da eficiência do setor de maneira geral, como com a utilização de tecnologia de monitoramento de pragas; simulação, virtualização e inteligência artificial (IA) aplicados a processos industriais; tecnologias em pulverizações aéreas; utilização de *Internet of Things* (IoT) voltada para o agronegócio; IA para monitoramento de lavoura; diagnóstico de pragas e doenças, deficiências nutricionais e maturação de frutos; e utilização de *drones* para mapeamento de terreno (Raízen, 2018c)

Além das questões técnicas, a escolha da Raízen em fazer uma unidade integrada tem a ver com sua estratégia e seu posicionamento na indústria atual de etanol. Por ter uma grande produção que abrange toda a cadeia produtiva – plantio, colheita e processamento – faz todo o sentido que a Raízen enxergue no etanol celulósico uma alternativa de não só aumentar sua produção sem aumentar sua área plantada – o que poderia ser feito com melhoramento genético da cana e melhores técnicas de cultivo – como sem a necessidade de alterar sua matéria-prima. Obviamente que ganhos de produtividade resultantes das alternativas mencionadas se somam na busca por um aumento de produção de biocombustíveis, mas a questão central é que o etanol 2G permite uma utilização mais eficiente de uma biomassa que as empresas do setor já detêm.

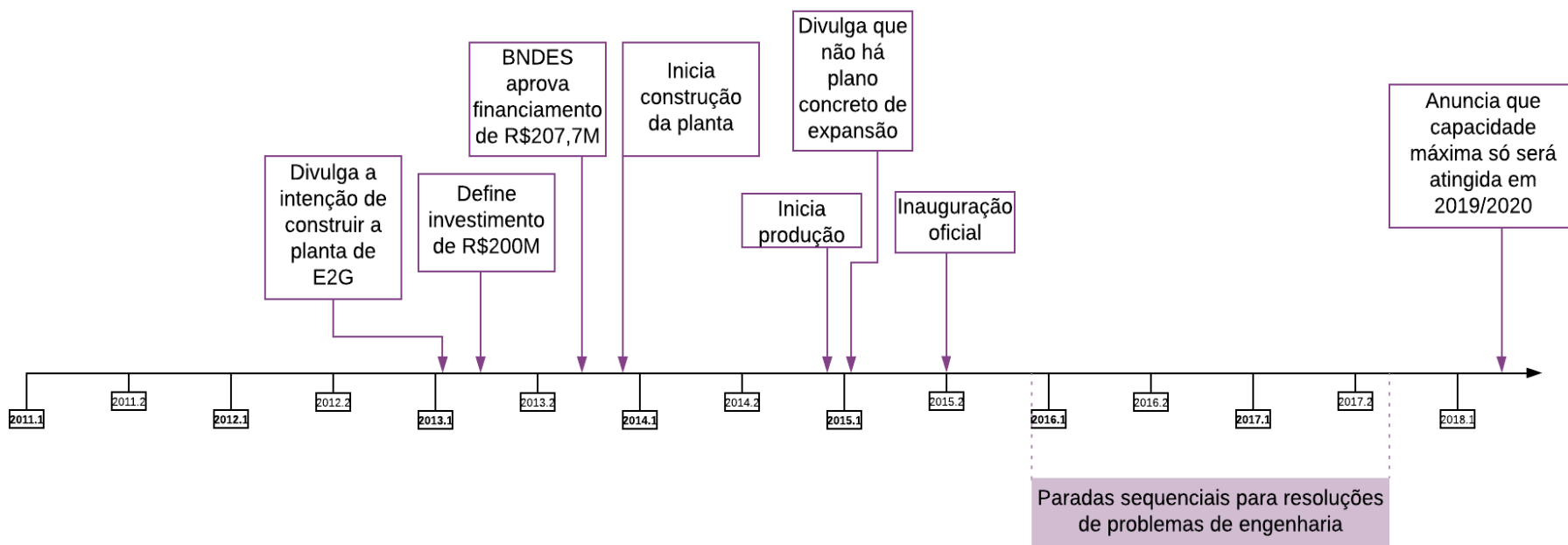


Figura 18: Linha do tempo da Raízen. Fonte: Elaboração própria.

Em resumo, a Raízen se posiciona frente ao etanol 2G como uma produtora de biocombustíveis, e não uma empresa de biotecnologia. Mesmo tendo em alguns momentos considerado a possibilidade de utilizar a tecnologia para a produção de outros químicos (Entrevista 9), a Raízen mantém-se identificando-se como uma empresa energética em busca de maior produtividade.

A Raízen também seguiu uma estratégia de *keystone*, porém menos ramificada que a Granbio, já que uma maior parte do processo era controlado pela empresa. A parceria com logen e Novozymes permaneceria para as outras sete unidades que a Raízen pretendia construir até 2024¹⁷ (Valor Econômico, 2014), o que mostra que a proposta era levar a parceria adiante com o ecossistema. O domínio sobre grande parte da criação de valor do biocombustível permite que a Raízen faça essas parcerias de longo prazo, que, apesar do risco da dependência, promovem um nível mais elevado de cooperação e compromisso com a empresa parceira, assegurando a permanência desta na evolução, e consequente, o ônus da inovação.

Essa estrutura mais verticalizada permite lidar com os desafios da inovação de uma forma diferente, com mais controle sobre a inovação e menos riscos de co-inovação. Apesar de ter passado por desafios tão severos quanto a Granbio – que também inclui problemas como o pré-tratamento – a Raízen não precisou fazer mudanças importantes na estrutura do seu ecossistema. Os desafios vêm sendo enfrentados internamente e com as parceiras Novozymes e logen (Entrevista 9).

¹⁷ Esse plano de investimentos foi alterado e as novas plantas só deveram ser construídas quando a primeira unidade tiver atingido a capacidade projetada.

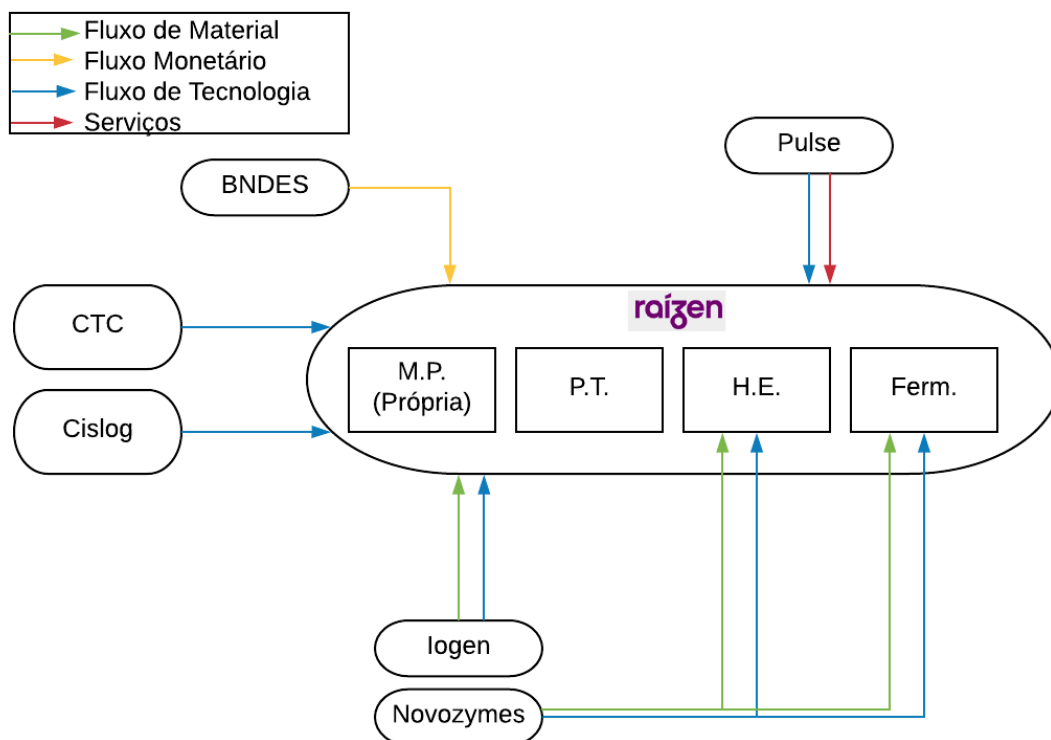


Figura 19: Estrutura do Ecosistema da Raízen. Fonte: Elaboração própria.

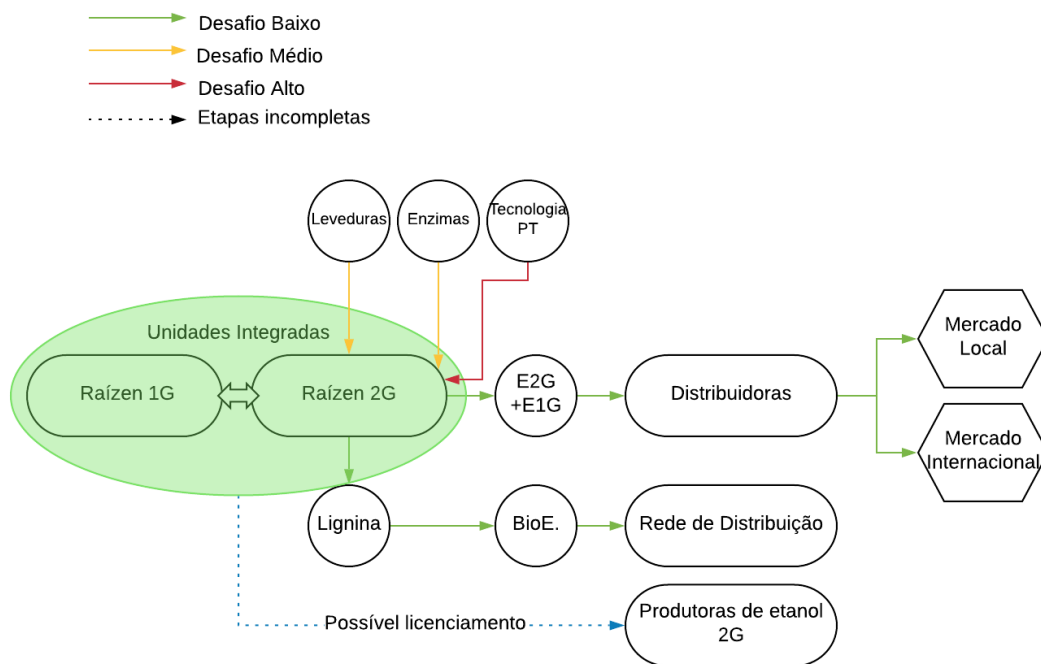
Value blueprint da Raízen

A *value blueprint* da Raízen em alguns pontos se assemelha ao da Granbio. A ideia de construir um *ecosystem carryover* também pode ser verificada na Raízen quando esta assume que, uma vez atingidos os resultados esperados na primeira unidade, as outras unidades virão mais eficientes e com etapas de construção menos árduas (Figura 20).

A principal diferença entre Granbio e Raízen é o papel que do etanol 2G. Enquanto a Granbio se reconhece como uma empresa de biotecnologia em busca de valorizar os açúcares de origem lignocelulósica, a Raízen tem buscado transformar a indústria sucroenergética através de um *breakthrough* tecnológico.

Essa visão sobre o etanol 2G abre a possibilidade da Raízen utilizar a inovação para desenvolver todo o setor sucroenergético, através do licenciamento da tecnologia para outras usinas. Apesar de terem sido poucas as vezes onde a Raízen tenha manifestado a intenção de licenciar sua tecnologia (Novacana, 2015b), essa estratégia faz bastante sentido quando se observa a estrutura de ecossistema desenvolvida. O fato

de validar a tecnologia já com a integração com uma unidade de primeira geração abre a possibilidade de atingir um número muito claro de prováveis clientes.



7 Novas Unidades até 2024

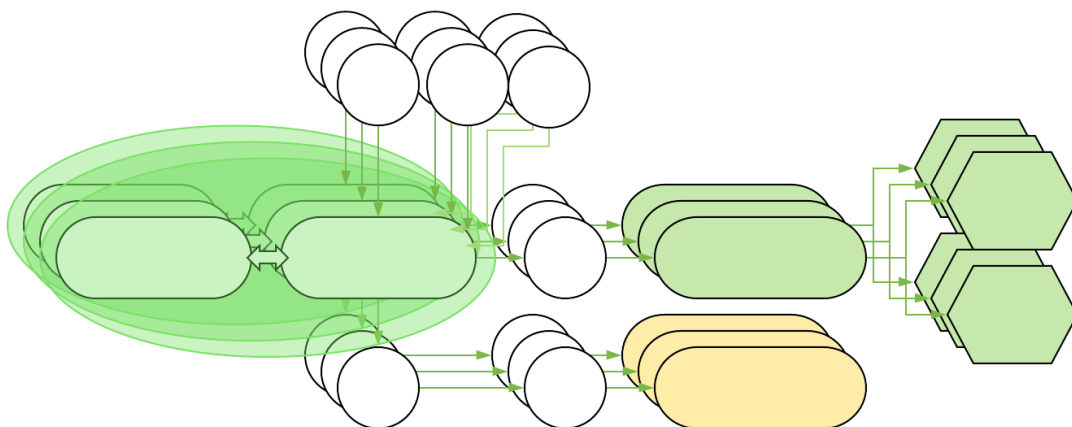


Figura 20: *Value Blueprint* da Raízen. Fonte: Elaboração própria.

Assim como a Granbio, a ideia de entrar já com um *ecosystem carryover*, também não foi bem sucedida. O plano de investimento que contava com 7 novas plantas até 2024 teve que ser alterado até que a unidade inicial se mostrasse técnica e economicamente passível de replicação. No entanto, as mudanças não foram tão grandes; a Raízen continua produzindo etanol 2G mesmo com a capacidade reduzida e espera atingir a capacidade de projeto na safra de 2019/2020 (Novacana, 2018b).

4.2.3. *POET-DSM Advanced Biofuels*

A Poet-DSM *Advanced Biofuels* é uma *joint venture* entre a Poet e a DSM. A POET é uma empresa americana que possui 25 plantas de etanol e atua na indústria há 25 anos (POET, 2018). A Royal DSM é uma empresa química, ou como ela se identifica, baseada em ciência, que atua na área de saúde, nutrição e materiais. A DSM tem experiência em *scale-up* de plantas e em desenvolver novos produtos através de biotecnologia (DSM, 2018). Juntas criaram a Poet-DSM para produzir etanol celulósico a partir de palha de milho. A planta, chamada de Project LIBERTY, localizada em Emmetsburg, Iowa, com capacidade de 94 milhões de litros por ano, foi inaugurada em setembro de 2014 (Poet-DSM, 2018a). A trajetória da Poet-DSM pode ser vista na Figura 21.

Estruturação do Ecosistema da POET-DSM

A POET-DSM tem um perfil semelhante à da Raízen, ela é originada de uma *joint venture* entre um grupo tradicional do setor com uma empresa de grande porte de um outro setor. A diferença está na origem dessa outra empresa. Enquanto a Shell vem do setor de óleo e gás, isto é, de energia, a DSM vem do setor químico, com uma lógica diferente das empresas de combustíveis líquidos.

Já estando integrada no setor de etanol, a Poet já tinha alguma experiência na estruturação do ecossistema no que se refere ao tipo de matéria-prima. No entanto ainda houveram desafios logísticos para coleta da palha do milho. Já a parte de processamento dessa biomassa, fica por conta da tecnologia provida pela DSM, o que inclui as enzimas para a hidrólise e as leveduras para a fermentação (Poet-DSM, 2018a). Em relação ao processo, a Poet-DSM ainda teve um terceiro parceiro, a Andritz, responsável pela tecnologia de pré-tratamento e parte da engenharia do projeto (AEC, 2013). A Poet-DSM ainda contou com empresas especializadas para a logística da palha (Lux Research, 2016) (Figura 22).

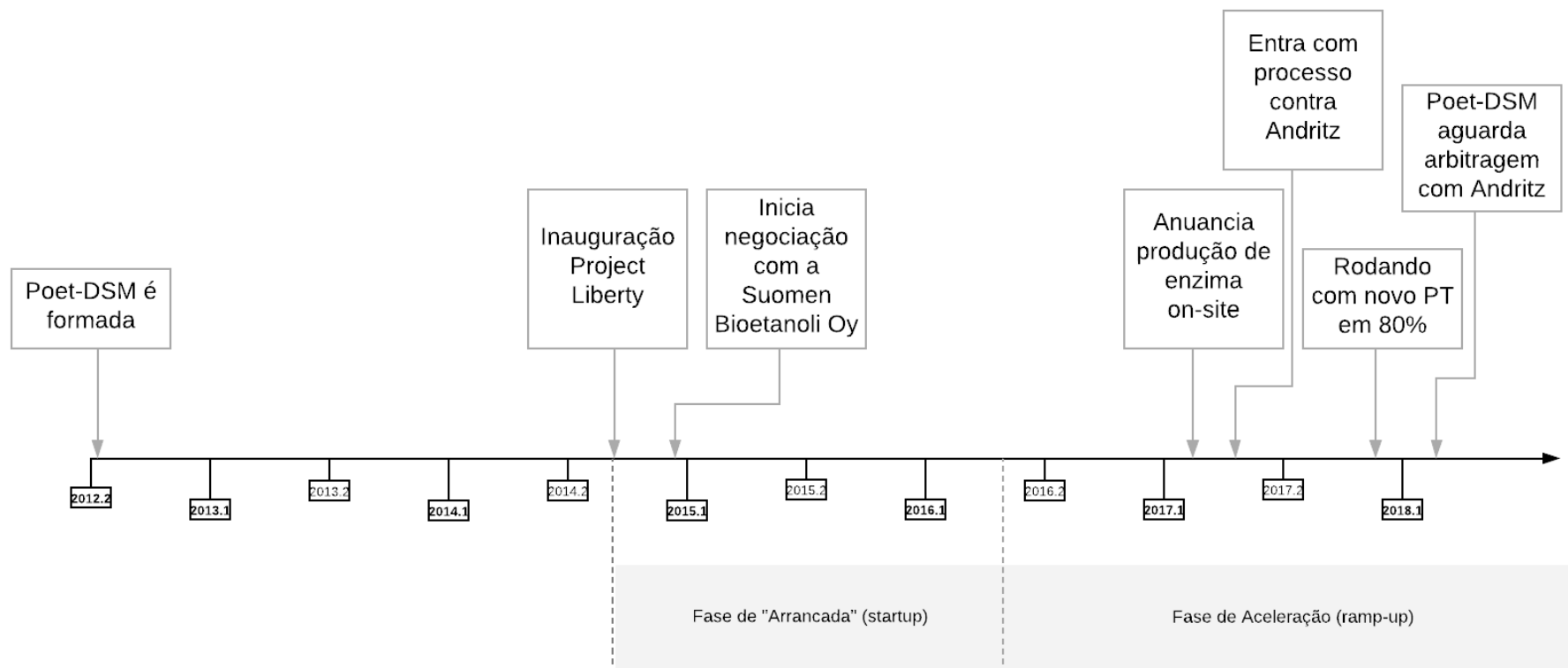


Figura 21: Linha do Tempo da Poet-DSM. Fonte: Elaboração própria.

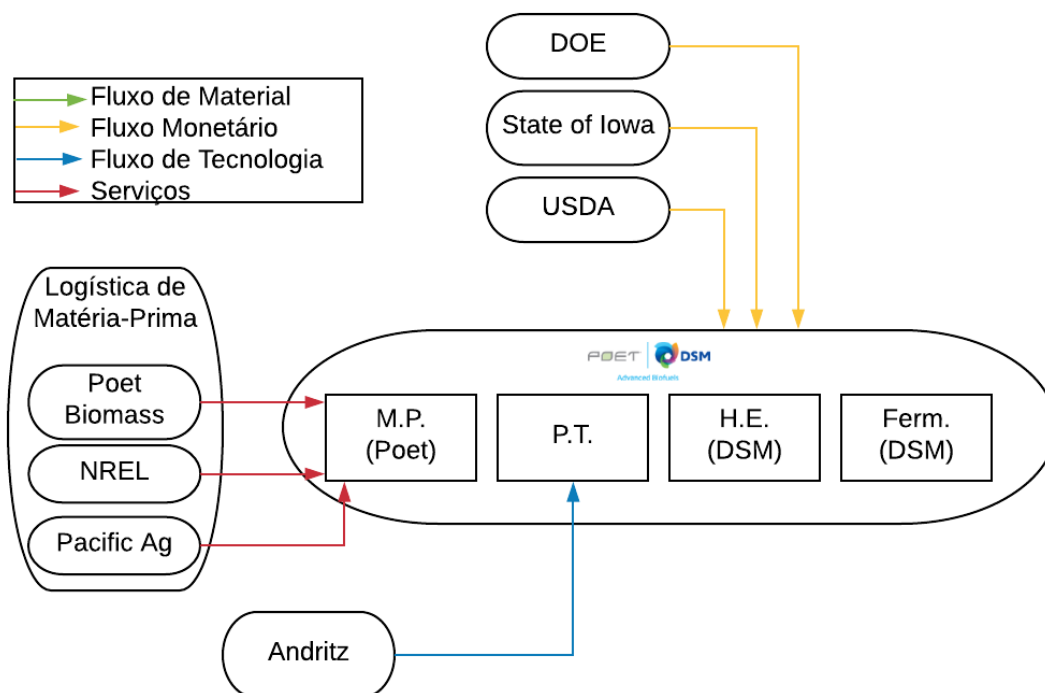


Figura 22: Estrutura do ecossistema da Poet-DSM. Fonte: Elaboração própria.

Os Departamentos de Energia e Agricultura e o Estado de Iowa também foram parceiros importantes para levar essa tecnologia à escala comercial. O DOE concedeu US\$ 100 milhões para apoiar os custos de engenharia e construção, bem como a coleta e infraestrutura de biomassa (Poet-DSM, 2018). O Estado de Iowa contribuiu com US\$ 20 milhões em subsídios para custos de capital e logística de matéria-prima. O USDA investiu US\$ 2,6 milhões para apoiar o fornecimento de mais de 58 mil toneladas secas de palha de milho, ajudando a estabelecer a rede logística de matérias-primas (Poet-DSM, 2018; Biofuels Digest, 2014; Biofuels Digest, 2018).

A combinação entre Poet e DSM, diminui consideravelmente a necessidade de outros parceiros para o ecossistema o que explica a estratégia voltada para a dominação, onde a empresa controla a maior parte do processo diminuindo o risco de co-inovação. No entanto, apesar do risco reduzido, a Poet-DSM também passou por obstáculos relacionados à dependência dos parceiros. Assim como a Granbio e a Raízen, a empresa enfrentou dificuldades de atingir a escala projetada principalmente pelo pré-tratamento da biomassa (Entrevista 3, Novacana, 2017). A Poet chegou a processar a Andritz por quebra de contrato e negligência profissional depois de investir US\$ 25

milhões no sistema de pré-tratamento que a empresa projetou, mas nunca conseguiu produzir os intermediários necessários para a produção de etanol celulósico, apesar de um ano e meio de redesenho e múltiplas paradas da planta (Biofuels Digest, 2017). A Poet-DSM alegou que as falhas de projeto impediram a produção de etanol celulósico em escala comercial (Novacana, 2017; Biofuels Digest, 2017).

Da mesma forma que a Granbio precisou se reestruturar diante de um baixo desempenho de um parceiro, a Poet-DSM também precisou se adaptar à nova situação. A alternativa foi unir o conhecimento interno da Poet com a Universidade do Estado de Dakota do Sul (Biofuels Digest, 2018b). Em novembro de 2017 a Poet-DSM anunciou que seu novo pré-tratamento estaria funcionando com 80% do tempo de atividade (Poet-DSM, 2017a) (Figura 23).

Outra reestruturação da Poet-DSM será a inclusão de uma unidade de produção de enzimas *on-site* (Poet-DSM, 2017b). A instalação será integrada ao pacote tecnológico e será replicável em instalações futuras. Para o *Project Liberty*, a fábrica canalizará diretamente as enzimas para o processo de produção, sem exigir processamento *downstream*, estabilizadores e outros produtos químicos necessários para o transporte de enzimas. A CRB, uma empresa multinacional de soluções para engenharia, recebeu o contrato para o gerenciamento de projeto, engenharia e construção (Biofuels Digest, 2018c; Poet-DSM, 2017b).

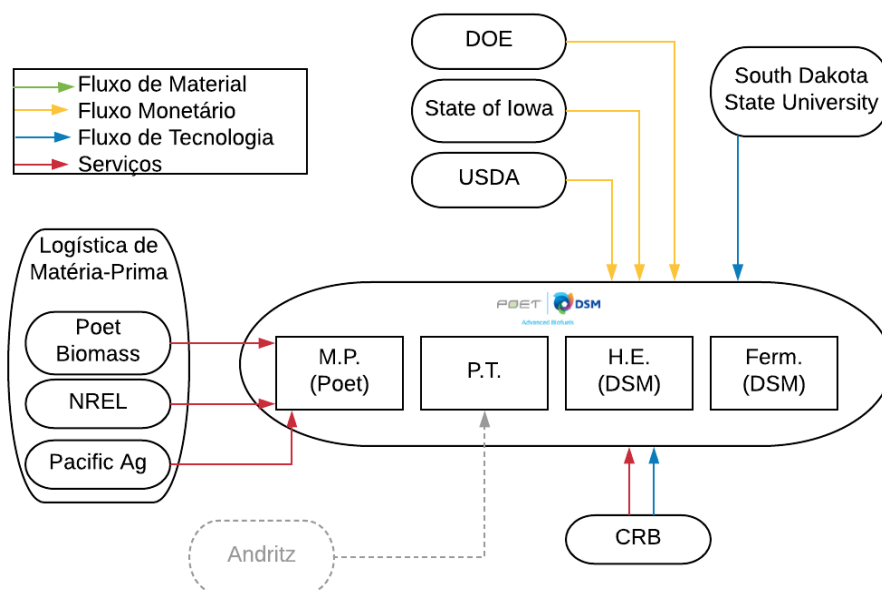


Figura 23: Reestruturação do Ecossistema da Poet-DSM. Fonte: Elaboração própria.

Value Blueprint da Poet-DSM

Apesar da Poet ser uma empresa do setor de etanol – e poderia buscar manter a vantagem competitiva do etanol 2G só para ela – a estratégia da Poet-DSM é bastante aberta em divulgar a intenção de licenciar o pacote tecnológico integrado (Poet-DSM, 2018b). Aqui as vantagens que já foram apresentadas na Raízen se repetem – validar a tecnologia integrada e alcançar um número conhecido de possíveis clientes.

Ao contrário das outras empresas, a Poet-DSM não deixa clara sua intenção de comercializar a bioeletricidade gerada tanto pela lignina quanto pelo biogás também produzido durante o processo de segunda geração (novacana, 2016a). A princípio o objetivo central da empresa é garantir o fornecimento de energia para suas próprias plantas, incluindo a unidade 1G.

Apesar do atraso provocado pelos desafios enfrentados, a Poet-DSM não alterou sua *value blueprint* (Figura 24). Ao contrário das empresas anteriores citadas, a Poet-DSM não precisou reduzir seu ecossistema para um Ecossistema Mínimo Viável. A empresa ainda mantém sua *value blueprint* que se baseia em licenciar a tecnologia – agora com uma unidade de produção de enzimas incluída no pacote tecnológico.

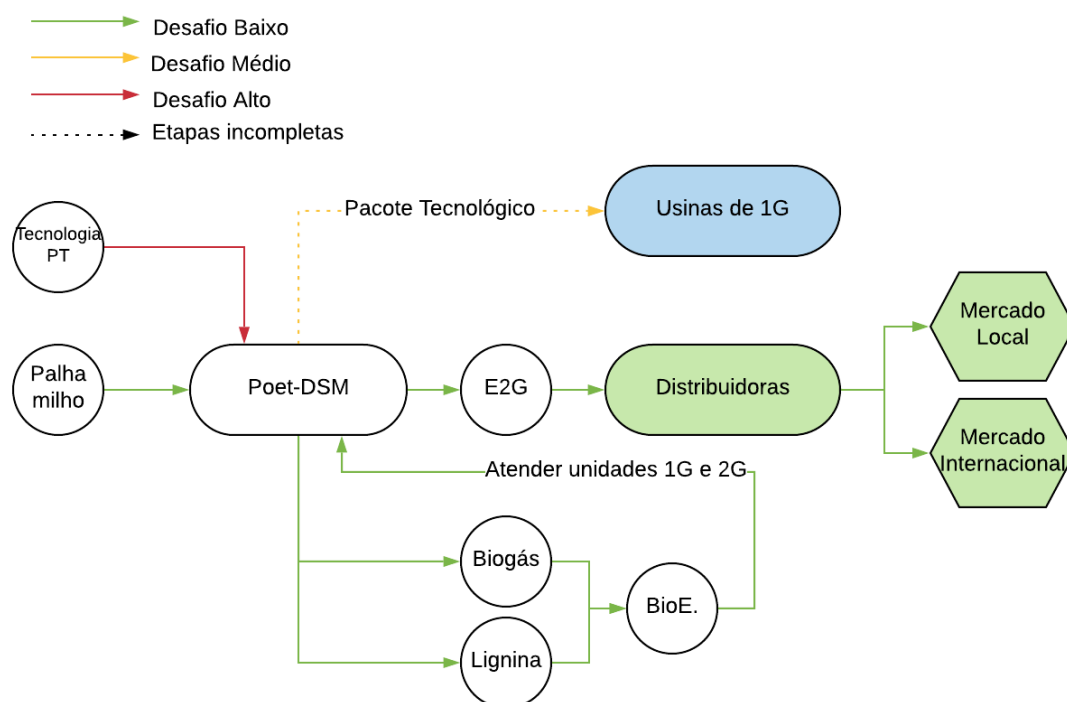


Figura 24: *Value Blueprint* Poet-DSM. Fonte: Elaboração própria.

4.3. Principais *Players* – Empresas com Plantas Comerciais Desativadas

Como mencionado anteriormente, 6 empresas inauguraram plantas comerciais de etanol de segunda geração, no entanto, 3 delas foram desativadas por motivos distintos e nenhum deles ligado diretamente ou unicamente ao etanol 2G. Nessa seção serão discutidos as estruturas dos ecossistemas de cada uma delas, sua *value blueprint* e o motivo de desligamento de cada uma das empresas.

4.3.1. *Beta Renewables*

A Beta Renewables foi criada no final de 2011 como uma *joint venture* entre a Biochemtex, uma empresa do Grupo Mossi Ghisolfi, e o fundo norte-americano TPG (Texas Pacific Group) com um investimento total de 250 milhões de euros (350 milhões de dólares) (Beta Renewables, 2018). No final de 2012, a Novozymes tornou-se acionista da Beta Renewables, com a aquisição de 10% das ações, totalizando 90 milhões de euros (Novozymes, 2018; Biofuels Digest, 2012). A fábrica construída em Crescentino, Itália, tinha a capacidade para produzir 40 mil toneladas anuais de etanol de segunda geração e processar 270 milhões de toneladas de biomassa (Beta Renewables, 2018). A Beta

Renewables possuía a tecnologia PROESA™, que foi inicialmente utilizada pela Granbio, mas que não demonstrou a eficiência esperada em escala comercial (Entrevista 4, 6 e 8).

A estratégia da Beta Renewables era bem clara, ela pretendia validar a tecnologia PROESA™ com a sua própria planta comercial, e licenciar o pacote tecnológico para outras empresas (Beta Renewables, 2014). Isso reflete a estratégia do grupo Mossi Ghisolfi que buscava avançar no desenvolvimento de tecnologia nos setores de PET, engenharia e produtos químicos renováveis derivados da biomassa não alimentar. (Mossi Ghisolfi, 2018)

Estrutura do ecossistema da Beta Renewables

A ideia de entrar no ramo de energia renovável foi parte da estratégia de expansão do Grupo Mossi Ghisolfi. A partir de 2005 o grupo buscava diversificar sua área de atuação e após 2 anos de estudos estratégicos viu a oportunidade nos biocombustíveis renováveis (Entrevista 4). Semelhante ao que foi feito posteriormente na Granbio, o grupo buscou integrar as diferentes partes da tecnologia ainda não testada em escala comercial, através da sua expertise de desenvolvimento tecnológico. Esse exercício de integração teve que ocorrer rapidamente, pois os movimentos que ocorriam na Europa para eletrificação das frotas apresentavam uma ameaça ao novo negócio do grupo Mossi Ghisolfi (Entrevista 4).

Dessa forma, a Beta Renewables buscou se estruturar com quem já tinha parte da tecnologia buscando parceiros que completassem as competências necessárias para a inovação. Dentre os principais parceiros estão a Novozymes, que também é uma acionista, e a Leaf, em empresa especializada em produtos para fermentação avançada, responsável pelo fornecimento de leveduras através da tecnologia Cellux™ (Biofuels Digest, 2013; Beta Renewables, 2018). A Figura 25 mostra a estrutura do ecossistema da Beta Renewables.

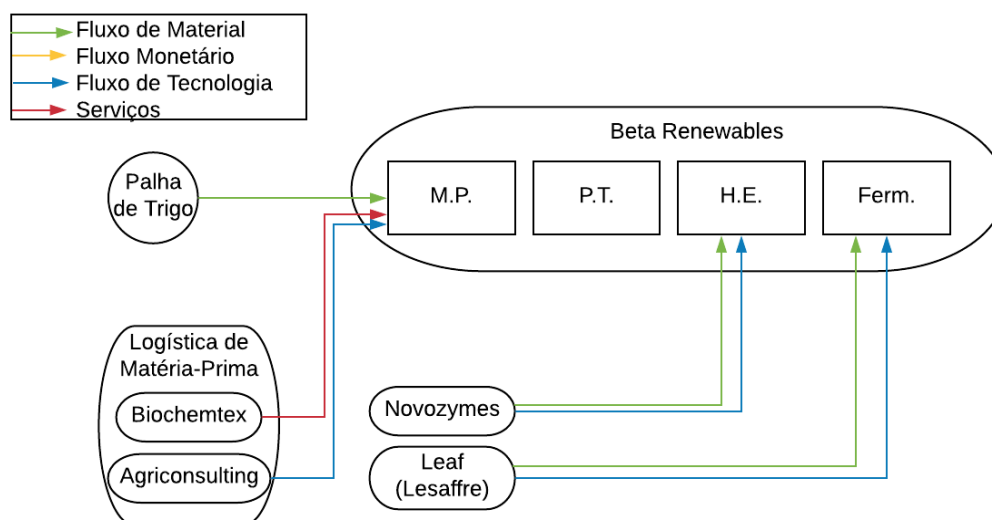


Figura 25: Estrutura do Ecossistema da Beta Renewables. Fonte: Elaboração própria.

A Figura 26 mostra a *value blueprint* da Beta Renewables. Como mencionado, o objetivo central da empresa era licenciar o pacote tecnológico e fornecer os serviços de engenharia. Na Figura 26 é possível identificar de vermelho os altos riscos no licenciamento decorrente do processo da Granbio contra a Beta Renewables (Entrevista 11). Entretanto, os principais motivos para o encerramento do projeto vão além da estrutura focal da Beta Renewables.

O projeto em Crescentino também passava pelas mesmas dificuldades das empresas anteriormente mencionadas (Entrevista 4). No entanto, o encerramento do projeto teve um conjunto de outras causas além do desempenho da tecnologia de segunda geração. Um deles estava relacionado ao Grupo MossiGhisolfi, dono da Biochemtex, principal acionista da *joint venture*. O Grupo entrou em crise econômica principalmente por conta de atrasos e excesso de custos em um projeto da fábrica de PET em Corpus Christi, Texas, um projeto bastante prejudicado pelo furacão Harvey que atingiu a costa do Texas em 2016 (Biofuels Digest, 2017b). Outro episódio que influenciou o início de uma desestruturação da empresa foi o falecimento do CEO da Beta Renewables em 2015 (Novacana, 2015c). Como uma alternativa para controlar a crise, a empresa encerrou o projeto de etanol, mas ainda assim, em outubro de 2017 entrou com concordata preventiva (Biofuels Digest, 2017b; Entrevista 4). A brusca queda no preço do petróleo também é frequentemente citada com uma das principais

causas para os desinvestimentos no setor (Entrevistas 1, 3, 4, 6). A Figura 27 mostra a linha do tempo da Beta Renewables com seus principais marcos.

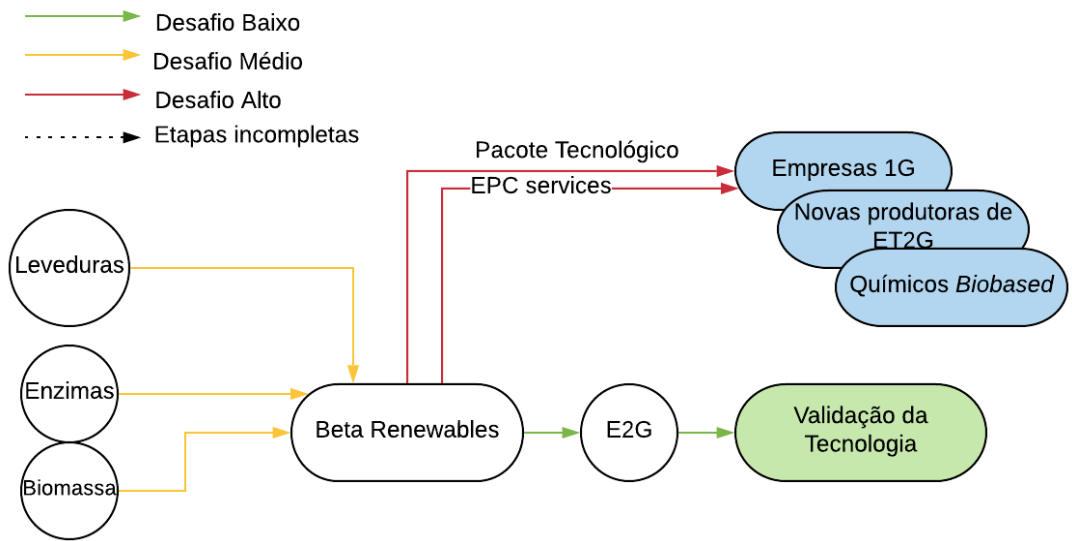


Figura 26: *Value Blueprint* da Beta Renewables. Fonte: Elaboração própria.

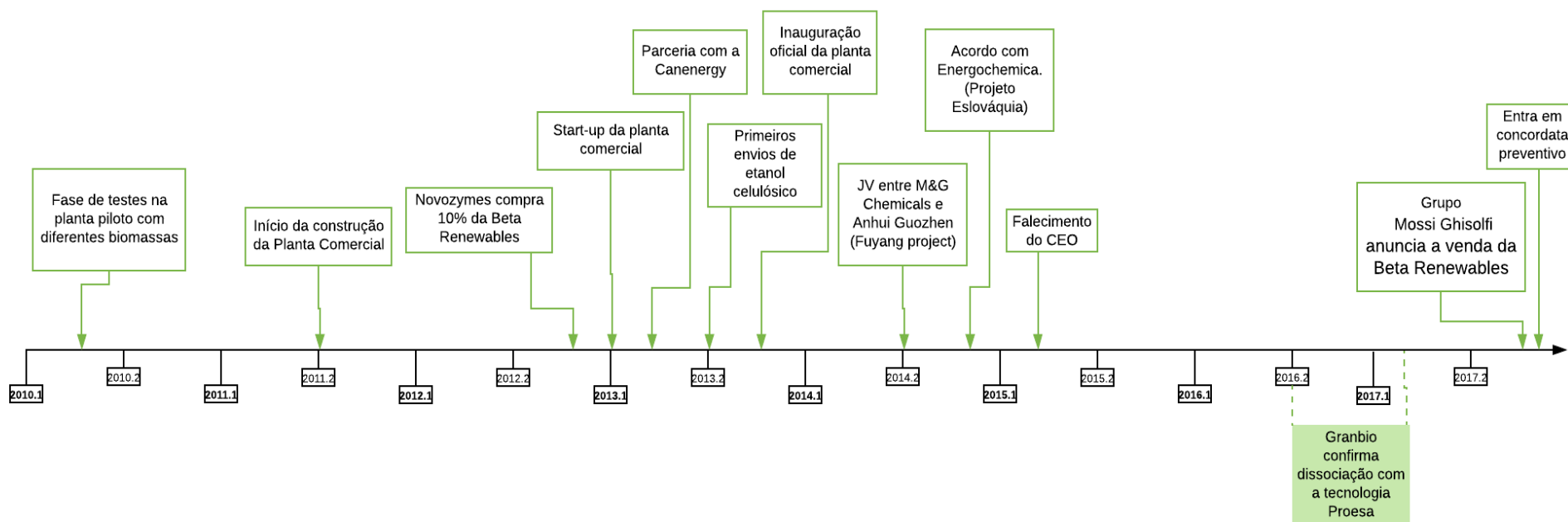


Figura 27: Linha do tempo da Beta Renewables. Fonte: Elaboração própria.

4.3.2. Abengoa

A Abengoa é uma empresa internacional que aplica soluções tecnológicas para a sustentabilidade nos setores de infraestrutura, energia e água. A sua planta de etanol celulósico inaugurada no final de 2014 em Hugoton (Kansas, USA) tinha a capacidade de produzir 94,6 milhões de litros de etanol anualmente (Abengoa, 2018). A empresa também cogitou produzir etanol 2G em suas plantas no Brasil mas a fábrica integrada não chegou a ser construída (Biofuels Digest, 2010).

Estrutura do ecossistema da Abengoa

A estruturação do ecossistema para a produção de etanol 2G foi bastante verticalizada, uma vez que a Abengoa tinha a tecnologia para a maior parte do processo. Para o fornecimento de enzimas foi feita uma parceria com a empresa Dyadic, e a matéria-prima seria a palha de milho (Figura 28) (Biofuels Digest, 2015; Research Lux, 2016). A usina funcionou por aproximadamente um ano, mas teve suas atividades paralisadas em dezembro de 2015.

Uma sequência de endividamentos provocou uma crise na empresa que em 2015 chegou a dever mais de 8,9 bilhões de euros (Novacana, 2016b). Com um plano de reestruturação, a empresa se desfez de várias unidades. Em janeiro de 2016 a empresa já tinha colocado à venda sua divisão de Bioenergia no Brasil, incluindo as duas usinas de etanol que possui em Pirassununga e São João da Boa Vista, no Estado de São Paulo, usinas de dessalinização em Gana, usinas de energia solar na África do Sul, Abu Dhabi, Chile e Argélia, linhas de energia, no Peru, um centro de água nos Estados Unidos, um parque eólico no Uruguai, uma planta de cogeração e uma central de ciclo combinado no México e sistemas fotovoltaicos em Espanha (novacana, 2016b). O plano de venda de ativos continuou até que em julho de 2016 anunciou a venda da unidade de produção de etanol celulósico em Hugoton.

Em outubro de 2016 a Shell chegou a dar um lance de US\$ 26 milhões para a compra da usina da Abengoa, no entanto a venda foi realizada em dezembro do mesmo ano para a empresa SynataBio no valor de US\$ 40 milhões (Biofuels Digest, 2016).

A Abengoa, como a Raízen, já estava inserida no setor de etanol e buscava aumentar a sua produtividade com a utilização dos seus resíduos. Apesar dos riscos de

co-evolução bastante reduzidos por não ter muitos parceiros, as questões tecnológicas ainda não resolvidas foram relevantes o suficiente para justificar o desinvestimento num grupo que já passava por crises internas.

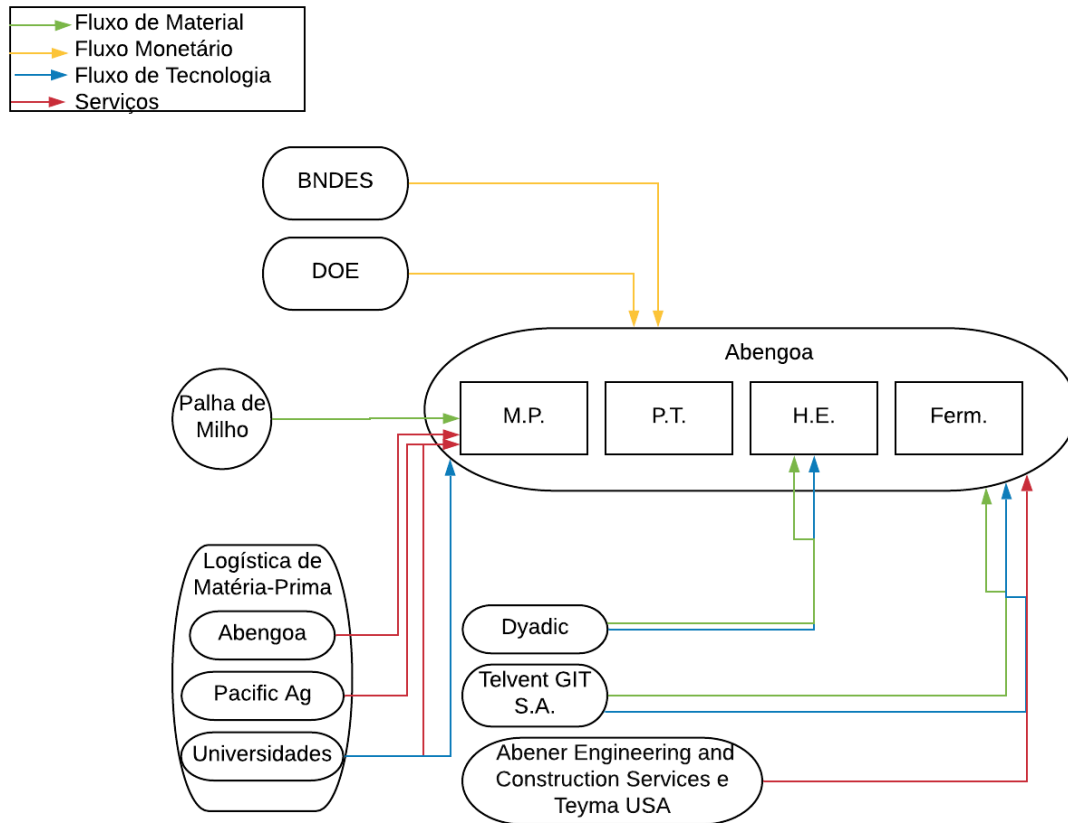


Figura 28: Estrutura do Ecossistema da Abengoa. Fonte: Elaboração própria.

A *value blueprint* da Abengoa (Figura 29) visava a produção de etanol com duas matérias-primas diferentes, a palha do milho nos EUA e o bagaço de cana no Brasil. A planta brasileira buscava ser integrada com a planta de primeira geração. A Figura 30 mostra ainda a linha do tempo da empresa. Como foi uma das primeiras empresas a sair do setor, o conteúdo da trajetória da Abengoa é reduzido.



Figura 29: *Value Blueprint* da Abengoa. Fonte: Elaboração própria.

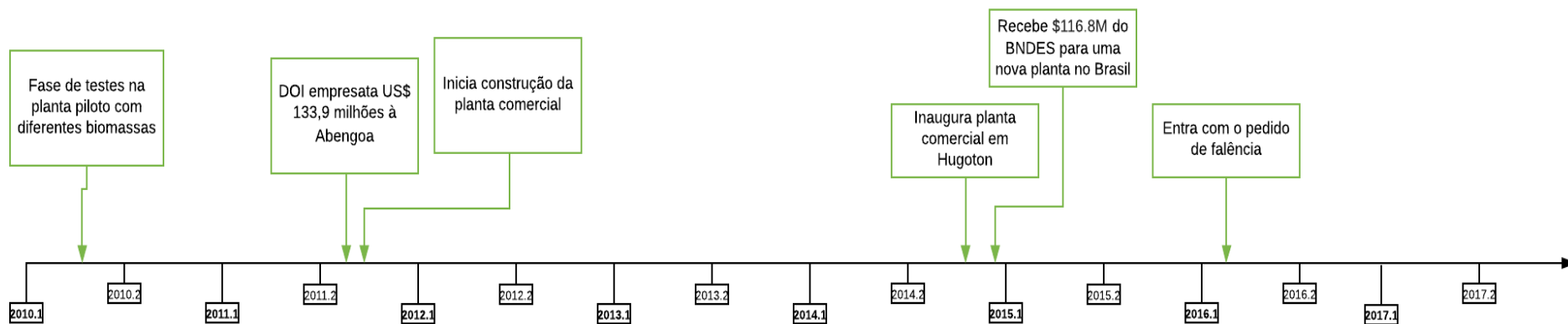


Figura 30: Linha do tempo da Abengoa. Fonte: Elaboração própria.

4.3.3. Dupont

A Dupont é uma multinacional com atuação em diversos segmentos: alimentação e cuidado pessoal, materiais de alta performance, biotecnologia industrial, segurança de pessoas e processos, polímeros e fibras. Por conta da sua expertise diversificada, a maior parte da tecnologia do processo foi desenvolvida pela própria Dupont. Em novembro de 2015 a Dupont inaugurou sua planta para produção de etanol celulósico em Nevada, Iowa, um investimento de US\$ 500 milhões. A unidade era a maior já construída em termos de capacidade de produção - 114 milhões de litros por ano (Research Lux, 2016).

Estrutura do Ecossistema da Dupont

Um dos poucos parceiros da Dupont foi a Fagen. A Fagen já construiu mais de 85 usinas de etanol e entrou em colaboração com a Butamax Advanced Biofuels, LLC, uma *joint venture* entre a BP e a DuPont, para um projeto de *retrofit* para produção comercial de biobutanol (Fagen, 2018). A parceria com a Dupont permitiu que a empresa ganhasse expertise na indústria de biocombustíveis avançados. A Dupont também fez parceria com a universidade do Estado de Iowa, nos EUA, para desenvolver melhorias na logística da palha do milho em larga escala e com o *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) do Departamento de Energia (DOE) para o desenvolvimento da tecnologia de conversão (Figura 31) (Biofuels Digest, 2012b).

Como em todas as plantas comerciais, a Dupont também passou por dificuldades para atingir a produção desejada (Novacana, 2017; Entrevista 5). Além das dificuldades do processo, a Dupont também teve problemas com incêndios nos armazéns de palha, como a Granbio (Biomass Maganize, 2016; Biofuels Digest, 2016b). As empresas chegaram a fazer contato para buscar as causas e possíveis soluções para mitigar esse risco (Entrevistas 6 e 8). Porém antes de atingir a produção desejada, a Dupont anunciou a venda da fábrica.

Em paralelo ao desenvolvimento do projeto de etanol 2G, a Dupont passava por um longo processo de fusão com a empresa química Dow Chemicals. Em março de 2017 as empresas conseguiram a aprovação da Comissão Europeia para a fusão e em junho do mesmo ano a autorização também foi dada pelo Departamento de Justiça americano

(Biofuels Digest, 2018d). A fusão, no entanto, foi condicionada à venda de ativos, a Dupont aceitou vender parte importante de sua seção de pesticidas, inclusive sua estrutura mundial de pesquisa e desenvolvimento e a Dow Chemical, por sua vez, venderá sua participação nos copolímeros ácidos e nos de iononas. Com a fusão, a empresa DowDupont chegou no valor na bolsa de US\$ 150 bilhões (Biofuels Digest, 2018d).

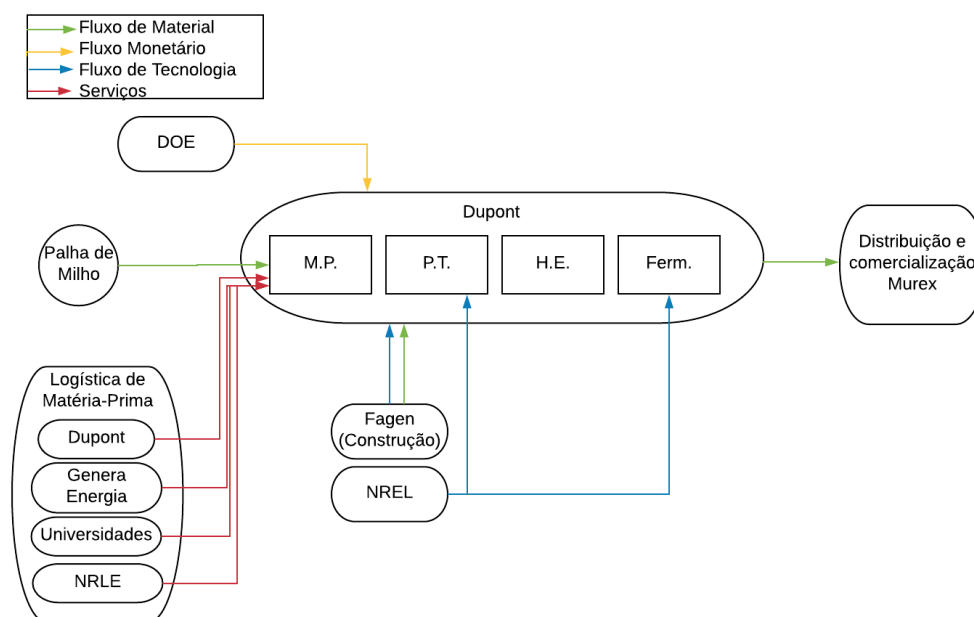


Figura 31: Estrutura do Ecossistema da Dupont. Fonte: Elaboração própria.

No processo de reestruturação a DowDupont foi dividida em três grupos: uma unidade de agricultura, uma de ciências dos materiais e uma de especialidades. De acordo com o comunicado dado pela Dupont, a venda da sua unidade de produção de etanol 2G está relacionado com o processo de reestruturação da nova empresa (Entrevista 5). A DowDupont anunciou que a sua participação na indústria de etanol de segunda geração seria redirecionada para o fornecimento de insumos para o processo 2G, como enzimas e leveduras (Biofuels Digest, 2017c; Entrevista 5).

A Figura 32 mostra a linha do tempo da Dupont. É possível perceber que entre 2013 e 2016 a Dupont fez vários movimentos no setor de etanol 2G: buscou parceiros para construção da sua planta, buscou acordos de licenciamento de sua tecnologia e ainda atuou fornecendo enzimas para outros produtores. No entanto, a partir de 2016, com a fusão e com a forte queda dos preços do petróleo, o projeto foi abandonado.

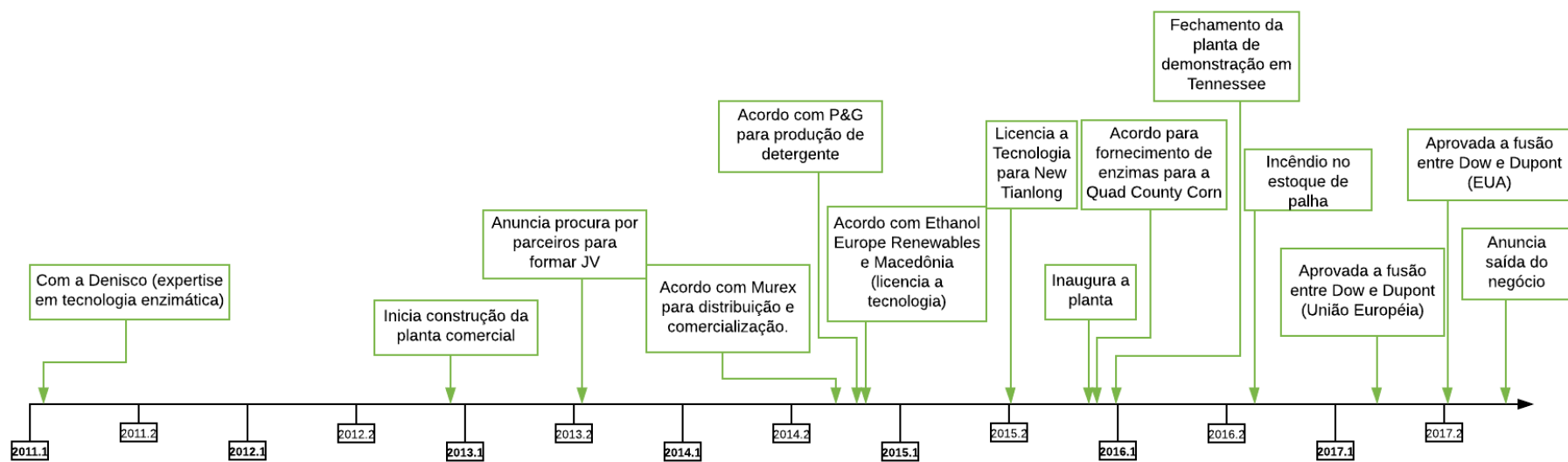


Figura 32: Linha do tempo da Dupont. Fonte: Elaboração própria.

Movida aparentemente pela sua reestruturação, a Dupont se reposiciona no ecossistema geral de segunda geração. Deixando de ser uma empresa *keystone*, para seguir uma estratégia de nicho (Figura 33).

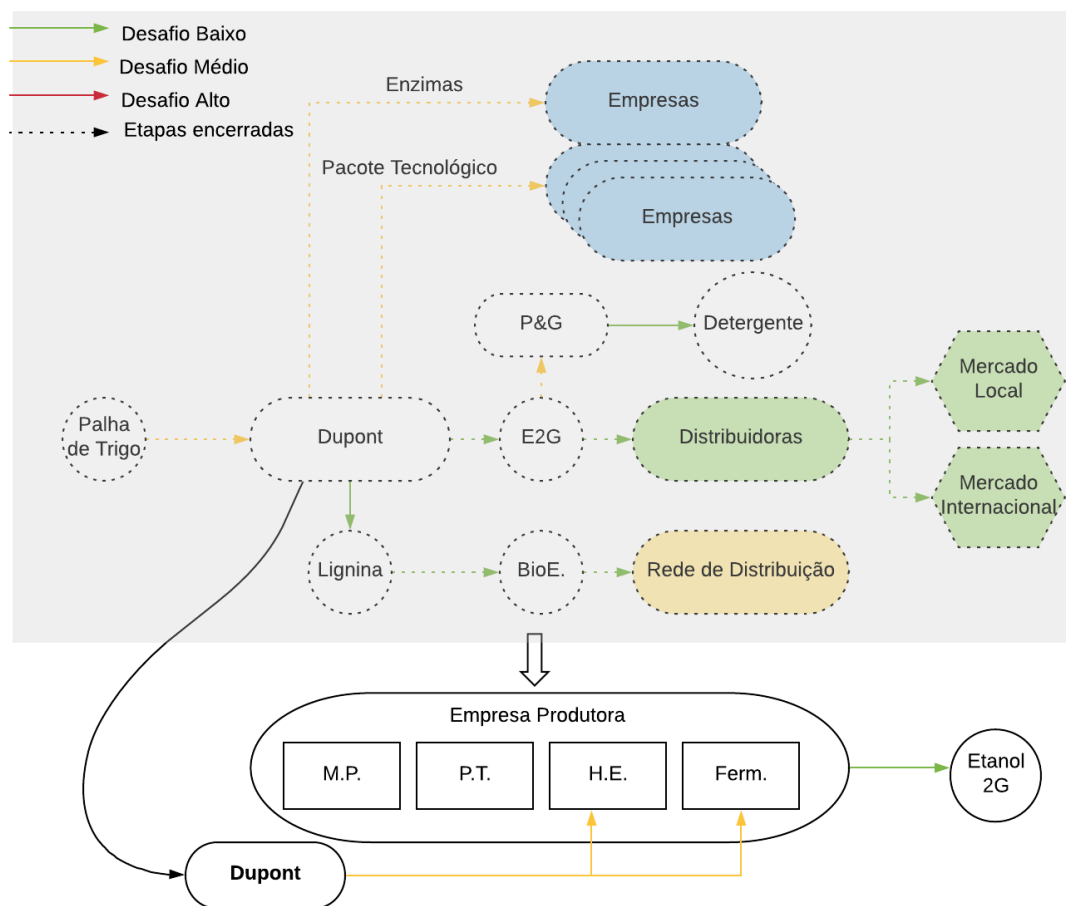


Figura 33: Reposicionamento da Dupont frente à sua reestruturação. Fonte: Elaboração própria.

4.3.4. Conclusões sobre os projetos desativados

A desativação de 50% dos projetos comerciais de etanol de segunda geração poderia ser vista como um indicativo de que o biocombustível não venha a promover a revolução esperada, ou ainda, que nem seja de fato viável. No entanto, através dessa análise sobre os projetos encerrados, é possível verificar que nenhum deles teve como causa exclusivamente o processo 2G. Beta Renewables e Abengoa passavam por crises internas que atingiram outras empresas do grupo líder. A DowDupont passou por uma importante transformação que exigiu reestruturação em vários segmentos.

Claramente os projetos não estavam gerando os melhores resultados, o que ocasionou serem alvos do corte de custos. Porém, o período de *start-up* e *ramp-up* de projetos inovadores devem ser considerados ou pelo menos cogitados como longos e possivelmente custosos. Reconhecer o risco, mesmo que a sua probabilidade seja pequena, faz parte da avaliação do empreendedor sobre o projeto inovador. Quando o papel assumido pela empresa é de *keystone*, essa avaliação deve ser ainda mais minuciosa, uma vez que a empresa carrega maior parte da responsabilidade e administração do ecossistema. A Tabela 10 faz um resumo do *status* de cada um dos projetos comerciais inaugurados.

Tabela 10: *Status* dos projetos comerciais de etanol 2G

Empresa	Status
Granbio	Produzindo abaixo da capacidade
Raízen	Produzindo abaixo da capacidade
Poet-DSM	Pré-tratamento a 80%
Dupont	Desativada por reestruturação organizacional
Beta Renewables	Grupo entrou em concordata devido à crises internas.
Abengoa	Vendida devido a crises internas.

Fonte: Elaboração própria.

4.4. Discussão sobre os *players*

Esta seção apresentará a discussão sobre o ecossistema geral do etanol 2G. Ela está dividida em 7 subseções, as 6 primeiras discutem as dimensões-chave do ecossistema geral: estágio evolucionário, desafios, estratégias, alocação dos desafios, fatores que influenciaram nas estruturas dos EIs e agentes agregadores. Na última seção será apresentado um resumo das lições do caso do etanol 2G.

4.4.1. Estágio evolucionário e trajetória do ecossistema geral

A partir da análise dos projetos comerciais é possível tirar algumas conclusões sobre o ecossistema geral do etanol 2G. Em primeiro lugar, é facilmente percebido que o ecossistema se encontra no estágio de nascimento, onde é comum a presença de diferentes empresas focais buscando atingir o valor proposto pela sua *value blueprint*. Até o momento nenhuma empresa fez movimento na direção do estágio de expansão, um exemplo de um movimento desses seria o anúncio de uma segunda planta comercial. Um aspecto geralmente associado a esse estágio de nascimento, que no

entanto não é muito forte neste caso, é a competição acirrada entre os ecossistemas. Sem dúvida essa característica estava presente em 2015/2016 onde as empresas estavam trabalhando no *start up* de seus processos. No entanto, quando ficou claro que todas os projetos apresentavam problemas em etapas similares, a cooperação entre competidores começou a ser mais valorizada (Entrevistas 1, 2, 6, 7, 8, 9). Os segredos industriais obviamente ainda eram mantidos, mas com exceção das questões absolutamente tecnológicas, os atores cooperaram buscando sanar seus desafios (Entrevistas 8, 3, 6).

O gráfico da Figura 34 mostra o resultado da classificação das 570 notícias resgatadas. Observa-se que inicialmente a maioria do material divulgado sobre o etanol 2G tratava-se de notícias relacionadas com a oportunidade do negócio e os movimentos iniciais de estruturação, como a busca de parceiros para co-inovar. A partir de 2014 até meados de 2015 a curva de desafios se mostra alta, o que já é um reflexo das primeiras dificuldades com as plantas recém-inauguradas. Entre 2015 e 2017 é possível observar a presença da curva de projetos encerrados representado a saída de 3 dos 6 principais *players*. Em 2016 há um pico na curva de “evolução e co-evolução” transladada da curva de desafios. Esse perfil reflete as ações das empresas em buscar enfrentar seus desafios.

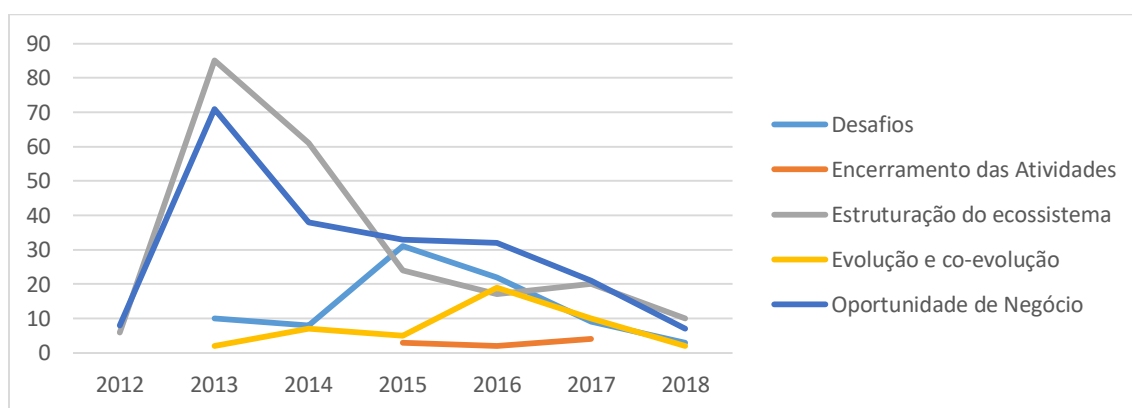


Figura 34: Categorização das notícias levantadas. Fonte: Elaboração própria.

4.4.2. Desafios do ecossistema geral do etanol 2G

Com o todo o material histórico dos principais *players* (conjunto de 570 notícias de 56 fontes) mais os conteúdos das entrevistas, foi possível chegar nas Tabela 11 e Tabela 12, onde estão listados os principais desafios competitivos e cooperativos do etanol 2G.

Tabela 11: Desafios competitivos dos ecossistemas 2G.

Desafio Competitivo	Empresa	Detalhes
Proteger ideias e tecnologias, principalmente nas etapas mais críticas do processo 2G, como o pré-tratamento e os tipos de leveduras e enzimas utilizadas.	Todas as empresas	Todas as empresas tinham seus segredos industriais protegidos. As dificuldades técnicas referentes a esses segredos foram resolvidas em cooperação com os parceiros, sem atuação de outros players.
Competir pelos fornecedores exclusivos (principalmente enzimas e leveduras)	Todas as empresas. Dupont em menor proporção.	Nenhuma empresa possuía 100% do processo 2G, e as opções de empresas de nichos específicos eram poucas.
Competição entre os modelos produção – Usinas independentes ou produção integrada.	Granbio, Beta Renewables e Dupont x Raízen, Poet-DSM e Abengoa	Ainda não há definição no ecossistema do etanol 2G, qual o modelo que teve melhor resultado, um reflexo do estágio de nascimento do ecossistema.
Competição entre os modelos de processamento	Raízen x Granbio e Poet-DSM	A Raízen possui um modelo de produção diferentes dos demais players ativos. A separação das correntes de c5 e c6 para fermentações separadas é uma das diferenças do modelo. Outras existem, como a definição da etapa de separação da lignina.
Competição com preço do petróleo	Todas as empresas.	A queda do preço do petróleo em 2016 foi um desafio para todos os players.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 12: Desafios cooperativos dos ecossistemas 2G.

Desafio Cooperativo	Empresa/Ecossistema	Detalhes
Atrair pessoas, empresas e instituições para integrar as etapas do processo 2G.	Todas. Dupont em menor escala.	Praticamente todas as empresas precisaram de parcerias para as etapas-chave do processo 2G
Desafios da MP: Criar redes com produtores locais para avançar com as técnicas de coleta de palha de cana-de-açúcar e milho.	Todas com exceção da Raízen (pelo menos inicialmente)	Todas as empresas tiveram o desafio de acessar a matéria-prima celulósica. No caso específico da Granbio, houve a necessidade de fomentar no Brasil as técnicas e equipamentos para esse recolhimento. No caso da Raízen, por usar bagaço da usina anexa, esse desafio foi menor.
Desafios do pré-tratamento e Engenharia	Todas	Todas as empresas passaram por desafios nas etapas de condicionamento da matéria-prima e pré-tratamento.
Desafios da hidrólise enzimática	Projetos ativos	Para os projetos ativos, os desafios foram de ajustes de engenharia para aumento da eficiência e redução de utilização de enzimas.
Desafios da fermentação	Principalmente com a Raízen	No início do projeto a Raízen não possuía uma levedura capaz de fermentar açúcares C5, o que fez com que essa corrente tivesse que ser separada para que fosse fermentada apenas a corrente C6.
Encontrar novas parcerias em substituição daquelas que não entregaram o valor necessário para o ecossistema.	Principalmente Poet-DSM e Granbio	Ambas passaram entraram com processos judiciais contra empresas parceiras por não terem entregado o resultado acordado. Essa reconfiguração da estrutura do ecossistema precisou ser feitas com novos parceiros.

Desafio Cooperativo	Empresa/Ecosystema	Detalhes
Tropicalização de tecnologias	Granbio e Raízen	Ambas as empresas tiveram desafios ao trazerem tecnologias norte-americanas e europeias para o Brasil.
Criar redes com novos consumidores que bonifiquem o etanol 2G	Projetos ativos	Todas as empresas buscaram mercados de etanol que recebessem prêmio pelo fato do produto ser de origem celulósica não-alimentícia, mesmo que inicialmente a proposta fosse competir com o mercado tradicional de etanol 1G (Raízen e Granbio)
Combater desafios burocráticos de manipulação de micro-organismos geneticamente modificados (principalmente no caso brasileiro)	Granbio e Raízen	Buscaram cooperação para reduzir obstáculos junto ao CTNBio (ligado ao Ministério de Ciência e Tecnologia) e Cgen (subordinado ao Ministério do Meio Ambiente).
Combater desafios de armazenagem de matéria-prima (incêndios)	Granbio e Dupont	Empresas entraram em contato para eliminar desafios, sob o risco das seguradoras não aceitar segurar a matéria-prima celulósica.

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se nas Tabela 11 e Tabela 12 desafios cooperativos importantes. Isso é o reflexo de uma inovação de processo que exige a integração de diferentes partes da tecnologia, como novos pré-tratamentos, enzimas e leveduras. O estágio de nascimento do ecossistema geral também influenciou neste resultado; pelo fato do ecossistema ainda não estar maduro, a competição entre os *players* não é muito importante quando considerada, por exemplo, a busca por *marketshare*. Mais importante do que a quantidade de produto gerado e consumidores alcançados, é atingir as eficiências planejadas de produção, o que depende muito mais de um esforço cooperativo de atores de um mesmo ecossistema focal.

A cooperação entre atores de um mesmo ecossistema focal, sem dúvida é primordial para o sucesso do ecossistema geral, principalmente no seu estágio de nascimento, onde o papel de cada ator deve atender às expectativas de todo o ecossistema. No entanto, a cooperação entre os competidores do ecossistema geral não é tão comum nesta fase. Algumas ações de cooperação no caso do etanol 2G foram: *workshops* para a busca de uma solução para os problemas do pré-tratamento, reuniões para buscar causa e solução para os incêndios nos armazéns de matéria-prima e, no caso brasileiro, a Granbio, Raízen e CTC buscaram atuação política para retirar obstáculos ao desenvolvimento de tecnologia principalmente junto à duas comissões federais: CTNBio (ligado ao Ministério de Ciência e Tecnologia) e Cgen (subordinado ao Ministério do Meio Ambiente) em relação ao desenvolvimento de micro-organismos geneticamente modificados e acesso a patrimônio genético, respectivamente (Entrevistas 1, 3,4,6 e 8).

4.4.3. Estratégias

As estratégias seguidas pelas principais produtoras de etanol 2G podem ser analisadas de duas formas: as estratégias para o ecossistema focal e para o ecossistema geral. Para o ecossistema focal, as produtoras de etanol desempenharam o papel de *keystone* ou de dominação. Granbio e Beta Renewables eram *keystones* dos seus ecossistemas focais, com uma estrutura mais ramificada e, conseqüentemente, com maiores riscos de co-inovação. Raízen e Abengoa também seguiram a estratégia de *keystone*, no entanto, com menores dependências de parceiros por suas competências no setor de energia. A *joint venture* Poet-DSM conseguiu atender a maioria das demandas do seu processo pelas competências das empresas parceiras Poet e DSM, o

que permitiu que seu processo fosse mais verticalizado e menos dependente de outros atores. Essa característica de dominador da Poet-DSM mais do que de *keystone*, no entanto, não a blindou completamente dos riscos de co-inovação. Mesmo com maior controle do processo, a empresa ainda enfrentou desafios com a parceira Andritz. E a Dupont mostrou uma posição de dominador por possuir a menor quantidade de parceiros envolvidos nas etapas-chaves do processo. A Figura 35 mostra as estratégias dos principais *players* de etanol 2G no gráfico proposto por Iansiti & Levien (2004).

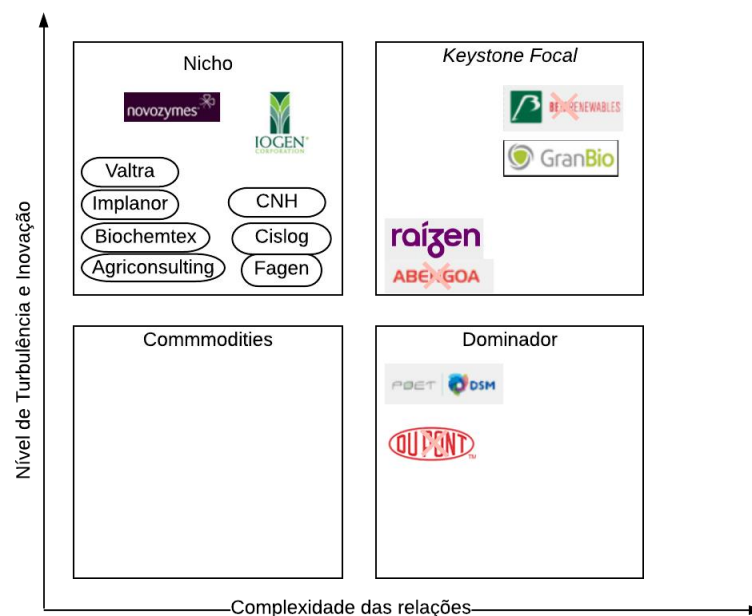


Figura 35: Estratégias seguidas pelos principais *players* (ecossistema focal). Fonte: Elaboração própria.

É importante observar que essas mesmas posições estratégicas podem ser analisadas sob o ponto de vista do ecossistema geral de etanol 2G. Ao buscar desenvolver um pacote tecnológico para ser licenciado, os produtores passam a se tornar fornecedores de um ativo comum para o ecossistema, o que os torna *keystones* do ecossistema geral. Ser bem sucedido no ecossistema geral significa ampliar consideravelmente as fronteiras atuais de produção de etanol celulósico e possivelmente outros produtos de origem lignocelulósica que utilizem açúcares. O processo 2G, neste caso, funciona como um “processo-plataforma” que permitirá que diferentes empresas e indústrias criem valor a partir do “produto” do *keystone*.

Na Figura 36 estão as empresas que buscam, ou buscaram, ser *keystones* no ecossistema geral. Atualmente só a Poet-DSM está atuando como produtora e licenciadora. A Clariant (descrita no apêndice A), também apresenta uma estratégia semelhante, no entanto ainda não possui planta comercial. Na Figura 36 observa-se também que a Dupont muda sua estratégia de dominadora(focal)/*keystone* (geral) para assumir uma posição de nicho, fornecendo ativos complementares para os *keystones*.

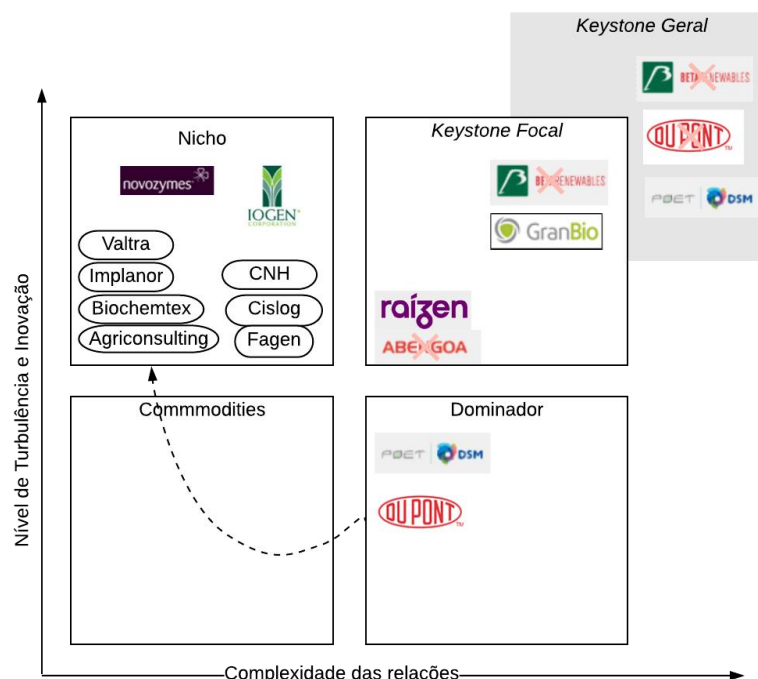


Figura 36: Estratégias seguidas pelos principais *players* (ecossistema geral). Fonte: Elaboração própria.

4.4.4. Alocação dos desafios

Em relação aos tipos de desafios enfrentados pelo ecossistema geral, observa-se que os principais obstáculos foram em relação aos componentes, isto é, às parcerias para a produção do etanol, principalmente nas etapas-chaves já citadas: produção, colheita e transporte da matéria-prima, pré-tratamento, hidrólise e fermentação, o que ocasiona a restrição de produção. Já os desafios com os complementadores são baixos, provocando pouco risco para o consumo, o que é bastante compreensível já que o etanol 2G é comercializado e utilizado pelos mesmos canais do etanol 1G. A Figura 37 mostra a localização dos desafios de acordo com o *framework* de Adner e Kapoor (2010)

no 3º quadrante. De acordo com os autores, a localização desses desafios é favorável à criação de vantagem competitiva se for considerado que esses desafios serão superados.

Seguramente pode-se dizer que as empresas produtoras buscavam estar no 2º quadrante, onde só precisariam lidar com seus desafios internos. O esforço das empresas focais em estruturar o seu ecossistema visa diminuir os riscos de co-inovação e facilitar a busca por soluções para os desafios internos e externos. No entanto, a presença de fortes desafios nos componentes posiciona o ecossistema de etanol 2G no 3º quadrante.

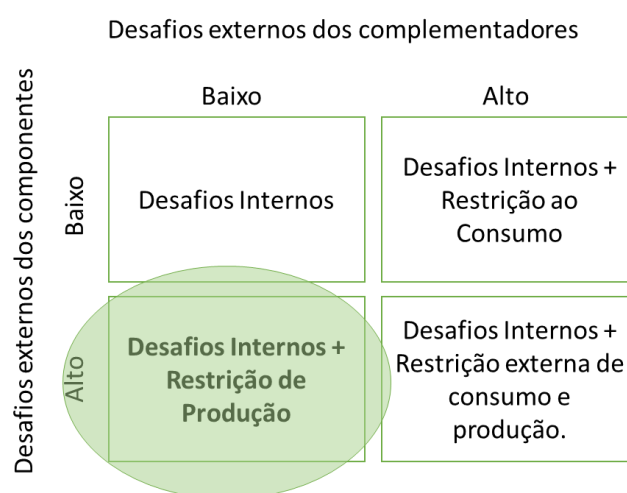


Figura 37: Desafios do Ecossistema do Etanol 2G. Fonte: Elaboração própria.

Pelas análises da seção anterior, foi possível identificar que os desafios dos componentes foram enfrentados de três formas: através da cooperação entre a empresa focal e o parceiro-chave, como no caso da Raízen que até o momento vem trabalhando junto com a logen e Novozymes para aumentar a eficiência do seu processo (Entrevista 9) ; internamente, quando a empresa tinha o domínio das tecnologias, como a Dupont (Entrevista 5), ou ainda através de uma reestruturação do ecossistema, como foi o caso da Granbio e da Poet-DSM, que excluíram um ator do seu ecossistema e através da reestruturação buscaram sanar desafios (Entrevistas 1, 2, 6 e 8).

Apesar dos importantes desafios, essa posição no *framework* de Adner e Kapoor (2010) é a que apresenta a maior oportunidade de gerar vantagem competitiva para a empresa. Os conhecimentos e processos específicos que são desenvolvidos pelos

parceiros e agente líder durante a busca por soluções, gera um *know-how* difícil de ser copiado.

É importante destacar também, que apesar dos vários desafios com os componentes, a análise dos projetos desativados mostrou que as principais razões para o desligamento dos projetos foram externos ao ecossistema geral, como a queda no preço do petróleo e a fusão da Dupont com a Dow, e internos, como crises nos grupos detentores das empresas, como foi o caso da Beta Renewables e da Abengoa. Isso indica que apesar dos importantes desafios nos componentes, as estruturas focais estabelecidas têm conseguido reestruturar seus ecossistemas para superá-los.

4.4.5. Outros fatores que influenciaram o ecossistema geral do etanol 2G - Um foco nas estruturas e Value Blueprints

Além da busca pela mitigação dos riscos e enfrentamento dos desafios, as estruturas dos ecossistemas são influenciadas pelas origens das empresas focais. Quando as empresas já são estabelecidas e dominam parte razoável do processo tecnológico, a necessidade de parcerias é menor que nos casos das *start-ups* (Figura 38). Outro fator que influencia a estruturação e estratégia do ecossistema é a origem da empresa, se é do ramo de energia ou do de químicos. Dependendo dessa origem, o papel que é dado à tecnologia 2G é diferente. Para alguns, o objetivo é aumentar a produção de biocombustíveis e aproveitar seus próprios resíduos; para outros, o objetivo é desenvolver o processo responsável por liberar açúcares fermentescíveis. Os gráficos das Figura 38 e Figura 39 mostram como esses fatores influenciam na estrutura e estratégias das empresas focais.

Na Figura 39 observa-se que a Poet-DSM fica entre as duas regiões. Isso porque a *joint venture* foi criada para atender as demandas específicas das duas empresas. Enquanto a Poet quer aumentar a sua produção de etanol, a DSM quer validar e vender suas enzimas e leveduras.

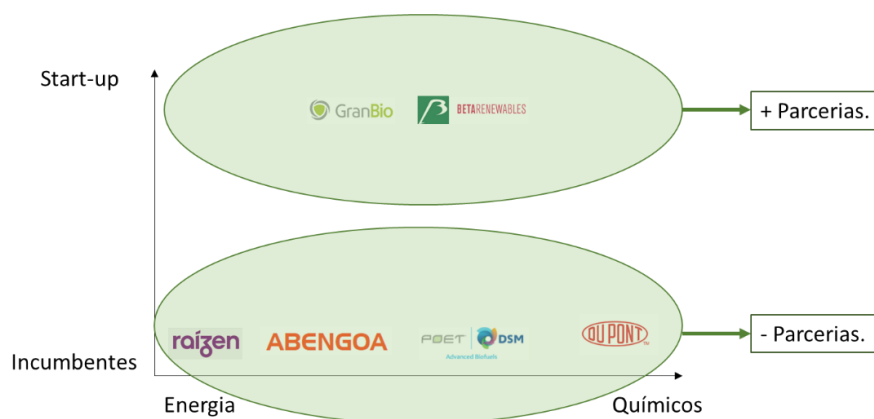


Figura 38: Característica da empresa influenciando o número de parcerias. Fonte: Elaboração própria.

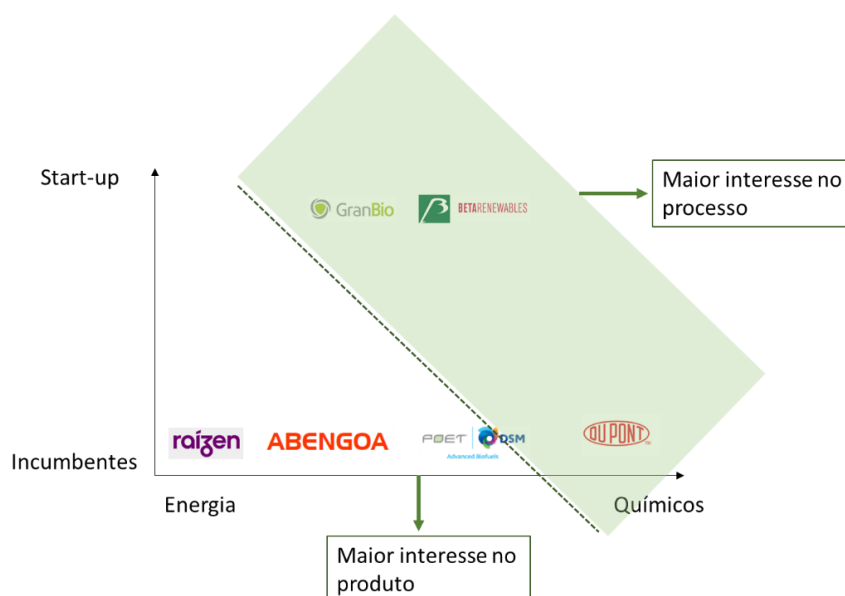


Figura 39: Característica da empresa influenciando na estratégia para o etanol 2G. Fonte: Elaboração própria.

A capacidade de reestruturação e adaptação diante dos problemas tem sido uma competência-chave para as empresas do ecossistema de etanol 2G. Se a empresa tem poucos parceiros, ela precisa se preparar com um bom PD&D para enfrentar os desafios. Se tem muitos, ela precisa se prevenir contra os riscos de co-inovação. Identificar esses riscos mesmo que não se possa saber previamente onde surgirá o problema, faz parte de um bom gerenciamento de um processo de inovação.

A necessidade de reestruturação influenciou a *Value Blueprint* de vários projetos. Como é comum em inovações com muitos desafios, fez-se a necessidade de se regredir

para um Ecossistema Mínimo Viável antes de atingir os objetivos estratégicos inicialmente estabelecidos, como no caso da Granbio e da Raízen. No caso da Granbio, houve ainda a mudança no foco da empresa que antes buscava ser uma integradora de tecnologia e passou a ser uma empresa de conhecimento, como consequência das patentes adquiridas com a Beta Renewables e a API. Fora os desafios, outros fatores podem influenciar na transformação da *value blueprint*, como foi o caso da Dupont, que mudou completamente seu posicionamento dentro do ecossistema geral de etanol 2G devido a fusão com a empresa Dow Chemical.

4.4.6. Novas dimensões - Agentes agregadores

Como discutido no capítulo 2, o líder de um ecossistema carrega a responsabilidade de unir os agentes necessários para a inovação e guiar o ecossistema focal para um objetivo comum. Em muitos casos os líderes são vistos como as empresas focais, que criam seus ecossistemas e competem entre si, como são os casos das empresas vistas neste estudo. Contudo, é possível identificar no ecossistema geral, o que foi definido neste estudo como a presença de agentes agregadores, isto é, agentes conectam ecossistemas focais e promovem a disseminação dos ecossistemas. Analisando a Figura 40, observa-se que os diferentes ecossistemas focais podem ser conectados por agentes específicos. A Novozymes aparece conectando 3 diferentes ecossistemas, fornecendo enzimas para a Granbio e Raízen e como acionista da Beta Renewables.

Outros agentes que conectam os ecossistemas são os órgãos públicos que financiam programas e políticas de incentivo ao etanol 2G, como o BNDES e Finep no Brasil e o DOE nos EUA. Essas instituições, através de seus programas, criam uma janela de oportunidade para as empresas escalarem suas tecnologias para níveis comerciais.

A Novozymes possui uma estratégia de nicho, no entanto, como foi discutido por Iansiti & Levien (2004) e Adner (2012) a atuação como um *follower* não diminui a essencialidade dela para o ecossistema. Apesar de não liderar um ecossistema focal específico, a Novozymes fornece um insumo imprescindível para 2 ecossistemas, se for descontada a Beta Renewables. Entretanto, considerando a tendência futura de incluir

a produção de enzimas *on-site* como tem sido feito pela Poet-DSM e Clariant¹⁸, a relevância da Novozymes pode diminuir.

BNDES e DOE exerceram papéis fundamentais para o surgimento dos ecossistemas de etanol 2G. Os programas como PAISS I, PAISS Agrícola do BNDES/Finep, e o *Biomass Program* do DOE são os principais exemplos de como essas agências têm atuado diretamente em alavancar o etanol 2G. Porém, além das ações diretas, como os programas citados, esses agentes ainda são responsáveis por promover o biocombustível nas comunidades políticas, acadêmicas e empresariais. Somando-se ainda o fato de que eles são responsáveis pelos instrumentos que buscarão atender as metas de reduções de GEE estabelecidas em acordos internacionais, o papel desses agentes torna-se muito mais acentuado do que apenas de um financiador.

¹⁸ O projeto comercial da Clariant ainda está em construção, no entanto a empresa já divulgou como é estruturado seu processo produtivo. O modelo da Clariant é melhor discutido no apêndice A.

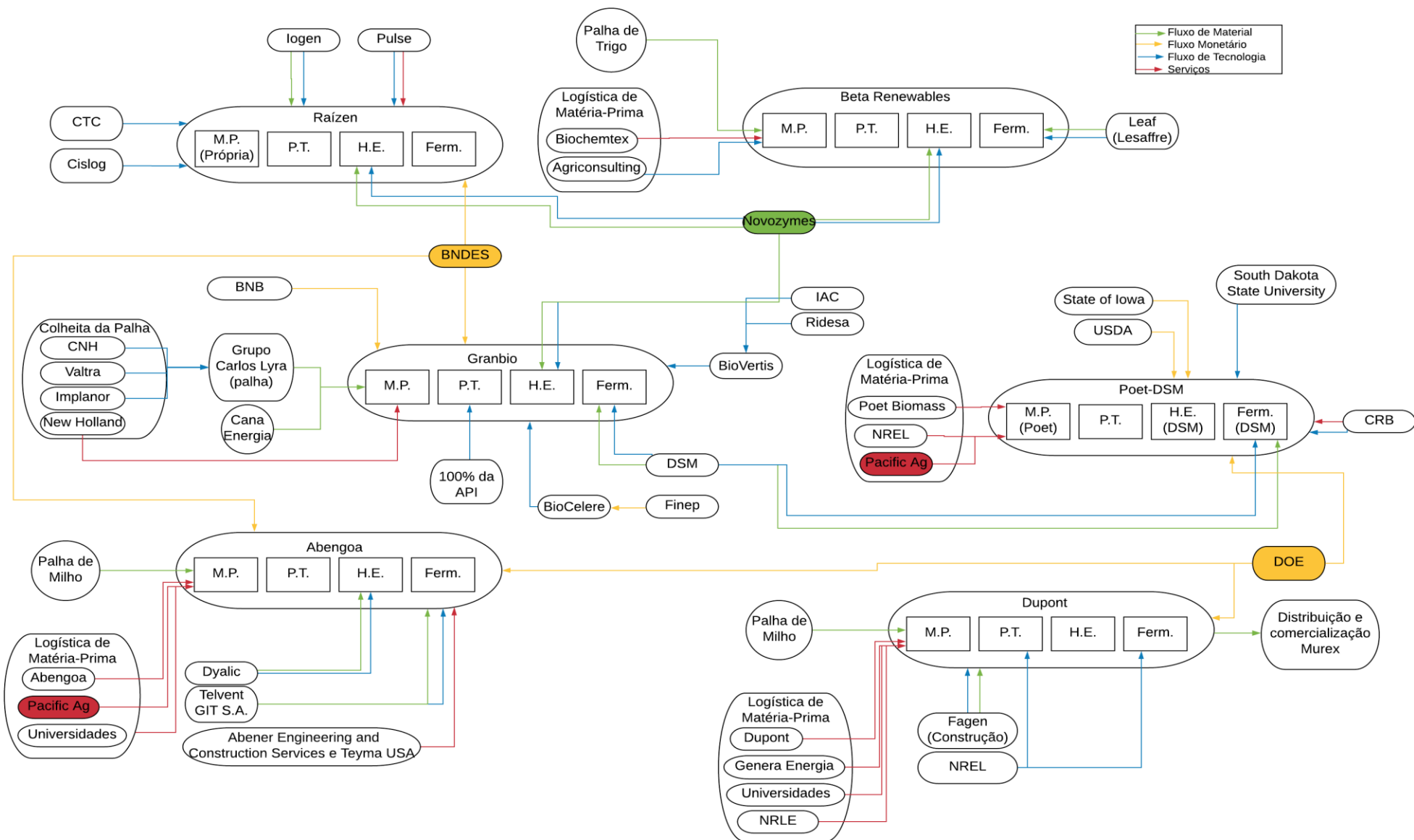


Figura 40: Ecossistema Geral de Etanol 2G. Fonte: Elaboração própria.

4.4.7. Lições sobre o caso do etanol 2G

O capítulo 4 apresentou os resultados referentes ao caso do etanol 2G através da análise dos ecossistemas focais e do ecossistema geral. Um resumo das principais lições deste caso é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2: Lições do etanol 2G

Dimensão	Resultado da Análise	Aspectos importantes
Estágio Evolucionário	Nascimento	Ao contrário do que geralmente é enfatizado na literatura, a cooperação entre ecossistemas focais teve um papel mais relevante que a competição. As empresas focais buscaram cooperação para sanar os principais desafios impostos pela inovação.
Estratégias	Ecossistemas focais – <i>Keystone e dominação</i> . Ecossistema geral – <i>Keystone</i>	Considerando as análises de ecossistema focal, tem-se Beta Renewables, Granbio, Raízen e Abengoa seguindo a estratégia de <i>keystone</i> e Poet-DSM e Dupont buscando uma estratégia de dominação. Considerando as análises de ecossistema geral, tem-se a Poet-DSM seguindo com a estratégia de licenciamento e a DowDupont redirecionando sua posição passando a atuar no nicho.
Alocação dos desafios	Componentes	Esta análise mostrou que a localização dos desafios nas estruturas focais é favorável à criação de vantagem competitiva, considerando a superação dos desafios (Adner & Kapoor, 2010).
Estrutura	Identificação de fatores que influenciam na estrutura dos EIs	Observou-se que o tipo e a origem das empresas influenciam na estrutura dos ecossistemas. A papel que é atribuído ao etanol 2G varia de acordo com a origem da empresa, influenciando também sua estratégia.
Value Blueprint	Necessidade de reconfiguração	Raízen e Granbio precisaram reestruturar sua Value Blueprint. Já a Poet-DSM reconfigurou apenas a sua estrutura.
Nova dimensão identificada - Agentes Agregadores	Paiss/finep, DOE, e Novozymes como principais agentes agregadores	Verificou-se a necessidade de atribuir uma classificação para os atores que conectam os ecossistemas focais e detêm um certo poder sobre o futuro do ecossistema. Atribui-se para eles o nome de agentes agregadores.

Fonte: Elaboração própria.

5. ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO DA AMYRIS

A Amyris é uma empresa atuante em diferentes setores da Bioeconomia. Através de suas competências em biotecnologia, a Amyris consegue desenvolver produtos com uma grande variedade de aplicações tendo como base o uso de matéria-prima renovável, no caso açúcares simples. Os diferentes ecossistemas gerais nos quais a Amyris atua, como cosméticos, nutracêuticos¹⁹ e polímeros, demandam da Amyris competências e conhecimentos específicos, tornando seu ecossistema, como empresa, mais complexo e desafiador.

Diferentes da análise de produto, como foi o caso do etanol 2G, quando o ecossistema é analisado visando a empresa, novas dimensões passam a ser consideradas, como a relação entre os diferentes produtos/mercados. Essas novas dimensões trazem novas complexidades para a abordagem de ecossistemas de inovação.

A Amyris apresenta-se como um objeto de estudo interessante, uma vez que possui produtos que servem de base para produtos finais em diferentes mercados (perfil de um produto plataforma), característica que tem sido bastante explorada por autores de EI (Gawer & Cusumano, 2014; Rong *et al.*, 2015). Além disso, a empresa utiliza MPR, atendendo a um dos critérios frequentemente citados nas definições de Bioeconomia (OECD, 2009; Comissão Europeia, 2012; Bioeconomy Vision, 2016).

Para a segunda parte desta tese, o ecossistema da empresa Amyris foi analisado considerando sua atuação em diferentes mercados. A seção 5.1 apresenta um breve resumo e histórico da empresa. As seções 5.2 até 5.6 discutem as estruturas dos ecossistemas das diferentes áreas de atuação da Amyris. A seção 5.7 apresenta os resultados sobre o ecossistema completo da Amyris e sua *Value Blueprint*. Nessas seções são discutidas brevemente as várias parcerias de diferentes naturezas feitas pela empresa. As informações completadas de todas as parcerias da Amyris encontram-se no **apêndice B**. Em seguida, as seções 5.8 até 5.10 fazem uma análise sobre desafios,

¹⁹ Suplementos alimentares que podem ser encontrados em cápsulas ou comprimidos.

estágio e estratégias da empresa. Por fim, a seção 5.11 apresenta as lições do caso da Amyris.

5.1. Histórico da Amyris

A Amyris surgiu a partir de um grupo de pesquisadores da Universidade de Berkeley, na Califórnia, Estados Unidos, que buscavam uma rota biotecnológica para a produção de artemisina, princípio ativo para o tratamento da malária. Em 2003, a Amyris Biotechnologies, Inc, foi fundada e em 2004 firmou uma parceria com a Bill and Melinda Gates Foundation, uma organização americana sem fins lucrativos, recebendo uma doação de 15 milhões de dólares para o desenvolvimento do fármaco (Amyris, 2018a).

A partir de 2005 a empresa buscou investidores através de capitais de risco e recebeu, em 2006, investimentos da Khosla Ventures, Kleiner Perkins Caufield & Byers (KPCB) e Texas Pacific Group Ventures (TPGV), que formaram a série A de investidores. Foi a partir de 2006 que o foco da empresa começou a ser voltado para a produção de biocombustíveis. No mesmo ano, o atual CEO da Amyris, John Melo, foi contratado, uma escolha que já refletia o direcionamento para o mercado de biocombustíveis, já que o novo CEO precedia de uma unidade da British Petroleum (Pisano & Wagonfeld, 2010).

O principal ponto de partida da Amyris foi utilizar sua expertise em modificação genética de leveduras para a produção do farneseno renovável. O farneseno, ou trans- β -Farneseno, é um hidrocarboneto de longa cadeia com 15 carbonos produzido a partir da fermentação de açúcares por leveduras geneticamente modificadas (Comissão Europeia, 2015). O produto purificado já possui aplicação comercial, como na indústria de cosméticos, entretanto, submetido a outros processos de transformação química, como hidrogenação e polimerização, pode ampliar sua gama de aplicações, podendo ser utilizado nas indústrias de biocombustíveis e polímeros.

Em 2007, a Amyris recebeu a segunda rodada de investimentos e no ano seguinte iniciou os acordos para a obtenção da matéria-prima (Pisano & Wagonfeld, 2010). A matéria-prima escolhida pela empresa foi a cana-de-açúcar brasileira, a qual atende os requisitos de produção escalonada, baixo custo e sustentável.

Em 2008 foram criadas a Amyris Fuels e a Amyris Brasil S.A. com as funções, respectivamente, de desenvolver a capacidade de distribuição de combustíveis nos

Estados Unidos e promover a capacidade produtiva de farneseno a partir de açúcares da cana-de-açúcar (Amyris, 2016a). A Amyris Brasil S.A. seria responsável pela construção de uma planta (Brotas I) para produção de farneseno para fins de biocombustíveis e químicos. A construção da planta foi iniciada em 2009 e a produção comercial começou em 2013 (BIO, 2018; Entrevista 10).

Entre 2008 e 2009 foram realizados alguns movimentos para garantir o acesso aos açúcares da cana. Inicialmente houve uma tentativa de *joint venture* com a distribuidora de etanol Crystalsev, controlada pela usina Santelisa Vale para produção e distribuição de diesel renovável, mas a *joint venture* foi desfeita em 2009 quando a Amyris readquiriu os 30% da empresa pertencente à Crystalsev (Amyris, 2011, Entrevista 11). Em 2008 a empresa firmou a parceria que rege até hoje para fornecimento de matéria-prima com a usina Paraíso Bioenergia, atual Tonon BioEnergia S.A. Em 2010 também foi estabelecida uma *joint venture* com a usina São Martinho, uma das maiores empresas de etanol do Brasil. Essa JV visava a produção de farneseno e de possíveis outros produtos da Amyris. No entanto o projeto foi paralisado em 2012 e retomado apenas em 2017 (Amyris, 2017a). No final de 2009 houve ainda a tentativa de utilizar açúcares e biomassa de sorgo sacarino com a empresa americana Ceres Inc., desenvolvedora de sementes energéticas, parceria apoiada pelo Departamento de Energia Americano (DOE), que tinha por objetivo fomentar a produção de combustíveis e produtos renováveis nos EUA (Amyris, 2013a).

A partir de 2010 a Amyris atuou no segmento de biocombustíveis e lubrificantes, cosméticos e mais tarde em polímeros. Além do Biofene, nome comercial do farneseno, a Amyris também produz o esqualeno e o hemi-esqualeno, derivados do farneseno. Entre 2010 e 2011 várias parcerias foram firmadas em diferentes mercados, por exemplo, com a Total em biocombustíveis, com a P&G em cosméticos, com a Finanziaria (M&G) em polímeros e com a Firmenich em aromas e fragrâncias. Esses movimentos já apontavam para a estratégia da empresa em explorar a característica de plataforma do seu produto.

O período entre 2010 e 2011 pode ser caracterizado pelos esforços da empresa em aumentar a sua capacidade produtiva. Por ainda não possuir sua fábrica de produção de farneseno - Brotas ainda estava em construção - a Amyris buscou produção através

de parceiros como a Tate & Lyle, com unidade nos EUA, Biomin, com unidade no Brasil e Antibioticos. S.A., com unidade na Espanha. Essas parcerias descentralizadas permitiram que a Amyris tivesse uma produção que atendesse os continentes norte-americano, sul-americano e europeu. As parcerias com a Tate & Lyle e Antibioticos. S.A. foram encerradas a partir de 2013 com o início da produção em Brotas (Amyris, 2013b).

Em 2014 a empresa começou a produzir sua primeira molécula de fragrância, o patchoulol. Esta molécula que, assim como o farneseno, faz parte da classe dos terpenos, é o principal ingrediente do óleo essencial de Patchouli, extraído de folhas de uma planta nativa da Ásia. Em 2015, a Amyris começou a produção da segunda molécula de fragrância e iniciou desenvolvimento de moléculas para outras classes, além de terpenos (Amyris, 2017a).

Em 2016 a Amyris começa a sair do mercado de biocombustíveis através de vendas de suas partes nas *joint ventures* do setor²⁰ (Amyris 2016a). Outra mudança de foco que ocorre é a reentrada no setor de saúde e nutrição, com uma nova parceria com a Bill e Melinda Gates, DSM, entre outras. Ainda em 2016 a Amyris buscou novas parcerias para a produção distribuída de Biofene, além da produção de Brotas, uma delas com a CJ CheilJedang Corporation, líder do segmento de ingredientes alimentícios na Coreia do Sul e com a o governo Australiano para a construção de um centro de produção de ingredientes sustentáveis no estado de Queensland (Amyris, 2016b; 2016c).

Em 2017 novas parcerias no setor de nutracêuticos foram feitas, uma das principais com a DSM, empresa global ativa em saúde, nutrição e materiais. Inicialmente a parceria visava a aquisição de uma parte das ações e a cooperação de desenvolvimento focada em produtos para os mercados globais de saúde e nutrição (incluindo vitaminas e outros ingredientes nutricionais). Ao final de 2017, a DSM expande o seu relacionamento com a Amyris através da compra da planta de Brotas, enquanto que a Amyris investe em uma segunda unidade voltada para produtos especializados – Brotas 2 (Amyris, 2017b; 2017c).

²⁰ Esse período será mais aprofundado na seção de Ecossistema - Biocombustíveis e Lubrificantes.

A Figura 41 mostra a linha do tempo da Amyris entre 2002 e 2018. Os diversos mercados em que a Amyris atua estão classificados por cores. Na seção seguinte, cada um desses mercados será estudado separadamente como partes do ecossistema da Amyris. Para tanto, a análise das seções seguintes vale-se de uma observação conjunta das estruturas dos ecossistemas com a linha do tempo da. Figura 41

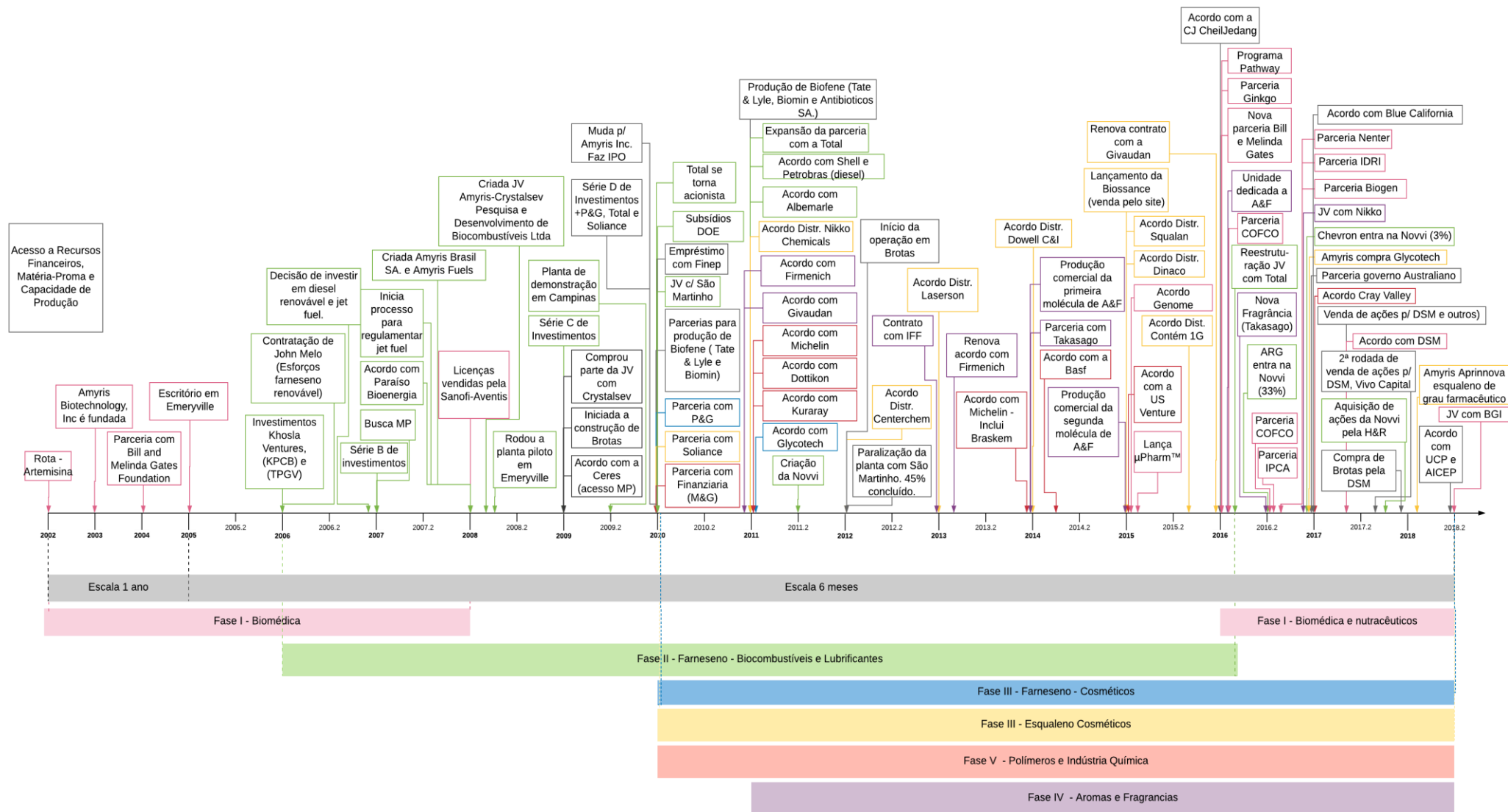


Figura 41: Linha do Tempo da Amyris. Fonte: Elaboração própria.

5.2. Ecossistema da Amyris parte 1 – Biocombustíveis e lubrificantes

O nascimento da Amyris tem origem biomédica, no entanto, o seu primeiro produto utilizando o farneseno renovável foram os biocombustíveis. Essa primeira fase da Amyris apresentou vários desafios de estruturação, como acesso a recursos financeiros, matéria-prima, capacidade produtiva e acesso ao mercado. Como mostrado na seção anterior, a Amyris buscou como matéria-prima os açúcares da cana-de-açúcar, o que a levou a fazer parcerias com usinas brasileiras. Essa etapa da estruturação já apresentou alguns desafios como o fracasso da JV com a Crystalsev²¹ e os constantes atrasos do projeto com a São Martinho (Amyris, 2011, Entrevista 11). Houve ainda uma tentativa de utilizar como matéria-prima o sorgo sacarino, projeto que foi apoiado pelo DOE, mas que foi encerrado em 2013 (Amyris, 2013a). A principal parceria de fornecimento de MP foi com a usina Paraíso Bioenergia, atual Tonon BioEnergia.

Outra etapa desafiadora foi a obtenção de capacidade produtiva, uma vez que a Amyris ainda não tinha sua planta comercial construída para atender os acordos de fornecimento firmados. A alternativa contratar a produção com empresas parceiras (Tite & Lyne, Biomin Nutrição Animal e Antibióticos S.A.). Nesses acordos a Amyris fornecia os equipamentos e informações necessárias para que as plantas conseguissem produzir o farneseno (Amyris, 2011; Grando, 2013). Esses movimentos já ilustram a característica da Amyris em atender um mercado mundial, e não se estabelecer localmente, já que os parceiros estavam em continentes diferentes. Esses arranjos, porém, estavam destinados a acabar por conta da produção da fábrica de Brotas, que veio a ser ativada em 2013. As rescisões dos contratos estabelecidos custaram aproximadamente 20 milhões de dólares para a Amyris (Amyris, 2013b).

Em 2010, a Total, tornou-se a maior acionista da Amyris, adquirindo uma participação de 21,13%. Em 2012 as empresas criaram uma JV, a Total Amyris BioSolutions que detinha direitos exclusivos de desenvolvimento, produção e comercialização de combustíveis derivados do Biofene (Amyris, 2012a). Como resultado da parceria, houve o desenvolvimento do diesel renovável e a aprovação pela ASTM (American Society for Testing and Material) da utilização do farneseno como um

²¹ Crise internacional

componente para *blends* de combustíveis de aviação. Como consumidores dos biocombustíveis da JV estão a Azul, Gol e Cathay Pacific, e ainda foram consumidores a Shell até 2016 e a Petrobrás até 2012.

Em 2016 a Amyris se afastou do setor de biocombustíveis ao vender parte da sua participação na Total Amyris BioSolutions, detendo desde então apenas 25% da JV. Com essa reestruturação, a Total ficou responsável por produzir e vender os biocombustíveis derivados do farneseno (Amyris, 2016a). Apesar de não abandonar completamente a *joint venture*, essa estruturação indica uma mudança clara no foco da Amyris, que desde então tem excluído a parte de biocombustíveis dos seus mercados estratégicos.

No mesmo período em que a Amyris entrava no negócio de biocombustíveis ela também buscava a produção de óleos lubrificantes a partir do farneseno. Para isso ela fez uma JV, chamada Novvi, com a Cosan²², um grupo brasileiro que atua em várias áreas do agronegócio (Amyris, 2012a). Foi necessária ainda uma parceria com a Albemarle Corporation, uma empresa produtora de especialidades para óleos lubrificantes. Com esse arranjo a Novvi passou a produzir o EvoShield, nome comercial do óleo combustível renovável da Amyris. Em 2016, duas empresas adquiriram participação na Novvi, a American Refining Group (ARG) e a Chevron (Amyris, 2016a). No final de 2017 uma terceira empresa também adquiriu participação na Novvi, o Hansen & Rosenthal Group (H&R), uma empresa alemã de especialidades químicas (Amyris, 2017d). Atualmente a Novvi é dividida da seguinte forma: Amyris, Cosan, ARG e a H&R com 24,4% e a Chevron com 2,4%.

A estrutura do ecossistema da Amyris no segmento de biocombustíveis e lubrificantes está representado na Figura 42.

²² Cosan também é a parceira da Shell na JV Raízen, estudada no capítulo anterior.

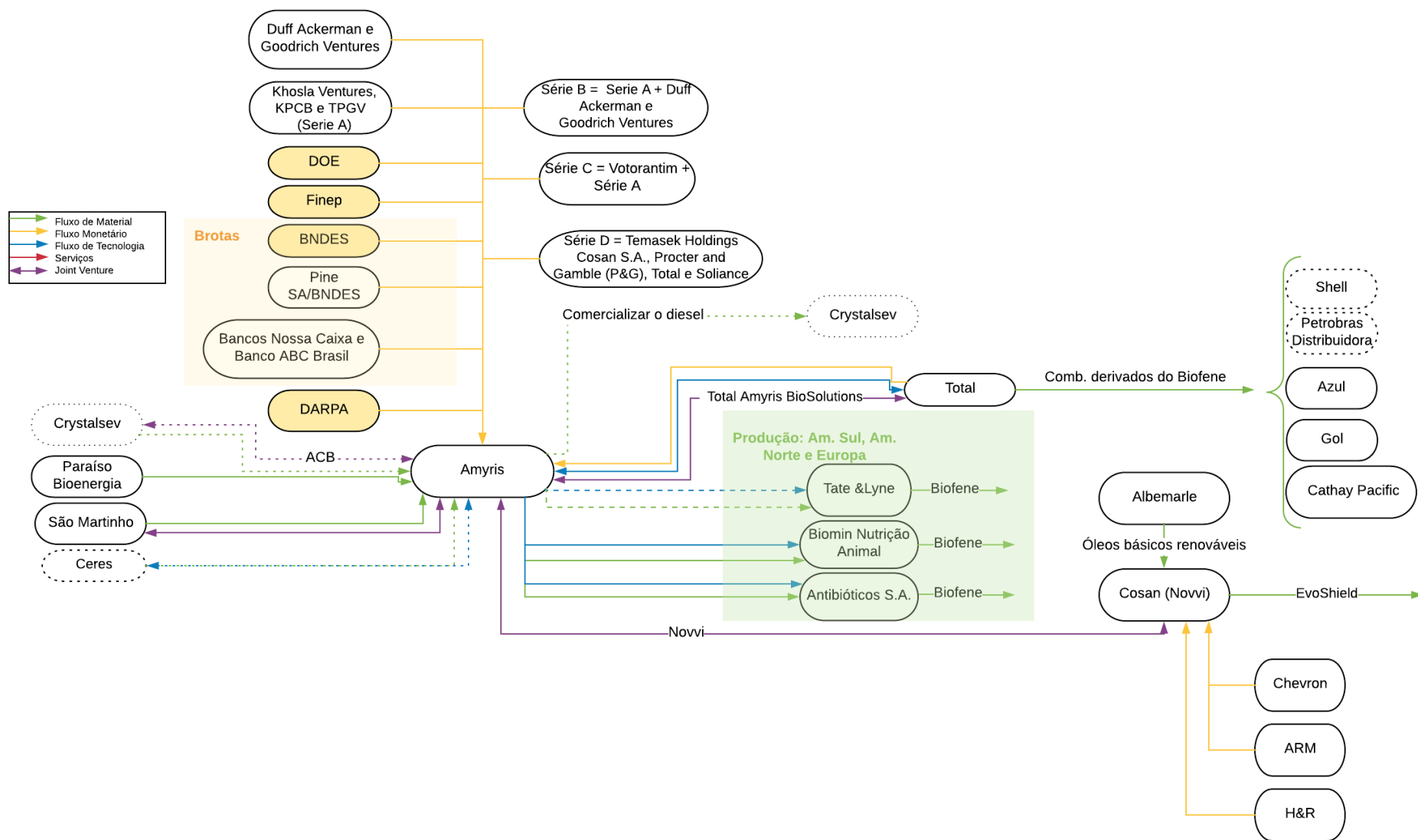


Figura 42: Ecossistema da Amyris – Biocombustíveis e Lubrificantes. Fonte: Elaboração própria.

5.3. Ecosistema da Amyris parte 2 – Cosméticos

A partir de 2010, a Amyris começou a se inserir no mercado de cosméticos. Já tendo estabelecido o acesso à matéria-prima e à capacidade produtiva do farneseno, a Amyris ainda precisou de parcerias para converter o farneseno em esqualeno. Essa etapa foi feita em parceria com a empresa Glycotech, empresa americana focada em funções biológicas e aplicações médicas de glicoconjugados. Inicialmente, o acordo entre as empresas estabelecia que a Glycotech ficaria responsável apenas pela produção, deixando a distribuição e comercialização com a Amyris (Amyris, 2011). Esse acordo seguiu até 2016, quando a Amyris adquiriu a fábrica da Glycotech (Reuters, 2016).

Para chegar ao esqualeno, a Amyris também fez uma breve parceria com a empresa Soliance, uma companhia francesa que desenvolve, produz e vende ingredientes ativos para a indústria de cosméticos. A proposta era que a Soliance produzisse o Biofene, o convertesse em esqualeno para ser comercializado diretamente para clientes da indústria de cosméticos. No entanto a parceria não durou, e foi encerrada após um ano (Amyris 2011; 2012).

Resolvidas as questões de obtenção do esqualeno, a Amyris buscou clientes que utilizassem seus produtos. O primeiro deles, em 2010, foi a Procter & Gamble (P&G) que utilizaria o Biofene diretamente como ingrediente em várias aplicações industriais e ainda poderia manipulá-lo para utilização em outros produtos adicionais, servindo de insumo para cosméticos e outras especialidades e produtos químicos (Amyris, 2011).

Vários outros acordos foram feitos com o objetivo de promover a distribuição do Biofene e Esqualeno em diferentes regiões, como com a Centerchem (EUA e Canadá), Laserson (Europa), Dowell C&I (Coreia) e Dinaco (Brasil) (Amyris, 2012; 2013). Outras parcerias mais particulares foram com a Squalan, que visava a utilização do esqualeno e hemiesqualeno para seus cosméticos, com a Nikko Chemicals Co Ltd (Grupo Nikkol) e com a Givaudan. Com a Nikko a parceria começou com a produção de esqualeno para distribuição no Japão, mas evoluiu para uma JV chamada Neossance, que depois passou a se chamar Aprinova. Já com a Givaudan, a parceria já existia na área de aromas e fragrâncias e foi estendida para a área de ingredientes em cosméticos. Em 2015 a Amyris

lançou a sua própria marca de cosméticos, a Biossance, dos quais os produtos eram comercializados via revendedores e através do site próprio (Amyris, 2015).

Em 2016, enquanto a Amyris começava a diminuir sua participação em biocombustíveis, sua participação em outros segmentos, como cosméticos e aromas e fragrâncias, aumentou. Isso exigiu da Amyris novas unidades de produção de Biofene, gerando contratos com a CJ CheilJedang Corporation, com o governo Australiano - para a construção de um centro de produção de ingredientes sustentáveis no estado de Queensland -, e com a Blue Califórnia (Amyris, 2016).

A estrutura do ecossistema da Amyris no segmento de cosméticos pode ser vista na Figura 43.

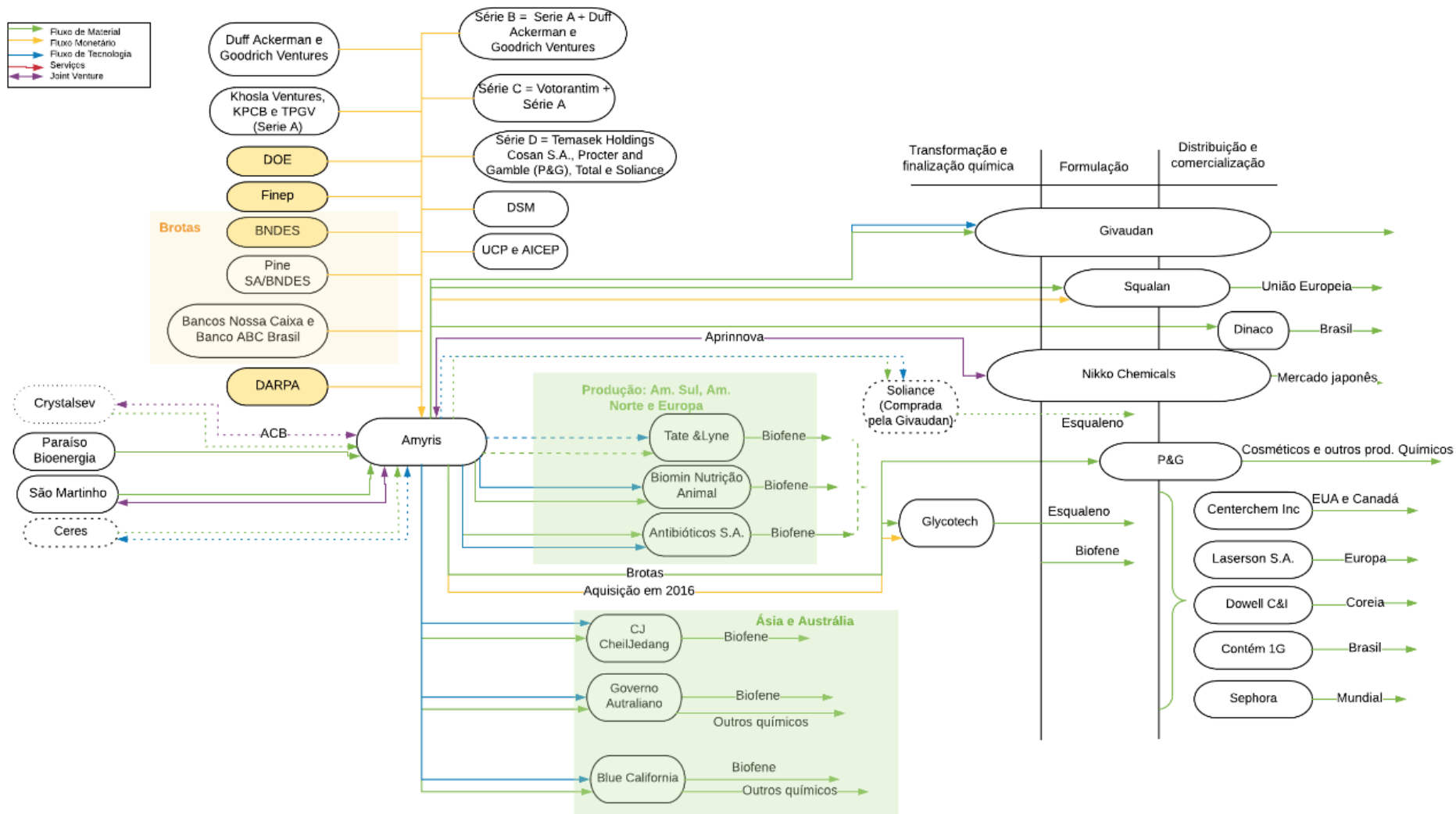


Figura 43: Ecossistema da Amyris – Cosméticos. Fonte: Elaboração própria.

5.4. Ecosistema da Amyris parte 3 – Polímeros e Indústria Química

Outro segmento que abriu possibilidades para a utilização do Biofene foi o de polímeros e indústria química. O primeiro acordo de desenvolvimento conjunto nessa área foi em 2010, com a Finanziaria, empresa do grupo M&G, visando a produção de polietileno tereftalato (PET). Em 2011, outra parceria foi feita para a utilização do Biofene, desta vez com a Kuraray, uma empresa japonesa, com atuação em especialidades químicas, fibras e resinas. Neste caso o objetivo era utilizar o Biofene em borrachas e elastômeros. Em 2016, a Cray Valley, uma subsidiária da Total, também entrou em acordo com a Amyris para a produção de uma resina adesiva que foi lançada em abril de 2017 (Amyris, 2010; 2011; 2017).

Os derivados do farneseno também foram utilizados nesse setor, como o Myralene - um solvente renovável para aplicações industriais que vão desde seu uso como co-solvente ao uso em produtos de limpeza e desengordurantes – na parceria com a US AutoForce e US Lubricants divisões da US Venture, Inc (Amyris, 2015a), e o esqualeno com a Dottikon Exclusive Synthesis AG, uma empresa de química fina, de origem suíça que visou utilizá-lo como supressor de oxigênio na produção de polímeros (Amyris, 2013b). Esta última não consta mais nos relatórios anuais divulgados pela Amyris, o que indica que a parceria tenha sido encerrada.

As parcerias apresentadas até aqui mostram a utilização do Biofene e seus derivados, no entanto, para esse setor, a Amyris também buscou o desenvolvimento de um novo produto. Em 2011, em colaboração com a Michelin, o objetivo era obter um isopreno renovável. As partes colaborariam no desenvolvimento, produção e comercialização mundial de isopreno, especialmente para o desenvolvimento de pneus. Ainda nos termos do contrato, a Michelin pagou 5 milhões de dólares para o início das atividades. Em 2014, o contrato foi modificado e passou a incluir a empresa Braskem na colaboração para desenvolver a tecnologia para produção e possível comercialização de isopreno renovável (Amyris, 2016a). Entretanto, em 2017 a parceria foi encerrada (Amyris, 2017a).

Outro acordo de desenvolvimento conjunto foi feito com a Basf, em 2014. O objetivo era desenvolver um micro-organismo capaz de produzir uma molécula-alvo, não informada, identificada pela BASF (Amyris, 2014a).

A Figura 44 mostra o ecossistema da Amyris no que se refere à produção de polímeros e químicos.

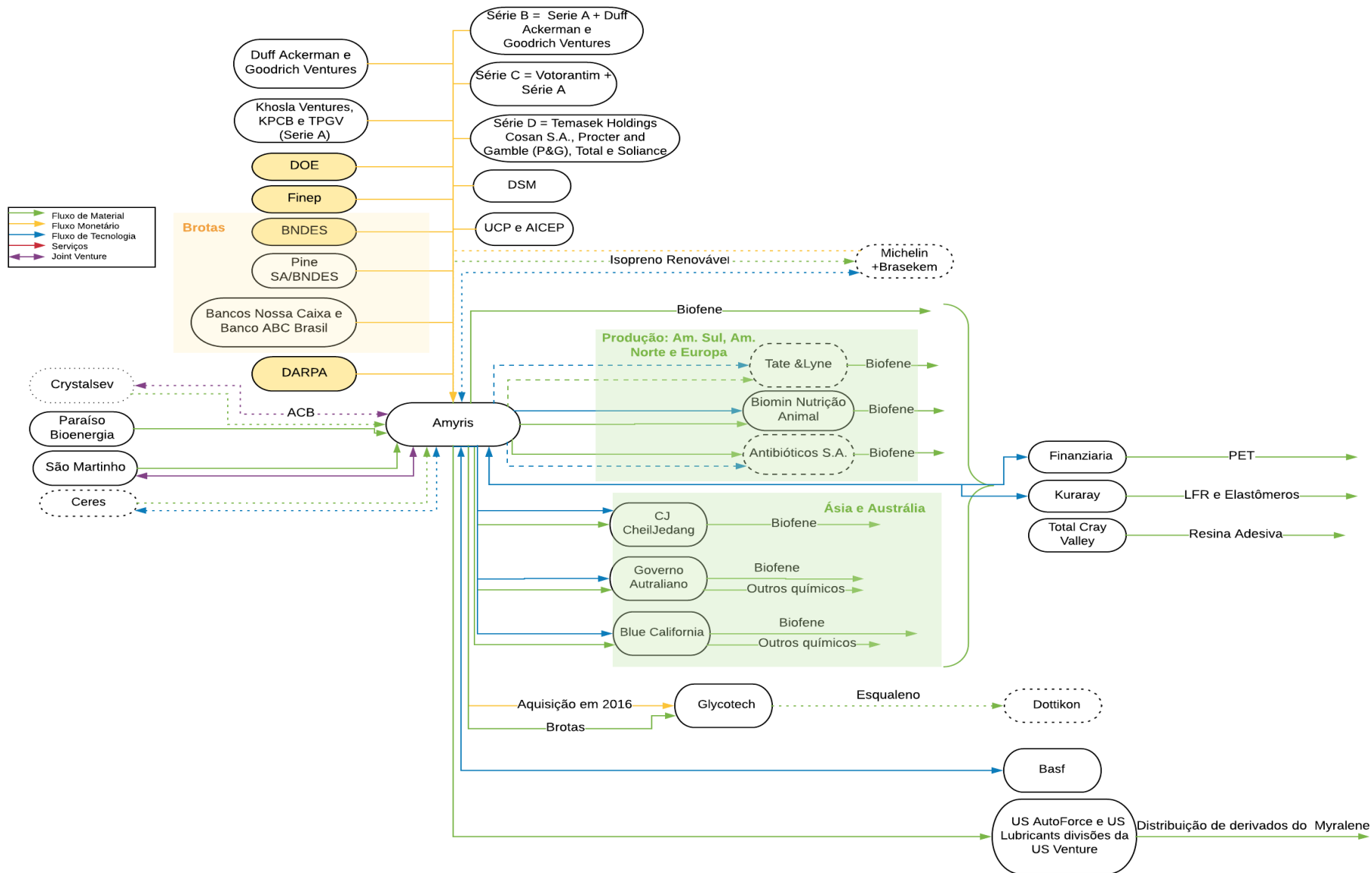


Figura 44: Ecossistema da Amyris – Polímeros e Indústria Química. Fonte: Elaboração própria.

5.5. Ecosistema da Amyris parte 4 – Aromas e Fragrâncias

Desde 2011, a Amyris vinha investindo no desenvolvimento de uma plataforma tecnológica inspirada no processo que originou o farneseno (Amyris, 2016d; 2016e), para dar origem a novas moléculas. A ideia era ter uma ferramenta que auxiliasse no desenvolvimento de novas moléculas a partir de fermentação dos açúcares. Para isso contou com parceiros para identificar moléculas-alvo. Sua primeira parceria foi com a empresa suíça Firmenich que financiou o desenvolvimento de um primeiro ingrediente para o negócio de A&F. A parceria evoluiu e em 2013 e um novo acordo foi feito para o desenvolvimento e comercialização de diversos ingredientes renováveis. Em 2014 iniciou-se a produção em escala comercial da primeira molécula, o Patchouli, comercializada como Clearwood™ pela Firmenich (Amyris, 2014b).

Outra parceria feita em 2011 no setor de A&F foi com a empresa Givaudan, que visava o co-desenvolvimento de ingredientes (novas moléculas) através da plataforma tecnológica da Amyris. Posteriormente, em 2014, a Givaudan comprou a Soliance, ex-parceira da Amyris no ramo de cosméticos (Amyris, 2014b). Uma segunda parceria de co-desenvolvimento foi feita com a International Flavors and Fragrances Inc. (IFF) em 2013 (Amyris, 2013b).

O último acordo feito pela Amyris neste setor teve o objetivo de desenvolver uma pesquisa colaborativa com a Takasago International Corporation, companhia japonesa com forte atuação na indústria de aromas e fragrâncias, em 2014 (Amyris, 2014b). Essa e outras parcerias da Amyris em A&F estão ilustradas na Figura 45.

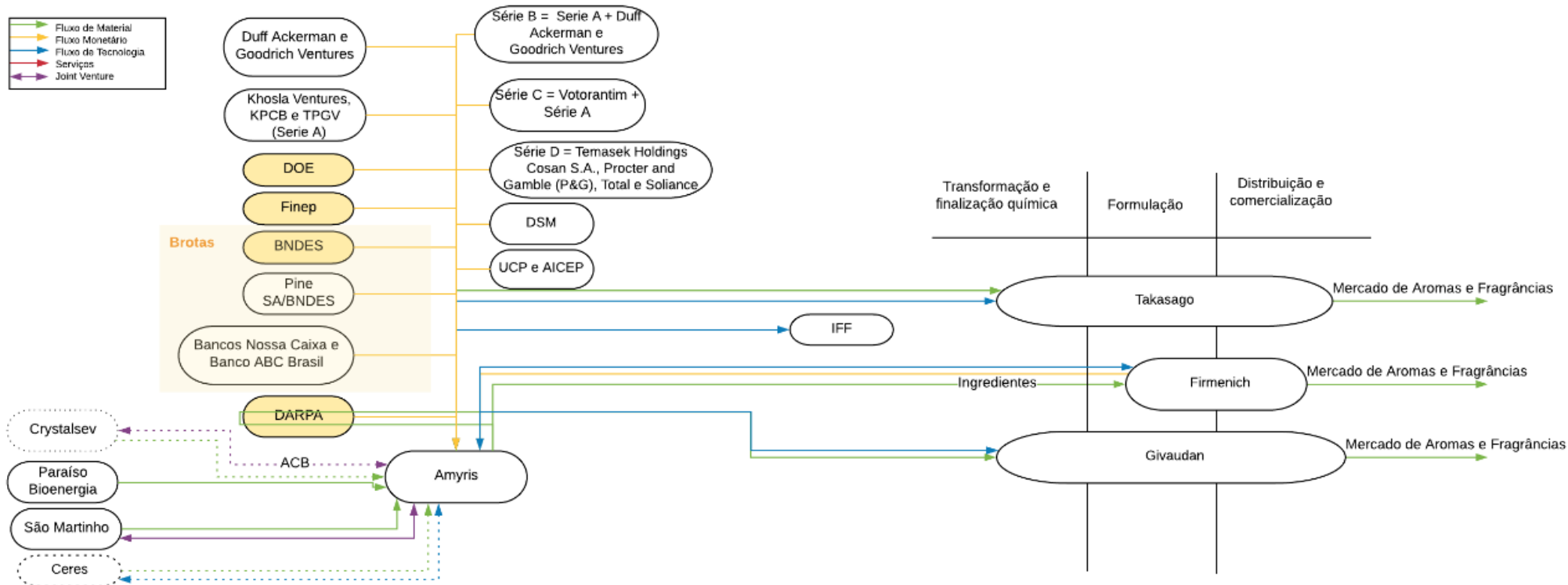


Figura 45: Ecossistema da Amyris – Aromas e Fragrâncias. Fonte: Elaboração própria.

5.6. Ecosistema da Amyris parte 5 – Saúde, Biologia Sintética e Nutracêuticos.

A Amyris é uma empresa essencialmente de biotecnologia, mas teve como primeiro mercado-alvo o segmento de saúde ao realizar as parcerias com a Bill & Melinda Gates Foundation e com a Sanofi-Aventis para a produção de artemisina, um fármaco para o tratamento de malária. A Fundação doou 15 milhões de dólares para a Amyris que licenciou gratuitamente a tecnologia para a Sanofi-Aventis em 2008 (Pisano & Wagonfeld, 2010). Desde então a Amyris passou a focar em outros segmentos, retomando ao mercado de saúde em 2016 com um novo financiamento pela Bill & Melinda Gates Foundation buscando uma produção contínua de alta qualidade, com redução de custos e fornecimento seguro de ácido artemisínico e amorfadieno para serem convertidos em artemisina (Amyris, 2016f).

Entre 2015 e 2016 a Amyris começou a buscar parceiros no segmento de biologia sintética. A primeira foi com a Genome Compiler Corporation, uma empresa de tecnologia em engenharia de DNA. O acordo visava integrar a expertise em biotecnologia da Amyris com as ferramentas *online* de *design* e plataforma da Genome (Amyris, 2015b). Como mencionado na seção anterior, o foco da Amyris começou a ser voltado para uma plataforma tecnológica que permitisse atingir novos clientes com soluções personalizadas.

Outras 2 parcerias feitas em 2016 no segmento de biologia sintética foram com a China National Cereals, Oils, and Foodstuff Corporation ("COFCO") para o fornecimento pela Amyris de cepas de micro-organismos melhoradas para serem utilizadas no P&D da COFCO (Amyris, 2016g). A segunda foi com a Ginkgo Bioworks, Inc, uma empresa de biologia sintética, que licenciou uma tecnologia da Amyris. Juntas, as empresas cooperaram para o desenvolvimento virtual da cepa, análise e otimização do desenvolvimento do processo, produção em escala e operações de recuperação de produto (Amyris, 2016h).

Em 2018 a Amyris recebeu subsídios da National Institutes of Health (NIH) para o desenvolvimento de uma nova aplicação farmacêutica isoprenóide e da AICEP Portugal Global (AICEP), uma entidade pública independente do Governo de Portugal

focada em incentivar empresas estrangeiras a investirem em Portugal (Amyris, 2018b). O resultado desse segundo subsídio deu origem a parceria com a Universidade Católica Portuguesa (UCP) Porto Campus, que é focada em dois objetivos: buscar utilizar resíduos da fermentação na produção de novos produtos e utilizar a plataforma de inteligência artificial da Amyris na busca por design de genes de novas moléculas promissoras.

Em relação ao segmento de fármacos, foi realizado um acordo para uma opção de licença comercial com a Janssen Biotech, parte da Janssen Pharmaceutical Companies, uma empresa farmacêutica da Johnson & Johnson (Amyris 2016e). A plataforma μ Pharm™ da Amyris será utilizada para desenvolver uma biblioteca de compostos para testá-los contra um alvo terapêutico da Janssen. Outras três parcerias nesse segmento foram com a Biogen, com um acordo de P&D, com a Ipca Laboratories Ltd - uma empresa farmacêutica indiana integrada, líder em terapia anti-malária na Índia – e com o Infectious Disease Research Institute (IDRI) para explorar e realizar testes do uso de produtos Amyris em formulações adjuvantes, visando aumentar a efetividade de vacinas (Amyris, 2015c).

A Amyris ainda possui parcerias no setor de nutracêuticos, a principal delas sendo com a DSM, empresa mundial baseada em ciência, com atividades nas áreas de saúde, nutrição e materiais. A parceria começou em maio de 2017 com a DSM investindo U\$ 50 milhões na Amyris. Em junho as empresas firmaram seu primeiro contrato de desenvolvimento e produção de produtos (Amyris, 2017b). Outros ocorreram durante o resto de 2017, tendo como um dos produtos divulgados pela empresa a vitamina A. No final de 2017 DSM comprou a unidade de produção de farneseno em Brotas da Amyris. O contrato estabelece que a DSM continuará com os acordos de fornecimento existentes para a Amyris e outras partes. A DSM também fornecerá à Amyris compostos especiais até a instalação de uma segunda unidade de produção de especialidades – Brotas 2 (Amyris, 2017c).

Outras duas parcerias que a Amyris possui no segmento de saúde e nutrição são: com a Nenter & Co., Inc., uma empresa de biomedicina, para utilizar o Biofene da Amyris na produção de produtos nutracêuticos, que serão vendidos pelo próprio parceiro, e com a BGI, uma empresa líder em genômica, visando aplicar suas plataformas de biologia sintética em uma nova *joint venture* para descobrir, desenvolver e comercializar

produtos de saúde e nutrição destinados a microbiomas humanos na China (Amyris, 2016a).

As parcerias da Amyris no segmento de Saúde, Biologia Sintética e Nutracêuticos podem ser vistas na Figura 46.

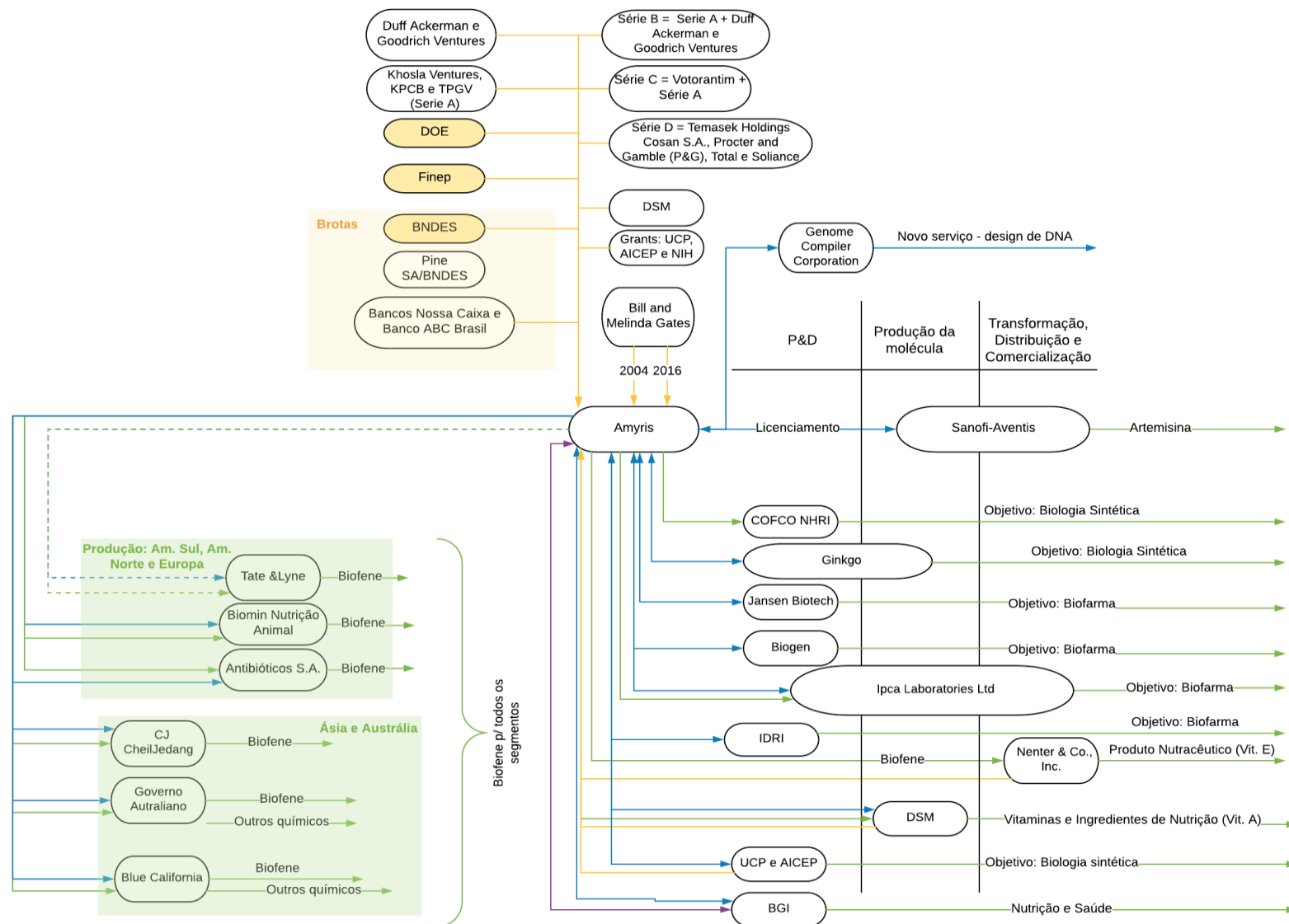


Figura 46: Ecossistema da Amyris – Saúde, Biologia Sintética e Nutracêuticos. Fonte: Elaboração própria.

5.7. Ecosistema Total da Amyris e *Value Blueprint*.

Uma vez discutidas as 5 partes do ecossistema da Amyris, faz-se necessário uma discussão geral sobre seus aspectos mais importantes. O primeiro deles se refere à trajetória criada pela empresa que está ilustrada na linha do tempo da Figura 41. Como mostrado, a Amyris surgiu baseada em um produto que tinha o potencial de atingir mercados de maior valor agregado, o farneseno como químico, no entanto, ao buscar se expandir para o mercado de biocombustíveis, o foco foi passado para o extremo oposto do espectro, já que esse tipo de produto necessita de elevada escala e possuem baixo valor. O estudo de caso realizado por Pisano & Wagonfeld (2010) detalha que o objetivo era focar nos biocombustíveis – diesel e combustível de aviação – devido ao *timing* que favorecia esse tipo de produto²³, mas sem descartar a possibilidade de produzir químicos. Para atingir esse objetivo, a Amyris teve além dos desafios associados ao escalonamento (gerenciar construções e funcionamento de plantas piloto e de demonstração), que buscar redução de custo e aumento de produtividade na sua tecnologia para buscar competitividade no mercado de combustíveis líquidos. Dessa forma, apesar da Figura 41 mostrar um período de 10 anos dedicados a biocombustíveis, entre 2006 e 2012, a empresa ainda buscava alternativas para escalar seu produto. Somam-se ainda todas as dificuldades relativas ao acesso e controle da matéria-prima, e como foi visto nas seções 5.1 e 5.2.

A mudança de foco fez com a Amyris necessitasse de novas competências que a princípio apresentavam um risco reduzido pelo nível de aquecimento do mercado e a facilidade de acessar capital de risco para expansão do seu negócio. O ambiente macroeconômico se apresentava como um redutor para um risco elevado. Com a chegada da crise internacional e com a queda nos preços de petróleo no segundo semestre de 2008, a Amyris se encontrava numa difícil posição para lidar com o investimento para a construção da sua escala produtiva (Entrevista 10). Dessa forma, as parcerias para acessar a matéria-prima – que antes visavam colocar capital próprio da empresa provindo de *venture capital* – foram sendo modificadas para um modelo que a Amyris chamou de “*capital light*” no qual a Amyris providenciaria a tecnologia, o *design*

²³ Elevados preços de petróleo, ausência de um bom substituto para o diesel e combustível de aviação

da planta e a distribuição comercial enquanto as usinas eram responsáveis pelo *retrofitting* da planta. De forma geral, o ambiente macroeconômico em que a Amyris construiu seu ecossistema a forçou a mudar seu formato de construir parcerias para acessar competências complementares.

Com essas mudanças no cenário macroeconômico, em meados de 2009 a Amyris volta a repensar as oportunidades associadas a produtos químicos. Até que 2010 se tornou um marco na trajetória da empresa por promover diversas parcerias com mercados finais diferenciados. Nesta etapa há uma busca por parceiros que possam aplicar o produto da Amyris nas formulações de seus próprios produtos. Desde essa mudança de foco, observa-se uma capacidade de flexibilização da Amyris em adaptar os formatos das parcerias de acordo com cada novo parceiro.

Observa-se neste caso que o “guia” da Amyris para buscar expandir seu ecossistema não foi baseado numa única, ou poucas, formas de alianças estratégicas, mais do que isso, a Amyris se baseava em 3 requisitos para construir uma parceria com um aliado: coerência tecnológica, potencial financeiro e tempo de entrada no mercado (Pisano & Wagonfeld, 2010; Entrevista 10). Então a Amyris buscava mercados onde a contribuição do farneseno fizesse sentido para a empresa, gerasse caixa o suficiente para compensar o investimento no desenvolvimento conjunto, e que pudesse gerar um produto no prazo em que a Amyris tivesse sua produção comercial, por volta de 2011.

Com o atraso na produção de Brotas e com o início de diversas parcerias, a Amyris precisou buscar capacidade produtiva através de terceirização, um desafio que acabou por moldar a nova estratégia da empresa. Tendo a necessidade de terceirização, ao menos ela poderia ter uma produção distribuída em diferentes partes do mundo para aumentar sua capacidade de atingir novos clientes. Um modelo diferenciado do anterior, que focava nos mercados americano e brasileiro para a venda do diesel (Pisano & Wagonfeld, 2010). Com a nova estratégia dando certo, a Amyris continuou a expandir os braços do seu ecossistema, entrando efetivamente no mercado de aromas e fragrâncias em 2014, e diminuindo cada vez mais a importância do braço de biocombustíveis e lubrificantes no seu ecossistema.

O ano de 2016 é outro marco para a empresa, pois ela decide sair do mercado de biocombustíveis (ainda faz parte da JV com a Total, mas com uma participação menor) e também decide retomar o mercado de saúde. A segunda forte queda nos preços do petróleo em 2016 e o avanço dos outros segmentos do ecossistema da Amyris a fazem definir um novo caminho além dos biocombustíveis (Entrevista 10).

A Figura 47 mostra a transformação da *Value Blueprint* da Amyris. A princípio, a Amyris tem um ecossistema onde os maiores desafios estavam em fazer as parcerias para obter matéria-prima e capacidade produtiva (muito debilitadas pela crise internacional) e conseguir produzir o diesel renovável a custo competitivo. A sua participação no segmento de saúde, ao contrário, apresentou desafios menores pelo sucesso das parcerias com a Bill e Melinda Gates Foundation e com a Sanofi-Aventis.

Diante dos elevados desafios de diversas ordens (custo, tecnológico, capacidade produtiva, preço do petróleo) com a primeira *Value Blueprint*, a Amyris se usa da flexibilidade da sua molécula e de sua *core competence*²⁴ em biotecnologia para reestruturar sua *Value Blueprint* reduzindo seus riscos ao ter diferentes alternativas para o uso do seu produto.

A mudança para os mercados de polímeros, indústria química, cosméticos, e mais tarde A&F e saúde, poderiam ter um elevado risco se já não fosse a experiência inicial da Amyris em produtos de menor volume e maior valor agregado. Como foi dito anteriormente, a Amyris buscou a extremidade oposta do espectro de possibilidades da Bioeconomia, e sair de biocombustíveis em direção aos químicos representa na verdade uma redução dos riscos.

²⁴ O conceito de *core competences* refere-se àquelas habilidades que distinguem competitivamente a empresa e permitem que ela crie uma vantagem competitiva baseada numa tecnologia em um contexto de mudanças (Dutrénit, 2004)

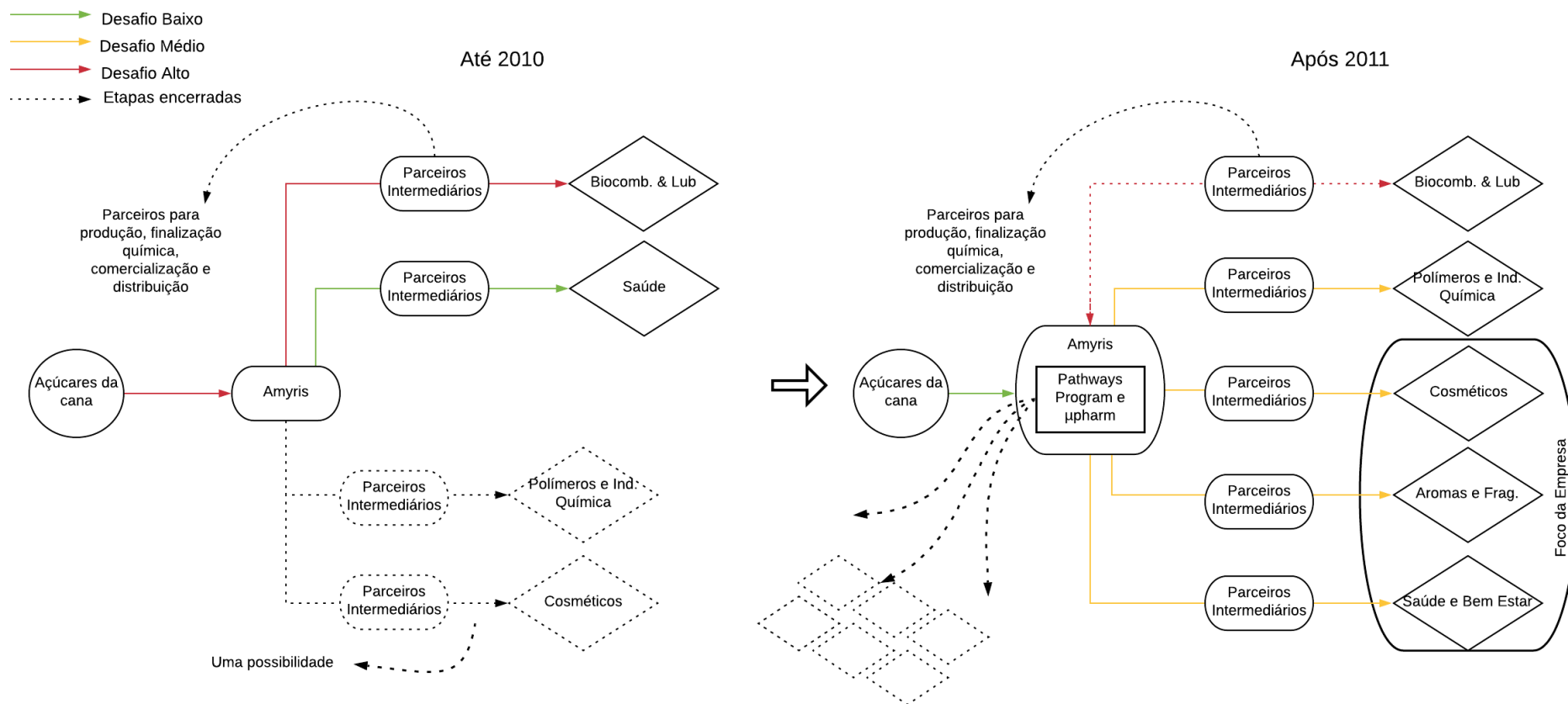


Figura 47: Transformação da *Value Blueprint* da Amyris. Fonte: Elaboração própria.

Já a segunda *Value Blueprint* mostra um ecossistema bem mais ramificado e com um perfil de ecossistema *Carryover*. O fato da Amyris se permitir em sua estratégia, buscar novos mercados, fez com que sua *core competence* em biotecnologia fosse mais importante do que um produto. Os diferentes objetivos e a proximidade com os novos parceiros fizeram com que a Amyris acessasse sua verdadeira “plataforma” – sua expertise em biologia sintética. O que é respaldado pelo fato de parcerias mais recentes com a empresa envolverem licenciamento tecnológico. O novo *design* da segunda planta que está sendo projetada pela Amyris também reflete a mudança na VB, o novo projeto também conta com 6 fermentadores, mas cada um de tamanho diferente, inicialmente pensada para gerar 6 produtos, podendo chegar a produzir 18 novos produtos (entrevista 10).

O elemento da segunda *Value Blueprint* responsável pelo “perfil *carryover*” são as plataformas tecnológicas μ Pharm e Pathway Program, lançadas em 2015 e 2016 respectivamente. Através dessas plataformas, outras empresas podem acessar a tecnologia de biologia sintética da Amyris, desenvolver e proteger uma nova molécula de interesse. Esses sistemas funcionam tanto para expandir um dos braços do ecossistema da Amyris quanto para criar novas oportunidades em outros segmentos. Ou seja, eles podem contribuir para Expansão Sequencial do ecossistema, mas também inserem a característica de ecossistema *carryover* ao estimularem o nascimento de novos ecossistemas.

De forma resumida é possível colocar que a Amyris primeiramente focou no potencial do seu produto no mercado de combustíveis, mas diante dos desafios apresentados, mudou seu foco para outros mercados em que pudesse aplicar o Biofene e seus derivados. No entanto, é possível notar mais uma mudança de foco. A experiência inicial com a produção do farneseno e as sequenciais parcerias de desenvolvimento conjunto da Amyris, permitiram o desenvolvimento de suas plataformas tecnológicas (*μ pharma e pathways program* o que abriu possibilidade para diversos outros produtos além dos derivados do Biofene (Biofuels Digest, 2018).

5.8. Alocação dos Desafios e Estágio do Ecossistema da Amyris

Esta seção visa identificar, analisar e alocar na estrutura do ecossistema, os desafios cooperativos e competitivos enfrentados pela Amyris. A análise desses desafios também permitiu a identificação dos estágios evolucionários de cada área de atuação da Amyris. As Tabela 13 e Tabela 14 listam os principais desafios enfrentados pela empresa.

Tabela 13: Desafios competitivos enfrentados pela Amyris

Desafios competitivos	Segmentos	Detalhes
Competição com o preço do petróleo	Biocombustíveis	Principalmente durante as quedas do preço do barril na segunda metade de 2008 e em 2015.
Tecnologia - Volumes e custos competitivos	Biocombustíveis	Este desafio envolveu uma busca por parte da equipe da Amyris em atingir maiores produtividades com menor custo.
Subsídios x Controle sobre a propriedade intelectual	Todos	Ao receber subsídios do governo americano, como o DARPA, a Amyris deixa de ter direitos exclusivos sobre a propriedade intelectual desenvolvida. O governo possui, em alguns casos, direito de acesso a dados obtidos e também licenças para utilizar as invenções para propósitos governamentais e até cedê-las para terceiros, caso julguem que as ações tomadas pela Amyris não estão sendo adequadas para a comercialização da invenção ou se a ação governamental for necessária para saúde e segurança pública
Competição com outras empresas de produtos renováveis	Todos	Desafio menor por não ter concorrentes diretos.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 14 Desafios cooperativos enfrentados pela Amyris.

Desafios Cooperativos	Segmentos	Detalhes
Acesso e controle sobre matéria-prima	Todos	Logo no início das negociações para ter acesso ao açúcar da cana brasileira, uma forte crise atacou o setor, dificultando a busca por parceiros para criar uma JV.
Prazos curtos para produções comerciais	Todos exceto biocombustíveis	Diante da necessidade de gerar caixa rapidamente, a Amyris precisava de parcerias que resultassem em receitas rápidas. Esses desafios só aumentaram com o atraso da planta de Brotas.
Dependência de parceiros para agregar valor ao seu produto	Todos	Apesar de existir algumas aplicações diretas para o farneseno e esqualeno, muito de seu potencial está associado à etapas posteriores de transformação, o que causa uma dependência da Amyris de parceiros complementadores - uma vez que ela não busca se integrar verticalmente em todo os segmentos.
Insegurança por parte de parceiros por ser nova molécula	Todos exceto biocombustíveis	O estudo de caso de Pisano e Wagonfeld (2010) mostraram que, apesar do interesse, algumas parcerias não foram adiante pela falta de confiabilidade nos produtos. Uma vez que grandes nomes começaram a efetivar suas parcerias, com a P&G, esse "ceticismo" diminuiu.

Desafios Cooperativos	Segmentos	Detalhes
Administrar diferentes segmentos	Todos	No estudo de caso de Pisano e Wagonfeld (2010), John Melo, CEO da Amyris, discute esse desafio ao expressar a preocupação com o desenvolvimento do diesel renovável durante 2010, quando a empresa começou a fazer parcerias com outros setores. Segundo o empresário, o risco de dispersão entre as diferentes equipes (biólogos, químicos e engenheiros) era grande. Como solução foi implementado na empresa um software de gerenciamento de projetos que forçava a comunicação diária entre diferentes equipes.
Administrar diferentes posicionamentos na cadeia de valor	Todos	Além dos diferentes segmentos, a Amyris ainda possui diferentes participações na cadeia de valor, por exemplo, integrada verticalmente com a Biossance, mas também participando como complementadora para outros setores.

Fonte: Elaboração própria.

Pode-se verificar primeiramente que existem mais desafios cooperativos que competitivos, no entanto, apenas uma análise quantitativa não é suficiente para tirar conclusões sobre o perfil de desafios da Amyris. Aprofundando a análise sobre os desafios competitivos, observa-se que os dois primeiros referem-se ao mercado de biocombustíveis. Tanto o baixo preço do petróleo, quanto a necessidade de uma tecnologia mais produtiva e com menores custos foram importantes obstáculos na tentativa da Amyris de explorar o mercado de combustíveis líquidos.

O terceiro e quarto desafios são bastante comuns na Bioeconomia. O terceiro se refere à escolha que as empresas de tecnologia enfrentam ao se depararem com a possibilidade de receber subsídios do governo. Essa escolha pode envolver seu controle sobre a propriedade intelectual. No caso da Amyris, ao receber subsídios do governo

americano, como o DARPA, a empresa deixa de ter direitos exclusivos sobre a propriedade intelectual desenvolvida. O governo possui, por exemplo, direito de acesso a dados obtidos e também licenças para utilizar as invenções para propósitos governamentais e até cedê-las para terceiros, caso julguem necessário, ou ainda se a ação governamental for necessária para saúde e segurança pública.

No quarto caso, a competição entre empresas da Bioeconomia é um desafio menor por não apresentar um grande número de concorrentes e, mesmo os que existem, dificilmente possuem uma saúde financeira estabilizada. Aqui, o maior obstáculo está em estabelecer um ecossistema saudável, antes das demais, em que sua posição e o futuro do negócio estejam assegurados.

Sendo assim, com o atual ecossistema da Amyris – sem a participação do mercado de biocombustíveis – pode-se destacar dois desafios competitivos de relevância mediana a serem enfrentados pela Amyris.

Em relação aos desafios cooperativos, os dois primeiros também estão relacionados ao período inicial da empresa. Como mostrado na seção anterior, a Amyris enfrentou problemas tanto de acesso à matéria-prima, quanto com os prazos de fornecimento de farneseno. Após a reestruturação da sua VB (sem os biocombustíveis) e com a produção da planta comercial de Brotas iniciada, esses desafios foram reduzidos²⁵. Os outros quatro desafios cooperativos estão associados ao novo ecossistema da empresa. Nele, a Amyris se coloca cada vez mais dependente de seus parceiros para garantir o valor do seu produto e ainda precisa lidar com a insegurança por parte destes em relação à performance esperada dos novos produtos. Outros desafios estão relacionados com o gerenciamento de atividades em diferentes segmentos e em diferentes etapas da cadeia de valor.

Uma análise geral mostra que os desafios cooperativos são mais relevantes no novo ecossistema da Amyris do que os competitivos. Uma característica esperada de um ecossistema novo que utiliza produtos com perfis de plataforma tecnológica. Em

²⁵ Mesmo com a venda da unidade produtiva de Brotas, o acordo feito com a DSM assegura os contratos de fornecimento previamente estabelecidos.

resumo pode-se considerar que o maior desafio da Amyris está associado à sua presença em vários segmentos.

Esses desafios ainda podem ser alocados na estrutura do ecossistema de acordo com o quadro proposto por Adner & Kapoor (2010), como foi feito no caso anterior do etanol de segunda geração. Como pode ser visto na Figura 48, assim como a VB da Amyris, a alocação dos desafios também passa por mudanças. Até 2010, os desafios se encontravam tanto nos componentes (fornecedores de matéria-prima, investidores...) quanto nos complementadores (empresas de finalização química, componentes químicos, distribuição, comercialização...). Após a finalização dos acordos de fornecimento de matéria-prima e com a planta comercial de Brotas funcionando, os desafios nos componentes foram reduzidos, mas ainda estão bastante presentes nos complementadores. De fato, ao se redirecionar dos biocombustíveis para diferentes segmentos, a Amyris se viu diante de maiores desafios nos complementadores do que anteriormente. Esse perfil de desafio provoca uma restrição no consumo²⁶ (Adner e Kapoor, 2010), o que é perceptível ao verificar as diversas parcerias em que a Amyris está envolvida, mas que ainda não geraram um produto.

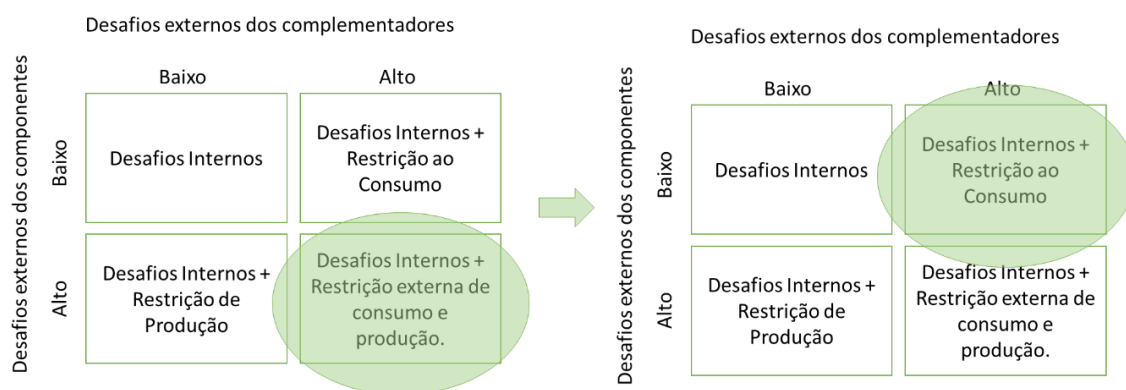


Figura 48: Reposicionamento dos desafios segundo exercício proposto por Adner e Kapoor (2010). Fonte: Elaboração própria.

A hipótese levantada por Adner & Kapoor (2010) é que quanto maiores forem os desafios nos complementadores, menores serão as chances do empreendedor em adquirir vantagem competitiva, no entanto, essa hipótese é condicionada ao que os

²⁶ A seção 2.4 explica essa relação. Os autores mostraram que os complementadores compõem a proposição de valor ao consumidor, e que ao reduzir essa criação de valor, a taxa de adoção da inovação é reduzida.

autores chamam de “nível de abertura x propriedade”, ou seja, quanto mais “aberta” for a relação com os complementadores, maior o risco de parte do valor da inovação ser levado para outra empresa. Quanto mais “proprietária” for a relação com os complementadores, menor será esse risco.

Para maior parte das parcerias, os acordos estão sob condições de proteção, no entanto, quando há um subsídio condicionado com a abertura de alguma tecnologia, como foi o caso com a DARPA, esse risco pode aumentar.

Por fim, tais desafios também respondem à questão referente ao estágio evolucionário da Amyris. De acordo com o *framework* de Moore (1993), um ecossistema no estágio de nascimento tem como principal desafio cooperativo o exercício de definir junto a parceiros, o valor de uma inovação, o que tem sido uma das principais ações promovidas pela Amyris. O autor ainda aponta como principal desafio competitivo a necessidade de proteger as suas ideias de competidores que tenham ofertas semelhantes. No entanto, por fazer parte da Bioeconomia, a competição acirrada, busca por pioneirismo e monopólio, não é estimulada pelo ambiente macroeconômico em que os ecossistemas estão inseridos. Ao contrário, os governos veem buscando incentivar o máximo de empresas e tecnologias que possam trazer soluções para questões ambientais. O que por um lado é bom para as empresas da Bioeconomia - que se veem incentivadas por diferentes políticas e programas de apoio - por outro lado, elas veem tanto seus concorrentes recebendo os mesmos incentivos, quanto outras tecnologias sendo exploradas, o que pode dificultar a empresa em se destacar rapidamente das demais.

Com essa primeira análise, pode-se inicialmente considerar que a Amyris encontra-se com seu ecossistema no estágio de nascimento. No entanto, ao investigar o segundo estágio – expansão – algumas características podem começar a ser identificadas. Voltando ao *framework* de Moore (1993), o principal desafio competitivo no estágio de expansão é “levar a nova oferta a um grande mercado, trabalhando com fornecedores e parceiros para aumentar a oferta e atingir a cobertura máxima do mercado”, o que também já tem sido feito pela Amyris, por exemplo, no segmento de cosméticos, onde a empresa já comercializa diversos produtos da marca Biossance e

ainda fornece farneseno e esqualeno para outras empresas parceiras. Dessa forma, faz-se necessário uma análise para cada segmento.

Desmembrando os desafios vistos anteriormente para cada segmento com o *framework* de Moore (1993) é possível chegar na classificação da Tabela 15. O segmento de biocombustível não chegou ao estágio de expansão e ficou estagnado com a Amyris tendo uma presença minoritária na JV com a Total. Neste caso, foi importante dividir biocombustíveis de lubrificantes, pois no segundo caso o segmento está no estágio de expansão, com a JV Novvi com cerca de 10 produtos no mercado (Novvi, 2018). Cosméticos é outro segmento já no estágio de expansão, pela quantidade de produtos e pelo alcance da marca (nível mundial), mas esses mesmos fatores levantam a questão se neste segmento a Amyris não poderia estar ainda mais a frente, no estágio de liderança. Como descrito por Moore (1993), o estágio de liderança é mais estático, onde os parceiros já estão bem definidos e a relação com o consumidor refere-se a melhorias incrementais. Como a Amyris ainda tem parcerias de desenvolvimento conjunto com novas empresas, há de se esperar que o potencial desse segmento ainda está sendo explorado, ou seja, ainda esteja em expansão.

Os outros 3 segmentos ainda apresentam várias parcerias de desenvolvimento e escalas comparativamente menores, o que os coloca no estágio de nascimento. Dessa forma, pode-se classificar o estágio da Amyris ainda em nascimento, porém com alguns movimentos em direção à expansão.

Tabela 15: Estágio evolucionário do ecossistema para cada segmento da Amyris

Mercado	Estágio
Biocombustíveis	Nascimento → Estagnado
Lubrificantes	Expansão
Cosméticos	Expansão
Aromas e Fragrâncias	Nascimento
Polímeros e Indústria Química	Nascimento
Saúde, Biologia Sintética e Nutracêuticos	Nascimento

Fonte: Elaboração própria.

À mão desses resultados, vale a discussão sobre o estágio evolucionário e o potencial de um determinado segmento para a empresa. O fato de um segmento estar em um nível evolucionário mais avançado que outro, não significa necessariamente que

este seja melhor para empresa ou represente o melhor produto ou ainda que tenha menos riscos, significa que os desafios do estágio de nascimento foram superados mais rapidamente, o que pode não acontecer para os próximos estágios.

5.9. Papéis estratégicos

Dos exercícios anteriores é possível verificar que a reestruturação da Amyris, assim como sua presença em diferentes segmentos afetou diversas características do seu ecossistema, como a VB e alocação dos desafios. No caso dos papéis estratégicos isso também é verificado. Seguindo a mesma metodologia proposta para o etanol de segunda geração, o exercício proposto por Iansiti & Levien (2004), pôde-se verificar que a Amyris tem, dependendo do segmento em que atua – papel estratégico de nicho ou de *keystone*.

A princípio, por ter o conhecimento sobre a produção sustentável de um químico bastante versátil como o farneseno, poder-se-ia imaginar que seu papel seria de *keystone*, ou seja, aquele agente que vai desenvolver o ecossistema a partir de um ativo comum aos participantes. De fato a Amyris criou e desenvolveu parcerias com base em seus produtos-chave. No entanto, não foram em todas elas que sua participação foi como orquestrador do ecossistema. Tomando o exemplo da parceria com a P&G, o papel desempenhado pela Amyris foi de nicho, ou seja, ela fornece uma especialidade para que a P&G, junto com outros elementos, possa desenvolver um novo produto. Esse não é o caso da maioria das parcerias, onde a Amyris tem um papel mais importante no desenvolvimento de uma nova aplicação ou produto, mas ainda sim deve ser considerada.

De forma geral a Amyris tem realmente atuado como *keystone*, trabalhando tanto na oferta do produto plataforma quanto no seu desenvolvimento para novas aplicações. As plataformas tecnológicas Pathways Program e μ Pharm só ressaltam esse papel de agente facilitador de inovações. Os papéis estratégicos da Amyris de acordo com o gráfico proposto por Iansiti e Levien (2004) estão ilustrados na Figura 49.

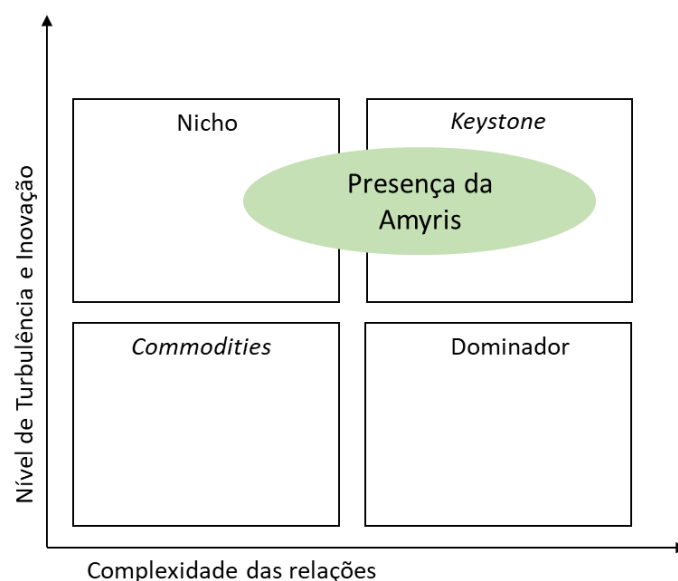


Figura 49: Papéis estratégicos da Amyris. Fonte: Elaboração própria.

5.10. Novas dimensões – Ecosystema da Empresa

Diferente da análise anterior com o ecossistema do etanol 2G, neste capítulo foi estudado o ecossistema da empresa Amyris. Como foi discutido no capítulo 2, esta análise levanta aspectos diferentes do que no caso de um ecossistema geral de um produto. Uma primeira diferença está em estudar ecossistemas de segmentos diferentes, permitindo uma análise da relação entre os diferentes produtos/mercados da empresa.

Essa análise torna-se ainda mais relevante para uma empresa que tenha um produto do tipo plataforma, uma vez que em sua própria definição, é um produto capaz de gerar um ecossistema de inovação. No caso da Amyris, o farneseno e seus derivados, a permitiram criar um ecossistema ramificado e complexo. Suas plataformas tecnológicas também funcionam para incentivar esse crescimento do ecossistema da Amyris.

Uma primeira dimensão que pode ser destacada com a análise do ecossistema sobre a empresa, está na capacidade de identificar alternativas de flexibilização. Ao investigar o ecossistema da Amyris é possível perceber mais facilmente as mudanças que a empresa promoveu ao enfrentar um insucesso em uma de suas apostas. Caso a Amyris fosse analisada apenas sob o aspecto do ecossistema geral de biocombustíveis

líquidos renováveis, por exemplo, a real complexidade de ter abandonado esse segmento poderia passar despercebida, como as mudanças na sua Value Blueprint, e a presença de diferentes estratégias e diferentes estágios evolucionários. Do ponto de vista do empreendedor, analisar o ecossistema tomando como referência apenas um mercado de atuação, pode eclipsar as oportunidades em outros segmentos e ainda dispersar o envolvimento daqueles que atuam em outras áreas, como foi colocado pelo próprio CEO da Amyris:

Precisamos ter certeza de que não temos silos na empresa, ou podemos acabar com os biólogos indo em uma direção (...) enquanto os engenheiros estão indo em uma direção diferente. Temos desenvolvido processos para que os indivíduos prestem contas às pessoas de outros departamentos, não apenas ao seu. Implementamos um *software* de gerenciamento de projetos que força conversas entre funções diariamente. (Pisano & Wagonfeld, 2010, p. 12)

Uma segunda dimensão que pode ser identificada pela análise da empresa é a relação entre seus produtos. O esqualeno, por exemplo, é derivado do farneseno, e ambos podem ser utilizados em um mesmo segmento, como cosméticos, ou em aplicações distintas, como no caso do diesel renovável. As experiências adquiridas em desenvolver um produto ajudam a empresa a construir novas competências em outros produtos. Como resultado dessa evolução, a Amyris passou a ter uma plataforma tecnológica que permite buscar, junto a parceiros, novas moléculas, uma competência adquirida após a própria empresa ter gerado para si, novos produtos.

Uma terceira dimensão que pode ser percebida é a presença de agentes em mais de um segmento, como a Givaudan em A&F e Cosméticos. A Givaudan funciona como um agente conector entre os diferentes segmentos da Amyris, como pode ser visto na Figura 50. A distância temporal entre os acordos estratégicos indicam uma evolução da parceria, que passou a atuar em dois segmentos da empresa. Esses “agentes conectores” aproximam os diferentes braços do ecossistema da Amyris através de um agente que começa a ser mais relevante para a Amyris como um todo.

A presença do agente conector tem vantagens e desvantagens. O nível mais elevado de cooperação entre a empresa focal e o agente conector pode ser vantajoso

para a empresa por reduzir desafios cooperativos pelas experiências em mercados anteriores. No entanto, a dependência para com o parceiro é maior, o que pode acarretar em um risco de co-inovação também mais elevado. Por conta dessas características esse trabalho visou classificar esse tipo de *player* de agente conector como uma forma a enfatizar sua relação mais próxima com o ecossistema focal.

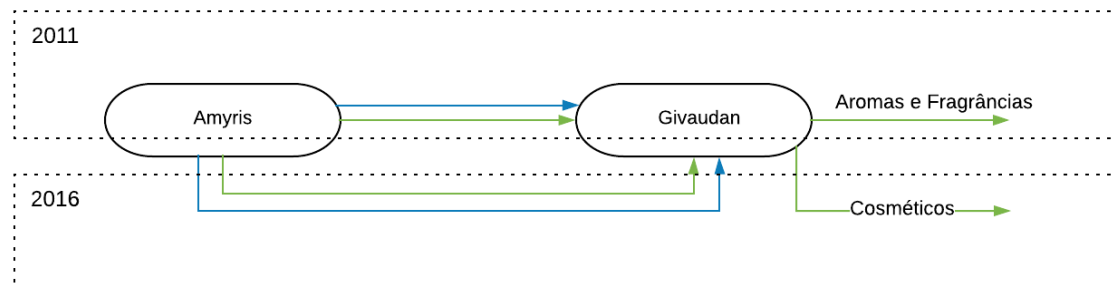


Figura 50: Papel de “conector” da Givaudan. Fonte: Elaboração própria.

Apesar de serem focos diferentes – empresa e ecossistema do produto – os exercícios de identificar estrutura, *value blueprint*, desafios, estágios e estratégias acabam por ser bastante semelhantes para os dois focos. O capítulo 6 desta tese se dedicará a discutir em mais detalhes as contribuições teóricas para a literatura de ecossistema de inovação da aplicação das principais dimensões da abordagem sob as perspectivas da empresa e do ecossistema do produto.

5.11. Lições do caso da Amyris

O capítulo 5 apresentou os resultados referentes ao caso do Amyris através da análise dos ecossistemas da empresa em diferentes áreas de atuação. Um resumo das principais lições deste caso é apresentado no Quadro 3.

Quadro 3: Lições da Amyris

Dimensão	Resultado da Análise	Aspectos importantes
Estágio Evolucionário	Nascimento e alguns movimentos de expansão	Foi necessário fazer uma análise para cada área de atuação da Amyris. Para lubrificantes e cosméticos o estágio já pôde ser classificado como expansão, os demais ainda estão no estágio de nascimento.
Estratégias	<i>Keystone</i> e Nicho	As estratégias no ecossistema depende do nível da Amyris como orquestrador. As plataformas tecnológicas da Amyris e as propriedades do farneseno permitiram, na maioria dos casos, a estratégia de <i>keystone</i> . Amyris também atuou como nicho em casos onde só fornecia farneseno/esqualeno, sem grande participação no desenvolvimento do produto a jusante.
Alocação dos desafios	Inicialmente: tanto nos componentes quanto complementadores. Depois: reduz nos componentes.	Desafios cooperativos se mostraram mais relevantes. Há uma redução dos desafios nos componentes quando a Amyris passa a ter acesso garantido à matéria-prima e passa a ter escala produtiva própria (planta de Brotas). De acordo com Adner & Kapoor (2010) esses desafios estão relacionados há um risco de restrição de consumo.
Estrutura	Fortemente dependente de parceiros para entrada em novos mercados	A Amyris tinha 3 requisitos para construir uma parceria com um aliado: coerência tecnológica, potencial financeiro e tempo de entrada no mercado. Nos últimos anos as parcerias tem sido do tipo de co-desenvolvimento, voltadas para a criação de novas moléculas através das plataformas tecnológicas da Amyris.
Value blueprint	Necessidade de reconfiguração	A Amyris reconfigurou sua <i>Value Blueprint</i> para enfrentar desafios com o mercado de biocombustíveis. O novo formato, baseado em suas <i>core competences</i> , permitiu a criação de um <i>Ecosystem Carryover</i>

Dimensão	Resultado da Análise	Aspectos importantes
Nova dimensão identificada – Agentes conectores	Givaudan	Verificou-se a necessidade de atribuir uma classificação para os atores que conectam os diferentes ecossistemas da Amyris. Atribui-se para eles o nome de agentes conectores. Vantagem: Reduzir desafios cooperativos pelas experiências em mercados anteriores. Desvantagem: Dependência para com o parceiro é maior, o que pode acarretar em um risco de co-inovação também mais elevado.

Fonte: Elaboração própria.

6. ECOSISTEMAS DE INOVAÇÃO NA BIOECONOMIA

Este capítulo está dividido em 4 seções que visam comparar os dois casos estudados buscando abordar os questionamentos apontados no capítulo 1. A seção 6.1 compara as dimensões-chave dos EIs e as discute à luz da Bioeconomia. A seção 6.2 apresenta os resultados referentes à elaboração de estratégias empresarias que visam reduzir os riscos de co-inovação na Bioeconomia. A seção 6.3 apresenta os resultados encontrados sobre os fatores externos aos ecossistemas para ambos os casos estudados. Por fim, a seção 6.4 discorre sobre a aplicação da abordagem de ecossistemas de inovação sob as perspectivas de empresa e produto, apontando as diferenças e semelhanças entre os dois casos.

6.1. Comparação dos casos estudados – Influência nas dimensões-chaves dos Ecossistemas de Inovação

O primeiro ponto de discussão para essa análise comparativa é compreender as diferenças entre a estruturas dos ecossistemas de inovação dos dois casos. No caso do etanol 2G, como o mercado e a cadeia de distribuição já estavam estabelecidos, o desafio das empresas foi agregar todos os elementos necessários para a inovação de processo referente à produção do etanol. Já no caso dos químicos da Amyris, muitos mercados ainda não estavam estabelecidos e exigiram um esforço por parte da empresa em buscar atores que pudessem entregar o valor proposto. Mesmo quando a Amyris buscava um biocombustível através do farneseno, houve desafios relacionados com a certificação do produto²⁷. Outros desafios foram, por exemplo, a necessidade de parcerias para processamento e comercialização do produto. Essa diferença entre o etanol 2G – que é uma inovação de processo – da Amyris –caracterizada pela inovação de produto – provocou diferenças na estruturação dos ecossistemas. Para o etanol 2G as estruturas foram mais ramificadas nos componentes, ou seja, naqueles atores necessários para atender o novo processo, e para a Amyris as estruturas foram mais

²⁷ O diesel de farneseno precisou ser aprovado por diversas instituições como: EPA (US Environmental Protection Agency), CARB (California Air Resources Board), ANP (Agência Nacional do Petróleo Gás e Biocombustíveis), ASTM (American Society for Testing and Materials) e, para ser importado por nações europeias, o REACH (Registration, Evaluation, Authorization, and Restriction of Chemical Substances).

ramificadas em direção aos atores responsáveis por desenvolver novos produtos/aplicações para o farneseno.

Em ambos os casos a relação com a nova matéria-prima foi desafiadora. No caso do etanol 2G, mesmo para empresas como Raízen e que tinha acesso à matéria-prima, as etapas de condicionamento desse material foram limitantes. No caso da Granbio, foi uma inovação à parte, que exigiu uma extensão ainda maior do seu ecossistema através de parceiros para resolver as questões de coleta e armazenamento da palha. Para a Amyris, a busca por um parceiro que assegurasse sua fonte de matéria-prima também foi desafiadora, tendo que passar por 3 diferentes parcerias. Esse ponto em especial é um resultado importante para o contexto da Bioeconomia, porque mesmo que esse estudo esteja limitado aos ecossistemas do etanol 2G e da Amyris, é possível extrapolar a análise e supor que a matéria-prima será um desafio relevante para o desenvolvimento da Bioeconomia. Isso porque, a matéria-prima é um dos principais elementos responsáveis pela característica intersetorial da Bioeconomia. Evidentemente que é possível produzir uma matéria-prima nova para o uso exclusivo de algum produto, mas buscando uma maior sinergia, é de se esperar que grande parte dos resíduos gerados por grandes empresas do agronegócio como milho, cana-de-açúcar, soja, e outros, venham a ser aproveitados por outros *players* que tenham a competência de transformar esse material em novos produtos.

A alocação dos desafios na estrutura do ecossistema também foi distinta. No etanol 2G os maiores desafios estavam nos componentes – um reflexo das inovações de matéria-prima e processo – e na Amyris nos complementadores – um reflexo da característica de um novo produto que busca novos mercados. De acordo com Adner & Kapoor (2010) a posição dos desafios do ecossistema do etanol 2G – nos componentes – apresenta maior oportunidade de gerar vantagem competitiva para a empresa. Os conhecimentos e processos específicos que são desenvolvidos pelos parceiros e agente líder durante a busca por soluções, gera um *know-how* difícil de ser copiado. No entanto, essa análise está condicionada à superação desses obstáculos. Os desafios nos componentes do etanol 2G foram suficientes para causar importantes atrasos na produção e possivelmente foram responsáveis em parte pelo encerramento de metade dos projetos. Já para a Amyris, os desafios migraram do 4º quadrante para o 1º

quadrante como o resultado da superação de alguns desafios nos componentes, como o acesso à matéria-prima e a produção da unidade de Brotas.

A Figura 51 ilustra essa discussão comparativa entre as estruturas e alocação dos desafios dos casos do etanol 2G e da Amyris.

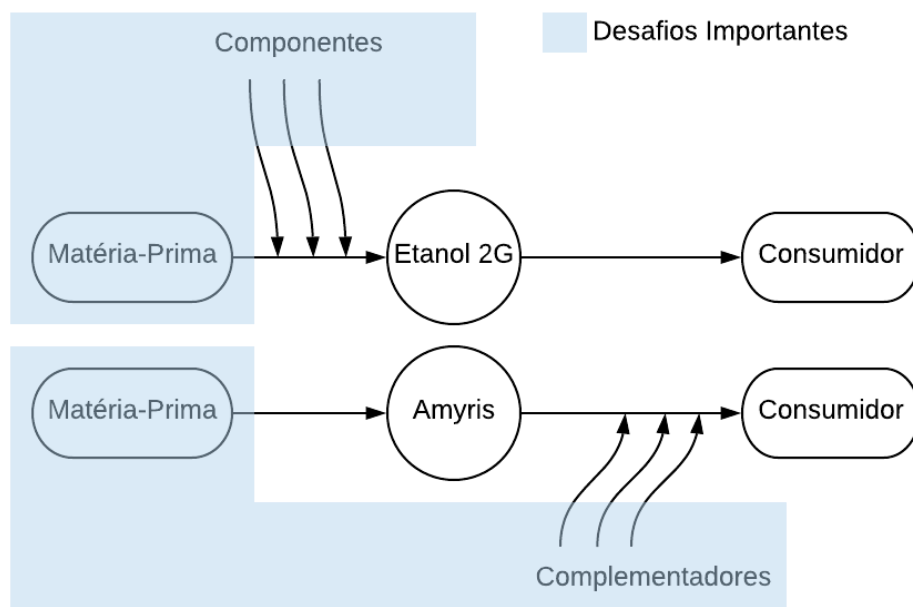


Figura 51: Comparação entre estruturas e alocação dos desafios para etanol 2G e Amyris. Fonte: Elaboração própria.

A análise de estágios evolucionários mostrou que, tanto o etanol 2G quanto a maior parte dos segmentos da Amyris ainda estão no estágio de nascimento. Isso porque atingir o estágio de expansão significa ter resolvido desafios o suficiente para poder replicar e expandir a inovação. O que só conseguiu ser feito pelos segmentos de lubrificantes e cosméticos da Amyris. Como foi discutido no capítulo 1, a Bioeconomia é intersetorial e necessita de importantes inovações tecnológicas, o que traz como consequência a necessidade de longos estágios de nascimento para endereçar todos os desafios competitivos e cooperativos das inovações.

A análise dos papéis estratégicos mostrou vários atores agindo como *keystones*, isto é, buscaram ser os orquestradores do ecossistema. Mais uma vez é uma característica esperada na Bioeconomia que precisa de atores que se responsabilizem em agrupar diferentes setores para conseguir entregar as inovações. A estratégia de

dominação também foi identificada (caso da Dupont), mas pode-se esperar que ela seja mais difícil de ser seguida por exigir que uma empresa detenha competências o suficiente para atender todos os desafios da inovação.

A necessidade de reconfigurar a *Value Blueprint* foi vista em vários casos, mas principalmente na Granbio e na Amyris. Na Granbio, essa reestruturação se deu em 2 estágios, e as duas foram consequências dos desafios enfrentados pela empresa. Primeiramente os desafios nos componentes foram suficientes para que a empresa descartasse boa parte da sua proposta inicial, como a produção de químicos e novas plantas industriais. Em seguida, por consequência do processo contra a Beta Renewables e a aquisição da API, a empresa adquiriu várias patentes, o que forçou um novo posicionamento da empresa, agora mais como uma produtora de conhecimento do que integradora. No caso da Amyris, a sua competência relacionada à manipulação genética de micro-organismos e a criação da plataforma *μphama*, permitiu que toda uma nova proposição de valor pudesse ser oferecida ao mercado.

Outra característica observada nos casos analisados foi resiliência em permanecer no mercado. Como foi discutido no capítulo 4, o encerramento de 3 projetos de etanol 2G não foi ocasionado apenas por questões da inovação em si. Outros fatores como crises internas, preço do petróleo e reestruturações foram motores para que os projetos fechassem. Isso significa que a inovação precisa de tempo para enfrentar os desafios, e que durante esse período, abalos externos aos ecossistemas focais podem desestruturar os ecossistemas com muitos desafios pendentes. Para atingir essa resiliência, em todos os casos se observou a necessidade de alguma forma de reestruturação do ecossistema, seja através de entrada/saída de parceiros, seja através da reconfiguração da *Value Blueprint*.

Sendo assim, três principais lições podem ser tiradas dessa seção. A primeira se refere às diferenças entre as estruturas e alocação dos desafios. Estas são consequências do tipo da inovação – processo ou produto. A segunda atribui as similaridades referentes à estágios, estratégias e desafios na matéria-prima como uma consequência de serem casos da Bioeconomia. E a terceira se refere à identificação de duas competências-chave: a capacidade de reconfigurar sua *Value Blueprint* e a resiliência em permanecer no mercado.

6.2. Riscos de Co-Inovação e Estratégias

Uma das principais contribuições da abordagem de ecossistemas de inovação é evidenciar as dependências entre os atores do ecossistema. Como já foi discutido no capítulo 1, a Bioeconomia tende a ser intersetorial, o que estimula essas dependências nos ecossistemas em nascimento. Como também foi visto na seção anterior, para os casos estudados, a resiliência e alternativas de reestruturação diante dos desafios enfrentados foram competências-chave para as empresas. Dessa forma, essa seção se dedicará a analisar os riscos de co-inovação no contexto da Bioeconomia. Na categoria de riscos de co-inovação, estão incluídos os riscos de interdependências – coordenação com inovadores complementares – e os riscos de integração – coordenação da cadeia de valor (Adner, 2006).

A estrutura de um ecossistema inserido na Bioeconomia deve ser construída de forma a mitigar os riscos de co-inovação em três aspectos principais: matéria-prima, processo e produto. Assim, a Figura 52 mostra um fluxograma com alguns cenários para cada tipo de risco de co-inovação.

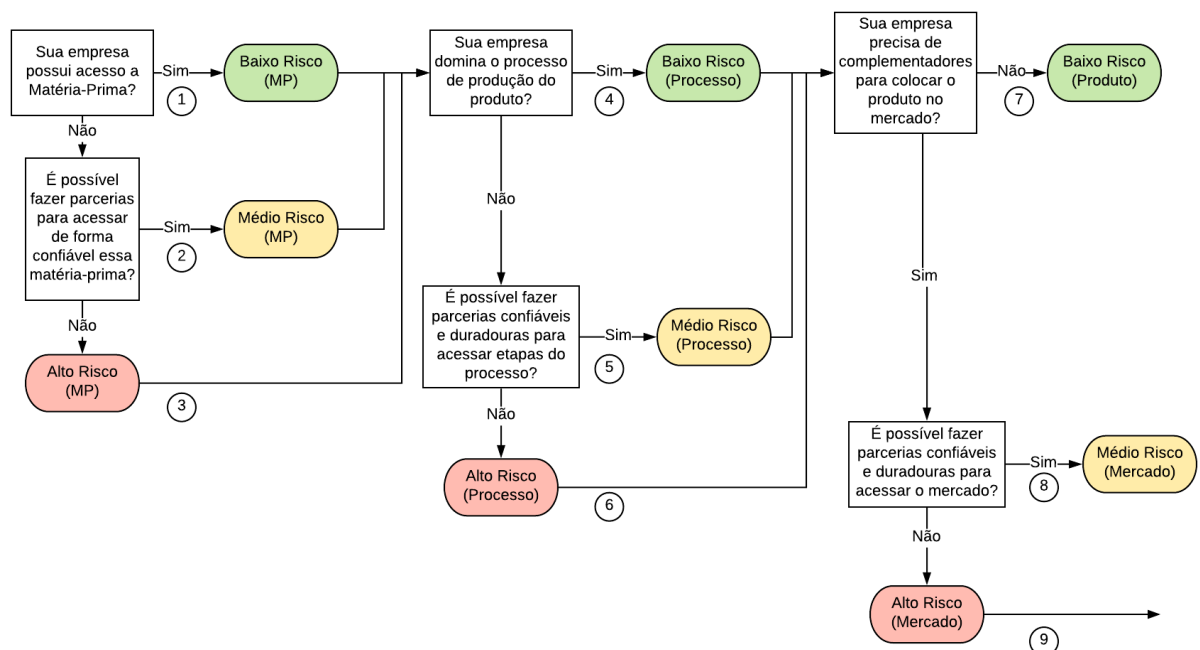


Figura 52: Fluxograma de riscos de co-inovação. Fonte: Elaboração própria.

A primeira pergunta do fluxograma é relativa a matéria-prima. O risco de co-inovação da matéria-prima pode ser simplificado em 3 categorias: (1) caso a empresa

detenha a matéria-prima, os riscos de co-inovação podem ser considerados baixos, por não necessitar de parcerias para obtê-las. Os riscos ainda podem existir para outros tipos de parcerias que não sejam para obtenção da biomassa, como coleta e processamento; (2) caso a empresa faça parceria para acessar a matéria-prima, ela fica dependente de um outro agente. Para reduzir os riscos com essa dependência, é importante um tipo de aliança estratégica que garanta à empresa focal o fornecimento da matéria-prima com alguma segurança. Por esse motivo, a segunda pergunta está condicionada a responder essa questão de segurança de abastecimento (3) caso essa segurança não possa ser obtida, seus riscos de co-inovação na matéria-prima serão altos.

Em relação à dimensão de processo, as mesmas perguntas podem ser feitas. (1) caso a empresa focal detenha as tecnologias do processo, seus riscos de co-inovação serão baixos. (2) caso haja parceiros que possam entregar de forma confiável parte do processo, esse risco passa a ser médio, (3) e para o caso da falta de garantia por parte dos parceiros, esse risco será alto. O exercício se repete para os complementadores.

A Figura 52 enumera os caminhos dos fluxogramas de forma a identificar as trajetórias percorridas pelas empresas analisadas neste estudo. No caso do ecossistema do etanol, tem-se a Granbio, Beta Renewables seguindo o caminho 2-5-7, ou seja, elas não possuíam matéria-prima nem processo próprios, tendo que recorrer a parcerias, mas possuíam baixo risco de complementadores por ter fácil acesso ao mercado já existente de etanol. Ambas as empresas visavam ser integradoras de tecnologia, por isso seguiram a estratégia de *keystone*, onde elas seriam orquestradoras de um conjunto de atores e administrariam seus riscos de co-inovação. No caso da Beta Renewables, por conta de crises no grupo Mossi Ghisolfi, a empresa não teve resiliência suficiente para lidar com seus riscos de co-inovação. Já a Granbio, acabou lidando com os riscos de co-inovação através de uma estratégia inicialmente não planejada. Por ter uma *value blueprint* que visava a geração de diferentes produtos e novas plantas industriais, a Granbio fez várias parcerias visando objetivos a longo prazo; foram essas parcerias que acabaram por mitigar os obstáculos consequentes dos seus riscos de co-inovação. Isso aconteceu em dois momentos, primeiro quando a Granbio adquiriu 25% da API com o intuito de obter tecnologia para um pré-tratamento de biomassa mais adequado para produção de químicos (organo-solve) e acabou por recorrer à ela novamente para

buscar alternativas de pré-tratamento quando a tecnologia licenciada da Beta Renewables não funcionou. E num segundo momento quando as leveduras da DSM também não funcionaram e foram usadas as leveduras do BioCelere (Entrevista 8)

Mesmo não tendo sido essa a intenção inicial, a Granbio conseguiu se proteger dos riscos de co-inovação através de uma estratégia de **redundância**, isto é, ela estruturou seu ecossistema de forma que existissem alternativas para possíveis desafios não antecipados. Essa estratégia pode ser uma alternativa para ecossistemas na Bioeconomia que se posicionem como integradores de tecnologia. No entanto, apesar de mitigar os riscos de co-inovação, essa estratégia pode diminuir o nível de cooperação entre os atores, uma vez que a estrutura do ecossistema apresenta possíveis substitutos para diferentes posições.

Poet-DSM e Abengoa também seguiram o caminho 2-5-7, mas com menores riscos em acessar a matéria-prima por já ter experiência no setor da matéria-prima. A Poet já foi criada com uma estratégia de mitigação dos riscos de co-inovação por ser uma **joint venture** que visava agregar as competências do processo (DSM) com a matéria-prima e o mercado (Poet). No entanto, mesmo que algumas dependências do ecossistema estejam resolvidas, isso não garante que desafios não antecipados apareçam. Como foi discutido no capítulo 4, a Poet-DSM enfrentou problemas com sua parceria Andritz, resultando num processo judicial por quebra de contrato e negligência profissional (Biofuels Digest, 2017). A alternativa de basear a estratégia de mitigação de riscos com uma **joint venture** é uma possibilidade interessante para a Bioeconomia, pois é um tipo de aliança estratégica que garante uma maior segurança na entrega do valor de cada empresa.

Assim como a Beta Renewables, a Abengoa teve poucas condições de lidar com seus riscos de co-inovação pois as crises internas foram determinantes para o encerramento do projeto (novacana, 2016b).

A Raízen seguiu o caminho 1-5-7, com menores riscos de co-inovação por já possuir a matéria-prima. A Raízen lidou com seus riscos de co-inovação através de uma estratégia **“de etapas”** (entrevista 9). Inicialmente, não se preocupou com a fermentação dos açúcares C5 por não ter uma levedura capaz de fermentá-los; os

esforços foram alocados nas etapas de processamento da matéria-prima, separação da lignina, hidrólise e fermentação dos açúcares C6. Conforme etapas pré-estabelecidas do processo foram sendo resolvidas a Raízen buscou novas parcerias para enfrentar novos desafios, como foi o caso da sequencial parceria com a Novozymes para fermentação dos açúcares C5. Para empresas que possam dividir etapas do processo de construção do ecossistema, isto é, empresas que tenham resiliência para avançar gradualmente, a estratégia “em etapas” pode ser uma solução para mitigar os riscos de co-inovação.

A Dupont, seguiu o caminho 2-4-7 com uma estratégia de **dominação**, isto é, a não ser pela matéria-prima, ela tinha todo o resto do ecossistema sob seu controle. Nesta situação os riscos de co-inovação realmente são reduzidos, mas a empresa passa a ter maior responsabilidade sobre o projeto. Essa estratégia é uma alternativa para empresas como a Dupont que já tem um *know-how* diversificado, capaz de atender às exigências que a Bioeconomia demanda. É importante ressaltar que os riscos de co-inovação são apenas uma categoria de riscos. Como colocado por Adner (2006), ainda existem os *riscos de iniciativa*, referente ao gerenciamento do projeto focal. Quando uma empresa visa diminuir seus riscos de co-inovação através da estratégia de dominação, ela precisa saber que os riscos estão sendo redirecionados. Por esse motivo, a estratégia de dominação tende a favorecer as empresas que já tenham um portfólio de competências extenso.

Já a Amyris seguiu o caminho 2-4-8. Inicialmente, ela buscou uma forma de obter o acesso à matéria-prima através de uma *joint venture*, que acabou não dando certo por conta da crise enfrentada pelo setor energético na época (Amyris, 2011; Entrevista 11). Em seguida, a empresa buscou uma parceria para o fornecimento de matéria-prima, configuração utilizada até hoje. A Amyris tinha grande domínio sobre o seu processo, necessitando de apenas algumas poucas parcerias para finalização química e ganho de escala. O grande desafio de co-inovação da Amyris era acessar o mercado com seus novos produtos. Para essa etapa, várias parcerias foram realizadas através de diferentes tipos de alianças estratégicas, como *joint ventures*, acordos de pesquisa colaborativa e licenciamento.

Para a Amyris, a flexibilização de entrar em **diferentes mercados**, com diferentes formas de alianças estratégicas foi a alternativa de mitigar seus riscos de co-inovação,

pois ao ter vários braços de atuação, a empresa conseguiu ir desenvolvendo seu ecossistema naqueles mercados mais promissores. Evidentemente, que a natureza do produto e as plataformas tecnológicas da Amyris permitiu a utilização desse tipo de estratégia, ao contrário do que aconteceu com o etanol de segunda geração.

Dos casos analisados neste estudo, nenhum deles foi classificado passando pelos estágios 3, 6 ou 9 (alto risco), isso porque, dado às condições do estudo feito à *posteriori*, como nenhum dos projetos foram encerrados como consequência de um risco alto de co-inovação, nenhum deles foi classificado como o de maior risco. Como foi discutido nos capítulos 4 e 5, os encerramentos foram consequência de uma soma de fatores que envolveu questões internas das empresas focais e outros fatores macroeconômicos como o preço do petróleo.

A Tabela 16 faz um resumo das estratégias para mitigação dos riscos de co-inovação, apresentando as vantagens e desvantagens de cada uma através dos casos estudados.

Tabela 16: Vantagens e desvantagens das estratégias de mitigação dos riscos de co-inovação

Empresa	Estratégia de mitigação de riscos	Vantagem	Desvantagem
Granbio	Redundância	Gera alternativas de substituição frente a um risco não antecipado	Pode reduzir cooperação
Beta Renewables	*	*	*
Raízen	Por Etapas	A princípio, reduz os desafios que precisam ser enfrentados	Exige tempo
Poet-DSM	<i>Joint Venture</i>	Existe troca de competências	Dificuldade de encontrar o parceiro
Abengoa	*	*	*
Dupont	Dominação	Reduz risco por não ter os parceiros	Assume maior responsabilidade sobre o projeto
Amyris	Diferentes braços de atuação	Gera alternativas	Gerenciamento de múltiplos mercados

Fonte: Elaboração própria.

*Não foi possível identificar a estratégia de mitigação dos riscos de co-inovação pelo encerramento dos projetos.

Na Bioeconomia é bastante razoável considerar que poucas empresas terão competências para seguir pelo caminho 1-4-7, o que justifica aprofundar os estudos sobre os riscos de co-inovação e alternativas para mitigá-los. No entanto, outras categorias de riscos podem ameaçar o sucesso de um ecossistema: os riscos de iniciativas, relacionados ao projeto focal, e os riscos externos ao ecossistema geral, como os riscos macroeconômicos. A próxima seção discutirá brevemente os riscos dos externos aos ecossistemas gerais da Bioeconomia e como os agentes agregadores tem funcionado na busca de mitigá-los.

6.3. Riscos do Ecossistema Geral e Agentes Agregadores

As duas últimas seções foram direcionadas a discussões voltadas para os ecossistemas focais dos casos analisados. A análise focal é importante para o empreendedor buscar soluções para o seu projeto através, por exemplo, da mitigação dos riscos de co-inovação. Mas os riscos externos aos ecossistemas também precisam ser contabilizados. Esses riscos se referem à riscos macroeconômicos ou aqueles que estejam fora do escopo na análise focal.

Em ambos os casos estudados, o principal risco externo foi a competição com derivados da indústria de petróleo e gás. As quedas do preço do barril em 2008 e 2016, mostraram-se barreiras importantes. A queda de 2008, junto com a crise internacional, provocou mudanças na estrutura da Amyris, que passou a buscar capacidade tecnológica através de *capital light* ao invés de capital próprio via *venture capital*. Em 2016 novamente a Amyris se depara com desafios relacionados com a competição com a indústria de petróleo, tomando nesse ano a decisão de sair do mercado de biocombustíveis.

Para os casos do etanol 2G, a queda nos preço do petróleo em 2016 também moldou o ecossistema geral do biocombustível. A BP, por exemplo, que vinha se estruturando para a produção do etanol de segunda geração, decidiu abandonar o projeto por conta desse risco (Entrevista 6). Outros projetos como a Raízen e Granbio que visavam o mercado nacional, passaram a focar suas vendas nos mercados internacionais (Entrevistas 8 e 9).

No contexto geral da Bioeconomia, existe um interesse por parte dos governos em diminuir esses riscos para que os empreendedores consigam desenvolver essas indústrias. Nos casos estudados isso fica claro com a atuação de instituições como BNDES, Finep e DOE, que foram fundamentais não só para o surgimento dos ecossistemas, como para a redução de alguns desafios. Além de apoios através de financiamentos e *grants*, essas instituições funcionam como agentes agregadores do ecossistema, auxiliando no surgimento e gerenciamento do ecossistema geral. Como foi visto no capítulo 4, esses agentes ainda atuam promovendo as inovações nas comunidades políticas, acadêmicas e empresarial, enfatizando tanto as oportunidades associadas a elas quanto às demandas diante dos obstáculos.

Essa mobilização de diferentes instituições do ecossistema é importante para Bioeconomia porque além da competição com o petróleo, que sempre irá existir, algumas dessas inovações trazem mudanças no *modus operandi* de diversas cadeias de valor. Por melhor que um produto/processo venha se mostrar – podendo ser melhor inclusive do que os de fonte fóssil – a barreira da infraestrutura na cadeia para acomodar a inovação ainda será significativa.

6.4. Contribuições para a abordagem de Ecossistemas de Inovação – Ecossistemas do produto x Ecossistema da Empresa

Nas seções anteriores a comparação entre os casos foi feita com o foco na Bioeconomia. Esta seção visa avaliar ambos os casos estudados sob a perspectiva de produto e empresa. Como foi discutido na seção 2.7, focar a análise no produto permite uma avaliação da concorrência entre ecossistemas focais, enquanto que a análise sob a perspectiva da empresa permite uma avaliação sobre diferentes produtos e mercados. As principais diferenças encontradas entre as avaliações com foco em produto e empresa estão descritas na Tabela 17.

Tabela 17: Diferenças entre a perspectiva com foco no produto e na empresa

Dimensão	Produto	Empresa
Estrutura	Necessita de uma divisão entre focal e geral. Focal – Identifica as relações de uma empresa para gerar o produto inovador Geral – Conjunto de Empresas que geram o produto inovado. A partir da análise de Ecossistema Geral é possível identificar a presença dos agentes agregadores.	Pode necessitar de uma divisão entre os diferentes segmentos para uma análise mais precisa (caso da Amyris). Na análise do Ecossistema Total (com todas as áreas de atuação) é possível identificar os agentes conectores.
Estágio	Resultado da análise conjunta de todas as empresas que produzem o mesmo produto. Diferentes empresas podem estar mais ou menos avançadas que outras, mas a classificação geral é dada pelo conjunto de empresas.	Diferente áreas podem estar mais ou menos avançadas que outras, o que pode gerar a necessidade de diferentes classificações de estágios para cada segmento.
Localização dos desafios	Resultado da análise dos desafios e estruturas de todas as empresas que produzem o produto inovador. Dependendo da complexidade do ecossistema gerado, diferentes ecossistemas focais podem ter desafios localizados em partes diferentes da sua estrutura.	Resultado da análise dos desafios e estruturas de todas as áreas de atuação da empresa. Os desafios podem mudar de localização dependendo das áreas de atuação.
Estratégia	Necessidade de dividir as análises em ecossistemas focais e gerais.	Pode possuir diferentes estratégias para diferentes segmentos.
Value Blueprint	Feito para cada empresa individualmente.	Feito para a empresa como um todo.

Fonte: Elaboração própria.

A primeira dimensão-chave que apresentou diferença entre produto e empresa foi a **estrutura** do ecossistema. Para o caso do produto (etanol 2G), essa dimensão foi dividida em ecossistemas focais e geral. Essa divisão permitiu a identificação dos **agentes agregadores**, que foram definidos como atores que conectam os ecossistemas focais e detém um certo poder sobre o futuro do ecossistema geral. No capítulo 4 foi enfatizado o papel de instituições como o BNDES e o DOE não como líderes – como em geral é classificado na literatura de EI – mas como um novo ator que visa orientar o ecossistema sem diretamente participar dele. É importante destacar esse tipo de *player* com uma classificação específica, pois ele tende a ser relevante para a Bioeconomia que muitas vezes apresenta essas instituições como incentivadores da inovação e, consequentemente, de novos ecossistemas.

Para construção da estrutura do ecossistema da Amyris, foi necessário separar as diferentes áreas de atuação. Essa divisão permitiu a identificação dos **agentes conectores**, isto é, aqueles envolvidos em um ou mais segmentos da mesma empresa. Sua identificação é importante, já que aumenta a dependência da empresa focal para com ele. Dessa forma, é importante que o agente conector tenha um destaque para que as avaliações de riscos de co-inovação e desafios cooperativos sejam devidamente endereçados.

A segunda dimensão-chave que apresentou diferença entre as análises de produto e empresa foi a definição de **estágio evolucionário**. Essa dimensão está intrinsecamente relacionada ao produto/processo inovador. Essa característica gerou a necessidade de classificar individualmente as diferentes áreas de atuação da Amyris. Como resultado, identificou-se que a análise de estágios não deve ser feita para a empresa de forma geral, principalmente se ela tiver vários produtos/mercados. Classificar, por exemplo, a Amyris no estágio de nascimento, poderia ocultar os avanços obtidos nos segmentos de lubrificantes e cosméticos. Já classificá-la no estágio de expansão, seria um equívoco por mascarar os importantes desafios ainda presentes nos outros segmentos.

O exercício de identificar os **desafios cooperativos e competitivos** e suas localizações na estrutura do ecossistema não se mostrou diferente para os dois casos

estudados. As diferenças dos resultados encontrados se devem as especificidades do etanol 2G (inovação de processo) e da Amyris (inovação de produto).

Os **papéis estratégicos** também apresentaram diferenças entre a aplicação para a empresa e produto. A definição desses papéis depende do posicionamento de uma empresa para com um produto/processo inovador. A Amyris, por ter tido diferentes produtos/processos²⁸ apresentou mais de um papel estratégico, dependendo da área de atuação. No caso do etanol 2G, observou-se que os papéis estratégicos poderiam variar dependendo se a análise era sobre o ecossistema focal ou geral.

A dimensão de **Value Blueprint** é intrinsicamente ligada à empresa. Assim, não houve diferença entre as perspectivas, em ambos os casos a *value blueprint* foi construída em relação à empresa estudada.

Apesar das diferenças, com a metodologia proposta, foi possível não só a construção de todas as dimensões-chave, como o levantamento de conclusões pertinentes para ambos os casos. Estágios, estruturas, desafios, estratégias e *value blueprint* foram ferramentas capazes de se moldar às diferentes fronteiras de estudo.

6.4.1. Competição entre ecossistemas (análise do produto) e relação entre diferentes produtos/mercados (análise da empresa)

Como foi colocado na seção 2.7 e no início deste capítulo, as análises de produto e empresa trazem contribuições específicas para cada caso. No caso do etanol 2G, a presença de diferentes atores buscando ser produtores, gera uma dimensão de competição importante de ser avaliada. Moore (1993) enfatiza os importantes desafios competitivos no estágio de nascimento, no entanto, no caso do etanol 2G, os desafios cooperativos foram muito mais relevantes. Mais do que a preocupação com os outros ecossistemas focais, as empresas produtoras estavam focadas em enfrentar os desafios cooperativos com seus próprios parceiros para atingir a inovação. O desafio competitivo de fato existiu, mas ele foi mais relevante fora do ecossistema do etanol 2G do que entre os diferentes ecossistemas focais. Trata-se da competição com os combustíveis de

²⁸ Exemplos: farneseno, esqualeno e plataformas tecnológicas.

origem fóssil, ou mais precisamente, a influência da queda do preço do petróleo nos projetos que acabaram por ser desativados.

É importante enfatizar que mesmo que a competição entre atores não tenha sido uma dimensão tão relevante para o etanol 2G, ela pode passar a ser à medida que o ecossistema amadureça. Por exemplo, as empresas vencedoras podem estabelecer um modelo de ecossistema que iniba a inserção de novos entrantes, aumentando a importância da competição entre os ecossistemas.

A análise através da dimensão de produto permitiu ainda verificar diferentes estratégias para mitigar riscos de co-inovação semelhantes, evidenciando que uma mesma inovação pode ter riscos, e consequentemente estratégias para mitigá-los, diferentes.

No caso da Amyris, o foco na empresa permitiu avaliar como a participação em diferentes mercados possibilitou a empresa ir remodelando seu ecossistema de forma a encontrar a configuração mais atraente. Permitiu também avaliar o ecossistema de uma empresa com um produto com perfil de “plataforma” fora do contexto de tecnologias digitais (Gawer & Cusumano, 2014; Rong *et al.* 2015). A principal diferença está no tempo para que essa flexibilidade possa ser aproveitada de forma a reduzir riscos. Ao contrário da velocidade das tecnologias digitais, o ecossistemas proveniente de uma plataforma química exige mais tempo e investimentos em etapas como produção, refino, certificação, distribuição e comercialização.

Ainda sobre a Amyris, pôde ser avaliado que a relação com seus diferentes produtos proporcionou à empresa o desenvolvimento de um novo tipo de “produto”. Através da expertise de produzir a artemisina e o farneseno, a Amyris pode desenvolver, junto a parceiros, a sua plataforma tecnológica que visa gerar novas moléculas-alvo. Essa plataforma pode mudar completamente a forma da Amyris trabalha, deixando de focar em aplicações para produtos como farneseno e esqualeno, passando a desenvolver novas moléculas específicas para os clientes.

6.4.2. Outras contribuições

Os resultados referentes à aplicação das dimensões-chave do ecossistema mostraram que não existem empecilhos para que se utilize qualquer uma das

alternativas. No entanto, em algumas dimensões específicas houve a necessidade de adaptações. A primeira delas se refere a montagem das estruturas dos ecossistemas da Amyris. Estes necessitaram de maior divisão da cadeia de valor para explicitar o papel de cada ator. Adner & Kapoor (2010) propõem que a estrutura seja montada separando componentes e complementadores, entretanto, muitas estruturas necessitaram de novas divisões para que o mapeamento das relações entre parceiros ficasse claro. As Figura 45 e Figura 46, por exemplo, incluem as subdivisões de transformações químicas, formulação e comercialização e distribuição.

Também foi visto, para ambos os casos estudados, a necessidade de uma dimensão temporal. Esse entrave foi superado com a construção das linhas do tempo das empresas analisadas, onde as mudanças nas dimensões-chave podiam ser acompanhadas pelos marcos destacados nas linhas do tempo.

Foi observado que as dimensões-chave do ecossistema evoluem isto é, elas possuem uma característica temporal que muitas vezes é difícil apresentar com as ferramentas existentes. Em vários casos estudados, as estruturas, estratégias e *value blueprints* foram alteradas ao longo do tempo. Dentre as dimensões estudadas, a que melhor captava essa característica temporal era a de estágio evolucionário (Moore, 1993), pois ela explicitava a necessidade de um ecossistema evoluir – o que envolve se transformar para enfrentar novos desafios. No entanto, o que foi observado é que podem existir modificações importantes no ecossistema dentro de um mesmo estágio evolucionário. Granbio, Poet-DSM e Amyris são exemplos de empresas que modificaram estruturas e *value blueprints* ainda nas fases iniciais do ecossistema.

Considerando os casos apresentados nesse estudo, a escolha se a avaliação é pelo produto ou pela empresa, não é uma questão de certo ou errado. Ao contrário do que foi colocado por Moore (2006), o ecossistema não precisa ser necessariamente do produto.²⁹ A escolha deve ser baseada no nível de análise que o pesquisador identificar como prioritário. Se o pesquisador não dispõe de recursos e tempo o suficiente para

²⁹ Na referência em questão a afirmação de que o ecossistema é do produto é feita sem que tenha sido feita qualquer discussão para descartar a possibilidade de focar a análise em uma empresa com vários produtos. Como o objetivo da literatura é discutir concorrência, de fato, uma análise sobre o produto é mais aconselhada.

uma análise completa, incluindo produto e empresa com profundidade, ele precisa tomar uma decisão sobre qual alternativa seguir. Esse exercício envolve identificar previamente quais as dimensões mais relevantes para o projeto.

Nos casos analisados nesse estudo, a escolha foi coerente com o perfil de cada ecossistema. O etanol 2G por ter competidores aparentemente no mesmo estágio de desenvolvimento, cria a necessidade de uma avaliação voltada ao produto para atingir a dimensão da competição entre ecossistemas focais. Soma-se ainda o fato de que a maioria das empresas apresentavam apenas o etanol como produto, sem exigir portanto uma análise de interdependência entre os produtos de uma mesma empresa. Já para a Amyris, por ser a única empresa produzindo farneseno, a dimensão de concorrência pode ser substituída por uma mais fundamental, como a relação entre seus diferentes produtos e mercados. Claramente que a necessidade de delimitar essas fronteiras pode provocar pontos cegos nos estudos em questão. A Dupont, por exemplo, poderia ter sido analisada como uma empresa, e o etanol 2G seria apenas um de seus braços que teria sido abandonado.

7. CONCLUSÕES

Esta tese visou identificar, construir e analisar as dimensões-chave de 2 Ecossistemas de Inovação de forma a trazer contribuições para a Bioeconomia e para a abordagem de EI. Para isso foram estudados os casos do etanol de segunda geração e da Amyris. Esse capítulo visa apresentar as principais conclusões da tese, assim como destacar suas principais contribuições e limitações.

Primeiramente foram identificadas as dimensões-chave dos ecossistemas através de uma revisão da literatura sobre a abordagem de ecossistemas de inovação (capítulos 2 e 3). Essas dimensões foram então aplicadas para os dois casos de estudo visando endereçar questões referentes à Bioeconomia e a aplicabilidade da abordagem sob as perspectivas de produto e empresa.

A análise sobre o etanol de segunda geração (capítulo 4) chegou a duas conclusões principais. A primeira delas se refere aos baixos níveis de competição entre os produtores no estágio de nascimento, diferente do que é descrito na literatura (Moore, 1993; Moore 2006). Ao contrário de grande parte das indústrias tradicionais, é comum nos segmentos da Bioeconomia, que haja um interesse por parte dos países em inovações que contribuam para um desenvolvimento mais sustentável. No caso brasileiro e americano, por exemplo, houve a presença de programas governamentais específicos para esse biocombustível. Tanto para o etanol quanto outros produtos da Bioeconomia, existe um esforço cooperativo que visa ir além do retorno financeiro propiciado pela inovação, objetivando legitimar o produto. Esse interesse conjunto no sucesso de um produto, gerou mais cooperação que competição.

Outra razão para a competição reduzida no EI do etanol 2G é a questão do mercado já existente. A demanda para o novo produto não é um problema, pois já existe um mercado crescente para o etanol, ou seja, não existe uma competição acirrada por *marketshare* ou canais de distribuição. As escalas dos projetos comerciais não são suficientes para alterar a dinâmica da indústria tradicional de etanol 1G³⁰. A competição de fato existe em relação ao conteúdo da inovação de processo, como enzimas e leveduras, o segredo industrial e competição por nichos especializados é a principal

³⁰ Essa condição pode mudar caso a produção de etanol 2G cresça consideravelmente.

forma de competição entre os produtores desse ecossistema. A competição mais relevante para o etanol 2G, no entanto, é em relação aos combustíveis fósseis e outras alternativas ecoeficientes como os carros elétricos.

Uma segunda contribuição que pode ser tirada do ecossistema do etanol 2G é a atuação de diferentes *players*. Incumbentes da indústria de etanol, novos atores, e incumbentes da indústria química são exemplos de atores que formaram o ecossistema do etanol 2G. A própria presença dos diferentes *players* já é uma contribuição por enfatizar o lado intersetorial da Bioeconomia, porém mais do que isso, também indica a existência de diferentes estratégias para o etanol. Como foi visto no capítulo 4 há três principais interesses: produzir etanol, licenciar a tecnologia e desenvolver a tecnologia para a geração de outros produtos derivados de açúcares de segunda geração.

O estudo voltado para o ecossistema da Amyris (capítulo 5) também trouxe contribuições específicas. A principal delas é a flexibilidade que um produto tipo plataforma pode trazer para um ator na Bioeconomia. Apesar dos muitos riscos de co-inovação e de depender de diferentes parceiros para acessar novos mercados, a capacidade de enfrentar elevados desafios macroeconômicos, como a queda do preço do petróleo, foi uma competência bastante útil para Amyris. Assim como foi visto no caso do etanol 2G, a capacidade de se reestruturar diante de desafios foi uma das principais competências desses atores. Outra contribuição que apareceu no caso da Amyris foi a criação de novo “produto” a partir de experiências nos desenvolvimentos de produtos anteriores – a plataforma tecnológica para o desenvolvimento de novas moléculas-alvo.

A análise conjunta sobre os casos estudados (capítulo 6) trouxe contribuições tanto para a Bioeconomia quanto para a abordagem de EI. Em relação às contribuições para a Bioeconomia, a análise conjunta mostrou que a natureza da inovação (processo/produto) influenciou nas dimensões-chave analisadas. Enquanto que no caso do etanol 2G as ramificações da estrutura e os desafios estão mais concentrados nos componentes, para a Amyris, esse foco foi nos complementadores.

Dentre as semelhanças dos casos estudados, pode-se destacar os estágios de nascimento, as estratégias voltadas para o papel de *keystone* e a relação desafiadora

com a matéria-prima. Neste último caso, mesmo não sendo o maior desafio, todas as 7 empresas estudadas passaram por alguma dificuldade relacionada ao acesso e processamento da matéria-prima.

Dessa análise conjunta também foi possível identificar duas principais competências para a manutenção dos ecossistemas: a capacidade de reestruturação e a resiliência, este último principalmente no sentido de fôlego financeiro. Isso é um reflexo da importância dos desafios enfrentados. Não bastou para as empresas ter condições de se reestruturar diante dos desafios, elas ainda precisaram de resiliência para permanecer no ecossistema até que essa reestruturação pudesse superar os desafios.

Esta tese ainda apresentou um fluxograma (Figura 52) que visou destacar os riscos de co-inovação da Bioeconomia e identificar alternativas de estratégias para mitigá-los. A proposta do fluxograma é fornecer para empreendedores e formuladores de políticas uma alternativa de como gerenciar os risco de co-inovação específicos para a Bioeconomia.

Em relação às contribuições para a abordagem de EI, a principal conclusão é que é possível aplicar a abordagem para ambas as perspectivas – produtos e empresa. No entanto, dois fatores devem ser levados em consideração. O primeiro deles refere-se à metodologia que deve ser adaptada. Esse trabalho identificou as diferenças entre as duas análises e propôs que a metodologia seja diferenciada para a determinação dos estágios evolucionários e estratégias.

O segundo fator é a necessidade de um estudo prévio da inovação que se deseja analisar de forma a identificar qual perspectiva de análise trará os melhores resultados. Essa tese mostrou que para ecossistemas com várias empresas focais, a análise sobre o produto é mais apropriada por evidenciar as relações de concorrência e cooperação entre ecossistemas focais. Para ecossistemas no qual a inovação apresenta um perfil de plataforma e que haja uma forte relação entre outros produtos/processos do mesmo ator, a análise sobre a empresa é mais apropriada.

Essa tese ainda propôs a classificação de 2 tipos de *players* nos EIs: os agentes agregadores, responsáveis por conectar os ecossistemas focais e que detêm um certo

poder sobre o futuro do ecossistema, e os conectores, agentes que conectam diferentes ecossistemas da empresa.

Esta tese foi baseada em uma avaliação qualitativa empírica que visava transformar informações em dados que pudessem criar mecanismos para o desenvolvimento da abordagem de Ecossistemas de Inovação na Bioeconomia. A limitação deste trabalho foi analisar apenas 2 casos da Bioeconomia e estudá-los através de um conjunto pré-definido de dimensões-chave. Assim, recomenda-se para futuros estudos, ampliar os tipos de produtos da Bioeconomia – alimentos, bioplásticos, ração.

O conjunto pré-definido de dimensões-chave também foi uma limitação. Essa condição limitou as alternativas de estudar, por exemplo, mecanismos que explorassem de maneira mais profunda a dimensão de Instituições, elemento de análise comum nas abordagens de Sistemas de Inovação. Dessa forma, diante do acelerado crescimento no número de publicações, recomenda-se uma nova revisão da literatura para identificar um conjunto mais amplo de dimensões-chave dos Ecossistemas de Inovação.

8. REFERÊNCIAS

- Abengoa. Our Business. Disponível em: <<http://www.abengoa.com/web/en/negocio/index.html>> Acessado em abril de 2018.
- Abernathy, W. J.; Utterback, J. M., 1978. Patterns of industrial innovation .Technology Review, 80(7). pp 40-47.
- Adner R.; Kapoor, R., 2010. Value Creation in innovative ecosystems: how the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. Strategic Management Journal. v. 31,p. 306–333.
- Adner, R. The Wide Lens. Penguin Group (USA). 2012.
- Adner, R., 2006. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. Harvard Business Review. v. 84, n. 4, p. 98–107.
- Amyris (2011). Breakthrough science, Powerful solutions - Annual report 2011. Disponível em: <<http://investors.amyris.com/financial-information/annual-reports>> Acessado em outubro de 2018.
- Amyris (2012). Annual report 2012. Disponível em: <<http://investors.amyris.com/financial-information/annual-reports>> Acessado em outubro de 2018.
- Amyris (2013a). Amyris, Inc. Integrated Biorefinery Project Summary. Disponível em: <<http://investors.amyris.com/financial-information/annual-reports>> Acessado em outubro de 2018.
- Amyris (2013b). Annual report 2013. Disponível em: <<http://investors.amyris.com/financial-information/annual-reports>> Acessado em outubro de 2018.
- Amyris (2014a). Amyris and BASF Reach Agreement for Strain Engineering Collaboration. Disponível em: <<http://investors.amyris.com/news-releases/news-release-details/amyris-and-basf-reach-agreement-strain-engineering-collaboration?releaseid=837723>> Acessado em outubro de 2018.
- Amyris (2014b). Annual report 2014. Disponível em: <<http://investors.amyris.com/financial-information/annual-reports>> Acessado em outubro de 2018.
- Amyris (2015a). Amyris to Enter the Industrial Cleaning Products Market. Disponível em: <<http://investors.amyris.com/news-releases/news-release-details/amyris-enter-industrial-cleaning-products-market?releaseid=891947>> Acessado em outubro de 2018.
- Amyris (2015b). Amyris & Genome Compiler Partner to Commercialize DNA Construction Software Services for the Pharma and Biotech Industries. Disponível em: <<http://investors.amyris.com/news-releases/news-release-details/amyris-genome-compiler-partner-commercialize-dna-construction>> Acessado em outubro de 2018.

Amyris (2015c). Amyris and IDRI Announce Agreement to Explore Testing and Development of Amyris Materials for Use in Vaccine Adjuvant Formulations. Disponível em: < <http://investors.amyris.com/news-releases/news-release-details/amyris-and-idri-announce-agreement-explore-testing-and?ReleaseID=930775>> Acessado em outubro de 2018.

Amyris (2016a). Annual Report 2016. Disponível em: < <http://investors.amyris.com/financial-information/annual-reports> > Acessado em outubro de 2018.

Amyris (2016b). Amyris & CJ CheilJedang Corporation Creating Manufacturing and Sales Partnership. Disponível em: <<http://investors.amyris.com/news-releases/news-release-details/amyris-cj-cheiljedang-corporation-creating-manufacturing-and>> Acessado em outubro de 2018.

Amyris (2016c). Amyris Partners with Queensland to Create the leading Industrial Biotechnology Hub in Southeast Asia. Disponível em: <<http://investors.amyris.com/news-releases/news-release-details/amyris-partners-queensland-create-leading-industrial>> Acessado em outubro de 2018.

Amyris (2016d). Amyris Launches Pathways Program. Disponível em: < <http://investors.amyris.com/news-releases/news-release-details/amyris-launches-pathways-program>> Acessado em outubro de 2018.

Amyris (2016e). Amyris Announces Collaboration with Johnson & Johnson Innovation for Biosynthetic Drug Discovery. Disponível em: < <http://investors.amyris.com/news-releases/news-release-details/amyris-announces-collaboration-johnson-johnson-innovation?ReleaseID=974405>> Acessado em outubro de 2018.

Amyris (2016f). Amyris Creates Program to Reduce the Cost and Increase Access to Leading Malaria Treatment. Disponível em: <http://investors.amyris.com/news-releases/news-release-details/amyris-creates-program-reduce-cost-and-increase-access-leading>> Acessado em outubro de 2018.

Amyris (2016g). Amyris Announces Collaboration Agreement With COFCO Nutrition and Health Research Institute of China. Disponível em: <http://investors.amyris.com/news-releases/news-release-details/amyris-announces-collaboration-agreement-cofco-nutrition-and>> Acessado em outubro de 2018.

Amyris (2016h). Amyris & Ginkgo Bioworks Complete Collaboration Agreement to Accelerate Commercialization of Bio-Based Products. Disponível em: <http://investors.amyris.com/news-releases/news-release-details/amyris-ginkgo-bioworks-complete-collaboration-agreement>> Acessado em outubro de 2018.

Amyris (2017a). Annual Report 2017. Disponível em: < <http://investors.amyris.com/financial-information/annual-reports> > Acessado em outubro de 2018.

Amyris (2017b). Amyris Enters into Product Development and Production Agreement with Royal DSM for Human Nutrition Ingredient. Disponível em: <<http://investors.amyris.com/news-releases/news-release-details/amyris-enters>>

product-development-and-production-agreement-royal> Acessado em outubro de 2018.

Amyris (2017c). DSM and Amyris Close Transactions for Brazilian Production Facility. Disponível em: <http://investors.amyris.com/news-releases/news-release-details/dsm-and-amyris-close-transactions-brazilian-production-facility>> Acessado em outubro de 2018.

Amyris (2017d). H&R Makes Equity Investment in Novvi and its High-Performance Renewable Base Oil Technology. Disponível em: <http://investors.amyris.com/news-releases/news-release-details/hr-makes-equity-investment-novvi-and-its-high-performance>> Acessado em outubro de 2018.

Amyris (2018a). Disponível em: <<https://amyris.com/>> Acessado em outubro de 2018.

Amyris (2018b). Amyris Announces Signing of Major UCP in Porto/AICEP Consortium Project Agreement Valued at \$50 Million. Disponível em: <<http://investors.amyris.com/news-releases/news-release-details/amyris-announces-signing-major-ucp-portoalicep-consortium-project>> Acessado em outubro de 2018.

Araújo, F. O.; Dalcol, P. R. T.; Longo, W. P., 2011. A Diagnosis of Brazilian Shipbuilding Industry on the Basis of Methodology for an Analysis of Sectorial Systems of Innovation. *Journal of Technology Management & Innovation*. v. 6, p. 151-171.

Bergek, A.; Jacobsson, S.; Carlsson, B., Lindmark, S.; Rickne, A., 2008. Analyzing the functional dynamics of technological innovation system: a scheme of analysis. *Research Policy*, v. 37, p. 407-429.

Beta Renewables (2018). About. Disponível em: <www.betarenewables.com> Acessado em abril de 2018.

BIO, 2018. Biotechnology Innovation Organization. Renewable Chemical Platforms Building the Biobased Economy. 2018.

Biofuels Digest (2010). Abengoa Bioenergy aims for 2013 launch of cellulosic ethanol project. Disponível em: <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2010/09/21/abengoa-bioenergy-aims-for-2013-launch-of-cellulosic-ethanol-project/>. Acessado em abril de 2018.

Biofuels Digest (2012a). Novozymes acquires 10% of Beta Renewables for \$115M; companies to jointly market, demonstrate and guarantee cellulosic biofuel solutions. Disponível em :< <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2012/10/29/novozymes-acquires-10-of-beta-renewables-for-115m-companies-to-jointly-market-demonstrate-and-guarantee-cellulosic-biofuel-solutions/>> Acessado em abril de 2018.

Biofuels Digest (2012b). Dupont Industrial Biosciences: Biofuels Digest's 5-Minute Guide. Disponível em :< <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2012/10/24/dupont-industrial-biosciences-biofuels-digests-5-minute-guide/>> Acessado em abril de 2018.

Biofuels Digest (2013). Beta Renewables officially opens Crescentino facility. Disponível em: <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2013/10/09/beta-renewables-officially-opens-crescentino-facility/>. Acessado em abril de 2018.

Biofuels Digest (2014). POET-DSM's Project LIBERTY opens, as fantasy becomes real. Disponível em :< <https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2014/09/03/poet-dsms-cellulosic-biofuels-plant-opens-as-fantasy-becomes-real/>> Acessado em agosto de 2018

Biofuels Digest (2016a). Bankruptcy court OKs Synata Bio to buy Hugoton plant. Disponível em :< <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2016/12/01/bankruptcy-court-oks-synata-bio-to-buy-hugoton-plant/>> Acessado em agosto de 2018.

Biofuels Digest (2016b). Lightning sets fire to 10,000 stover bales at DuPont's Nevada plant. Disponível em :< <https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2016/08/08/lightning-sets-fire-to-10000-stover-bales-at-duponts-nevada-plant/>> Acessado em agosto de 2018.

Biofuels Digest (2017). Poet sues Andritz over failed 2G feedstock pretreatment system Disponível em :<<https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2017/05/01/poet-sues-andritz-over-failed-2g-feedstock-pretreatment-system/>> Acessado em agosto de 2018.

Biofuels Digest (2017b). Beta Renewables in cellulosic ethanol crisis, as Grupo M&G parent files for restructuring. Disponível em :< <https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2017/10/30/beta-renewables-in-cellulosic-ethanol-crisis-as-grupo-mg-parent-files-for-restructuring/>> Acessado em abril de 2018.

Biofuels Digest (2017c). DowDuPont to exit cellulosic biofuels business. Disponível em :< <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2017/11/02/breaking-news-dowdupont-to-exit-cellulosic-ethanol-business/>> Acessado em abril de 2018.

Biofuels Digest (2018a). One Molecule at a Time: The Digest's 2018 Multi-Slide Guide to Amyris. Disponível em :< <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/11/15/one-molecule-at-a-time-the-digests-2018-multi-slide-guide-to-amyris/5/>> Acessado em agosto de 2018.

Biofuels Digest (2018b). Breaking the bottleneck: The Digest's 2018 Multi-Slide Guide to POET-DSM cellulosic biofuels commercialization. Disponível em :< <https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/01/04/breaking-the-bottleneck-the-digests-2018-multi-slide-guide-to-poet-dsm-cellulosic-biofuels-commercialization/>> Acessado em agosto de 2018.

Biofuels Digest (2018c). Lessons on the Road to GoBig: The Digest's 2018 Multi-Slide Guide to POET-DSM cellulosic ethanol Disponível em :< <https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/08/06/lessons-on-the-road-to-gobig-the-digests-2018-multi-slide-guide-to-poet-dsm-cellulosic-ethanol/>> Acessado em agosto de 2018.

Biofuels Digest (2018d). DowDuPont: The Break-Up, the Shake-Up, the Future Make-Up revealed. Disponível em :< <https://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/03/07/dowdupont-the-break-up-the-shake-up-the-future-make-up-revealed/>> Acessado em agosto de 2018.

Biomass Board, 2016. Federal Activities Report on the Bioeconomy. Bioeconomy Vision. Disponível em: https://www.biomassboard.gov/pdfs/farb_2_18_16.pdf. Acessado em janeiro de 2019.

Biomass Magazine (2018). DuPont cellulosic feedstock storage area experiences fire. Disponível em: < <http://biomassmagazine.com/articles/13562/dupont-cellulosic-feedstock-storage-area-experiences-fire> > Acessado em abril de 2018.

Bomtempo, J. V.; Alves, F. C., 2014. Innovation dynamics in the biobased industry. Chemical and Biological Technologies in Agriculture. p. 1-19.

Bomtempo, J. V.; Alves, F. C., 2017. Developing new platform chemicals: what is required for a new bio-based molecule to become a platform chemical in the bioeconomy? Faraday Discuss., 2017, 202, p. 213-225.

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

BR&D Board (2019). *The Bioeconomy Initiative: implementation framework*. Disponível em : <https://biomassboard.gov/pdfs/Bioeconomy_Initiative_Implementation_Framework_FINAL.pdf> Acessado em março de 2019.

Campagnolo, D.; Camuffo, A., 2010. "The Concept of Modularity in Management Studies: A Literature Review". International Journal of Management Reviews Volume 12, Issue 3, pp. 259-283.

Canilha, S.; Chandel, A.K.; Milessi, T.S.S.; Antunes, F.A.F.; Freitas, W.L.C.; Felipe, M. G. A.; Silva, S.S., 2012. Bioconversion of sugarcane biomass into ethanol: an overview about composition of hydrolysates, enzymatic saccharification and ethanol fermentation. Journal of Biomedicine and Biotechnology. v. 2012, 15 p.

Carlsson, B.; Stankiewicz, R., 1991. On the nature, function and composition of technological systems. Journal of Evolutionary Economics, v. 1, p. 93-118.

Cherubini, F., 2010. The biorefinery concept: Using biomass instead of oil for producing energy and chemicals. Energy Conversion and Management, 51, p. 1412-1421.

Chesbrough, H., 2010. Business Model Innovation: Opportunities and Barriers. Long Range Planning, 43, p. 354-363.

Christensen, C.M., Rosenbloom, R., 1995. Explaining the attacker's advantage: technological paradigms, organizational dynamics and the value network. Research Policy. v. 24 (2), 233-257.

Clarysse, B. Wright, M., Bruneel, J. Mahajan, A., 2014. Creating Value in ecosystems: Crossing the chasm between knowledge and business ecosystems. Research Policy. v. 43, p. 1164-1176.

CNI, 2019. O que é Bioeconomia. Agência de notícias CNI. 2013. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/o-que-e-Bioeconomia/>. Acessado em janeiro de 2019.

Comissão Europeia, 2012. Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe.

Comissão Europeia, 2015. European Commission Directorate-General Energy. From the Sugar Platform to biofuels and biochemical.

- Cooke, P., 2001. Regional Innovation Systems, Clusters and the Knowledge Economy. *Industrial and Corporate Change*. v.10, n. 4,
- Cooke, P., 2002. Biotechnology clusters as regional, sectoral innovation systems. *International Regional Science Review*. n. 25, p. 8-37.
- Dedehayir, O., Ortt, J. R., 2014 Seppänen, M. Reconfiguring the Innovation Ecosystem: An Explorative Study of Disruptive Change. *IEEE*.
- DSM (2018). DSM na América latina. Disponível em: < https://www.dsm.com/countrysites/latam/pt_BR/about.html> Acessado em agosto de 2018.
- Dutrénit, G., 2004. Building Technological Capabilities in Latecomer Firms: A Review Essay. *Science Technology Society*, 2004, 9, p. 209-241.
- Edquist, C.. Systems of innovation: perspectives and challenges. In: Fagerberg, Mowery e Nelson (Ed.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, London. 2005.
- Ellen MacArthur Foundation. 2012. Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>. Acessado em janeiro de 2019.
- Exame, 2010. GOL e Amyris fazem acordo sobre combustível renovável. Disponível em: < <https://exame.abril.com.br/negocios/gol-e-amyris-fazem-acordo-sobre-combustivel-renovavel/>> Acessado em agosto de 2018.
- Fagen. The Fagen Engineering difference. Disponível em: < <http://www.fageneng.com/about.html>> Acessado em abril de 2018.
- Freeman, C., 1987. *Technology Policy and Economic Performance: Lessons From Japan*. Londres: Continuum International Publishing. 168 p.
- Freeman, C., 1995. The 'National System of Innovation' in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*. n.19, p. 4-24.
- Furtado, A.T.; Scandiffio, M.I.G.; Cortez, L.A.B., 2010. The Brazilian Sugarcane innovation system. *Energy Policy*. n. 39, p. 156-166.
- Gawer, A., Cusumano, M. A., 2014. Industry platforms and ecosystem innovation. *J. Prod. Innov. Manag.* 31 (3), 417–433.
- Geels, F. W., 2004. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*. n. 33, p. 897–920.
- Gil, A.C. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. São Paulo. Editora Atlas SA. 2008. 200 p.

Gomes, L. A. V.; Facin, A. L. F.; Salerno, M. S.; Ikenami, R. K., 2016. Unpacking the innovation ecosystem construct: Evolution, gaps and trends. *Technological Forecasting & Social Change*.

Gowdy, J., Mesner, S., 1998. The Evolution of GeorgescuRoegen's Bioeconomics. *Review of Social Economy*, 56:2, 136-156.

Granbio (2018a). Quem Somos. Disponível em: <<http://www.granbio.com.br/conteudos/conheca-a-granbio/>> Acessado em agosto de 2018.

Granbio (2018b). Bioflex I: Produção de Biocombustível. Disponível em: <<http://www.granbio.com.br/conteudos/biocombustiveis/>> Acessado em agosto de 2018.

Grando, R. F. Startups e Modelos de Negócio em Bioeconomia: As Trajetórias de Amyris e Solazyme. (2013). Dissertação. Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Universidade Federal do Rio de Janeiro. UFRJ. 2013.

Hector, R. E.; Mertens, J. A.; Bowman, M. J.; Nichols, N. N.; Cotta, M. A.; Hughes, S. R., 2011. *Saccharomyces cerevisiae* engineered for xylose metabolism requires gluconeogenesis and the oxidative branch of the pentose phosphate pathway for aerobic xylose assimilation. *Yeast*, v. 28, p. 645–660.

Hekkert, M. P., Suurs, R. A. A., Negro S.O., Kuhlmann, S., Smits, R. E. H. M., 2007 Functions of innovation systems: a new approach for analyzing technological change. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 74, p. 413-432.

Iansiti, M., Levien, R., 2004. *The Keystone Advantage: What the New Dynamics of Business Ecosystems Mean for Strategy, Innovation and Sustainability*. Harvard Business School Press, Boston, MA.

IEA (2019a). International Energy Agency. Statistics Global energy data at your fingertips. Disponível em: <https://www.iea.org/statistics/?country=WORLD&year=2016&category=Key%20indicators&indicator=TPESbySource&mode=chart&categoryBrowse=false&dataTable=BALANCE&showDataTable=false>. Acessado em janeiro de 2019.

IEA (2019b). International Energy Agency. Statistics Global energy data at your fingertips. Disponível em: <https://www.iea.org/sankey/>. Acessado em janeiro de 2019.

IEA, 2012. International Energy Agency. Bio-based Chemicals – Value Added Products from Biorefineries. IEA Bioenergy.

IEA, 2019. International Energy Agency. Delivering Sustainable Bioenergy. 2017. Disponível em: <https://webstore.iea.org/technology-roadmap-delivering-sustainable-bioenergy>. Acessado em janeiro de 2019.

IEA. International Energy Agency. Technology Roadmap – Biofuels for Transport. IEA.

Lee, H. L.; Padmanabhan, V.; Whang, S. J., 1991. Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect. *Management Science*. v. 43, p. 546-558.

- Li, J. F.; Garnsey, E., 2014. Policy-driven ecosystems for new vaccine development. *Technovation*, 34, p. 762-772.
- Li, Y., 2009. The technological roadmap of Cisco's business ecosystem. *Technovation*, 29, p. 379-386.
- Lundval, B. A. National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. Londres: London Priter, Londres, 1992. 342 p.
- Lux Research. Custo de produção estimado do etanol celulósico nas 6 maiores usinas do mundo (2016). Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/custo-producao-etanol-celulosico-usinas-mundo-150316>> Acessado em agosto de 2018.
- Malerba, F., 2002. Sectoral systems of innovation and production. *Research Policy*. n.31, p. 247-264.
- Malerba, F., 2006. Sectorial Systems: How and why innovation differs across sectors. *The Oxford Handbook of Innovation*. p. 380-401.
- Malerba, F.; Orsenigo, L., 1996. Schumpeterian patterns of Innovation are technology-specific. *Research Policy*, v. 25, p. 451-478.
- Menon, V.; Rao, M., 2012. Trends in bioconversion of lignocellulose: Biofuels, platform chemicals & biorefinery concept. *Progress in Energy and Combustion Science*, 38, p. 522-550.
- Mohan, S. V.; Nikhil, G. N.; Reddy, C. N.; Rohit, M. V.; Kumar, A. N; Sarkar, O., 2016. Waste biorefinery models towards sustainable circular bioeconomy: Critical review and future perspectives. *Bioresource Technology*, 215, p. 2-12.
- Moore, J. F., 1993. Predators and Prey: a new ecology of competition. *Harvard Business Review*. v. 71, n.3, p.75-86.
- Moore, J. F., 2006. Business Ecosystems and the view from the firm. *The antitrust Bulletin*. v. 51, n. 1, p. 31-74.
- Mossi Glisolfi. Business Beta Renewables. Disponível em: <<http://www.gruppomg.com/en/business/beta-renewables>> Acessado em abril de 2018.
- Nalebuff B. J.; Brandenburger, A. N. Co-opetition. Doubleday. 1996. 290p.
- NASDAQ, 2019. Crude Oil Prices. Disponível em: <<http://www.nasdaq.com/markets/crude-oil.aspx>> Acessado em janeiro de 2019.
- NCM, 2017. Nordic Council of Ministers. Nordic Bioeconomy: 25 cases for sustainable change. 2017.
- Nelson, R. R.. National Systems of Innovation: A Comparative Analysis. 1. ed. Oxford: Oxford University Press, 1993. 560 p.
- Novacana (2013). [Entrevista] GranBio fala sobre a levedura transgênica. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/entrevista-granbio-fala-levedura-transgenica-170613>> Acessado em agosto de 2018.

Novacana (2014). Duas usinas de etanol celulósico entrarão em operação este ano no Brasil. Disponível em: < <https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/usinas-etanol-celulosico-operacao-brasil-280414/>> Acessado em agosto de 2018.

Novacana (2015a). Cana Energia, a revolução sucroenergética está começando. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/cana/variedades/especial-cana-energia-revolucao-sucroenergetica-201015/>> Acessado em março de 2018.

Novacana (2015b). O aprendizado e as perspectivas para a indústria de etanol celulósico na visão de Novozymes e Raízen. Leonardo Siqueira. Disponível em:< <https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/aprendizado-perspectivas-industria-etanol-celulosico-visao-novozymes-raizen-080615/>>. Acessado em abril de 2018.

Novacana (2015c). Morre presidente da Beta Renewables, Guido Ghisolfi, em aparente suicídio. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/morre-beta-renewables-guido-ghisolfi-suicidio-040315>>. Acessado em abril de 2018.

Novacana (2016a). Depois da ‘arrancada’, usina de E2G da Poet-DSM parte para ‘fase de aceleração’. Disponível em:< <https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/depois-arrancada-usina-e2g-poet-dsm-fase-aceleracao-060516>> Acessado em abril de 2018.

Novacana (2016b). Abengoa coloca usina de etanol celulósico nos Estados Unidos à venda. Disponível em: < <https://www.novacana.com/n/industria/usinas/abengoa-usina-etanol-celulosico-estados-unidos-venda-190716> > Acessado em abril de 2018.

Novacana (2017). Etanol celulósico na encruzilhada: gargalos continuam e usinas atingem, em média, apenas 7% da capacidade. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/etanol-celulosico-encruzilhada-gargalos-usinas-7-capacidade-310517>. Acessado em abril de 2018.

Novacana (2018a). Disponível em: https://www.novacana.com/usinas_brasil/grupos/raizen-energia-sa. Acessado em abril de 2018.

Novacana (2018b). Usina de E2G da Raízen deve atingir capacidade máxima em 2019/20. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/usina-e2g-raizen-capacidade-maxima-2019-20-190318/>. Acessado em abril de 2018.

Novozymes. To our shareholders. Disponível em: <<https://investors.novozymes.com/investors/default.aspx>> Acessado em abril de 2018.

OECD (2018). Organization for Economic Co-operation and Development Meeting Policy Challenges for a Sustainable Bioeconomy. OECD. Publishing, Paris.2018

OEDC (2009). Organization for Economic Co-operation and Development. The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda. 2009. 322p.

Oh, D.; Phillips, F.; Park, S.; LEE, E., 2016. Innovation ecosystems: A critical examination. *Technovation*.

Oltra, V., Jean, M. S., 2016. Sectoral systems of environmental innovation: An application to the French automotive industry. *Technological Forecasting and Social Change*. v. 76, p. 567-583.

Overholm, H., 2014. Collectively created opportunities in emerging ecosystems: The case of solar service venture. *Technovation*, p. 14-25.

Philp, J., 2018. The bioeconomy, the challenge of the century for policy makers. *New Biotechnology*, 40, 11–19.

Pisano, G. Wagonfeld, A. Amyris Biotechnologies: Comercializing Biofuel. Harvard Business Scholl. EUA. 2010.

Poet (2018). About Poet. Disponível em: <<https://poet.com/about>> Acessado em agosto de 2018.

Poet-DSM (2017a) - POET-DSM achieves cellulosic biofuel breakthrough. Disponível em: <http://poetdsm.com/pr/poet-dsm-achieves-cellulosic-biofuel-breakthrough>. Acessado em abril de 2018.

Poet-DSM (2017b) - POET-DSM plans on-site enzyme manufacturing facility at Project Liberty. Disponível em: <http://poetdsm.com/pr/poet-dsm-plans-on-site-enzyme-mfg-at-liberty>. Acessado em abril de 2018.

Poet-DSM (2018). About POET-DSM. Disponível em: < <http://poet-dsm.com/about>> Acessado em agosto de 2018.

Poet-DSM (2018b). Licensing. Disponível em: <<http://poet-dsm.com/licensing>> Acessado em abril de 2018.

Porter, M. Competitive Advantage, New York: The Free Press. 1985.

Powell, W.W., Packalen, K., Whittington, K., 2010. Organizational and institutional genesis: the emergence of high-tech clusters in the life sciences. Queen's School of Business Research Paper. p. 03-10.

Raízen (2018a). Sobre a Raízen. Disponível em: <<https://www.raizen.com.br/pt/sobre-raizen>> Acessado em agosto de 2018.

Raízen (2018b). Parcerias Tecnológicas. Disponível em: <<https://www.raizen.com.br/pt/energia-do-futuro/parcerias-tecnologicas>> Acessado em agosto de 2018.

Raízen (2018c). Pulse. Disponível em: < <https://www.pulsehub.com.br/index.html>> Acessado em agosto de 2018.

Reuters. BRIEF-Amyris says entered purchase and sale agreement with Glycotech and Salisbury. Disponível em: <<https://www.reuters.com/article/idUSFWN1DH0R0>> Acessado em outubro de 2018.

- Rohrbeck, R., Hölzle, K., Gemünden, H.G., 2009. Opening up for competitive advantage – how Deutsche Telekom creates an open innovation ecosystem. *R&D Manag.* 39 (4), 420–430.
- Rong, K.; Hu, G.; Lin, Y.; Shi, Y.; Gou, L., 2015. Understanding business ecosystem using a 6C framework in Internet-of-Things-based sectors. *Int. J. Production Economics.* v. 159, p. 41-55.
- RSC. Royal Society of Chemistry. Biomass Sugars for Non-Fuel Applications. RSC Publishing. Printed in United Kingdom by CPI Group (UK) Ltd, Croydon, UK. (2016)
- Santos e Silva, D. F.; Bomtempo, J. V., Alves, F. C., 2019. Innovation opportunities in the Brazilian sugar-energy sector. *Journal of Cleaner Production.* 218 (2019), p. 871-879.
- Santos, F. M. Eisenhardt, K. M., 2005. Organizational Boundaries and Theories of Organization. *Organization Science*, p. 491-508.
- Teece, D. J., 2010. Business Models, Business Strategy and Innovation. *Long Range Planning.* V.43. P. 172-194.
- Teece, D. J., 1986. Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research Policy.* v. 15, p. 285-305.
- Teece, D.J., 2007. Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal.* 28, 1319-1350.
- Tiwana, A., Konsynski B., Bush, A. A., 2010. Platform evolution: Coevolution of platform architecture, governance, and environmental dynamics. *Information Systems Research*, v. 21, no. 4, pp. 675-687.
- Utterback. Mastering the dynamics of innovation (1994). HBS Press, Boston.
- Valor Econômico (2013). GranBio e Rhodia querem instalar no Brasil 1ª fábrica de bio n-butanol. Disponível em: < <https://www.valor.com.br/empresas/3230144/granbio-e-rhodia-querem-instalar-no-brasil-1>> Acessado em agosto de 2018.
- Valor Econômico (2014). Duas usinas de etanol celulósico entrarão em operação este ano no Brasil. Disponível em < <https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/usinas-etanol-celulosico-operacao-brasil-280414> > Acessado em agosto de 2018.
- Vergara, S.C. Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração. São Paulo. Editora Atlas SA. 1998. 90 p.
- VTT Technical Research Center of Finland. VTT highlights on bioeconomy. 2012. Disponível em: https://www.vtt.fi/Documents/009_Weymarn_Buchert_Harlin_Ritschkoff.pdf. Acessado em janeiro de 2019
- Weil, H, B.; Vikalp, P. S.; Cooney, C. L., 2014. The dynamics of innovation ecosystems: A case study of the US biofuel market. *Energy Strategy Reviews.* v.3, p. 88-99.
- Zamora, E. A., 2016. Value Chain Analysis: A Brief Review. *Asian Journal of Innovation and Policy.* p. 116-128.

APÊNDICE A

Novos Players

Clariant

A Clariant é uma empresa multinacional produtora de especialidades químicas, que desde 2006 vem testando uma tecnologia para a produção de etanol de segunda geração. A tecnologia nomeada Sunliquid, está em funcionamento em uma unidade de demonstração em Straubing, Alemanha desde 2012. A unidade tem a capacidade de produzir 380 mil litros de etanol por ano e já testou palha de trigo e bagaço de cana-de-açúcar como matéria-prima. O investimento total do projeto foi de 28 milhões de Euros.

Em 2017 a empresa anunciou a construção de uma planta em escala comercial de capacidade de 63,2 milhões de litros de etanol por ano a partir de palha de trigo a ser construída na Romênia. O projeto recebeu financiamento do *Seventh Framework Program* da União Europeia³¹ e do *Bio-Based Industries Joint Undertaking*³². A construção da unidade está programada para 2018 e o início da produção em 2020 (Figura A1)

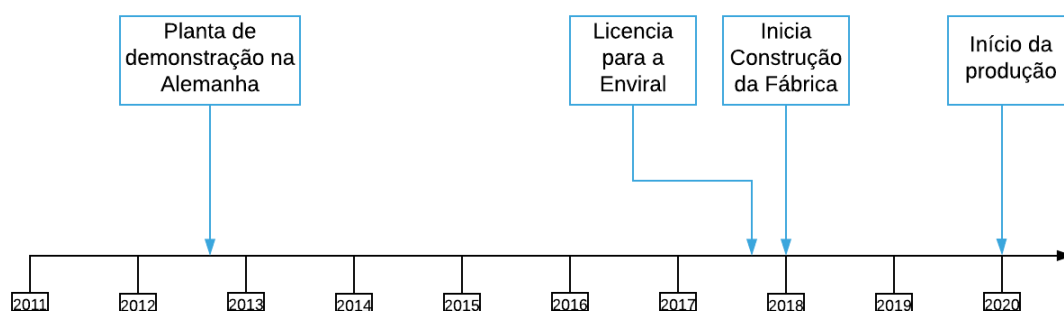


Figura A1: Linha do tempo da Clariant.

³¹ Os *framework programs* (FP's) são programas de financiamento criados pela União Europeia/Comissão Europeia para apoiar e fomentar a pesquisas no European Research Area (ERA). Os objetivos e ações específicos variam entre os períodos de financiamento. No FP6 e FP7 o foco era na pesquisa tecnológica, no Horizonte 2020 (seguinte ao FP7) o foco é em inovação, aumento do crescimento econômico e soluções para o consumidor final.

³² A Bio-Based Industries Joint Undertaking (BBI JU) é uma parceria público-privada de 3,7 mil milhões de euros entre a UE e o Bio-based Industries Consortium. Operando sob o Horizonte 2020, este órgão da UE é impulsionado pela Vision and Strategic Innovation and Research Agenda (SIRA) desenvolvida pela indústria.

Fora as parcerias com os produtores locais para a obtenção da matéria-prima, poucas são as parcerias da empresa. A Clariant desenvolveu um pacote tecnológico completamente integrado a partir de P&D interno. A estratégia, como em casos anteriores, é validar a tecnologia e licenciá-la para outros produtores (Figura A2).

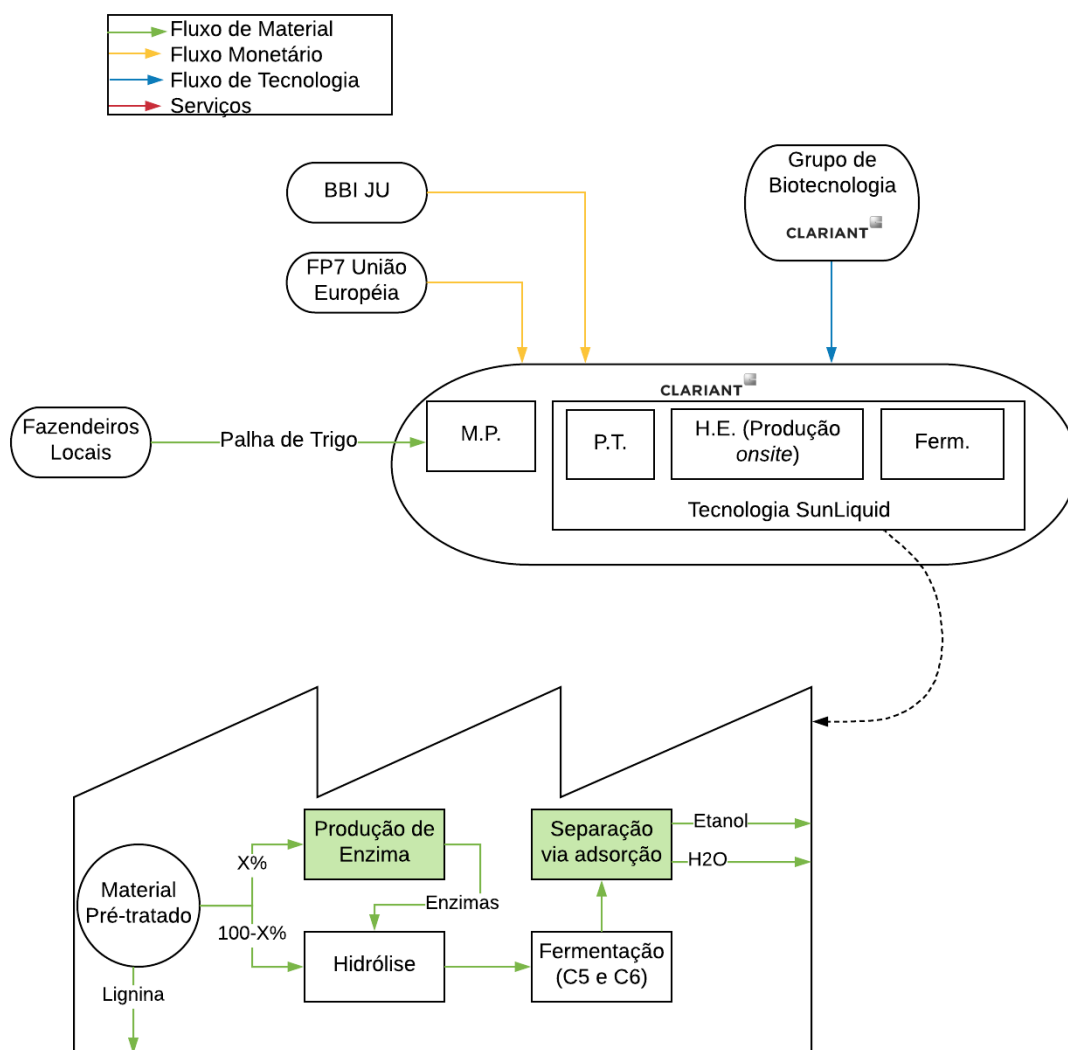


Figura A2: Estrutura do ecossistema da Clariant.

A tecnologia da Sunliquid, no entanto, tem algumas diferenças dos processos utilizados pelas outras empresas. A primeira diferença está no fato da produção das enzimas ser feita *on-site* e integrada ao processo. Isso acontece a partir de parte do matéria pré-tratada que alimenta o processo de produção de enzimas. Essas enzimas então são utilizadas para a hidrólise da celulose e hemi-celulose. A fermentação é feita por micro-organismos capazes de metabolizar pentoses e hexoses. Por fim, a separação

que é feita comumente por destilação, neste caso é feita através de processos adsorptivos. A lignina é utilizada para a geração de energia e a vinhaça está sendo testada como fertilizante. De acordo com a empresa, esse processo apresenta diversas vantagens:

- Processo integrado com tecnologia de ponta e ambientalmente amigável;
- Baixos custos de enzima graças à produção enzimática integrada no local;
- Fermentação simultânea de açúcares C5 e C6 em etanol;
- Produção e uso eficiente de energia;
- Geração de energia a partir de subprodutos;
- Flexível para diferentes matérias-primas lignocelulósicas.

Em setembro de 2017 a Clariant licenciou o pacote tecnológico para a Enviral. A Enviral é uma empresa de agronegócio e a maior produtora de biocombustíveis da Eslováquia. A unidade está planejada para ser integrada às instalações existentes em Leopoldov, Eslováquia, com uma capacidade de produção anual de 50.000 toneladas (56.8 milhões de litros por ano). A usina usará a tecnologia Sunliquid, bem como enzimas e leveduras. Além da tecnologia da Clariant, a empresa informou que utilizará enzimas e leveduras desenvolvidas pela própria empresa para processar a matéria-prima.

As diferenças no processo da Clariant geram consequências importantes no ecossistema geral do etanol 2G. A produção de enzimas *on-site*, como também está sendo feito pela Poet-DSM, elimina um agente que estava presente em todos os projetos ativos, um inclusive como papel de agente agregador como no caso da Raízen, Granbio e Beta Renewables. Considerando os cinco níveis de reconfiguração do ecossistema do Adner (2013), a Clariant está utilizando dois deles: a combinação e a subtração. Ao utilizar os recursos produzidos *on-site* para a produção de enzimas, a empresa combina elementos para diminuir um gargalo que tem sido presente em todos os ecossistemas focais – a aquisição das enzimas para a hidrólise. Assim, a empresa ainda reduz a necessidade de um dos braços do ecossistema.

A Poet-DSM e a Clariant parecem estar à frente do que seria a obtenção de um *design* dominante, ou tecnologia capacitadora para o caso de inovações de processo. O

que é mais um elemento que confirma que o processo de inovação do etanol 2G ainda está em andamento.

Edeniq e Quad County Corn Processors (QCCP) – Pequenas Escalas

A Edeniq é uma empresa de biotecnologia voltada para refino de matéria-prima celulósica. A empresa oferece um pacote tecnológico que inclui apenas processos mecânicos e biológicos e permite a co-produção de etanol de amido e etanol celulósico nas instalações de produção de etanol de milho existentes. A tecnologia Pathway (que em maio de 2018 passou a se chamar Intellulose) da empresa utiliza enzimas que maximizam a conversão de fibra de grãos de milho em açúcar fermentável com um protocolo para medir a produção de etanol celulósico. O rendimento de etanol é aumentado entre 3% - 5% através da conversão mais completa de amido e fibra celulósica de milho. Em julho de 2014, a EPA determinou que a fibra do miolo do milho é qualificada como matéria-prima celulósica segundo os regulamentos do programa de combustível renovável ("RFS"), permitindo que a plataforma da Edeniq fosse considerada uma tecnologia de segunda geração.

A Edeniq possui e opera uma planta piloto em Visalia, Califórnia. Essa tecnologia também estão sendo instalada em uma usina de demonstração no Estado de São Paulo, que tem como parceira a Usina Vale. A planta de demonstração produzirá açúcares celulósicos a partir do bagaço de cana-de-açúcar. Até momento 6 plantas de etanol de milho tem autorização da EPA para a produção de etanol celulósico utilizando a tecnologia da Edeniq.

A QCCP se estrutura de forma semelhante à Edeniq, produzindo pequenas quantidades e etanol a partir da fibra do milho, utilizando sua própria tecnologia chamada Cellerate. A empresa busca obter maiores quantidades de etanol através de leveduras avançadas. A QCCP investiu US\$ 8,5 milhões para instalar uma capacidade de 7,57 milhões de litros de etanol celulósico por ano, montante que irá se somar aos 113,56 milhões de litros de etanol de milho já produzidos na unidade.

APÊNDICE B

Parcerias da Amyris

Acesso a Recursos Financeiros

Parceiro	Ano	Modo	Objetivo
Departamento de Energia dos EUA	2010	Aliança estratégica sem participação acionária. - Subsídios	Inicialmente o objetivo era alavancar e expandir as pesquisas de laboratórios situados na Califórnia e desenvolver a capacidade de produção de produtos renováveis a partir do sorgo sacarino. Posteriormente, foi incluída a arrecadação de fundos para o desenvolvimento de farneseno derivado de celulose para biocombustíveis.
Total	2010	Aliança estratégica com participação acionária	Captação de recursos por meio de venda de ações e desenvolvimento conjunto de combustíveis e outros produtos renováveis a partir do biofeno.
FINEP	2010	Acordo para obtenção de Recursos - Empréstimo	Estimular e fomentar P&D
BNDES	2011	Acordo para obtenção de Recursos - Empréstimo	Estimular e fomentar P&D
Naxyris	2011	Aliança estratégica com participação acionária.	Arrecadação de fundos
Kuraray Co. Ltd	2014	Aliança estratégica com participação acionária	Captação de recursos por meio de venda de ações e P&D colaborativos no segmento de polímeros.
Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)	2012	Aliança estratégica sem participação acionária. - Subsídios	Investimento em atividades de P&D.

Parceiro	Ano	Modo	Objetivo
Banco Pine SA.	2012	Acordo para obtenção de Recursos - Empréstimo	Captação de recursos para expansão de unidades de produção
Banco Nossa Caixa	2012	Acordo para obtenção de Recursos Empréstimo -	Captação de recursos para expansão de unidades de produção
Biolding Investment	2012	Aliança estratégica acionária com participação	Arrecadação de fundos
FMR Financial Markets Research Center – Vanderbilt University -	2012	Aliança estratégica com participação acionária.	Arrecadação de fundos
Maxwell	2012	Aliança estratégica com participação acionária.	Arrecadação de fundos
Hercules Technology Growth Copital. Inc.	2013	Acordo para obtenção de Recursos - Empréstimo	Arrecadação de fundos
Banco ABC Brasil	2014	Acordo para obtenção de Recursos Empréstimo -	Captação de recursos para exportação
Nomis Bay Ltd	2015	Acordo para obtenção de Recursos - Empréstimo	Arrecadação de fundos
Ginkgo Bioworks, Inc	2016	Aliança estratégica acionária. Com participação	Captação de recursos por meio de venda de ações e projeto de P&D conjunto.

Parceiro	Ano	Modo	Objetivo
Guanfu Holding Co., Ltd.	2016	Acordo para obtenção de Recursos Empréstimo -	Arrecadação de fundos
Governo Australiano	2017	Acordo para obtenção de recursos	Captação de recursos para a construção de uma nova unidade de produção de químicos renováveis
DSM e outros investidores	2017	Vendas de ações (95 milhões no total) 50 milhões sendo da DSM (25 (12%) inicialmente + 25 se atingir algumas expectativas)	Reduzir Débito da empresa
DSM e outros investidores	2017	Compra da Planta de Brotas	Completar o plano de mudança de altos volumes de farneseno para volumes de produtos de maior valor agregado
NIH e Europa	2018	Subvenções	Objs do projeto: Desenvolver tecnologia para conversão de resíduos e utilização e melhora da plataforma de I.A. da Amyris

Acesso à Matéria-Prima e Capacidade Produtiva

Parceiro	Início	Final	Modo	Objetivo
Cristalsev	2008	2009	<i>Joint Venture</i>	Obtenção de matéria prima e produção de Biofene
Paraíso Bioenergia (Tonon Bioenergia)	2008	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária	Obtenção de matéria prima e produção de Biofene
Ceres Inc.	2009	2013	Pesquisa Colaborativa	Garantir o acesso à matéria prima também nos EUA e testar a utilização dos açúcares e da biomassa de sorgo sacarino para a produção de Biofene.

Parceiro	Início	Final	Modo	Objetivo
São Martinho	2010	2015	<i>Joint Venture</i>	Produção de Biofene no Brasil; Alcançar escala produtiva de Biofene. Garantir o acesso à matéria-prima.
Tate & Lile	2010	2013	Terceirização	Alcançar escala produtiva de Biofene
Biomim	2010	Não informado	Terceirização	Alcançar escala produtiva de Biofene
Antibiótico	2011	2013	Terceirização	Alcançar escala produtiva de Biofene
Glycotech	2011	2016	Terceirização	Processamento e acabamento químico do Biofene para diversas aplicações.
CJ CheilJedang Corporation	2016	Ativa	Terceirização	Produção de farneseno nas instalações no parceiro na Coreia do Sul. A Amyris também espera promover o marketing de alguns produto da Amyris no mercado asiático e, futuramente, desenvolver produtos para a CJ.
Blue California	2017	Ativa	Acordo de licenciamento tecnológico	Licencia a tecnologia para que o parceiro produza o Biofene na China e possivelmente outros ingredientes conforme aumento de demanda.
DSM e outros investidores	2017	Ativa	Vendas de ações (95 milhões no total) 50 milhões sendo da DSM (25 (12%) inicialmente + 25 se atingir algumas expectativas)	Reduzir Débito da empresa
DSM e outros investidores	2017	Ativa	Compra da Planta de Brotas	Completar o plano de mudança de altos volumes de farneseno para volumes de produtos de maior valor agregado
NIH e Europa	2018	Ativa	subvenções	Objs do projeto: Desenvolver tecnologia para conversão de resíduos e utilização e melhora da plataforma de I.A. da Amyris

Parceiro	Início	Final	Modo	Objetivo
Blue California	2017	Ativa	Acordo de licenciamento tecnológico	Licencia a tecnologia para que o parceiro produza o Biofene na China e possivelmente outros ingredientes conforme aumento de demanda.

Biocombustíveis e Lubrificantes

Parceiro	Início	Final	Modo	Objetivo
Total	2010	Ativa	2010: Aliança estratégica com participação acionária; Pesquisa Colaborativa 2013: <i>Joint Venture; Licensing-out</i>	Captação de recursos por meio de venda de ações; Investir na P&D de combustíveis e outros produtos renováveis a partir do Biofene.
Shell	2010	Não Informado	Aliança estratégica sem participação acionária	Acordo sem participação acionária
Albemarle	2011	Ativa	Terceirização	Aumento da produção de óleos básicos derivados do Biofene
Cosan	2011	Ativa	<i>Joint Venture</i>	Desenvolvimento, produção e comercialização de biolubrificantes.
Petrobras	2011	2012	Aliança estratégica sem participação acionária	Fornecimento de Diesel renovável, para mistura com Diesel comum e teste em ônibus coletivos que realizam o trajeto Rio São Paulo.
GOL, Linhas Aéreas Inteligentes SA	2013	Não Informado	Aliança estratégica sem participação acionária	Fornecimento de combustível renovável para utilização em parte dos voos comerciais
American Refining Group	2016	Ativa	<i>Joint Venture</i>	Divisão do controle da Novvi com a Amyris e a Cosan, buscando maior acesso ao mercado e capacidade de comercialização dos biolubrificantes.
Cathay Pacific	2016	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária	Programa de 2 anos de voos Toulouse - Hong Kong utilizando o combustível renovável da Amyris

Parceiro	Início	Final	Modo	Objetivo
H&R	2017	Ativa	Aquisição de Ações	Acesso a recursos financeiros

Cosméticos

Parceiro	Início	Final	Modo	Objetivo
Procter & Gamble Company	2010	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária	Fornecimento de Biofene para o parceiro, para que este o utilize como ingrediente em suas formulações.
Soliance	2010	2011	Terceirização	Produção e comercialização de esqualeno derivado do Biofene.
Method Inc.	2011	Não Informado	Aliança estratégica sem participação acionária; Pesquisa Colaborativa;	Desenvolvimento de moléculas a partir do Biofene para uso em produtos cosméticos.
Nikko Chemicals (Grupo Nikkol)	2011	Ativa	Terceirização 2016: <i>Joint Venture</i>	Distribuição de esqualeno no Japão. Em 2016, a Nikko assumiu 50% dos negócios Neossance, formando a JV Neossance LLC com a Amyris.
Centerchem Inc.	2012	Ativa	Terceirização	Distribuição e venda de produtos Neossence na América do Norte.
Laserson SA. (SalficAlcan)	2013	Ativa	Terceirização	Distribuição de esqualeno na Europa.
Dowell C&I	2014	Ativa	Terceirização	Distribuição de esqualeno na Coreia.
Contém 1G	2015	Ativa	Terceirização	Distribuição e Venda da Linha Biossance
Squalan Natural Health	2015	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária	Comercialização de produtos derivados do esqualeno na Europa.

Parceiro	Início	Final	Modo	Objetivo
Dinaco Importação Comércio SA.	2015	Ativa	Terceirização	Distribuição de produtos da linha Neossance® no Brasil
Sephora	2016	Ativa	Terceirização	Venda da Linha Biossance em lojas físicas e online.
Givaudan	2016	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária	Expandir a parceria além do mercado de aromas e fragrâncias, atuando também no desenvolvimento determinados de ativos cosméticos e promover o scale-up destes em Brotas para comercialização global

Polímeros e Indústria Química

Parceiro	Início	Final	Modo	Objetivo
M&G	2010	Não Informado	Aliança estratégica sem participação acionária; Pesquisa Colaborativa	Desenvolver polietileno tereftalato para embalagens, a base de Biofene. Posteriormente, o acordo foi alterado para incluir um estudo de viabilidade para o uso de material celulósico como matéria prima para a produção de Biofene.
Dottikon Exclusive Synthesis AG.	2011	Não Informado	Aliança estratégica sem participação acionária; Pesquisa Colaborativa; Terceirização.	Pesquisar a viabilidade do esqualeno derivado do Biofene como supressor de oxigênio na produção de polímeros. A Dottikon também faria a transformação do Biofene no esqualeno
Kuraray Co. Ltd	2011	Ativa	Aliança estratégica com participação acionária; Pesquisa Colaborativa.	Captação de recursos e fornecimento de Biofene para Kuraray utilizar na manufatura e comercialização de produtos químicos e polímeros. Em 2016 o acordo foi estendido, visando o uso de Biofene® nas borrachas de farneseno líquido (LFR) e em outras aplicações de farneseno em elastômeros.

Parceiro	Início	Final	Modo	Objetivo
Michelin	2011	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária. Pesquisa Colaborativa;	Parceria para desenvolvimento, produção e comercialização de isopreno renovável (Braskem entrou na parceria em 2014)
Braskem	2014	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária. Pesquisa Colaborativa;	Parceria para desenvolvimento, produção e comercialização de isopreno renovável (junto à Michelin)
BASF S.A	2014	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária; Pesquisa Colaborativa	Desenvolvimento de micro-organismo para produção de molécula alvo, não informada, identificada pela BASF.
US Venture	2015	Ativa	Terceirização	Lançar e distribuir derivados de Myralene™, como o Hand Cleaner Muck Daddy™, através da US AutoForce e US Lubrificantes divisões da US Venture.
Total Cray Valley	2017	Ativa	Aliança estratégica com participação acionária (total)	Fornecimento de Biofene para produção de resinas tackifying
Blue California	2017	Ativa	Acordo de licenciamento tecnológico	Licencia a tecnologia para que o parceiro produza o Biofene na China e possivelmente outros ingredientes conforme aumento de demanda.

Aromas e Fragrâncias

Parceiro	Início	Final	Modo	Objetivo
Firmenich	2010	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária	Cooperação e desenvolvimento conjunto de ingredientes no mercado de aromas e fragrâncias. Em 2013, foi assinado um novo acordo entre as partes, para que a Firmenich financiasse o desenvolvimento e produção de novos ingredientes para o setor de aromas e fragrâncias.
Givaudan	2011	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária	Fornecimento de Biofene para a Givaudan e o desenvolvimento de um ingrediente derivado do farneseno para a indústria de aromas e fragrâncias.
International Flavors and Fragrances Inc. (IFF)	2013	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária; Pesquisa Colaborativa	Desenvolvimento de ingredientes para indústria de fragrâncias.
Takasago International Corporation	2014	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária; Pesquisa Colaborativa	Desenvolvimento e comercialização de moléculas de fragrância derivadas de farneseno

Saúde, Biologia Sintética e Nutracêuticos

Parceiro	Início	Final	Modo	Objetivo
Bill and Melinda Gates Foundation	2004	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária. - Subsídios	Arrecadação de fundos para pesquisa para produção de artemisina.
Sanofi Aventis	2008	Ativa	(Licenciamento) <i>Licensing-out</i>	Fornecimento de licença gratui parceiro produzisse artemisina utilizando a ta para que o tecnologia Amyris.

Parceiro	Início	Final	Modo	Objetivo
Infectious Disease Research Institute	2015	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária	Explorar testes e desenvolvimento do uso de produtos Amyris em formulações adjuvantes, que aumentam a efetividade de vacinas.
Ipca Laboratories Ltd	2015	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária	Fornecimento de material chave para um ingrediente farmacêutico ativo do Ipca.
Genome Complier Corp	2015	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária; Pesquisa Colaborativa.	Integrar os serviços pesquisa de laboratório da Amyris com as ferramentas online de <i>design</i> e plataforma de e-commerce da Genome, permitindo uma solução completa desde o <i>design</i> até a entrega do DNA integrado e serviço de construção.
COFCO	2016	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária	A Amyris para providenciar cepas de micro-organismos melhoradas via sua tecnologia de alta performance HI-RYSE™ (Hyper-Integration for Rapid Yeast Strain Engineering) para a COFCO NHRI.
Ginkgo Bioworks, Inc	2016	Ativa	Aliança estratégica com participação acionária; Licensing-out (Licenciamento; Pesquisa Colaborativa	Desenvolver micro-organismos para a manufatura de bioprodutos.
Biogen	2016	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária	Avaliar e desenvolver múltiplos micro organismos hospedeiros para a produção de proteínas recombinantes terapêuticas.
Janssen Biotech	2016	Ativa	(Licenciamento) <i>Licensing-out</i>	Licenciar a plataforma µPharm™ para a Janssen desenvolver uma biblioteca compostos naturais para testá-los contra o alvo terapêutico da Janssen.
Nenter & Co. Inc.	2016	Ativa	Aliança estratégica sem participação acionária	Fornecimento de Biofene para a Nenter convertê-lo em um produto nutracêutico.

Parceiro	Início	Final	Modo	Objetivo
DSM	2017	Ativa	Aquisição de ações	No curto e médio prazo busca o desenvolvimento e produção de produtos em vitaminas e outros ingredientes de nutrição.
BGI	2018	Ativa	Joint Venture	Descobrir, desenvolver e comercializar produtos de nutrição e saúde humana