

DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS: O CASO DAS PLATAFORMAS QUÍMICAS

MANUELA ROCHA DE ARAÚJO

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Brasil
manuelardearaujo@gmail.com

FÁBIO ALMEIDA OROSKI

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Química, Brasil
oroski@eq.ufrj.br

FLÁVIA CHAVES ALVES

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Química, Brasil
falves@eq.ufrj.br

JOSÉ VITOR BOMTEMPO MARTINS

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Química, Brasil
vitor@eq.ufrj.br

RESUMO

A estratégia de plataformas tecnológicas tem sido extensivamente explorada em diversas indústrias onde são compreendidas como uma base para o desenvolvimento de uma ampla gama de produtos de rica aplicabilidade potencial. Todavia, a aplicação e definição da noção de plataformas em cadeias produtivas de itens não montados, como produtos químicos, foi até agora pouco desenvolvida e merece maior compreensão. O surgimento da bioeconomia tem colocado em discussão a possibilidade de serem produzidos intermediários químicos de origem biológica capazes de desenvolver novas famílias de produtos. Esses intermediários vêm sendo denominados plataformas químicas por possuírem o potencial de geração de múltiplas aplicações em mercados finais e novas cadeias produtivas. Apesar do grande volume de publicações na literatura, a definição mais precisa e o estudo do processo de estruturação de plataformas químicas no mercado são praticamente ausentes. Neste contexto, o presente trabalho propõe, partindo de uma revisão na literatura em plataformas tecnológicas, o desenvolvimento de uma base teórica para a definição de plataformas químicas. O estudo específico das particularidades e desafios ao desenvolvimento comercial de uma plataforma química permitiu a definição dos seus fatores característicos e a construção de um modelo analítico para o seu processo de estruturação no mercado sob a ótica de inovação. Uma das moléculas mais promissoras apontadas como potencial plataforma química, o bio-ácido succínico, foi selecionada como estudo de caso para a aplicação dos conceitos teóricos propostos. Foi possível ratificar a definição deste bioproduto como potencial plataforma química e identificar os desafios à sua concretização no mercado como tal. Desta forma, este trabalho traz duas contribuições, uma teórica e outra prática: caracteriza as plataformas químicas relacionando-as com as plataformas tecnológicas já exploradas na literatura e oferece um modelo analítico do seu processo de construção cuja compreensão pode ser útil aos atores envolvidos neste dinâmico e complexo sistema de inovação.

INTRODUÇÃO

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

bioeconomia ou *biobased industry* (CGEE, 2010; OECD, 2009; GOLDEN e HANDFIELD, 2014).

A bioeconomia é um setor ainda em estruturação que abarca uma nova indústria de base em fontes renováveis (biomassa), seus produtos e configurações (BOMTEMPO, 2014) e vem atraindo tanto empresas já estabelecidas em outros setores, como novos participantes que arriscam a diversificação do seu portfólio e a redefinição de estratégias.

Com base na denominação clássica de Abernathy e Utterback (1978), pode-se dizer que, em função da ausência de projetos e estratégias dominantes, esse setor emergente se encontra em fase fluida (BOMTEMPO, 2013a). Nesta fase, o nível de incerteza e de alternativas estratégicas que se apresentam aos investidores e inovadores é elevado e a dinâmica de concorrência é orientada pela inovação (BOMTEMPO, 2013a; LEAL, 2014). As variantes das soluções em experimentação se multiplicam, principalmente, em matérias-primas, tecnologias de conversão, produtos e estratégias de inovação (BOMTEMPO e ALVES, 2014; BOMTEMPO, 2014) sendo, portanto, o processo de estruturação da indústria e da oferta do setor entendido como resultado da coevolução dessas quatro dimensões (BOMTEMPO, 2013a).

Quanto à dimensão ‘produtos’, dentre as oportunidades de investimento existentes, um dos segmentos que tem se destacado é o da produção de intermediários químicos de base renovável que tenham potencial para o desenvolvimento de novas famílias de produtos. Esses intermediários vêm sendo denominados plataformas químicas ou químicos plataforma e são novos produtos ou produtos obtidos por novos processos tecnológicos que podem dar origem a derivados químicos caracterizados como *drop in*¹ ou não *drop in*.

Esses químicos plataforma possuem um amplo potencial comercial podendo vir a modificar a estrutura industrial e de mercado mundiais na medida em que abrem uma janela de novas oportunidades, criam múltiplas novas aplicações em mercados finais e mesmo novos mercados. O grande desafio a ser enfrentado pelas empresas focais produtoras desses intermediários é o aproveitamento integral deste potencial comercial que depende do sucesso na condução de processos extremamente complexos como a estruturação de novas cadeias produtivas e a adoção do mercado.

Dado o elevado potencial comercial que representam – e, portanto, a capacidade de modificar a estrutura de mercado mundial vigente – e a complexidade do seu processo de estruturação, fica evidente a importância de se estudar mais a fundo os desafios e implicações da concretização de plataformas químicas no mercado e a dinâmica envolvida nesse processo. Ainda, ressaltando a relevância desse estudo, pode-se dizer que o crescimento da bioeconomia como um novo setor produtivo é extremamente dependente do desenvolvimento das plataformas químicas. Porém, apesar do grande volume de publicações na literatura que se referem às plataformas químicas, a sua definição mais precisa e o estudo do seu processo de desenvolvimento são praticamente ausentes. De forma mais geral, apesar da ampla exploração do conceito e estratégia de plataformas tecnológicas para caracterizar novos produtos, serviços ou tecnologias em indústrias como automobilística, de eletrônicos e internet, a aplicação e definição da noção de plataformas em cadeias produtivas de itens não montados, como produtos químicos, foi até agora pouco desenvolvida e merece maior compreensão.

Neste contexto, o presente trabalho objetiva o desenvolvimento de uma base teórica para a definição de plataformas químicas contemplando os seus fatores característicos e um modelo analítico que explique o seu processo de estruturação sob a ótica de inovação. Neste esforço, este trabalho discute algumas questões intrínsecas ao desenvolvimento de novas

¹ São denominados *drop-in* os produtos considerados substitutos perfeitos aos de base fóssil do ponto de vista de toda a cadeia a jusante na medida em que se adaptam à cadeia produtiva e à infraestrutura existente. Não *drop in* são produtos que exigem, para a sua difusão no mercado, o desenvolvimento de novas aplicações envolvendo complementadores a jusante na cadeia produtiva para a adaptação e/ou construção de ativos complementares. (BOMTEMPO, 2013b; OROSKI, ALVES, BOMTEMPO, 2013).

plataformas químicas como: a necessidade de desenvolvimento de novas aplicações e novos mercados; as possibilidades de encadeamento entre os diferentes elos da cadeia produtiva; o processo de adoção do mercado e adaptação da indústria a usos não convencionais e os desafios à sobrevivência em um ecossistema de inovação² dinâmico e competitivo. O estudo destas questões e particularidades possibilitou a identificação de seis fatores, alguns intrínsecos à molécula do produto e outros do ponto de vista estratégico, que caracterizam um determinado composto químico como plataforma, a saber: estrutura química flexível; larga gama de derivados potenciais a custo competitivo; posição de intermediário na cadeia de valor; estruturado em ecossistemas de inovação; regulado por uma governança e que gera valor através de economias de escopo e escala.

Para a construção dessa fundamentação teórica, parte-se de uma exploração da literatura específica em plataformas tecnológicas como forma de identificar as diversas abordagens existentes e propor uma análise consolidada que dê suporte às discussões encontradas no contexto dos produtos químicos renováveis. Essa argumentação teórica engloba a definição de plataformas tecnológicas e a análise do seu processo evolutivo, principalmente estudados por Gawer (2008, 2009, 2010, 2013 e 2014), incluindo o estudo dos seus dilemas e desafios. O cruzamento desses aspectos gerais com as particularidades da indústria química e com conhecimentos em inovação permite, então, o estudo específico de plataformas químicas e do seu processo de estruturação no mercado.

Por fim, para a aplicação dos conceitos teóricos propostos, este trabalho explora o caso do bio-ácido succínico identificado por Bozell e Petersen (2010) como um dos bioprodutos de maior potencial comercial. No estudo deste bioproduto em particular, pretende-se basicamente caracterizá-lo como plataforma química, identificar o estágio de desenvolvimento comercial em que se encontra e apontar os desafios a serem enfrentados para a maturação desse processo.

Desta forma, ao que parece, o presente trabalho representa um esforço inicial ao estudo teórico e prático das plataformas químicas relacionando-as a plataformas tecnológicas baseadas em produtos modulares e montáveis e construindo um modelo analítico do seu processo de estruturação no mercado sob os âmbitos tecnológico, estratégico e de inovação.

O trabalho está estruturado em cinco seções incluindo esta introdução. A segunda seção apresenta uma argumentação teórica sobre plataformas tecnológicas com base na literatura existente. A terceira seção desenvolve uma fundamentação teórica e um modelo analítico ao processo de estruturação de plataformas químicas. A quarta seção aborda o caso específico do bio-ácido succínico identificando o grau de maturidade do seu processo de desenvolvimento e os seus desafios como forma de verificar, em cruzamento com a caracterização proposta na terceira seção, se este bioproduto pode ser considerado uma potencial plataforma química. A quinta seção, por fim, apresenta as conclusões finais e contribuições deste trabalho, sugerindo próximos estudos que possam vir a complementar este.

ARGUMENTAÇÃO TEÓRICA EM PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS

O rápido avanço tecnológico e o aumento da complexidade de operações característicos do mundo globalizado atual vêm fazendo com que a necessidade por eficiência de custo, tempo e diversidade de ofertas a um mercado cada vez mais exigente leve ao desenvolvimento das chamadas plataformas tecnológicas (MAKINEN et al., 2013; GAWER e

² Ecossistema de inovação se refere ao conjunto de atores inovadores independentes ou organizados em uma rede – sejam fornecedores *upstream*, compradores e complementadores *downstream* ou, ainda, órgãos reguladores – que inovam em seus devidos produtos e serviços no sentido de criar valor e possibilitar a concretização no mercado de uma inovação precursora produzida por uma empresa central, denominada líder ou focal (ADNER e KAPOOR, 2010; OVERHOLM, 2014).

CUSUMANO, 2013). O fenômeno de desenvolvimento de plataformas atinge diversas indústrias como automobilística, aeronáutica, de eletrônicos e internet, incluindo desde produtos e tecnologias a serviços (GAWER, 2009). Alguns exemplos são: sistemas de busca na internet como o Google; redes sociais como Facebook, LinkedIn e Twitter; sistemas operacionais como o iOS para Ipod, Ipad e Iphone e consoles de videogame (GAWER e CUSUMANO, 2013).

Em comum a esses sistemas e produtos está o fato de possuírem uma estrutura base planejada capaz de, por intermédio de complementadores e transformações construtivas ou destrutivas, dar origem a uma gama diversa de derivados e/ou permitir transações e interações entre diversos mercados. Assim se definem plataformas tecnológicas: em geral, são produtos, tecnologias ou serviços formados por uma base e uma periferia, uma parte inicialmente fixa e outra mutável que, compondo uma estrutura modular padronizada e flexível, permitem uma grande variedade de ofertas ao usuário final. Para o caso específico de produtos, uma plataforma é uma base para o desenvolvimento de uma ampla gama de derivados que podem encontrar aplicações bastante diversas. A partir dessa definição geral é possível compreender que, de forma simplificada, as plataformas permitem o aumento da variedade de produção e da velocidade de desenvolvimento com redução de custo ao mesmo tempo em que propiciam meios para a redução da complexidade do produto final.

Em função da importância e presença que essas plataformas tecnológicas têm demonstrado possuir em diversos setores da indústria mundial, muitos são os estudiosos, de linhas de pesquisa diferentes, que vêm analisando o processo de desenvolvimento destas e a dinâmica envolvida nesse fenômeno. Na tentativa de encontrar semelhanças entre essas abordagens e tratar suas limitações, alguns estudos, principalmente coordenados por Gawer, vêm buscando analisar diferentes casos reais, com maior enfoque às plataformas de produto, e propor uma definição mais abrangente para o termo plataforma de forma que cubra ao máximo suas possibilidades.

Plataformas tecnológicas sob as perspectivas de engenharia e econômica

Primeiramente, Gawer (2010) apontou que todos os esforços observados até então levaram à definição de duas perspectivas com ênfase em diferentes aspectos direcionais aos quais as plataformas respondem: uma inspirada em design de engenharia, com foco em inovação, e outra em teorias econômicas, com foco em competição.

Sob a perspectiva de engenharia, as plataformas compartilham uma semelhança estrutural na medida em que, independente do contexto organizacional em que são formadas, são interpretadas como arquiteturas tecnológicas modulares propositalmente desenhadas e estruturadas em torno de um centro e uma periferia³. Para os estudiosos adeptos dessa perspectiva, as plataformas são definidas como um conjunto de componentes estáveis que suportam um nível de variabilidade e evolução em um dado sistema a partir da adoção de ligações com os outros componentes (BALDWIN E WOODARD, 2009). Essa configuração reduz os custos de inovação e de desenvolvimento de uma variedade de produtos, oferece flexibilidade e variedade quanto ao produto final e aumenta o volume de produção permitindo a adaptação da plataforma ao mercado e a adoção de economias de escala e escopo inter ou intra-firmas em produção, fornecimento e inovação⁴.

³ O centro é a própria plataforma e é composto por componentes com baixa variabilidade que estabelecem as interfaces do sistema, isto é, as regras de design que regulam e governam as interações entre as diferentes partes/ módulos e permitem que o centro e a periferia operem como um sistema único. A periferia é composta por componentes com alta variabilidade chamados de complementadores (BALDWIN E WOODARD, 2009).

⁴ Economias de escopo em inovação são presentes quando o custo de inovar de forma conjunta em dois produtos A e B é menor do que o custo de inovar apenas em A ou em B de forma independente (GAWER, 2014).

Essa perspectiva assume, então, um papel às plataformas de dispositivo de coordenação entre inovadores e introduz a concepção do reuso e compartilhamento de componentes entre diferentes produtos de uma família de produtos de forma que apresenta um grande enfoque aos mecanismos de inovação sob a lente de fornecimento. A crítica de Gawer (2014) a essa perspectiva advém do fato desta não explicar como as plataformas, os componentes centrais, evoluem com o tempo bem como não providenciar *insights* sobre a dinâmica de competição entre plataformas e entre uma plataforma e seus complementadores em um ecossistema de inovação.

Sob a perspectiva econômica, o termo plataforma caracteriza determinados tipos de mercado, os mercados multilaterais, que são interpretados como produtos, serviços, firmas ou instituições que intermediam transações entre dois ou mais grupos de agentes interdependentes do ponto de vista da demanda (BALDWIN e WOODARD, 2009). Alguns exemplos de plataformas sob a ótica econômica são: bares, shopping centers e sistemas de pagamento de cartão de crédito (GAWER, 2010). Nessa linha de pesquisa, o papel da plataforma é puramente de condutor facilitando as transações entre dois ou mais mercados – mais especificamente, diferentes grupos de usuários ou consumidores e fornecedores que sem ela não são capazes de se conectar (GAWER, 2010) – de forma que cria valor através de economias de escopo do lado da demanda⁵ (GAWER, 2014). Desta forma, o desenvolvimento dessas plataformas é extremamente influenciado por efeitos de rede indiretos⁶ e a competitividade de uma dada plataforma é regida pela sua adoção por múltiplos consumidores inter-relacionados (GAWER, 2014).

Essa perspectiva oferece, então, uma visão estática da competição entre plataformas no sentido da demanda e cria bases para explicar as condições nas quais uma plataforma assume uma posição dominante no mercado. A crítica de Gawer (2014) a essa perspectiva advém do fato desta considerar plataformas como exógenas e fixas, não apresentando indícios da evolução destas no tempo. Além disso, grupos/ lados que compartilham uma mesma plataforma são vistos nessa perspectiva como consumidores, independentemente de serem usuários finais ou complementadores. Estes últimos não são vistos como fornecedores ou vetores de inovação e, portanto, não é abordada a questão da inovação em plataformas nem da dinâmica de competição entre uma plataforma e seus complementadores.

A tabela 1 a seguir apresenta um breve resumo das perspectivas apresentadas:

Tabela 1 - Resumo das perspectivas de engenharia e economia

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

Fonte: Gawer, 2014

⁵ Economia de escopo do lado da demanda ocorre quando há um compartilhamento de funções e recursos entre os usuários (GAWER, 2014).

⁶ Efeitos de rede indiretos ocorrem entre diferentes lados da plataforma, ou seja, entre diferentes grupos de agentes envolvidos no desenvolvimento da plataforma de forma que o benefício a usuários de um grupo A depende do número de usuários no grupo B (GAWER, 2010; GAWER e CUSUMANO, 2013).

Identificando as limitações de cada uma dessas perspectivas, Gawer (2010) defende que a compreensão do fenômeno de desenvolvimento de plataformas requer uma análise da íntima interação entre a estrutura tecnológica e a estratégia de negócio e não pode ser estudado sob a perspectiva exclusiva de engenharia ou economia. Além disso, Gawer (2010) defende que as plataformas não são estáticas, mas evoluem com o tempo bem como o papel dos agentes envolvidos, sejam estes consumidores ou inovadores colaboradores. Com base nesta crença, Gawer (2010) propôs uma nova tipologia para o termo plataforma que permite demonstrar como as forças de inovação e competição interagem sob uma única perspectiva e modelam a evolução e transição entre os diferentes tipos de plataforma, ou seja, apresenta as diversas formas em que as plataformas são criadas e desenvolvidas e providencia *insights* sobre a maneira como esta opera e evolui no tempo.

Plataformas tecnológicas internas e externas

Gawer (2010, 2014) definiu plataformas como organizações ou meta-organizações compostas de agentes que podem se constituir em fornecedores ou consumidores e inovadores ou competidores, sendo a forma da organização uma variável interna à plataforma e que, portanto, não a descaracteriza. Sob essa concepção e partindo da análise de diversos exemplos industriais, Gawer (2014) concluiu que são duas as classificações possíveis para plataformas: internas (específicas a uma empresa ou a uma cadeia de suprimentos) e externas (industriais). Uma plataforma interna é um conjunto de ativos organizados em uma estrutura comum a partir da qual uma empresa é capaz de desenvolver e produzir, com eficiência, uma série de produtos derivados. Uma plataforma externa é um produto, serviço ou tecnologia que atua como uma base a partir da qual inovadores externos, organizados em um ecossistema de inovação, podem desenvolver seus próprios produtos, serviços ou tecnologias complementares. A tabela 2 a seguir apresenta de forma mais detalhada as diferenças nos comportamentos dos agentes e características estruturais entre esses dois tipos de plataforma.

Tabela 2 - Tipologia de Gawer para classificação de plataformas tecnológicas

	Plataforma interna	Plataforma externa
Nível de análise	Firma / Cadeia de suprimentos	Ecossistema industrial
Agentes constitutivos	Uma firma e suas subunidades Montadora e fornecedores	Líder da plataforma e complementadores
Arquitetura tecnológica	Design modular; centro e periferia	
Interfaces	Fechadas: compartilhamento interno Seletivamente abertas: compartilhamento exclusivo entre os agentes da cadeia	Abertas: compartilhamento com complementadores
Capacitações acessíveis	Capacitações da firma Capacitações dos agentes da cadeia	Pool de capacitações ilimitado
Mecanismos de coordenação	Autoridade através de hierarquia gerencial / Relações contratuais	Governança do ecossistema
Exemplos	Black and Decker, Walkman da Sony/ Renault-Nissan, Boeing	Facebook, Google, Smartphones e aplicativos

Fonte: Gawer, 2014

Essa tipologia criou uma distinção entre plataformas desenvolvidas por empresas totalmente integradas verticalmente até a produção de um bem de uso final ou inseridas em uma cadeia de suprimentos específica e plataformas desenvolvidas em ecossistemas de

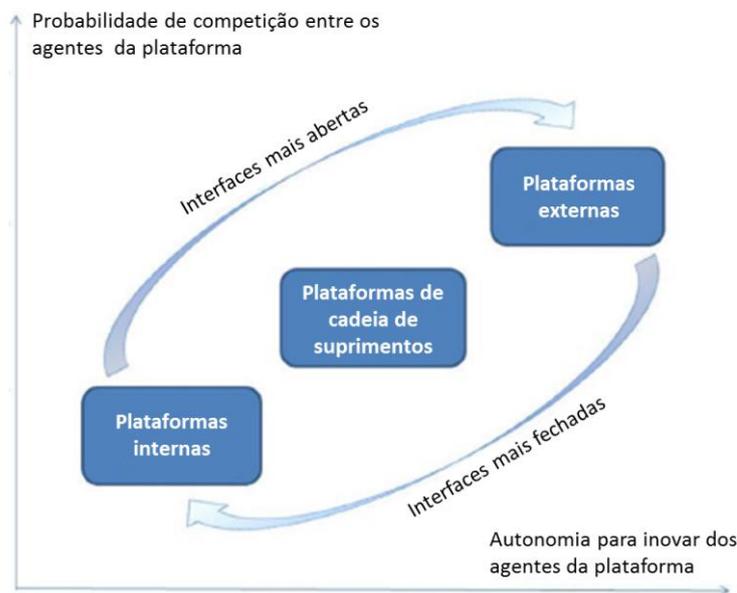
inovação dependentes de esforços em inovação de agentes externos dos mais variados setores. Particularidades a parte quanto ao contexto organizacional em que são desenvolvidas as plataformas, essa teoria define, em concordância com as perspectivas de engenharia e econômica já discutidas, que toda e qualquer plataforma (GAWER, 2010):

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

Além disso, essa teoria considera a possibilidade de evolução da plataforma com o tempo fluindo entre as configurações definidas, da interna para a externa e *vice versa*. O dinamismo das interações e mecanismos evolutivos dessa teoria permite compreender e analisar como as dinâmicas de inovação e competição se relacionam e, a partir disso, gera questões relacionadas às estratégias para estabelecimento de uma governança coerente à plataforma tecnológica (GAWER, 2014).

A figura 1 a seguir demonstra essa teoria evolutiva embutindo os dilemas de inovação *versus* competição ou grau de abertura *versus* apropriação de valor.

Figura 1 - Dilema inovação versus competição



Fonte: Adaptado de Gawer, 2014

A interpretação dessa figura sugere que quanto mais abertas forem as interfaces de uma plataforma, maior o número de agentes atraídos ao ecossistema da plataforma e, portanto, maior e mais diversificado é o *pool* de capacitações externas acessíveis permitindo, em um ambiente competitivo, o desenvolvimento de complementadores mais inovadores, a menor custo e em maior volume e, por consequência, a agregação de maior valor à plataforma. Por outro lado, porém, o aumento do grau de abertura da plataforma pode vir a afetar as posições de liderança e reduzir o poder de controle do líder da plataforma sob os componentes desta, trazendo questões relacionadas à apropriação de valor do produto final

(GAWER e CUSUMANO, 2013). Ainda, o acesso à arquitetura modular da plataforma cria oportunidades de imitação por parte dos agentes externos.

Desta forma, a decisão quanto ao grau de abertura a ser definido para uma plataforma é um grande dilema enfrentado pelos líderes das plataformas. Estes devem articular a decisão quanto ao grau de abertura a mecanismos de governança da plataforma que sejam capazes de controlar e driblar essas forças competitivas de forma a reduzir suas ameaças. Conforme afirma Gawer (2014), a governança do ecossistema, ou seja, a estrutura de comando de atividades estratégicas da cadeia de valor é essencial para o desempenho competitivo e inovador da plataforma.

Sob essa concepção, Gawer e Cusumano (2013) apontaram que os desafios inerentes ao processo evolutivo das plataformas tecnológicas a serem enfrentados pelas empresas focais se resumem a:

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

De uma forma geral, esses desafios vêm a convergir para um desafio maior que é, equilibrando inovação e competição, garantir as inovações complementares necessárias para a criação e apropriação de valor de forma a gerar demanda e permitir o desenvolvimento comercial do mercado de uma nova plataforma. No caso de plataformas industriais inseridas em um ecossistema de inovação, esses desafios se estendem para além do ambiente interno da empresa focal atingindo os complementadores e/ou fornecedores envolvidos no processo (ADNER e KAPOOR, 2010). Nestes casos, observa-se, então, uma dependência da empresa focal aos esforços dos agentes externos no sentido da percepção da importância da inovação e do processo de adesão a ela⁷ e a superação dos seus desafios. Esta situação cria duas incertezas à empresa focal: a incerteza tecnológica em relação à capacidade das empresas externas inovarem e, portanto, à criação de valor e a incerteza comportamental em relação à possibilidade da adoção de comportamentos oportunistas por parte dos agentes externos e, portanto, à captura de valor.

Em resumo, a tipologia desenvolvida por Gawer (2010, 2014) unificou as perspectivas de engenharia e economia cobrindo suas limitações a partir da compreensão do desenvolvimento de plataformas como um processo evolutivo regido por interações multimodais entre agentes intra e interplataformas e entre mecanismos de inovação e competição. Esta tipologia evidencia a complexidade do processo de estruturação de uma nova plataforma tecnológica e o dinamismo do ambiente em que são desenvolvidas abordando os desafios tecnológicos e estratégicos a serem enfrentados pelas empresas focais em vista a garantir demanda e construir novos mercados.

PLATAFORMAS QUÍMICAS: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E PROPOSIÇÃO DE MODELO ANALÍTICO PARA O SEU PROCESSO DE ESTRUTURAÇÃO

Uma busca realizada no Google com o termo ‘plataforma química’ e em inglês ‘*platform chemical*’, no singular e plural, indica que, apesar do grande volume de publicações na literatura, em geral a utilização deste termo por parte dos pesquisadores e pela indústria se faz sem acompanhar uma definição específica do seu significado e muito menos uma discussão sobre como uma plataforma química é desenvolvida. Ainda, pode-se dizer que há

⁷ Conceito de observabilidade (ROGERS, 2003 *apud* OROSKI, BOMTEMPO, ALVES, 2013) que mede o grau em que os resultados de uma inovação são perceptíveis a usuários potenciais. Quanto mais fácil for visualizar o processo de adoção da inovação, mais rápido se torna o processo de difusão desta no mercado.

uma certa divergência no entendimento do que seriam exatamente essas plataformas entre esses estudiosos. Muitos desses pesquisadores e a própria indústria se referem às plataformas químicas como blocos de construção identificando-as como compostos básicos e intermediários a partir do qual se obtém uma série de produtos finais (BOMTEMPO, 2013a; WERPY e PETERSEN, 2004; BIOAMBER, 2014; MYRIANT, 2015). Outros, porém, fazem uma distinção em relação a esses conceitos, como é o caso de Bozell e Petersen (2010) que consideram blocos de construção moléculas conceitualmente monômeros que não têm sua estrutura química alterada nos processos de transformação em derivados.

Uma pesquisa realizada em artigos científicos e em revistas especializadas permitiu identificar duas definições bastante abrangentes para o termo plataforma química. Segundo Broeren *et al.* (2012), plataformas químicas são definidas como “trampolins moleculares”, ou seja, moléculas intermediárias utilizadas na fabricação de produtos úteis que vão desde calçados a combustível, ou ainda, segundo Bozell e Petersen (2010), são compostos flexíveis a partir dos quais se obtém uma série de produtos.

Desta forma, as chamadas plataformas químicas podem ser vistas como casos específicos de plataformas tecnológicas de produto cuja estrutura base se dá na forma de um composto químico. Em maior detalhe, essas definições permitem dizer que plataformas químicas são intermediários químicos capazes de dar origem a uma ampla gama de derivados com usos finais diversos a partir de transformações físicas e químicas específicas que resultam em mecanismos construtivos ou destrutivos do composto químico considerado a plataforma.

Em função do amplo potencial de aplicação que possuem, as plataformas químicas têm capacidade de oferecer um valor comercial extremamente elevado. Porém, por configurarem-se como intermediários na cadeia de valor, para que este valor possa de fato ser gerado, torna-se necessário o desenvolvimento de cadeias produtivas e encadeamento entre os elos destas cadeias de forma a permitir a extensão destes químicos a diversos usos finais. Ou seja, estes compostos químicos precisam ser devidamente transformados em produtos finais que atendam à cultura, anseios e necessidades do mercado e, para que seu potencial como plataforma vingue, esse esforço deve se estender a diversas cadeias da árvore de derivados alcançando variados mercados.

Essa questão traz à estruturação de plataformas químicas um primeiro grande desafio relacionado à necessidade de desenvolvimento de novos mercados de utilização dentro da indústria química, ou seja, novas árvores de aplicações (BOMTEMPO, 2013a; BOMTEMPO, 2013b). Esse desafio envolve a criação de inovações a jusante em processos de transformação para a finalização química do produto intermediário em usos finais e, portanto, embute esforços em síntese química e em testes de adequação à utilização pretendida. Com exceção de algumas empresas totalmente integradas verticalmente que comportam todas as etapas das cadeias produtivas e competências e tecnologias específicas para tal, em geral, torna-se necessário o aproveitamento de capacitações externas. Ou seja, em geral esse desafio vem a envolver, ainda, a necessidade de engajamento de desenvolvedores e colaboradores dos mais variados setores industriais que, como atores da cadeia a jusante, são responsáveis por conduzir a inovação produzida pelo líder da plataforma até um uso final. Desta forma, conforme tipologia criada por Gawer (2014) apresentada na seção anterior, uma plataforma química a via de regra pode ser considerada uma plataforma industrial imersa em um ecossistema de inovação que, nestes casos, é o próprio conjunto de cadeias produtivas. Nesse ambiente extremamente dinâmico e competitivo, as empresas focais estão vulneráveis a esforços em inovação externos e, portanto, convivem com incertezas tecnológicas e comportamentais.

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

partir de biomassa. Essas novas plataformas químicas podem ser não apenas novos produtos intermediários, no caso novas moléculas, como também produtos obtidos por novos processos, ou seja, moléculas já existentes, porém produzidas por uma nova rota tecnológica.

Essas novas plataformas e seus derivados muitas vezes possuem potencial como substitutos, *drop in* ou não *drop in*, a petroquímicos convencionais consolidados no mercado e oferecem novas oportunidades de investimento em uma determinada cadeia produtiva. Os investimentos requeridos para a difusão de compostos *drop in* se concentram a montante, ou seja, para que uma substituição *drop in* ocorra, os fatores de competitividade necessários são disponibilidade de matéria-prima a preços competitivos e capacidade de desenvolvimento tecnológico para uma produção com qualidade e eficiência em custo (BOMTEMPO, 2013b). Já em casos em que a substituição não é perfeita (não *drop in*), esses esforços se estendem por toda a cadeia tanto a montante quanto a jusante e outro fator de competitividade é a capacidade de difusão do novo produto em uma cadeia produtiva convencionalmente estruturada para o *input* de petroquímicos (OROSKI, BOMTEMPO e ALVES, 2013). Desta forma, nestes últimos casos, as empresas focais enfrentam outro grande desafio relacionado à necessidade de desenvolver novas aplicações a partir da estruturação de relações colaborativas com complementadores a jusante da cadeia para a adaptação e desenvolvimento de processos, aditivos e ativos complementares como moldes, equipamentos e transformadores que tornem possível a utilização dos seus produtos com desempenho favorável⁸. Ainda, além dessas relações com agentes da cadeia, é importante nestes casos que as empresas focais construam relacionamentos com os *end users*⁹ como forma de estimular e garantir a adoção do mercado e adaptação da indústria a novos usos não convencionais.

A partir da identificação destas particularidades e desafios ao desenvolvimento de plataformas químicas e tomando-as como casos específicos de plataformas tecnológicas de produto, pode-se identificar os fatores que permitem, em conjunto, caracterizar um determinado produto como plataforma química. Naturalmente, estas devem cumprir todos os requisitos de uma plataforma tecnológica discutidos na seção anterior e, tratando-se de compostos químicos intermediários, possuem características adicionais relacionadas, principalmente, à necessidade de estruturação de cadeias produtivas. Desta forma, produtos caracterizados como plataforma química necessariamente:

- i. São estruturados na forma de uma arquitetura flexível chamada de estrutura química formada por átomos conectados por ligações químicas, ou seja, essencialmente são compostos químicos;
- ii. Possuem interfaces, com variados graus de abertura, que permitem a sua transformação em uma larga gama de derivados a custo competitivo e, portanto, definem o grau de exploração da árvore de derivados do composto. Essas interfaces podem ser vistas como os processos de transformação química e física que podem ser integrados pela empresa focal ou direcionados a agentes externos.
- iii. São caracterizados por múltipla integração/ encadeamento entre os elos das suas cadeias produtivas e múltiplas etapas até os produtos finais, fruto da sua posição na cadeia como intermediários;
- iv. Relacionam-se com agentes de inovação de variado nível de competência e interesses diversos situados em diferentes posições da cadeia produtiva e na direção de diferentes produtos finais, de forma que são estruturadas em ecossistemas de inovação formados

⁸ Na cadeia de valor de plásticos é possível identificar claramente o papel destes atores e ativos complementares. Para que o plástico seja transformado em um produto final são necessárias etapas de transformação química e física em que são adicionados aditivos ao plástico com o objetivo de devolver o desempenho mecânico e as propriedades físicas desejadas, bem como são realizadas operações de moldagem com moldes e máquinas para a produção dos utensílios de uso final como recipientes e peças.

⁹ *End user* é a indústria cliente produtora de bens finais e detentora das marcas de consumo, chamada também de *brand owner*.

- pelo conjunto de cadeias produtivas. A extensão desses relacionamentos depende do grau de exploração da árvore de derivados e da estrutura organizacional função do grau de verticalização da empresa produtora;
- v. São regulados por um mecanismo de controle e comando (governança) que varia conforme o contexto organizacional e permite a competitividade do líder da plataforma;
 - vi. Geram valor a partir da criação e aproveitamento de economias de escala e escopo.
- A figura 2 apresenta de forma resumida esses seis fatores característicos:



Fonte: Elaboração própria

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

Entendendo os fatores que definem uma plataforma química é possível, então, estudar mais a fundo o seu processo de estruturação no mercado. Primeiramente, é interessante observar que muitos produtos, em estágios evolutivos diferentes, possuem potencial como plataforma química por apresentarem os fatores característicos intrínsecos à molécula, mas podem não vingar e se concretizar no mercado como tal devido a dificuldade de convívio com alguns dilemas e superação de diversos desafios em um ecossistema altamente complexo e competitivo. Ou seja, uma determinada molécula pode ser considerada uma potencial plataforma química ainda que não tenha alcançado custos competitivos ou apresentado sinais mais avançados de estruturação para o desenvolvimento de mercados e aplicações a partir de seus derivados ou esforços preliminares na construção de mecanismos de governança.

Desta forma, assim como demonstrado para plataformas tecnológicas, as plataformas químicas, para que sejam efetivadas comercialmente, precisam responder a certos dilemas que apontam diversos desafios a serem enfrentados pelas empresas focais, a saber:

- i. Grau de abertura *versus* apropriação de valor: o líder da plataforma deve ser capaz de gerenciar suas interfaces como forma de permitir a geração de valor com obtenção de colaboração externa, mas impedir que esse valor seja totalmente capturado por esses

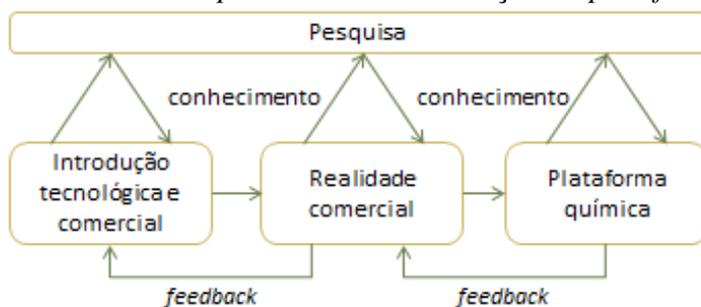
- agentes desenvolvedores, ou seja, deve ser capaz de selecionar o escopo interno à empresa focal e divulgar as propriedades intelectuais seletivamente;
- ii. Inovação/ colaboração *versus* competição: o líder da plataforma deve criar relações de confiança de colaboração com complementadores e *end users* para a articulação de agentes dos mais variados elos das cadeias produtivas e consequente introdução de inovações no mercado de forma competitiva, mas deve atentar-se a comportamentos oportunistas por parte desses atores;
 - iii. Produção em larga escala e aplicação/ desenvolvimento do mercado: o líder da plataforma deve saber lidar com esse problema do tipo ovo-galinha em que efeitos de rede definem uma interdependência entre esses fatores. Para o desenvolvimento de economias de escala e escopo é necessária a garantia de demanda que só surge com vantagens comparativas – de custo e técnicas – fruto desses mecanismos produtivos e com a colaboração de agentes externos que só entram no negócio com a garantia de avanço com aumento de escala. Desta forma, o líder da plataforma deve simultaneamente: desenvolver e escalonar tecnologias produtivas para transformar a plataforma em derivados com qualidade favorável, de forma eficiente em custo e em larga escala; tornar os resultados da inovação embutida no processo de produção da plataforma perceptíveis ao *end user* e a colaboradores potenciais como forma de acelerar a sua adoção pelo mercado; garantir mercado de extenso volume para a aplicação de economias de escala e gerenciar e minimizar custos de mudança para ganhar competitividade frente a petroquímicos convencionais e atrair consumidores.

Partindo da análise desses dilemas, de forma geral, os desafios a serem enfrentados pelas empresas focais compreendem basicamente aspectos tecnológicos e estratégicos no sentido da superação de forças competitivas para a concretização do desenvolvimento comercial da plataforma através das inter-relações entre os elos das cadeias produtivas e difusão nos mercados. Essas forças competitivas se apresentam geralmente entre as plataformas e seu equivalente petroquímico, entre novas plataformas e compostos químicos já estabelecidos no mercado, entre novas plataformas que competem entre si, entre empresas produtoras de uma mesma plataforma, entre empresas complementadoras e entre empresas produtoras de plataformas e empresas complementadoras da cadeia produtiva a partir de estratégias de integração para frente ou para trás.

Além desses dilemas e desafios, outra questão importante de ser analisada para o entendimento de como as plataformas são estruturadas no mercado é a natureza desse processo de desenvolvimento. Considerando este um processo de inovação e com base no modelo *chain-linked model*¹⁰ desenvolvido por Kline e Rosenberg (1986) pode-se dizer que este se dá em etapas clássicas de desenvolvimento comercial - basicamente de pesquisa e desenvolvimento, produção e comercialização - porém de forma desordenada, caótica e quase aleatória. Estas etapas são completamente interdependentes em dois mecanismos: do tipo ovo-galinha em que fatores de etapas distintas como produção e aplicação evoluem juntos e do tipo retroativo em que um avanço em uma etapa pode significar um retrocesso (necessidade de adaptação) em outras. Desta forma, um bom mapa estratégico ao desenvolvimento de uma plataforma considerando o seu aspecto interativo, interdependente e circular pode ser representado pela figura 3.

¹⁰ Conforme estudado por Kline e Rosenberg (1986) na definição do modelo *chain-linked model*, um processo de inovação é ditado, não só por progresso tecnológico, como também pelo mercado de forma que é caracterizado por uma constante interação com o usuário e aprendizado contínuo. Essa percepção leva ao entendimento da inovação como um processo interativo e multidirecional de pequenos avanços e retrocessos regidos por *feedbacks* em um conceito chamado de *learning by use* (KLINE e ROSENBERG, 1986).

Figura 3 - Modelo analítico do processo de estruturação de plataformas químicas



Fonte: Elaboração própria

Este mapa deixa clara a distinção de três etapas ao desenvolvimento comercial de uma plataforma química – introdução tecnológica e comercial, realidade comercial e plataforma química – ao mesmo tempo em que evidencia a total interdependência entre as etapas e o aspecto multidirecional desse processo de pequenos avanços e retrocessos regidos por fluxos constantes de *feedback* do mercado e de aprendizado contínuo.

Compreendendo a dificuldade em se prever se um determinado produto é capaz de se tornar uma plataforma visto a complexidade deste processo de estruturação, é interessante tentar identificar fatores indispensáveis, mesmo que não suficientes, ao desenvolvimento comercial de uma plataforma química. Com base em toda a discussão realizada nessa seção pode-se sugerir: escala, competitividade, excelência operacional, demanda, *network* produtivo e condições externas favoráveis. O conjunto desses fatores permite à empresa focal avançar no processo de desenvolvimento da plataforma química contando com os complementos necessários e com um volume de mercado suficiente para permitir eficiência de custo e fôlego para investir. A garantia desses fatores e a compreensão do ambiente político e regulatório vigente devem estar, então, sob foco das empresas produtoras de potenciais plataformas químicas para que apresentem um posicionamento estratégico favorável ao desenvolvimento comercial destas.

APLICAÇÃO CONCEITUAL: O CASO DO BIO-ÁCIDO SUCCÍNICO

Com base na fundamentação teórica desenvolvida na seção anterior, esta seção apresenta uma aplicação conceitual ao caso do bio-ácido succínico buscando defini-lo como potencial plataforma química e apresentar os desafios particulares ao seu desenvolvimento comercial no que tange o processo de adoção pelo mercado. Serão analisadas as características moleculares deste composto químico e o estágio de maturidade do seu processo de desenvolvimento como forma de verificar a aplicabilidade dos fatores característicos a uma plataforma química.

Este bioproduto, idêntico em termos estruturais ao convencional ácido succínico de origem fóssil, foi selecionado como caso de estudo em função do potencial que gera para exploração da sua árvore de aplicações, historicamente não atrativa por questões econômicas. Segundo o Departamento de Energia dos EUA (DOE-EUA), o ácido succínico é o ácido orgânico de maior potencialidade industrial sendo identificado, em 2004 (“*Top Added-Value Chemicals from Biomass*”) e novamente em 2010, como um dos 10 bioprodutos mais promissores que podem ser produzidos a partir de biomassa com destaque para o seu potencial comercial e viabilidade técnica (BOZELL e PETERSEN, 2010).

O ácido 1,4 butanodióico, mais conhecido como ácido succínico, é um ácido orgânico dicarboxílico de cadeia carbônica saturada e linear sendo que a sua flexibilidade e similaridade estrutural a diversos compostos petroquímicos de amplo valor comercial – como anidrido ftálico, anidrido maléico (MAN) e ácido adípico – o garantem uma vasta

aplicabilidade potencial (WEASTRA, 2012). A partir deste bioproduto, por meio de substituições *drop in* e não *drop in*, se obtém uma série de derivados desde *commodities* – mercados de alto volume como plastificantes, poliuretanos, resinas e revestimentos – até aditivos e especialidades químicas – nichos de alto valor agregado como produtos de cuidado pessoal e aditivos alimentares – (BEAUPREZ, 2010). O bio-ácido succínico é, então, um intermediário químico que pode ser utilizado para as mais variadas aplicações finais e, portanto, possui valor em diversas indústrias.

Entretanto, apesar das possibilidades de exploração industrial do ácido succínico serem variadas, devido ao alto custo da rota petroquímica predominante até 2013, seu uso foi historicamente limitado a uma estreita gama de aplicações de maior valor agregado tais como produtos farmacêuticos, ingredientes alimentares, revestimentos e pigmentos, surfactantes e detergentes (TECNON ORBICHEM, 2013). Ou seja, atualmente, o potencial comercial deste produto não é aproveitado de forma integral e a sua árvore de derivados ainda não está completamente estruturada.

Ultimamente, influenciado não só pelo crescente interesse no desenvolvimento de produtos a partir de matérias-primas renováveis, mas também pela ineficiência econômica da rota convencional de base fóssil contra a potencialidade que o bioproduto apresenta para chegar de forma competitiva a diversos produtos, grande atenção tem sido voltada à obtenção de ácido succínico via rota fermentativa. Muitas empresas vêm estudando a fundo este processo com intuito de otimizá-lo tecnologicamente e reduzir custos de forma que já são identificadas quatro empresas produtoras de bio-ácido succínico em escala comercial: BioAmber, Succinity GmbH, Reverdia Vof e Myriant Technologies LLC. O desenvolvimento de rotas fermentativas com cada vez maiores vantagens de custo, pureza e benefícios ambientais frente à rota petroquímica surge como uma forma de abrir novas janelas de oportunidades para a exploração da cadeia de valor deste produto em algumas aplicações até então inacessíveis a partir do composto petroquímico, expandindo o seu mercado e a sua demanda.

Um estudo sobre os projetos em andamento no mundo para a produção de bio-ácido succínico sob o âmbito das empresas produtoras foi realizado com o intuito de identificar o nível de maturidade deste processo de desenvolvimento e os desafios a serem enfrentados pelas empresas envolvidas nessa dinâmica¹¹. Essa análise abordou tanto aspectos tecnológicos quanto de modelos de negócio permitindo a observação de algumas tendências:

- i. As empresas buscam desenvolver processos produtivos que permitam grande flexibilidade de matéria-prima na expectativa de futuramente explorar fontes menos nobres, de mais fácil acesso e menor custo;
- ii. Observa-se uma grande variedade de alternativas tecnológicas: as empresas apostam em plataformas tecnológicas próprias com uso de microrganismos diferentes e uma rota dominante ainda não foi revelada apontando para a coexistência de tecnologias distintas;
- iii. A produção já se encontra em escala comercial: todas as empresas venceram os desafios de escalonamento de suas tecnologias e já comercializam o produto, umas em maior escala que outras;
- iv. Apesar do sucesso do escalonamento, o processo produtivo ainda não alcançou a maturidade tecnológica. O esforço no aprimoramento da plataforma tecnológica é contínuo, como forma de adquirir vantagem competitiva em termos de custo e qualidade e explorar mercados diversos;

¹¹ Para mais informações ver: ARAÚJO, M. (2014), A dinâmica de inovação em intermediários químicos a partir de biomassa: o caso do ácido succínico. Rio de Janeiro. Projeto de Final de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Engenharia Química e ARAÚJO, M. (2015), Desenvolvimento de novas plataformas químicas: o caso do ácido succínico. Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos.

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

A análise dessas tendências permite dizer que as quatro empresas produtoras de bio-ácido succínico já concluíram o escalonamento do processo produtivo alcançando escala comercial de produção e vêm prometendo aumento significativo da capacidade produtiva, mas a cadeia de valor do bioproduto ainda não foi completamente estruturada até os possíveis produtos finais. Os próximos passos para que este bioproduto se torne comercialmente explorado em diversos mercados é a transformação da sua ampla aplicabilidade potencial em demanda, o desenvolvimento de todo um negócio sustentável e a sua valorização junto ao mercado, e o alcance de competitividade. Para isso, é preciso que as empresas produtoras saibam superar um mercado inicialmente pequeno e fragmentado explorando o elevado potencial do produto principalmente como substituto não *drop in* a petroquímicos convencionais e, portanto, sejam capazes de expandir o produto a novos mercados com competitividade em termos econômicos e de forma atraente à indústria cliente (WALTER, 2014). Além disso, tratando-se de um intermediário da cadeia, esse processo de substituição deve ser promovido ao longo das cadeias químicas e próximo aos *end users*, o que pode ser um desafio para o produtor, principalmente se ele não se integra para frente e se torna apenas um fornecedor de produtos básicos ou intermediários e, portanto, dependente dos esforços de complementadores a jusante na cadeia produtiva (BOMTEMPO, 2013a). O grande desafio para o desenvolvimento comercial do bio-ácido succínico, considerando o estágio atual dos projetos, é, portanto, de forma geral, a estruturação dessa cadeia de valor no sentido de diversos produtos finais diferentes.

A partir de toda essa análise sobre o ácido succínico e os desafios e impactos inerentes ao desenvolvimento comercial do produto de origem biológica, é possível estudar a sua aderência aos fatores característicos de uma plataforma química de forma a verificar o potencial deste produto como plataforma e os próximos passos para a sua concretização no mercado. A tabela 3 cruza as características de plataformas químicas a particularidades identificadas ao caso do bio-ácido succínico como forma de avaliar a sua aderência a este conceito.

Tabela 1 - Aplicação do conceito de plataforma química ao caso do bio-ácido succínico

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

Legenda: ✔ Condição desenvolvida ⚠ Condição parcialmente desenvolvida ✘ Condição ainda por desenvolver

Fonte: Elaboração própria

A análise da tabela 3 permite afirmar que o bio-ácido succínico possui potencial como plataforma química diante da aderência aos fatores intrínsecos à molécula deste produto como flexibilidade da estrutura química e amplitude da árvore de derivados capaz de ser gerada. Por outro lado, em vista ao nível de maturidade atual do processo de desenvolvimento desse novo produto, alguns fatores ainda não podem ser comprovados e este ainda não é considerado uma plataforma estabelecida no mercado. Este produto ainda está em fase de desenvolvimento comercial, a sua cadeia ainda não foi completamente estruturada até os produtos finais, o ecossistema de inovação necessário à concretização deste produto em novos mercados ainda está em construção e muitas incertezas e desafios ainda se apresentam às empresas produtoras.

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

produto em novas aplicações necessita, porém, de muito mais que simplesmente vantagem de custo frente a petroquímicos convencionais.

Aderente aos desafios de qualquer nova plataforma química em desenvolvimento pode-se resumir os grandes desafios a serem enfrentados para avanço em maturidade no processo de desenvolvimento do bio-ácido succínico em três pontos:

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

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

Estes desafios levam, então, aos mesmos dilemas levantados para plataformas químicas: a decisão quanto ao nível de abertura aos agentes externos contra a busca por apropriação de valor; o incentivo à colaboração e inovação externa contra os riscos de aumento da competitividade e, por fim, a busca por atração do mercado a partir do investimento por parte de colaboradores como forma de aumentar a demanda e permitir economias de escala para gerar vantagem de custo para maior atração e maior colaboração. Tais desafios e dilemas reforçam a importância dos modelos de estruturação a serem adotados pelos atores participantes do processo de desenvolvimento do bio-ácido succínico.

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

Com base na análise desses desafios, dilemas e mecanismos competitivos, pode-se sugerir às empresas focais produtoras de bio-ácido succínico para que obtenham sucesso na condução deste processo de desenvolvimento a definição de estratégias que permitam garantir a substituição deste bioproduto a produtos petroquímicos em novas aplicações de forma a criar uma demanda tamanha que seja capaz de gerar economias de escala e cada vez maior atração pelo bioproduto. Sob este foco, essas estratégias devem convergir para a estruturação de todo o ecossistema de inovação através da definição de uma estrutura interna robusta e do investimento em relacionamentos chave que atuem em todos os elos da cadeia de valor do produto no sentido de diversos produtos finais. Essa estrutura interna e esses relacionamentos devem proporcionar, por fim, um conjunto de competências que permita a criação de mecanismos de *push* e *pull*¹² que, presentes elo a elo da cadeia de valor, garantam o alcance do *end user* e a satisfação do consumidor final.

¹² Os mecanismos de *push* são criados quando o produtor do intermediário apresenta condições de produção relacionadas à quantidade e qualidade que garantem maior segurança aos investidores atraindo o seu interesse e impulsionando inovações

CONCLUSÃO

Inserido no contexto de estruturação da bioeconomia e com enfoque em inovação, o presente trabalho objetivou definir e estudar o processo de desenvolvimento de plataformas químicas ou químicas plataforma partindo de uma revisão teórica da literatura em plataformas tecnológicas. Em seguida, aplicou-se a fundamentação teórica construída ao estudo particular do caso do bio-ácido succínico cujo interesse surgiu, principalmente, da emergência e valorização do desenvolvimento de produtos com elevado conteúdo renovável e da oportunidade que é criada para exploração da cadeia deste composto químico de extensa aplicabilidade potencial antes não atrativa frente ao alto custo da rota petroquímica.

A partir das discussões e análises propostas neste trabalho pode-se dizer que este cumpriu com o seu objetivo sendo capaz de trazer grandes contribuições à literatura em plataformas tanto do ponto de vista teórico quanto prático.

Primeiramente, esse artigo trouxe de forma original uma análise teórica comparativa entre plataformas tecnológicas baseadas em itens montáveis e sistemas modulares e as chamadas plataformas químicas. A partir dessa análise, foi possível definir de forma específica o que seriam as plataformas químicas e identificar os fatores que as caracterizam, os dilemas e desafios inerentes ao seu processo de desenvolvimento e a dinâmica de competição existente em um ecossistema de inovação.

Apesar da similaridade observada entre os produtos montados e os compostos químicos plataforma, pôde-se observar que as particularidades da indústria química trazem questões bastante específicas ao caso das plataformas químicas que suscitam discussões interessantes e sem precedentes na literatura. Além de enfrentar o árduo processo de adoção do mercado e adaptação da indústria a novos produtos e conviver com a vulnerabilidade da atuação em um ecossistema de inovação dinâmico e competitivo, como no caso de plataformas tecnológicas, as empresas focais de plataformas químicas convivem com questões adicionais específicas ao desenvolvimento de intermediários químicos. Dentre as questões endereçadas neste trabalho e que criam um contexto diferenciado e repleto de desafios à estruturação de plataformas químicas pode-se destacar a necessidade de desenvolvimento de novas aplicações e as diversas e complexas possibilidades de encadeamento e integração entre os diferentes elos da cadeia produtiva.

Analisando criticamente estes aspectos e partindo de conhecimentos em inovação, este artigo propôs também um modelo analítico para o processo de estruturação de plataformas químicas no mercado. A identificação deste processo como um processo extremamente complexo, multidirecional e de múltiplas inovações totalmente interdependentes permitiu compreender os fatores indispensáveis ao desenvolvimento comercial de uma plataforma química, o seu dinamismo e caráter incerto.

Por fim, a aplicação teórica ao caso do bio-ácido succínico permitiu classificá-lo como uma potencial plataforma química ainda em desenvolvimento em função da aderência identificada a fatores característicos do ponto de vista da molécula do composto químico. A apresentação dos desafios inerentes ao processo de desenvolvimento deste bioproduto permitiu supor que para que o produto se concretize no mercado como uma plataforma química é necessário que as empresas produtoras definam estratégias que permitam garantir a estruturação de novas cadeias produtivas e a adoção do mercado a usos não convencionais.

Pode-se sugerir como próximos estudos complementares a este: (i) uma análise mais direcionada aos aspectos sociotécnicos relacionados ao processo de adoção e difusão de uma

colaborativas e, portanto, a demanda do elo seguinte. Já os mecanismos de *pull* são criados quando o produtor divulga os benefícios de um produto final ainda não desenvolvido de forma a criar atração do *end user* que, garantindo demanda pelo produto, incentiva os elos anteriores da cadeia a investir neste mercado.

plataforma no mercado que, em conjunto com a análise estratégica das opções adotadas pelas empresas focais, permitem uma análise mais aprofundada da estruturação de uma plataforma em um ecossistema de inovação; (ii) uma exploração mais aprofundada dos mecanismos de governança que podem ser exercidos pelas firmas em ambientes industriais, especificamente, emergentes e (iii) uma aplicação teórica do modelo analítico proposto ao estudo de outras moléculas também apontadas como potenciais plataformas químicas como forma de avaliá-lo em condições diferentes ao bio-ácido succínico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERNATHY, W.J., UTTERBACK, J.M. (1978), Patterns of industrial innovation. Portland. Technology Review, 80 (7), 40-47.
- ADNER, R.; KAPOOR, R. (2010), Value creation in innovation ecosystems: how the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations. Strategic Management Journal, 31 (3), 306–333.
- ARAÚJO, M. (2014), A dinâmica de inovação em intermediários químicos a partir de biomassa: o caso do ácido succínico. Rio de Janeiro. Projeto de Final de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Engenharia Química.
- ARAÚJO, M. (2015), Desenvolvimento de novas plataformas químicas: o caso do ácido succínico. Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos.
- BALDWIN, C.Y.; WOODARD, C. J. (2009), The architecture of platforms: a unified view. IN: Platforms, Markets and Innovation, pp. 19-44. Boston.
- BEAUPREZ, J. J.; DE MEY, M.; SOETAERT, W. K. (2010), Microbial succinic acid production: Natural versus metabolic engineered. Process Biochemistry, 45(7), 1103–1114.
- BOMTEMPO, J.V. (2013a), Estrutura e Dinâmica do Setor. Relatório para o programa Brasil Maior – Agenda Tecnológica Setorial. ABDI/CGEE.
- BOMTEMPO, J.V. (2013b), O futuro dos biocombustíveis XVIII: Os dilemas dos produtos na bioeconomia. Boletim Infopetro, ano 13 (3), 33–36.
- BOMTEMPO, J.V. (2014), Bioeconomia em construção I – Os fatores de competitividade na bioeconomia. Boletim Infopetro, ano 14 (1), 22–25.
- BOMTEMPO, J.V.; ALVES, F. (2014), Innovation dynamics in the biobased industry. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 1 (19).
- BORGES, E. R. (2011), Desenvolvimento de um Processo Biotecnológico para a Produção de Ácido Succínico por *Actinobacillus Succinogenes*. Rio de Janeiro. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos.
- BORGES, E. R. e JUNIOR, N. P. (2011), Succinic acid production from sugarcane bagasse hemicellulose. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 38 (8), 1001–1011.
- 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, 12 (4), 525–728.
- BROEREN, M.; LUTERBACHER, C.; HEGGEMEIER, H. (2012), Platform chemicals create new value streams. Madison. GLBRC - Great Lakes Bioenergy Research Center.

Disponível na internet em: <https://www.glbrc.org/sciencereport/platform-chemicals-create-new-value-streams/>

GAWER, A. (2009), Platforms, markets and innovation: An introduction. IN: Platforms, Markets and Innovation, pp. 1-16. Boston.

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

GAWER, A. (2014), Bridging differing perspectives on technological platforms: Toward an integrative framework. Research policy.

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

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

GOLDEN, J. S.; HANDFIELD, R. B. (2014), Opportunities in the Emerging Bioeconomy.

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

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

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

OECD (2009). The Bioeconomy to 2030 designing a policy agenda. Paris: OECD.

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

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

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

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

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

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

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

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