

MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO DO ÁCIDO SUCCÍNICO A PARTIR DE FONTES RENOVÁVEIS: UMA ANÁLISE NO CONTEXTO BRASILEIRO

TECHNOLOGY MAPPING OF PROCESSES FOR SUCCINIC ACID PRODUCTION FROM RENEWABLE SOURCES: AN ANALYSIS IN BRAZILIAN CONTEXT

Sabrina Dias de Oliveira¹; Adelaide Maria de Souza Antunes², Nei Pereira Júnior³

¹Escola de Química – UFRJ – Rio de Janeiro – RJ

sabrina@inovacao.ufrj.br

² Escola de Química – UFRJ; Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI – Rio de Janeiro – RJ

adelaide@eq.ufrj.br

³ Escola de Química – UFRJ – Rio de Janeiro – RJ

nei@eq.ufrj.br

Resumo

O presente trabalho apresenta um mapeamento tecnológico dos processos de produção do ácido succínico a partir de fontes renováveis. O ácido bio-succínico foi escolhido por ter ampla aplicação na indústria de transformação, além de sua produção estar relacionada com a valorização de resíduos lignocelulósicos, enfatizando um novo direcionamento para o desenvolvimento industrial de forma sustentável, com base no conceito de biorrefinaria. A análise dos documentos de patentes BR identificou, dentre outros aspectos, ausência de pedidos de residentes brasileiros, no cenário nacional, e o significativo número de depósitos de patentes BR com prioridade, principalmente, japonesa e americana. Fatores como o pouco conhecimento dos residentes brasileiros sobre proteção da propriedade intelectual e o complexo processo de integração universidade-empresa podem justificar esse panorama. Além disso, o fato do Brasil apresentar alta disponibilidade de recursos naturais, ser pouco competitivo no campo da biotecnologia e conhecido importador de produtos com alto valor agregado também pode explicar o interesse americano e japonês nesses setores específicos. Dentre os processos de produção de ácido succínico investigados, os procedimentos que fizeram uso de técnicas de Engenharia Genética estavam em maioria, indicando que esses processos podem ser mais competitivos frente as demais estratégias analisadas. Sendo assim, esse trabalho representa uma breve análise na área de prospecção de um bloco de construção para síntese química – o ácido succínico – que é/será essencial à economia brasileira e da qual o Brasil ainda é dependente de desenvolvimentos estrangeiros.

PALAVRAS-CHAVE: mapeamento tecnológico; ácido succínico; resíduos lignocelulósicos

Abstract

This paper presents a technology mapping of processes for succinic acid production from renewable sources. The bio-succinic acid was chosen to have wide application in the manufacturing industry, and its production is related to the enhancement of lignocellulosic residues, emphasizing a new direction for industrial development in a sustainable manner, based on the concept of biorefinery. The analysis of the patent documents BR identified, among other things, lack of applications for Brazilian residents, on the national scene, and a significant number of patent filings BR priority, mainly Japanese and American. Factors such as the lack of knowledge of Brazilian residents about intellectual property protection and the complex process of integrating university-company can justify this situation. Furthermore, the fact that Brazil provide high availability of natural resources, to be uncompetitive in the field of biotechnology and renowned products importer with high added value can also explain the American and Japanese interests in these sectors. Among the processes of production of succinic acid investigated, the procedures that make use of genetic engineering techniques were in the majority, showing that these processes can be more competitive facing the other strategies examined. Thus, this work represents a brief analysis on the prospect area of a building block for chemical synthesis - succinic acid - which is / will be essential to the Brazilian economy and of which Brazil is still dependent on foreign developments.

KEYWORDS: technology mapping, succinic acid; lignocellulosic residues

1. Introdução

A dependência por petróleo permanece como o fator mais importante que afeta a distribuição mundial de riqueza, os conflitos globais e a qualidade do meio ambiente. Existem diversas possibilidades para substituir processos químicos convencionais por processos biotecnológicos baseados em fontes renováveis, dentro do contexto de biorrefinaria. Porém, isso se torna viável somente quando a matéria-prima é barata, como é o caso do bagaço de cana-de-açúcar no Brasil. Adicionalmente, é necessário o desenvolvimento de processos que trabalham de forma adequada para fazer o melhor uso possível de matéria-prima, com procedimentos que evitam o máximo possível à agressão ao meio ambiente, onde a utilização de fontes alternativas é feita de forma equilibrada entre a cadeia alimentar e a obtenção de produtos químicos (HATTI *et al.*, 2007).

O bagaço de cana-de-açúcar apresenta-se como um dos materiais lignocelulósicos com maior potencial para a obtenção de diversos produtos de interesse comercial, além de ser uma fonte de carbono de baixo custo que pode minimizar os custos de produção em relação aos seus sucedâneos advindos de petróleo (BORGES, 2011).

Paralelamente, questões de segurança, política e saúde estão se tornando cada vez mais importantes, fazendo-se necessária a reavaliação de muitos processos químicos. As autoridades reguladoras têm dado maior atenção aos problemas de caráter ambiental, seja por pressão da opinião pública mundial ou por segmentos da sociedade civil organizada. O processamento de

hidrocarbonetos ocorre, via de regras, em solventes orgânicos. Muitas rotas são baseadas em catalisadores que requerem altas temperaturas e pressões para sua atividade. Em geral, reagentes, subprodutos ou intermediários são nocivos à saúde humana ou ao meio-ambiente. Além disto, o consumo de energia e a emissão de efluentes (líquidos, gasosos e resíduos sólidos) são significativos (DECHEMA, 2004).

Sob esta panorâmica, o uso de fontes renováveis como matéria-prima – como o bagaço de cana-de-açúcar - pode e deve ser utilizado, contribuindo para a sustentabilidade de processos e produtos.

2. Revisão Bibliográfica: O Ácido Succínico

A maioria dos ácidos orgânicos existentes no mercado é produzida via síntese química, gerando altos níveis de poluição. A evolução do mercado mundial dos produtos derivados de matérias-primas agro-industriais está obrigando as empresas do setor químico a incorporar novas tecnologias para alcançar maiores índices de qualidade e eficiência. Na busca por produtos finais mais competitivos e rentáveis, como por exemplo, ácidos orgânicos e plásticos biodegradáveis, o setor industrial vem sendo compelido a incorporar inovações tecnológicas, desenvolvimentos de novos sistemas produtivos e de equipamentos para processos que protejam o meio ambiente e gerem menor quantidade de poluentes (CORDOBA, 2001).

Os ácidos orgânicos são compostos importantes para a indústria de transformação, principalmente a química, farmacêutica e de alimentos (BORGES, 2011). Uma das grandes aplicações de ácidos orgânicos é a sua utilização como intermediário na produção de bioplásticos.

A maior parte dos ácidos orgânicos são produtos naturais de microrganismos ou, no mínimo, intermediários naturais nas principais vias metabólicas. Por causa de seus grupos funcionais, esses ácidos são extremamente úteis como matérias-primas para a indústria química. É interessante notar que, para muitos ácidos orgânicos o mercado atual é pequeno, mas um processo de produção econômico poderá criar novos mercados, fornecendo novas oportunidades para a indústria química. Por exemplo, os ácidos succínico, fumárico e málico poderiam substituir o anidrido maléico, um *commodity* derivado do petróleo.

O ácido butanodióico, conhecido como ácido succínico, é um ácido dicarboxílico produzido como um intermediário do ciclo dos ácidos tricarboxílicos (TCA), ou como produto principal da fermentação anaeróbica por alguns microrganismos (LEE *et al.*, 2000), constituindo-se em um metabólito comum produzido por plantas, animais e microrganismos (ZEIKUS *et al.*, 1999).

Sua estrutura química, apresentada na Figura 1, é representada por $C_4H_6O_4$.

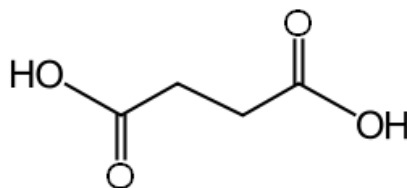


Figura 1. Estrutura química do ácido succínico (Fonte: Elaboração própria, 2013)

Após a primeira purificação do ácido succínico a partir do âmbar por Georgius Agricola em 1546, ele tem sido produzido por fermentação microbiana para o uso nas indústrias agrícolas, alimentícia e farmacêutica (ZEIKUS *et al.*, 1999). Atualmente, a maior parte do ácido succínico disponível comercialmente é produzida por processo químico, no qual o gás liquefeito de petróleo (GLP) - ou o petróleo – é usado como material de partida (SONG & LEE, 2006).

Segundo o Departamento de Energia dos EUA (DOE) e a Comissão Européia, o ácido succínico têm sido apontado como o ácido orgânico de maior potencialidade acerca de uma variedade de aplicações industriais. O mercado para este ácido é de aproximadamente 20.000 – 30.000 toneladas por ano, considerando a sua produção por rota química, a partir do anidrido maléico (KIDWELL, 2008). Compostos que apresentam uma ampla aplicação industrial, a partir dos quais se obtém uma série de subprodutos, estão inseridos no conceito de “blocos de construção”, os quais constituem a base para o fornecimento de uma série de substâncias intermediárias e produtos finais, importantes na indústria química, principalmente de biopolímeros a partir de succinato (DELHOMME *et al.*, 2009; WERPYPY *et al.*, 2004, MCKINLAY *et al.*, 2007; ZEIKUS *et al.*, 1999; SONG & LEE, 2005).

A Figura 2 apresenta o ácido succínico como precursor de muitos produtos químicos importantes industrialmente (SONG & LEE, 2006).

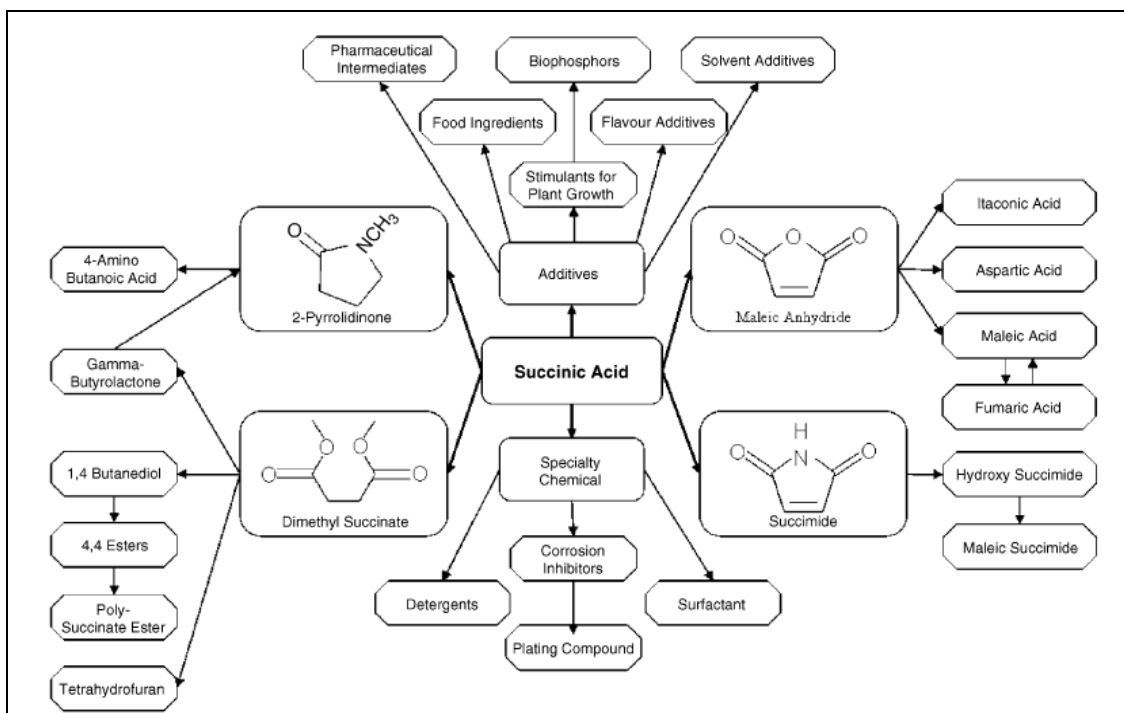


Figura 2. Vários produtos e substâncias químicas que podem ser sintetizados a partir do ácido succínico. (Fonte: SONG & LEE, 2006)

Ainda cabe ressaltar que o ácido succínico, por exemplo, pode substituir mais de 250 produtos químicos derivados do benzeno, que é conhecidamente carcinogênico por todas as rotas de exposição (KERMANSHAHI *et al.*, 2005). Somado a sua importância como bloco de construção para o segmento industrial, uma vantagem adicional desta substância química reside na sua produção por fermentação, a qual ocorre com consumo de CO₂, fornecendo uma alternativa interessante para o problema de seqüestro do carbono (VAN DER WERF & GUETLER, 1997).

Dessa forma, a proposta deste trabalho é realizar o mapeamento tecnológico no contexto brasileiro, por meio da análise de patentes, da produção do ácido succínico produzido por rota biotecnológica a partir de resíduos lignocelulósicos. O interesse pelo objeto de estudo se deve, principalmente, a vasta aplicação deste produto químico na indústria de transformação e o aproveitamento dos resíduos agroindustriais nesta cadeia de produção com base no conceito de biorrefinaria.

3. Objetivo

O presente trabalho tem por objetivo realizar uma análise, utilizando indicadores de patentes depositadas no Brasil, da produção biotecnológica do ácido succínico a partir de resíduos lignocelulósicos.

4. Metodologia

4.1 Uso de Patentes como Indicadores Tecnológicos

As estatísticas de patentes estão sendo cada vez mais reconhecidas como indicadores úteis da atividade inventiva e de fluxos de tecnologia, pois funcionam como incentivo a uma contínua renovação tecnológica. As patentes são uma fonte de informação única, pois contém informações públicas e detalhadas sobre invenções que podem ser comparadas a outros indicadores e prover *insights* sobre a evolução da tecnologia (WIPO, 2006).

Dentre as vantagens da análise de patentes, pode-se destacar a padronização e estruturação das informações em diferentes depósitos no mundo. As patentes depositadas em cerca de 70 países são classificadas detalhadamente segundo a Classificação Internacional de Patentes (CIP), que agrupa patentes em 8 seções, 21 subseções, 120 classes e 628 subclasses (MARTINS, 2008). A Classificação Internacional de Patentes apresenta como vantagens: ser uma ferramenta homogênea de busca e recuperação de documentos de patente em diversos países; dispor, de forma organizada, os documentos de patente, a fim de facilitar o acesso às informações tecnológicas e legais contidas nesses documentos; além de servir como base para investigar o estado da técnica em determinados campos da tecnologia (WINTER, 2010). Dessa forma, o levantamento de indicadores torna-se mais fácil e confiável (DE MARTINO, 2009).

Em resumo, a análise de patentes é baseada no pressuposto de que o aumento do interesse por novas tecnologias se refletirá no aumento da atividade de P&D e que isso, por sua vez, se refletirá no aumento de depósito de patentes. Assim, presume-se que se podem identificar novas tecnologias pela análise dos padrões de patentes em determinados campos. Os resultados são muitas vezes apresentados de forma quantificada, mas seu uso no processo decisório tem por base uma avaliação qualitativa (CGEE, 2010).

4.2 Busca de Dados

O presente trabalho consistiu da realização de um estudo para monitoramento tecnológico, em território brasileiro, da produção biotecnológica do ácido succínico, por meio de indicadores de patentes.

Para se realizar a análise da produção biotecnológica do ácido succínico a partir de resíduos lignocelulósicos foram utilizados indicadores de patentes depositadas em território brasileiro. Para

isso, foram definidos alguns critérios para se obter o detalhamento da estratégia e abrangência da busca, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Determinação de critérios para estratégia e abrangência da busca

Bases de dados utilizadas	Estratégia de busca
<i>Base de Patentes (Derwent Innovations Index)</i>	<i>CIP + palavras-chaves</i>
Tipo de monitoramento	Identificar
<i>Nacional</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Evolução temporal da tecnologia</i> ✓ <i>Principais titulares no Brasil</i>
Período	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Origem da tecnologia (País de Prioridade)</i> ✓ <i>Pedidos de residentes brasileiros</i>
<i>1980-2010</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Principais mercados protegidos para a produção do ácido bio-succínico (além do Brasil)</i>

Fonte: Elaboração própria (2013).

Conforme apresentado na Tabela 1, foi realizado um mapeamento tecnológico quantitativo e qualitativo, por meio de indicadores de patentes, da produção fermentativa de ácido succínico no Brasil, para o período selecionado entre 1980–2010.

A estratégia de busca adotada no presente trabalho foi a delimitação da área de pesquisa específica, através da Classificação Internacional de Patentes (CIP), mais o uso de palavras-chaves no campo tópico, que engloba o título e o resumo dos pedidos de patentes levantados.

A classe/subclasse C12P refere-se a processos de fermentação ou processos que utilizem enzimas para sintetizar uma composição ou composto químico desejado ou para separar isômeros ópticos de uma mistura racêmica. As subseções da CIP que melhor se relacionam ao tema de busca, com o propósito de recuperar o maior número possível de documentos relevantes, estão apresentadas na Tabela 2 (INPI, 2011).

Tabela 2. Descrição das subseções da CIP relacionadas ao tema de busca

Subseções	Descrição
C12P 7/00	Preparação de compostos orgânicos contendo oxigênio
C12P 7/40.	Contendo um grupo carboxila
C12P 7/44..	Ácidos policarboxílicos
C12P 7/46...	Ácidos dicarboxílicos tendo quatro ou menos átomos de carbono, por ex., ácido fumárico, ácido maléico

Fonte: INPI, 2011.

Dessa forma, a estratégia de busca utilizada contemplou o uso de sinônimos do termo “ácido succínico” e CIPs pertinentes a área de interesse, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Estratégia de busca utilizando a base de dados do Derwent Innovation Index

Escopo da busca						
Palavras-chaves/CIP	Estratégias					
	1	2	3	4	5	6
dicarboxylic	X		X	X		
butanedioic	X	X	X	X	X	
succin* (succinic/succinate)	X	X	X	X	X	
C12P 7/46		X	X	X	X	X
C12P 7/40				X	X	
C12P 7/44				X	X	
Total	74.720	229	255	484	337	425

Fonte: Elaboração própria (2013).

A estratégia de busca escolhida foi a “Estratégia 3” que utilizava as classificações C12P 7/46, C12P 7/40 e C12P 7/44 e os termos “succin*” e “butanedioic”. 337 famílias de patentes foram recuperadas na busca, organizadas e passaram por tratamento estatístico por meio do auxílio do software Vantage Point®. Deste montante, 6 documentos apresentavam o mesmo número de

prioridade e foram considerados replicatas, sendo desta forma, eliminados da análise estatística. Assim, o total de documentos analisados foram 331 famílias de pedidos de patentes.

O próximo passo foi identificar os documentos BR dentro do universo de 331 famílias de patentes resgatadas na busca descrita anteriormente. Para isso, foram selecionadas apenas as famílias de patentes que incluísse pelo menos um pedido de patente depositada no Brasil. Nesta seleção, foram identificados 39 documentos BR, que serão objetos da nossa análise a seguir.

5. Resultados e Discussão

Nesta etapa, foi realizada uma análise minuciosa dos 39 documentos BR. Para um melhor detalhamento foi criada uma nova classificação em três categorias conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Tipos de categorias para classificação dos documentos BR recuperados na busca no período entre 1980 e 2010

Categorias	Características
Produto principal	Patentes que demonstraram a produção ou purificação do ácido succínico e/ou succinato como produto principal.
Subproduto	Patentes que relatam a produção de outros produtos, tendo o ácido succínico e/ou succinato como subproduto do processo de fermentação.
Outros produtos	São as patentes que não possuem o foco na produção fermentativa do ácido succínico e/ou succinato. O ácido succínico e/ou succinato são utilizados durante o processo para a produção de outros produtos.

Fonte: Elaboração própria (2013).

Analisando as 39 famílias de patentes, pode-se verificar que 22 famílias de patentes são de fato para a produção ou purificação do ácido succínico e/ou succinato, 10 famílias de patentes tratam do ácido succínico e/ou succinato como subproduto do processo de fermentação e 7 famílias de patentes utilizam o ácido succínico e/ou succinato para a produção de outros produtos, que não são do nosso interesse (Figura 3).

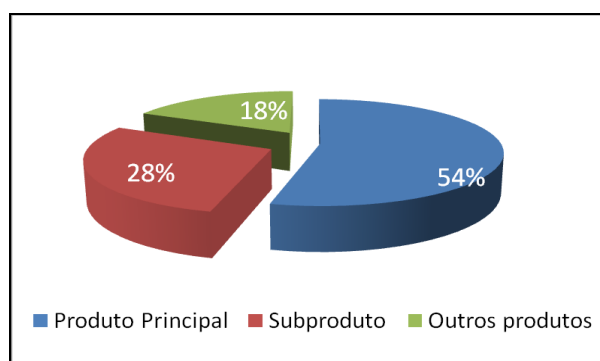


Figura 3. Tipos de categorias para classificação dos documentos BR analisados na busca, utilizando o banco de patentes Derwent Innovations Index, no período entre 1980 e 2010 (Fonte: Elaboração própria, 2013)

Na maioria dos documentos associados como “subproduto”, o ácido succínico aparece como subproduto da fermentação para a produção de etanol. Em algumas poucas famílias de patentes, o ácido succínico também é um subproduto da fermentação para a produção de ácido málico, 1,2-propanodiol e ácido láctico.

Na classificação “outros produtos”, as famílias de patentes em geral possuem o foco na produção de ésteres, alcoóis, ácidos cianocarboxílicos, aminas e succimidas. Um dos documentos, no entanto, fazia menção à produção de ácidos, antibióticos, proteínas de interesse industrial ou terapêuticas de forma genérica.

Como o principal tópico é o detalhamento dos documentos que têm como foco a produção e/ou purificação de ácido succínico como produto principal, somente as 22 famílias de patentes classificadas como “produto principal” serão consideradas na análise do presente trabalho.

A primeira análise contemplou a evolução das 22 famílias de patentes depositadas no Brasil, entre 1980 e 2010, recuperadas na busca utilizando o banco de patentes Derwent Innovations Index, conforme é mostrado na Figura 4.

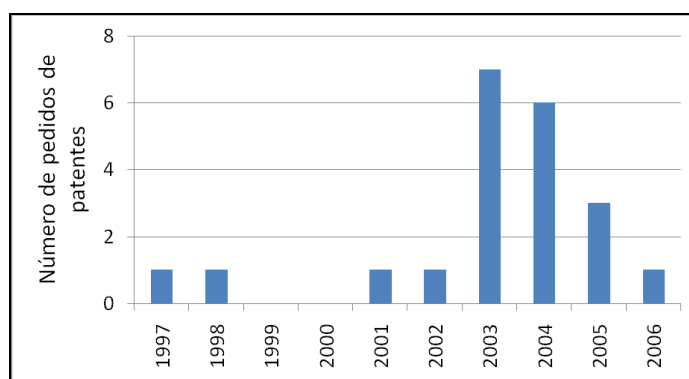


Figura 4. Evolução dos documentos BR analisados na busca, utilizando o banco de patentes Derwent Innovations Index, no período entre 1980 e 2010 (Fonte: Elaboração própria, 2013)

Observando a Figura 4, é possível perceber um crescimento no número de depósito de patentes relacionadas à produção do ácido bio-succínico a partir de 2003.

As hipóteses para explicar este fato só poderão ser construídas a partir da análise dos principais países depositantes que são, por consequência, os detentores do conhecimento e da tecnologia investigada. Sendo assim, a Figura 5 apresenta os países depositantes das 22 famílias de patentes depositadas no Brasil, entre 1980 e 2010, recuperadas na busca utilizando o banco de patentes Derwent Innovations Index.

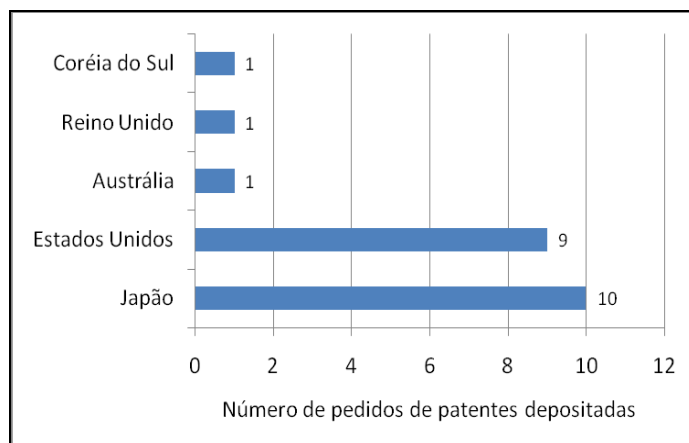


Figura 5. Países depositantes dos documentos BR analisados na busca, utilizando o banco de patentes Derwent Innovations Index, no período entre 1980 e 2010 (Fonte: Elaboração própria, 2013)

Para se verificar a origem da tecnologia é utilizado o país onde ocorre o primeiro depósito da patente, denominado pedido de prioridade. Para o caso das patentes depositadas no Brasil, foram identificados os países de prioridade das 22 famílias de patentes analisadas.

Por meio da Figura 5, é possível observar que, dentre os documentos analisados, não foram encontradas solicitações de residentes sobre a produção biotecnológica de ácido succínico no Brasil. Além disso, pode-se perceber que a origem da tecnologia de produção do ácido orgânico em questão está centralizada nos Estados Unidos e no Japão.

Então, há de se pensar que a evolução de depósitos de patentes, apresentada na Figura 4, com prioridade principalmente japonesa e americana, como mostra a Figura 5, se deve, possivelmente, à vocação agrícola e abundância de matérias-primas renováveis encontradas no Brasil.

Somado ao fator descrito acima, o pouco conhecimento dos residentes brasileiros sobre proteção da propriedade intelectual e o complexo processo de integração universidade-empresa no país – que prejudica a produção e viabilidade comercial de produtos – podem tornar o mercado

brasileiro ainda mais atrativo aos interesses estrangeiros. Segundo MÜLLER e CARMINATTI (2003), a cultura brasileira ainda está fortemente ligada à produção científica em detrimento do patenteamento, decorrente, principalmente, da falta de informações em relação à propriedade industrial da comunidade científica.

Além disso, o fato do Brasil ser pouco competitivo no campo da biotecnologia e conhecido importador de produtos com alto valor agregado também pode justificar o interesse americano e japonês nesses setores específicos.

Embora os EUA detenham o maior quantitativo de pedidos de patentes nessa área, as principais empresas depositantes de pedidos no Brasil são as japonesas Mitsubishi Chemical e Ajinomoto Co., como mostra a Figura 6.

A Figura 6 apresenta as principais instituições depositantes das 22 famílias de patentes depositadas no Brasil, entre 1980 e 2010.

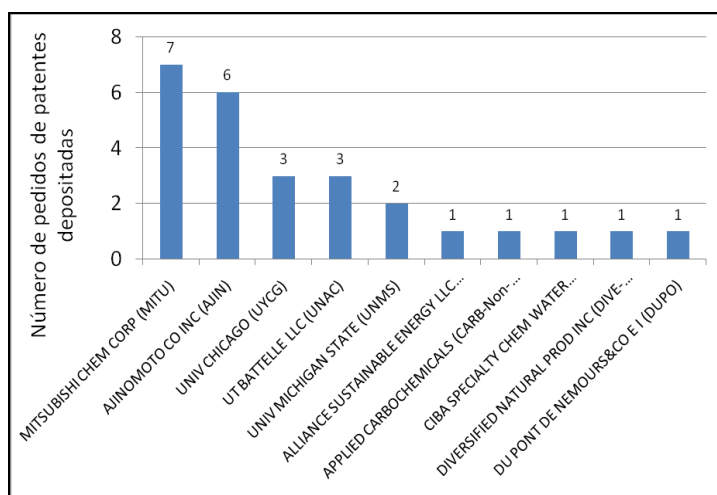


Figura 6. Instituições depositantes dos documentos BR analisados na busca, utilizando o banco de patentes Derwent Innovations Index, no período entre 1980 e 2010 (Fonte: Elaboração própria, 2013)

A Mitsubishi Chemical Corporation apresenta sua plataforma de tecnologia baseada em química com foco no desenvolvimento de uma ampla gama de tecnologias e produtos nas áreas de produtos de performance, cuidados de saúde e materiais industriais. Possui interesse na produção de ácidos orgânicos, como o ácido acrílico e seu éster. Polímeros super absorventes usados em fraldas descartáveis e outros produtos são a principal aplicação para o ácido acrílico glacial, enquanto que o éster de ácido acrílico é utilizado como matéria-prima em produtos tais como tintas e materiais adesivos. No segmento petroquímico, o Grupo já produz, utilizando tecnologias próprias, uma grande variedade de produtos químicos pertencentes ao grupo C4 – incluindo 1,4-butanodiol (1,4-BG), tetrahidrofurano (THF) e anidrido maleico. Destaca-se o processo de co-produção do 1,4-

BG/THF, cuja tecnologia está sendo exportada para o exterior (http://www.m-kagaku.co.jp/english/corporate/013_001.html).

Ajinomoto Co. é uma empresa japonesa que produz alimentos, óleos de cozinha e remédios. Atualmente, produz cerca de 33% do glutamato monossódico mundial. A empresa está ativa em 23 países. No Brasil, atua desde 1956, através de uma joint venture formada com a Nissin Food Products Corporation Limited, chamada de Nissin-Ajinomoto Alimentos. Têm algumas instalações no estado de São Paulo, com indústrias nos municípios de Pederneiras, Limeira, Laranjal Paulista e Valparaíso (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ajinomoto>). Nos diversos documentos de patentes analisados, a Ajinomoto Co. constava como co-titular ao lado da Mistubishi Chemical Corporation, mostrando que as empresas são parceiras em vários projetos de pesquisa sobre a produção biotecnológica do ácido succínico.

A Figura 7 apresenta os principais países onde foram depositadas as 22 famílias de patentes, além do Brasil, entre 1980 e 2010.

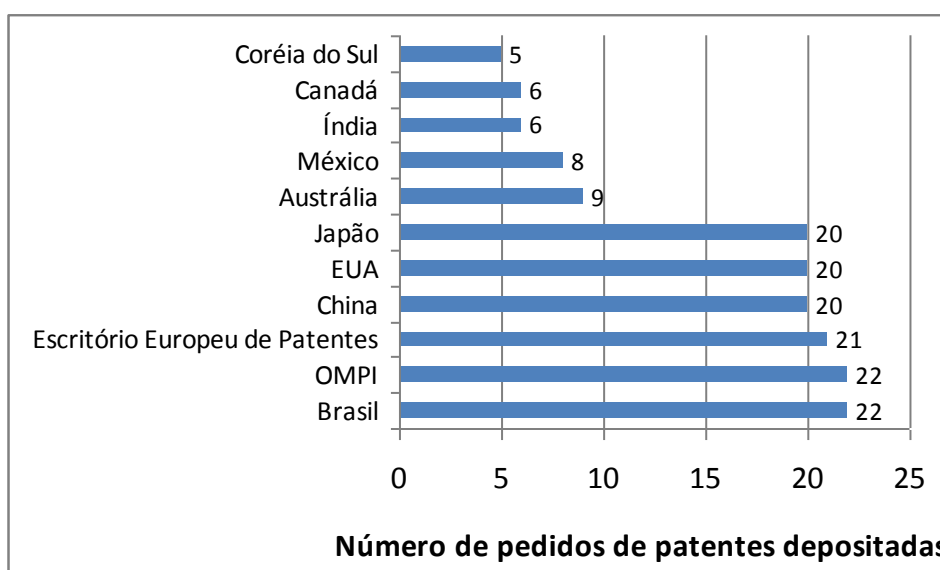


Figura 7. Principais países onde foram depositados os documentos BR analisados na busca, no período entre 1980 e 2010 (Fonte: Elaboração própria, 2013)

Os principais mercados onde a tecnologia de produção de ácido succínico foi protegida foram União Européia, China, Estados Unidos e Japão, além do Brasil. Vale destacar que os Estados Unidos e o Japão são os principais países detentores da tecnologia investigada. Além disso, a estratégia de estender a proteção da propriedade intelectual para a União Européia e China garante a exclusividade no direito de comercialização da patente nos mercados mais importantes do mundo.

De forma qualitativa, a Figura 8 contemplou a identificação dos diferentes tipos de processos envolvidos na produção e/ou purificação de ácido succínico como produto principal.

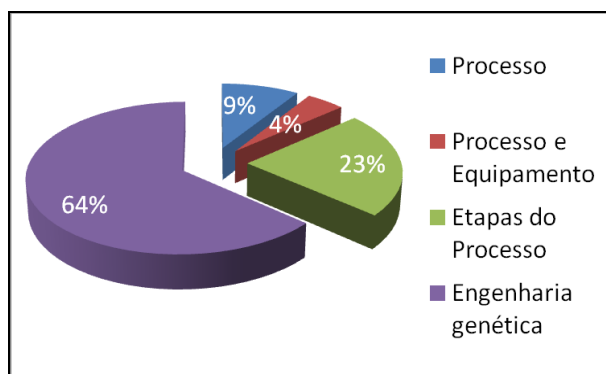


Figura 8. Diferentes tipos de processos identificados na produção e/ou purificação de ácido succínico como produto principal e descritos nos documentos de patentes BR recuperados na busca no período entre 1980 e 2010

(Fonte: Elaboração própria, 2013)

Pode-se perceber que, dentre os processos de produção de ácido succínico como produto principal, os procedimentos que fizeram uso de técnicas de “Engenharia Genética” estão em maioria. As 14 famílias de patentes descreviam diferentes tipos de intervenções, por meio de engenharia genética, nos microorganismos empregados na fermentação. Essas modificações genéticas realizadas nos microorganismos tinham como principal resultado alterar atividades de algumas enzimas, tais como acetato quinase lactato desidrogenase, fosfotransacetilase, piruvato oxidase, piruvato formato liase, piruvato carboxilase, fosfotransferase, piruvato desidrogenase e fosfoenolpiruvato carboxilase, dentre outras. Segundo os documentos consultados, com a alteração de algumas atividades enzimáticas previamente selecionadas, tornou-se possível elevar a concentração de ácido succínico produzido e produzir pouco ou nenhum outro ácido orgânico (ou outro subproduto) em condições anaeróbicas.

Os 5 documentos classificados no grupo “Etapas do Processo” envolviam a descrição dos processos de recuperação, a partir do líquido de fermentação, e purificação do ácido succínico ou seu sal.

Os grupos “Processo” e “Processo ou Equipamento” compreendiam 3 famílias de patentes no total que estão relacionadas as melhorias das condições do processo de produção do ácido succínico. O documento BR9815652-A tratava da adição de uma base ao caldo de fermentação para manter o pH neutro convenientemente para produção de ácido succínico. Ao final do processo, fontes de íons sulfato e de íons amônio eram adicionadas ao succinato (produzido na fermentação) em um cristalizador para produção de ácido succínico cristalino e sulfato de amônio. Por outro lado, o documento BR200612944-A2 se referia ao emprego de amoníaco na etapa de pré-tratamento da

biomassa com alto teor de sólidos. Já no grupo “Processo ou Equipamento”, o documento BR200707027-A2 reivindicava o uso de um aparato de fermentação contínua contendo tanque de fermentação e membrana de separação.

Posteriormente, foram avaliadas as fontes de carbono empregadas como substrato no processo fermentativo nos 17 documentos de patentes distribuídos nos grupos “Engenharia Genética”, “Processo” e “Processo ou Equipamento” (Figura 9). As famílias de patentes classificadas no grupo “Etapas do Processo” foram excluídas dessa análise, por terem como objetivo a descrição dos processos de recuperação do ácido succínico e não sua produção.

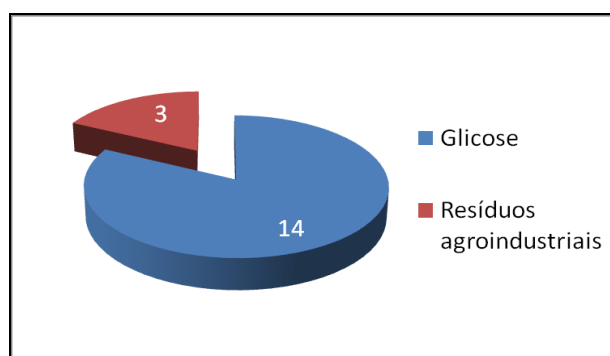


Figura 9. Fontes de Carbono utilizadas na produção de ácido succínico e descritas nos documentos de patentes BR recuperados na busca no período entre 1980 e 2010(Fonte: Elaboração própria, 2013)

Por meio da Figura 9, é possível identificar que a maior parte dos 17 documentos analisados utilizava glicose com substrato do processo fermentativo. Apenas 3 documentos de patentes (BR200215933-A, BR200418799-A e BR200612944-A2) descreviam o uso de resíduos agroindustriais – milho, bagaço de cana de açúcar, palha de arroz, serragem, trigo e cevada – como fonte de carbono para o processo de produção de ácido succínico. Isso pode ser explicado pelos entraves no emprego da biomassa nas etapas de hidrólise e fermentação, além dos possíveis gargalos para escalar o processo.

6. Conclusão

Sabe-se que o Brasil possui vocação agrícola e dispõe de matérias-primas renováveis que podem ser empregadas tanto na produção do ácido succínico e de outros importantes intermediários químicos. Porém, não foi isso o observado na análise das 22 famílias de patentes, com pelo menos um depósito no Brasil entre 1980 e 2010, sobre a produção a produção biotecnológica do ácido succínico.

A análise dos documentos de patentes BR identificou, dentre outros aspectos, ausência de pedidos de residentes brasileiros, no cenário nacional, e o significativo número de depósitos de

patentes BR com prioridade principalmente japonesa e americana. Fatores como o pouco conhecimento dos residentes brasileiros sobre proteção da propriedade intelectual e o complexo processo de integração universidade-empresa no país – que prejudica a produção e viabilidade comercial de produtos – podem ajudar a justificar o cenário descrito acima. Além disso, o fato do Brasil apresentar alta disponibilidade de recursos naturais, ser pouco competitivo no campo da biotecnologia e conhecido importador de produtos com alto valor agregado também pode justificar o interesse americano e japonês nesses setores específicos.

Dentre os processos de produção de ácido succínico investigados, os procedimentos que fizeram uso de técnicas de “Engenharia Genética” estavam em maioria. Com a alteração de algumas atividades enzimáticas, empregando técnicas de modificação genética, tornou-se possível elevar a concentração de ácido succínico e produzir pouco ou nenhum outro subproduto, tornando esses processos de produção mais competitivos frente as demais estratégias investigadas.

Por fim, apenas 3 documentos descreviam o uso de resíduos agroindustriais como fonte de carbono para o processo de produção de ácido succínico. Isso pode ser explicado pelos entraves no emprego da biomassa nas etapas de hidrólise e fermentação, além dos possíveis gargalos para escalonar o processo.

7. Referências Bibliográficas

BORGES, E. R. **Desenvolvimento de um Processo Biotecnológico para Produção de Ácido Succínico por *Actinobacillus succinogenes***. 2011. 204 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, EQ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CGEE (2010) **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**. Disponível em: http://www.cgee.org.br/prospeccao/index.php?operacao=Exibir&serv=textos/topicos/texto_exib&tt_o_id=4&tex_id=1 Acesso em fev. 2010.

CORDOBA, P. G. Modernos Conceitos do Tratamento de Caldo. **Jornal Cana**, Série II, Ano VIII, n. 91, p. 37. 2001

DECHEMA, E. V. White biotechnology: opportunities for Germany. **Position Paper of DecHEMA e.V. Frankfurt**. 2004.

DELHOMME *et al.* Succin acid from renewable resources as a C4 building-block chemical a review of the catalytic possibilities in aqueous media. **Green Chem.** 11, p. 13-26. 2009

DE MARTINO, R. N. **Prospecção Tecnológica e Identificação de especialistas Através da Mineração de Dados da Produção Científica**. 2009. 139 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GUETTLER *et al.* *Actinobacillus succinogenes* sp. Nov., a novel succinic acid producing strain from the bovine rumen. **Int. J. Syst. Bacteriol.** 49: p. 207-216. 1996

HATTY & KAUL, R. Industrial biotechnology for the production of bio-based chemicals – a cradle-to-grave perspective. **Trends Biotechnology**, v. 25, p. 119 -124. 2007.

<http://www.m-kagaku.co.jp/english/corporate/013_001.html>. Acesso em: 14 jun.2013

<<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ajinomoto>>. Acesso em: 14 jun.2013

INPI (2011) Disponível em <http://pesquisa.inpi.gov.br/ipc/index.php?symbol=C12P>. Acesso em maio 2011.

KERMANSHAHI *et al.* Biodegradation of petroleum hydrocarbons in an immobilized cell airlift bioreactor. **Water Research**, v. 39, p. 3704-3714. 2005

KIDWELL, H. **Bio-succinic acid to go commercial**. 2008.

LEE, P. C.; LEE, S. Y.; HONG, S. H.; CHANG, H. N.; LEE, W. G.; KWON, S. Batch and continuous cultivation of *Anaerobiospirillum succiniciproducens* for the production of succinic acid from whey. **Appl Environ Microbiol**, v. 54, p. 23 – 27. 2000

MARTINS, C. J. M. **Aplicação de ferramentas computacionais para prospecção tecnológica por mineração de dados não-estruturados sobre patentes industriais em idioma inglês**. 2008. Dissertação (Mestrado). Programa de Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MCKINLAY, *et al.* Insights into *Actinobacillus succinogenes* fermentative metabolism in a chemically defined growth medium. **Appl. Environ. Microbiol.**, 71: 11, 6651. 2007

SONG, H.; LEE, S. Y. Production of succinic acid by bacterial fermentation. **Enzyme and Microbial Technology**, 39: 352-361. 2006

WERPY, T.; PETERSEN, G. EDS. **Top value added chemicals from biomass, US department of Energy**. 2004. Disponível em: <http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/35523.pdf>. Acessado em: mar de 2010.

WINTER, E. Notas de aula da disciplina “O uso de indicadores científicos e tecnológicos” ministrada de 08/06/2010 a 14/07/2010 no Mestrado Profissional em Propriedade Intelectual e Inovação do INPI. 2010

WIPO. **WIPO patent report: statistics on worldwide patent activities**. 2006. Geneve, World Intellectual Property Organization.

VAN DER WERF *et al.* Environmental and physiological factors affecting the succinate product ratio during carbohydrate fermentation by *Actinobacillus* sp. 130Z. **Arch Microbiol.**, 167: 332-342. 1997.

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

Recebido: 10/10/2013

Aprovado: 04/12/2013

