

ELABORAÇÃO DE ROADMAP TECNOLÓGICO PARA A PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE VINHAÇA

Fernanda Cardoso*¹; José Vitor Bomtempo²; Suzana Borschiver³

^{1 2 3} Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Rec.: 07.07.2017. Ace.: 06.09.2017

RESUMO

O *Roadmap* Tecnológico da produção de biogás a partir da vinhaça apresenta visualmente o estado da arte do setor no ambiente internacional e pode ser utilizado para explorar a dinâmica das tecnologias emergentes, auxiliando na identificação, seleção e desenvolvimento de tecnologias alternativas para satisfazerem esses mercados. Alguns resultados podem ser destacados, tais como os players do setor serem majoritariamente chineses. Isto aponta para o grande investimento da China em P&D nesta tecnologia em comparação ao resto do mundo, apesar do ínfimo número de patentes depositadas em países estrangeiros. As companhias multinacionais levantadas no *Roadmap* são especializadas em áreas não relacionadas e não são conhecidas pela produção de biogás, como a General Electric, Shell e Texaco. Estes *players*, dentre outros, apareceram em múltiplos períodos temporais no documento, elucidando possíveis estratégias de longo prazo. Foi possível observar que os parâmetros do processo são um driver crucial para a viabilidade do processo.

Palavras-chave: Roadmap Tecnológico. Biogás. Vinhaça.

ELABORATION OF TECHNOLOGY ROADMAP OF THE BIOGAS PRODUCTION FROM VINASSE

ABSTRACT

The Technology Roadmap for the production of biogas from vinasse presents a visual look to the sector's state of art in the international environment and can be used to explore the dynamics of emergent technologies, helping in the identification, selection and development of alternative technologies to satisfy the markets. A few results can be highlighted, such as the majority of Chinese players in the sector. This information points to the great investment of China in R&D in this technology in comparison to the rest of the world. The multinational companies that appeared in the Roadmap are specialized in nonrelated areas and are not known for biogas production, such as General Electric, Shell and Texaco. These players, among others, appeared in multiple time periods in the document, elucidating possible long term strategies. It was possible to observe that process parameters is a crucial driver for the process' viability.

Keywords: Technology Roadmap. Biogas. Vinasse.

Área tecnológica: Inovação, Prospecção Tecnológica e Desenvolvimento.

* Autor para correspondência: fefecardoso2003@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as variações do preço do petróleo e a crescente demanda energética mundial intensificaram a busca por fontes alternativas de energia (FUESS; GARCIA, 2015). As mudanças climáticas, ocasionadas principalmente pelo aumento da emissão de Gases causadores do Efeito Estufa (GEE) e da utilização de combustíveis de origem fóssil, levaram a um interesse significativo em combustíveis e produtos químicos produzidos a partir de matérias-primas renováveis. Os combustíveis derivados de biomassa estão sendo promovidos como fontes de energia de baixa emissão de carbono e com potencial de reduzir a dependência em combustíveis fósseis (SHARMA, 2015).

A vinhaça é o principal resíduo líquido da produção de bebidas alcoólicas e de etanol combustível a partir de biomassa açucarada, amilácea ou celulósica, contendo uma elevada demanda química de oxigênio em adição a sua acidez e característica corrosiva. Segundo o BNDES e CGEE (2008), para cada litro de etanol são gerados treze litros de vinhaça, porém este valor pode chegar até 20 litros dependendo da matéria-prima e do nível tecnológico utilizado no processo de fermentação (WILKIE, 2008). O vinhoto é utilizado historicamente na ferti-irrigação do solo e comprovadamente traz benefícios, como a elevação do pH do solo, aumento da disponibilidade e imobilização de certos nutrientes e aumento da população microbiana. Embora este processo se mostre interessante no ponto de vista econômico, sua aplicação direta ao solo deve seguir critérios técnicos rígidos, tendo em vista seu potencial poluidor e contaminante do efluente. Os principais problemas identificados são a salinização do meio e contaminação do lençol freático (BNDES; CGEE, 2008).

Os nutrientes encontrados na vinhaça se apresentam de maneira diretamente biodisponível, porém podem apresentar substâncias como proteínas e íons sulfato que, em elevadas concentrações, levam à inibição do processo de digestão anaeróbica (GARCIA, 2012).

Uma das tecnologias ligadas à geração de biocombustíveis e à destinação mais apropriadas para os resíduos orgânicos é a digestão anaeróbica, que produz fertilizante orgânico e biogás, que se trata de um biocombustível gasoso rico em metano. O processo de produção de biogás é promovido como uma fonte energética renovável e com potencial de reduzir a dependência por combustíveis fósseis, já que o biogás pode sofrer upgrade e ser inserido na rede de gás natural, convertido em energia térmica e elétrica e como biocombustível veicular (JUTTEL, 2011). Esta pesquisa prioriza a elaboração de um *Roadmap* Tecnológico relacionado à produção de biogás a partir de vinhaça.

Para compreender o estado da arte das tecnologias envolvidas neste setor, as áreas que mais carecem de pesquisa e quais são mais exploradas é necessário um estudo de Prospecção Tecnológica. Com isso, é possível identificar janelas de oportunidade e estudar os melhores focos para alocação de investimentos (BORSCHIVER; LEMOS, 2016).

Recentemente a Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia com foco no planejamento do setor energético, reconheceu o potencial energético do biogás na matriz brasileira em reunião com a Associação Brasileira de Biogás e Metano (ABiogás), organização que objetiva congrega os interesses dos vários players do setor. Foi vislumbrada a possibilidade de mapear as principais fontes de matéria-prima, suas localidades e a distância das redes de energia elétrica e de gás natural. Desta forma, a bioenergia e/ou biometano gerado a partir do biogás poderia ser aproveitado em uma infraestrutura e tecnologia já consolidada, solucionando potenciais problemas de logística e transporte (RODRIGUES, 2017).

Isto é indicativo do potencial estratégico do biogás para a segurança energética do Brasil e, portanto, a visualização do comportamento do mercado mundial frente a essa tecnologia e os principais players envolvidos em diferentes faixas temporais permite aos órgãos nacionais

CARDOSO, F.; BOMTEMPO, J. V.; BORSCHIVER, S. Elaboração de *roadmap* tecnológico para a produção de biogás a partir de vinhaça.

direcionarem projetos futuros nessa área, identificar janelas de oportunidade e avaliar possíveis parcerias para atingirem seus objetivos.

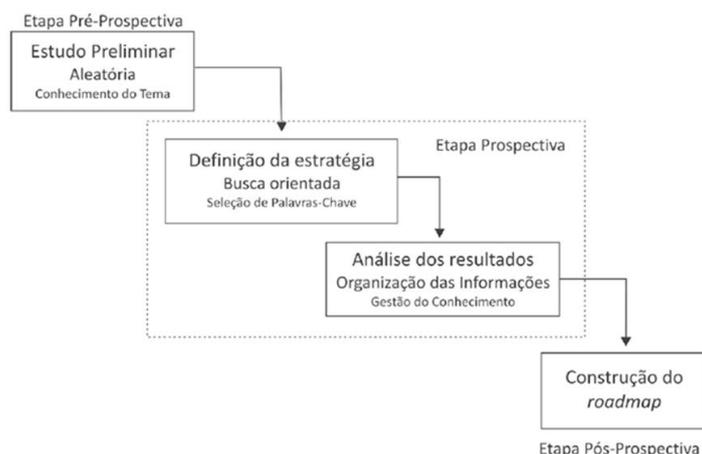
O *Roadmap* Tecnológico é um documento visual, em forma de mapa, que reconhece os principais *players* envolvidos e os parâmetros chave do mercado, produto e tecnologia ao longo do tempo, atuando como uma ferramenta prospectiva e de tomada de decisão. Descreve de maneira clara as conexões entre tarefas e prioridades para ação de curto, médio e longo prazo, apresentando um roteiro que conecta tecnologia, produto e mercado em elevados níveis de abstração (BORSCHIVER; LEMOS, 2016).

O tema se destaca por sua interdisciplinaridade, envolvendo os setores de Gerenciamento de Resíduos, Energias Renováveis e Geração de Fertilizantes Orgânicos. Estas áreas são interessantes para o setor estratégico do Brasil e, portanto, a visualização do comportamento do mercado mundial frente a essa tecnologia e os principais *players* envolvidos em diferentes faixas temporais permite aos órgãos nacionais direcionarem projetos futuros nessa área, identificar janelas de oportunidade e avaliar possíveis parcerias para atingirem seus objetivos.

METODOLOGIA

O *Technology Roadmap* pode ser compreendido como uma representação organizada que inter-relaciona informações obtidas a partir do estudo de um tema específico. Para a sistematização dos procedimentos e garantia da obtenção do objetivo final, há a necessidade do estabelecimento de uma metodologia (BORSCHIVER; LEMOS, 2016). De maneira objetiva, a construção do *roadmap* se divide em três etapas principais, como esquematizado pela Figura 1.

Figura 1 – Metodologia para a elaboração do *roadmap* tecnológico.



Fonte: Borschiver; Lemos (2016).

A primeira etapa do processo é a Pré-Prospectiva, que se baseia na busca aleatória a respeito do assunto abordado para se obter uma visão geral do estado da arte. Nesta etapa, o conhecimento acerca do tema de produção de biogás e os resíduos agroindustriais foi adquirido e suas principais taxonomias podem ser desvendadas.

Durante a etapa Prospectiva, foi necessário realizar um levantamento de palavras-chave através de entrevistas com dois professores especialistas em biogás da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) para a seleção do resíduo agroindustrial a ser abordado e as palavras-chave a serem

CARDOSO, F.; BOMTEMPO, J. V.; BORSCHIVER, S. Elaboração de *roadmap* tecnológico para a produção de biogás a partir de vinhaça.

utilizadas durante a busca orientada. As entrevistas foram realizadas separadamente e o objetivo da pesquisa foi explicitado para ambos. A partir de uma lista de palavras-chaves pré-selecionadas, lhes foi solicitado que opinassem quanto a outras *keywords* mais utilizadas para os resíduos agroindustriais, bem como para a produção de biogás.

A matéria-prima a ser estudada foi selecionada a partir de uma busca estratégica em base de patentes combinando as palavras-chave da produção de biogás e de matérias-primas lignocelulósicas. Optou-se pelo uso das bases de patentes europeia (Espacenet) e americana (USPTO) por possuírem mais patentes relacionadas à produção de biogás no período de tempo de 01/01/2012 a 31/12/2016.

Com as palavras-chave e matéria-prima selecionada, foi possível realizar uma busca orientada em mídia digital, artigos e patentes depositadas e concedidas, que levantaram os documentos necessários para confecção do Technology Roadmap.

A concretização e maturidade das informações obtidas costumam ser alocadas em quatro períodos temporais, que têm atrelados a si um tipo de documento (BORSCHIVER; LEMOS, 2016).

- Estágio Atual (ano zero) – Neste período, encaixam-se as informações obtidas através de mídias especializadas, websites de empresas, organizações governamentais e não governamentais. Os conteúdos destes documentos são, obrigatoriamente, voltados para ações, tecnologias, parcerias e outros movimentos atuais.

As buscas por players diferentes e atuantes no setor de produção de biogás a partir da vinhaça foram realizadas em websites de busca e na plataforma da Biofuels Digest com as palavras-chave: “ethanol”, “bioethanol”, “etanol”, “vinasse”, “stillage”, “vinhaça” e “vinhoto” para o roadmap de digestão anaeróbica da vinhaça; combinadas a “biogás”, “biogas”, “metano”, “methane”, “biomethane” “anaerobic digestion” e “digestão anaeróbica”. Desta forma, os documentos encontrados em mídias digitais foram analisados e os players, selecionados.

- Curto Prazo – São analisadas patentes concedidas (do inglês, issued patents) que, em teoria, demonstram grau avançado de desenvolvimento tecnológico pelo detentor da patente. Esta conclusão baseia-se no fato de que se já houve proteção da patente, o objeto está mais próximo de sua fase comercial.

A busca de patentes concedidas foi realizada nas bases USPTO e Espacenet nos títulos e resumos.

Busca na base Espacenet:

- Período analisado: publicações entre 2012 e 2016;
- Palavras chave 1: (vinass* or stillag*) and (biogas or methanation or methane or (anaerobic and (ferment* or digest* or react*)))
- Palavras chave 2: (vinass* or stillag*) and ("bio gas" or biomethan* or methani* or "marsh gas")
- Palavras chave 3: (vinass* or stillag*) and (biogas or methanation or methane or (anaerobic and (ferment* or digest* or react*)))
- Palavras chave 4: ((distil* or waste* or residu*) and (ethanol or alcohol*)) and (methanation or methane or biomethan* or methani*)
- Palavras chave 5: ((distil* or waste* or residu*) and (ethanol or alcohol*)) and ("bio gas" or "marsh gas")

Foram analisadas até as primeiras 50 patentes de cada ano no período entre 2016 e 2012.

Busca na base USPTO:

- Período analisado: publicações entre 2012 e 2016;
 - Palavras chave 1: (((distil\$ OR waste\$) OR residu\$) AND (ethanol OR alcohol\$)) AND (((anaerobic AND ((react\$ OR ferment\$) OR digest\$)) OR biogas) OR methane))
 - Palavras chave 2: (((distil\$ OR waste\$) OR residu\$) AND (ethanol OR alcohol\$)) AND (((anaerobic AND ((react\$ OR ferment\$) OR digest\$)) OR biogas) OR methane
 - Foram analisadas todas as patentes de cada ano no período entre 2016 e 2012.
- Médio Prazo – São analisadas patentes solicitadas (do inglês, applied patents) que, apesar de demonstrarem um grau avançado do desenvolvimento da tecnologia pelo detentor da patente, como a proteção ainda está sob análise, possivelmente o objeto está mais distante de sua fase comercial.

A busca de patentes depositadas foi realizada nas bases USPTO e Espacenet nos títulos e resumos.

Busca na base Espacenet:

- Período analisado: publicações entre 2012 e 2016;
- Palavras chave 1: (vinass* or stillag*) and (biogas or methanation or methane or (anaerobic and (ferment* or digest* or react*)))
- Palavras chave 2: (vinass* or stillag*) and ("bio gas" or biomethan* or methani* or "marsh gas")
- Palavras chave 3: (vinass* or stillag*) and (biogas or methanation or methane or (anaerobic and (ferment* or digest* or react*)))
- Palavras chave 4: ((distil* or waste* or residu*) and (ethanol or alcohol*)) and (methanation or methane or biomethan* or methani*)
- Palavras chave 5: ((distil* or waste* or residu*) and (ethanol or alcohol*)) and ("bio gas" or "marsh gas")

Foram analisadas até as primeiras 50 patentes de cada ano no período entre 2016 e 2012.

Busca na base USPTO:

- Período analisado: publicações entre 2012 e 2016;
 - Palavras chave 1: (((distil\$ OR waste\$) OR residu\$) AND (ethanol OR alcohol\$)) AND (((anaerobic AND ((react\$ OR ferment\$) OR digest\$)) OR biogas) OR methane))
 - Palavras chave 2: (((distil\$ OR waste\$) OR residu\$) AND (ethanol OR alcohol\$)) AND (((anaerobic AND ((react\$ OR ferment\$) OR digest\$)) OR biogas) OR methane
 - Foram analisadas todas as patentes de cada ano no período entre 2016 e 2012.
- Longo Prazo – São analisados artigos científicos, que demonstram um alto grau inicial do desenvolvimento da tecnologia, uma vez que se encontram ainda em fase de estudo acadêmico. A base de dados utilizada para esta pesquisa em artigos foi a *Scopus* (www.scopus.com).
- Período analisado: publicações entre 2012 e 2016;
 - Tipos de documentos: Articles, Articles in press and reviews;

- Palavras chave: (distill* or vinasse* or stillag*) and (biogas or "bio gas" or "marsh gas" or biomethan* or methane or methanation or methani* or "anaerobic ferment*" or "anaerobic digest*" or "anaerobic react*")

Estas palavras chave foram selecionadas para que apenas os artigos relacionados especificamente à produção de gases a partir da digestão anaeróbia de vinhaça e resíduos líquidos da produção de álcool fossem levantados. Sabe-se que a digestão anaeróbia de resíduos pode gerar, majoritariamente, dois tipos de produtos gasosos: metano (componente do biogás) ou hidrogênio. Como o objetivo do trabalho é estudar a produção de biogás (metano), artigos relativos à obtenção de bio-hidrogênio ou que abordassem uma matéria-prima diferente da vinhaça foram excluídos durante a seleção de artigos.

A partir desta busca, os primeiros artigos obtidos por relevância foram selecionados para uma análise aprofundada até a obtenção de aproximadamente cinquenta artigos para a elaboração deste trabalho.

Após a pesquisa e coleta dos documentos, há a análise dos resultados obtidos e esquematização em base de dados para facilitar a posterior estruturação do *roadmap*. Geralmente, é utilizada a ferramenta computacional Microsoft Excel, parte do Pacote Office da Microsoft. A etapa de prospecção deve ser sistematizada para a extração da informação necessária (BORSCHIVER; LEMOS, 2016). A metodologia utilizada é segmentada em três níveis:

- Macro – Contempla informações imediatas do documento, como o título, ano, autor, origem do autor, etc.;
- Meso – Neste nível é necessária a leitura do resumo do documento de forma a extrair suas informações principais. Em seguida, são criadas taxonomias de forma a definir o assunto do documento e o seu agrupamento antes de passar para o nível seguinte de análise.
- Micro – Dentro de cada classe Meso podem-se extrair informações ainda mais detalhadas, que possibilitem a compreensão e caracterização mais aprofundada daquela taxonomia.

Cada camada, neste trabalho, se refere a uma taxonomia Meso, enquanto as subcamadas são as taxonomias Micro, como indicado pela Tabela 1.

Tabela 1 – Taxonomias Meso e Micro do *Roadmap*.

MESO	MICRO
Pré-tratamento	Biológico
	Químico
	Físico
Processo	Parâmetros do Processo
	Múltiplos Estágios
	Codigestão
Pós-Tratamento	Biogás
	Digestato
Produto	Fertilizante
	Biogás
	Bioenergia
	Outros Biocombustíveis
	Outros Bioprodutos
Insumos do Processo	Reator
	Equipamentos Acessórios
Matéria-Prima	Vinhaça de Produção de Etanol

CARDOSO, F.; BOMTEMPO, J. V.; BORSCHIVER, S. Elaboração de *roadmap* tecnológico para a produção de biogás a partir de vinhaça.

	Vinhaça da Cana-de-Açúcar
	Vinhaça de Mandioca
	Vinhaça de Milho
	Vinhaça de Trigo
	Outras Vinhaças

Fonte: Autoria própria.

Na última etapa, Pós-Prospectiva, as informações analisadas são organizadas em forma de mapa, destacando visualmente os aspectos mais relevantes do estudo, assim como a inter-relação entre as informações. O modelo adotado para este estudo é o genérico proposto por Phaal, que consiste em representação gráfica baseada no tempo e compreende um número de camadas e subcamadas que tipicamente incluem perspectivas comerciais e tecnológicas (LOPES Jr. et al, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

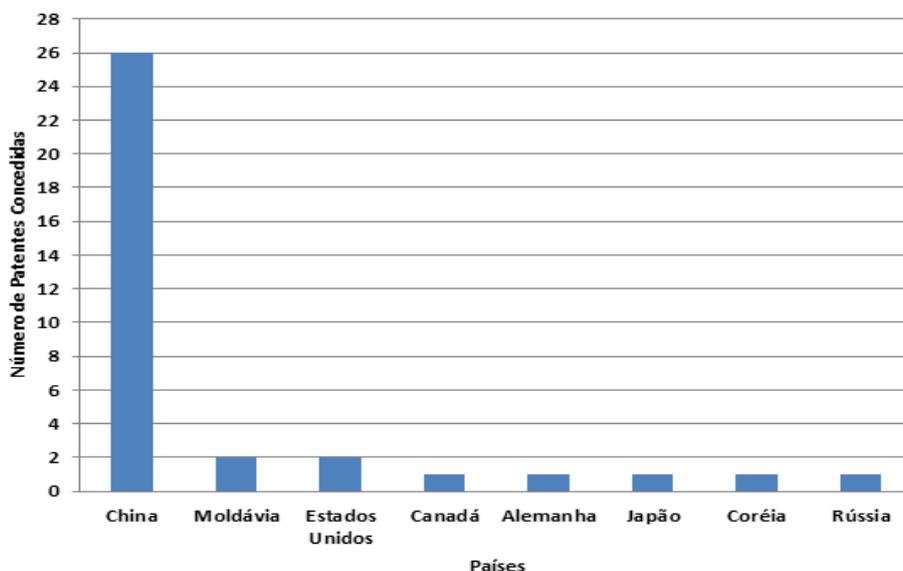
Foram realizadas análises Macro, Meso e Micro de cada um dos prazos temporais para se analisar as principais tendências. A Análise Macro abrange os países com mais documentos publicados e as universidades, centros de pesquisa e empresas relacionadas ao assunto.

A partir dos dados, pode-se concluir que as palavras-chave referentes à vinhaça correspondem a 13% dos resultados das buscas de patentes na base de dados europeia, indicando sua importância como matéria-prima agroindustrial para a produção de biogás.

A busca de patentes nas bases USPTO e ESPACENET e sua análise geraram 35 patentes concedidas e 50 patentes depositadas, enquanto as buscas na base de artigos SCOPUS gerou 50 documentos.

A análise Macro de artigos refere-se aos países onde estão sendo realizadas pesquisas científicas sobre o assunto abordado. O gráfico 1 apresenta os países que tiveram patentes concedidas analisadas e seus respectivos percentuais de ocorrência.

Gráfico 1 - Análise dos países de publicação das patentes concedidas.



Fonte: Próprio autor.

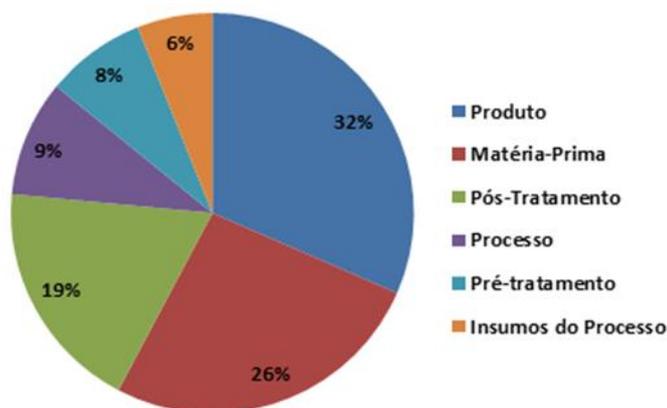
CARDOSO, F.; BOMTEMPO, J. V.; BORSCHIVER, S. Elaboração de *roadmap* tecnológico para a produção de biogás a partir de vinhaça.

A China foi o país que teve patentes depositadas e possui os principais atores relacionados ao tema abordado, totalizando participação em vinte e seis patentes analisadas. A Moldávia e os Estados Unidos possuem duas patentes, cada, enquanto outros países, como Canadá, Alemanha, Japão, Coreia do Sul e Rússia possuem uma.

Nas Análises Meso e Micro descritas pela Tabela 1, os documentos são categorizados de acordo com os aspectos mais relevantes em torno da produção de biogás a partir de resíduo lignocelulósico, mais especificamente a vinhaça. Estes aspectos foram devidamente identificados na etapa inicial do estudo (fase pré-prospectiva), cujo foco era apontar as grandes áreas de exploração científica do tema em questão.

Enquanto as taxonomias Meso definem o assunto do documento e os agrupam, as taxonomias Micro detalham as taxonomias Meso e possibilitam sua compreensão e caracterização aprofundada. A análise Meso de patentes depositadas está detalhada no gráfico 2.

Gráfico 2 - Análise Meso detalhando os desafios tecnológicos das patentes depositadas.

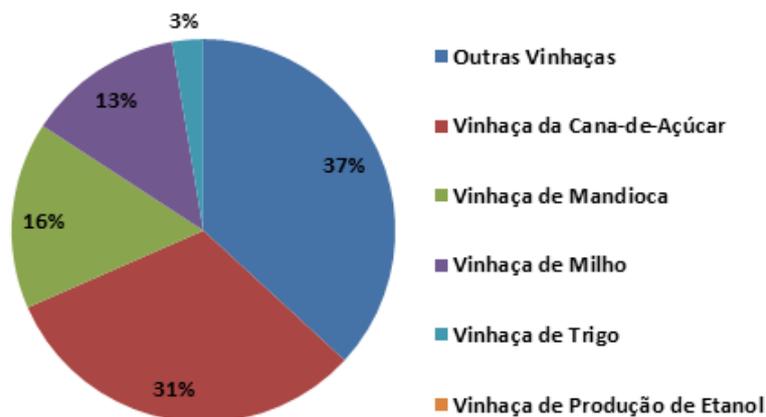


Fonte: Derivado de estudo.

A taxonomia "Produto" é a mais abordada nas Patentes Depositadas, aparecendo em 47 documentos, seguida por "Matéria-Prima", com 39 documentos. Isto demonstra o interesse para os players na geração de produtos a partir da digestão anaeróbica e a importância da caracterização de matérias-primas para viabilizar o processo em médio prazo.

A análise Micro fornece informações mais detalhadas sobre os documentos. O gráfico 3 apresenta as taxonomias micro identificadas e relacionadas ao "Matéria-Prima", assim como a percentagem de artigos referentes a ela.

Gráfico 3 - Análise Micro referente ao "Matéria-Prima" de artigos.



Fonte: Derivado do trabalho.

Dos trinta e seis artigos que especificaram os tipos de vinhaça, doze foram referentes à vinhaça da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, seis à produção de álcool a partir da mandioca, cinco da produção de etanol a partir do milho, uma da produção de álcool a partir do trigo e quatorze citaram outras fontes da vinhaça. Dez delas se tratavam da vinhaça gerada a partir da produção de algum tipo de bebida alcoólica, uma da vinhaça da produção de álcool de segunda geração do milho, uma de vinhoto de beterraba, uma de trigo e batata e outra de rejeitos da cozinha. Os artigos referentes à vinhaça oriunda da produção de etanol a partir de cana-de-açúcar foram tanto de origem nacional quanto de outros países latinos.

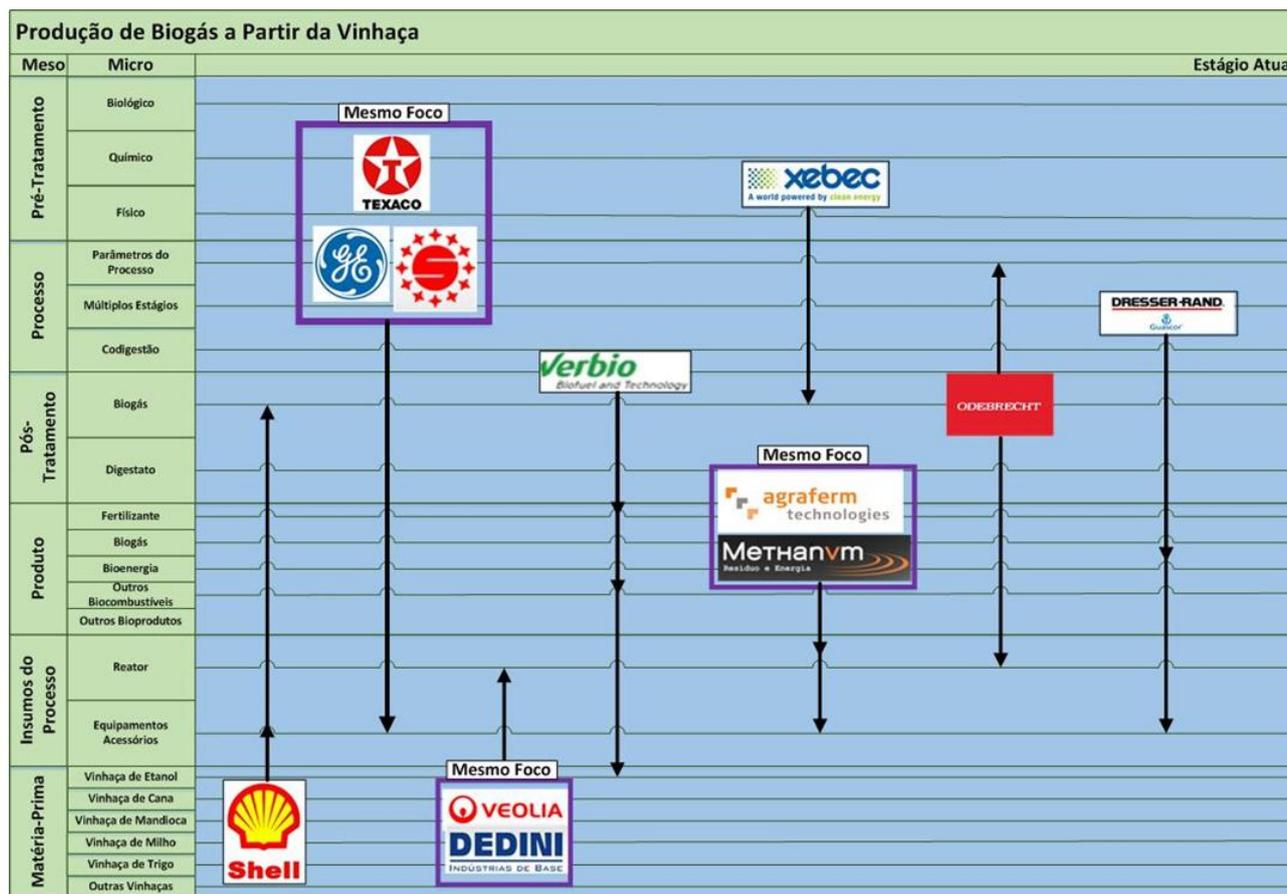
Após as análises prospectivas, foi possível elaborar o *Roadmap* Tecnológico a partir das taxonomias e das informações recolhidas nos documentos de mídia digital, artigos e patentes. Cada logomarca é referente a um player específico, que pode ter sido responsável pela publicação do documento de maneira individual ou em conjunto com outros atores. Neste caso, as logomarcas parceiras estarão envolvidas por um quadrado vermelho.

Da mesma maneira, existem documentos diferentes cujo foco seja muito similar e as taxonomias serem as mesmas. Para facilitar a visualização do roadmap, players cujos documentos tiverem as mesmas taxonomias estarão com suas logomarcas envolvidas por um quadrado azul. Caso os mesmos players sejam responsáveis por múltiplos documentos, isto será indicado por múltiplas setas de localizações horizontalmente distintas da mesma logomarca.

Na figura 2, pode-se visualizar um recorte do Estágio Atual do *Roadmap* Tecnológico da Digestão Anaeróbica da Vinhaça, onde são mostrados os players identificados através de mídias especializadas ou artigos científicos com tecnologias que são parte do escopo do estudo sendo aplicadas no tempo presente.

É possível destacar o aparecimento de empresas como General Electrics, Shell, Texaco e Odebrecht. Nenhum destes *players* são conhecidos pela produção de biogás, mas apresentam tecnologias que estão ligadas ao “Parâmetros do Processo” ou à produção de “Insumos do Processo”.

Figura 2 - Ponto Zero do Technology Roadmap referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça.



Fonte: Elaboração própria.

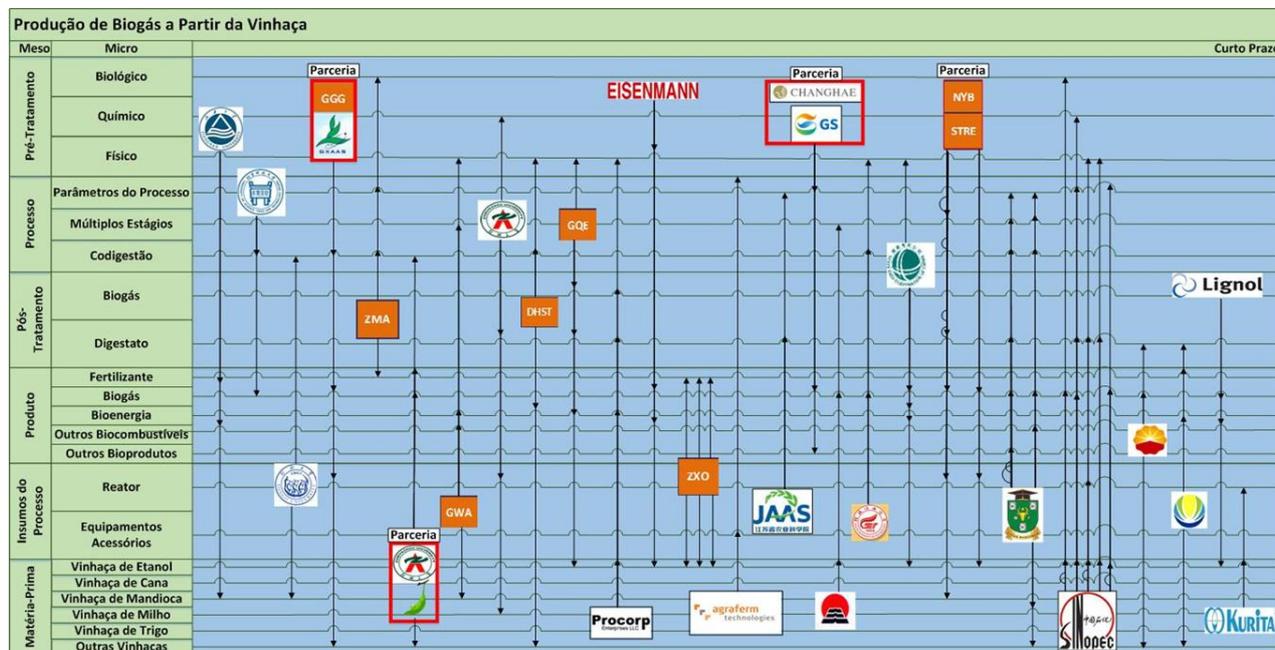
Na figura 3, pode-se visualizar um recorte do Curto Prazo do Roadmap Tecnológico da Digestão Anaeróbica da Vinhaça, onde a China Petroleum & Chemical Corporation é a maior contribuinte para este recorte temporal, estando envolvida com cinco patentes concedidas de taxonomias diversas (CN104140181B – 17 de Agosto de 2016, CN103771655B – 12 de Agosto de 2015, CN103102036B – 21 de Maio de 2014, CN103102011B – 21 de Maio de 2014, CN102910777B – 16 de Abril de 2014) em conjunto com a sua subsidiária, a Sinopec Fushun Research Institute of Petroleum & Petrochemicals. Está historicamente ligada ao fornecimento de petróleo, mas atualmente adquiriu interesse no desenvolvimento de novas fontes energéticas para o crescimento da China. Em todas as patentes foi possível observar o interesse no tratamento da vinhaça advinda da produção de etanol de segunda geração da “Palha de Milho”.

A cada patente é citado um tipo de “Pré-Tratamento” e/ou “Parâmetro do Processo” abordado e todos têm como objetivo a redução da concentração de sulfatos e o “Pós-Tratamento do Digestato gerado”. Desde o pré-tratamento com o uso de cepas microbianas redutoras de sulfato até a precipitação pela reação com o óxido de ferro e o uso de processos físicos como evaporação e filtragem com filtro prensa. Também foi citado o uso de “Reatores” anaeróbicos sob pressão para a redução da inibição por sulfato.

As empresas Changhae Ethanol, fabricante de bebidas destiladas, e GS Caltex Corporation, provedora de energia, realizaram parceria na geração de patente que visa a geração de biogás em reatores batelada e contínuos. Em processo alternativo, pode-se produzir butanol. Logo, as duas

empresas aplicaram suas expertises para destinar o resíduo gerado e, ao mesmo tempo, produzir biocombustíveis.

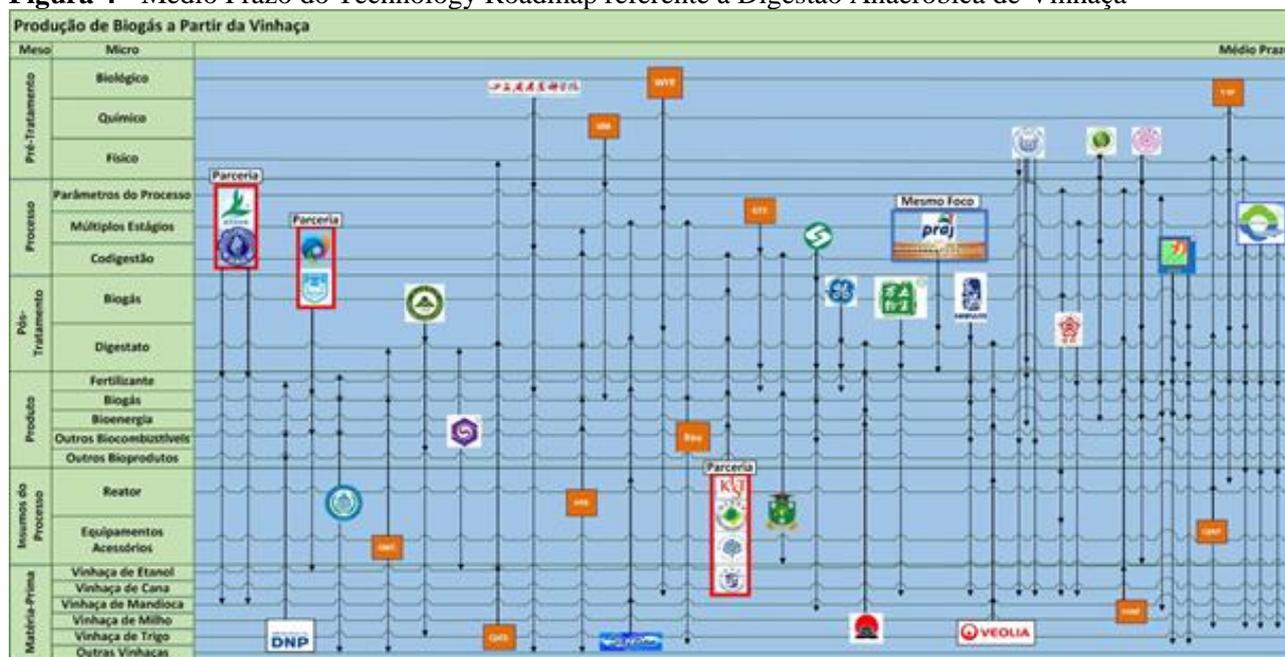
Figura 3 - Curto Prazo do Technology Roadmap referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça.



Fonte: Elaboração própria.

Na figura 4, pode-se visualizar um recorte do Médio Prazo do Roadmap Tecnológico da Digestão Anaeróbica da Vinhaça. Neste recorte, as empresas Tangshan Jintu Microbial Organic Fertilizer Co., LTD, Praj Industries Limited e Anhui Fengtian Agricultural Technology Co., LTD fizeram solicitações de patente abordando o “Pós-Tratamento do Digestato” gerado a partir de vinhoto para a formação de “Fertilizante”. O primeiro (CN105330375A) se referiu a uma tecnologia de desidratação do digestato de “Vinhaça de Mandioca” e sua digestão aeróbica para aumentar sua estabilização, tornando-o um fertilizante orgânico mais eficiente e menos poluente. O segundo (IN2520MU2013A1 – 26 de junho de 2015) abordou uma metodologia específica para digestato oriundo de vinhaça integral (que não sofreu separação sólido-líquido). Um secador de tipo tambor pulveriza os sólidos presentes no digestato, formando um pó que pode ser utilizado como fertilizante. O último faz menção a uma metodologia para a produção de um meio de cultivo de fungos mais econômico fazendo uso do digestato da vinhaça aditivado.

Figura 4 - Médio Prazo do Technology Roadmap referente à Digestão Anaeróbica de Vinhaça



Fonte: Elaboração própria.

Na figura 5, pode-se visualizar um recorte do Longo Prazo do Roadmap Tecnológico da Digestão Anaeróbica da Vinhaça, no qual a Universidade de São Paulo foi responsável por 10 artigos, totalizando 20% das publicações. Em um destes, em associação à CTBE (Brazilian Bioethanol Science and Technology Laboratory) e ao CNPEM (Brazilian Center for Research in Energy and Materials), produziu dois artigos (28, 46) quanto às perspectivas e desafios da implementação da digestão anaeróbica de vinhaça de cana-de-açúcar (“Vinhaça de Cana”) em biorrefinarias de cana no Brasil. Um dos artigos comprovou que esta alternativa seria viável em dois casos: no uso do biogás gerado como energia térmica (“Bioenergia”) ou substituição da frota a diesel das usinas por biogás veicular (“Outro Biocombustível”).

A Universidade de Minas Gerais (UFMG) foi responsável por três artigos, sendo um deles sozinho (8) e dois deles em conjunto com a Universidade de São Paulo (USP) (1, 2). O primeiro abordou um “Reator” anaeróbico à membrana de “Múltiplos Estágios” (2-SAnMBR), concebido para o tratamento de “Vinhaça de Cana”. O segundo artigo teve como objetivo comparar as digestões anaeróbica e aeróbica da vinhaça, avaliando seus “Parâmetros do Processo”, enquanto o terceiro priorizava a avaliação de diferentes métodos para a medida de “Parâmetros do Processo” importantes para a avaliação da estabilidade da digestão anaeróbica, os ácidos graxos voláteis.

Processo”). Em Médio Prazo, visando a produção de ácidos graxos voláteis (“Outros Bioprodutos”) a partir da “Vinhaça de Mandioca”, que é rica em carboidratos e pobre em nitrogênio e fósforo, controlando os parâmetros do processo como pH e temperatura (“Parâmetros do Processo”). Uma de suas patentes solicitadas também fez menção à cogeração de etanol (“Outros Biocombustíveis”), “Biogás” e digestato para ferti-irrigação (“Fertilizante”). Em Longo Prazo, tende à avaliação do processo integrado de desnitrificação ao da fase acidogênica da digestão anaeróbica em “Vinhaça de Mandioca” e como a concentração de nitratos e nitritos afeta o processo (“Parâmetros do Processo”). Também avaliou como “Pré-Tratamentos Físicos” e “Químicos” diferenciados afetaram a produção de ácidos graxos voláteis (“Outros Bioprodutos”).

CONCLUSÃO

A técnica de *technology roadmapping* (TRM) é muito efetiva na conexão do planejamento estratégico de negócios com a tecnologia, onde esse planejamento depende majoritariamente do julgamento qualitativo de experts técnicos. Porém, a avaliação e análise estritamente qualitativa do *roadmap* pode não revelar todas as informações quanto à tendência tecnológica, mercadológica e estratégica dos players envolvidos.

Do ponto de vista estratégico de uma empresa ou política pública, pode-se inferir que as melhores composições para investimento são aquelas que têm domínio em parcerias e *clusters* de mesmo foco, possibilitando uma relação mais estreita com os drivers do processo e garantindo o vínculo entre tecnologia e estratégia. O principal benefício observado por meio da utilização desta ferramenta é a possibilidade de previsão, na qual as empresas interessadas podem se planejar de forma mais consistente, alocando recursos de modo otimizado e aumentando a vantagem competitiva da organização.

A partir da análise estratégica dos Roadmaps Tecnológicos de Produção de Biogás a partir de Vinhaça em uma perspectiva de Estágio Atual, Curto Prazo, Médio Prazo e Longo Prazo, é possível observar tendências tecnológicas e mercadológicas como as pontuadas a seguir:

Há uma grande diversidade de agentes envolvidos na evolução de novas tecnologias, tendo a presença de grandes empresas (Shell, Texaco, General Electric...), institutos de pesquisa (Chinese Academy of Science, Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol...) e universidades (Universidade de São Paulo, Nanjing University of Technology...).

O *roadmap* também permitiu a visualização de que a maioria das empresas atuantes possui atividade principal diferente da produção de biogás, mas cujas expertises auxiliam em alguma etapa do processo. Este fato pode mostrar um posicionamento estratégico de diferenciação da empresa alinhada ao esforço de P&D em busca de inovações.

Como observado tanto na análise prospectiva quanto a partir do *Roadmap*, a grande maioria dos documentos de P&D analisados é de origem chinesa e depositadas no escritório SIPO. Um fato importante de destacar é que apenas a Shengli Oilfield, a CPI Innovation e a Tsinghua University produziram patentes que foram depositadas em mais de um escritório, um dos critérios que indicam a “qualidade” de uma patente. Este fenômeno chinês de produção e depósito de patentes em grande volume apenas no próprio território, porém sem objetivo ou pretensão comercial, foi levantado pelo *The Economist* (2014).

Como sugestão para trabalhos futuros, esta metodologia pode ser aplicada em outros setores importantes da produção de biogás, como o seu *clean up* e a produção a partir de dejetos do setor pecuário. Também seria interessante uma análise voltada para a indústria nacional para desvendar as lacunas que faltam para alavancar o desenvolvimento tecnológico do Brasil neste setor.

CARDOSO, F.; BOMTEMPO, J. V.; BORSCHIVER, S. Elaboração de *roadmap* tecnológico para a produção de biogás a partir de vinhaça.

REFERÊNCIAS

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E SOCIAL; CGEE – CENTRO DE GESTAO E ESTUDOS ESTRATEGICOS, 2008. Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável. 1. ed. Rio de Janeiro, 2008.

BORSCHIVER, S.; LEMOS, A. TECHNOLOGY ROADMAP - Planejamento Estratégico para alinhar Mercado-Produto-Tecnologia. Ed. Interciência, 2016.

FUESS, L.T., GARCIA, M.L. Bioenergy from stillage anaerobic digestion to enhance the energy balance ratio of ethanol production. *Journal of environmental management*, v. 162, p. 102-114, 2015.

GARCIA, M.L. Qual o valor da vinhaça? : mitigação de impacto ambiental e recuperação de energia por meio da digestão anaeróbia / Marcelo Loureiro Garcia [e] Lucas Tadeu Fuess. – São Paulo : Cultura Acadêmica : Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2012.

JUTTEL, L. P. Uso da palha de cana na produção de bioenergia. Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), 01 ago. 2011. Disponível em: <<http://cnpem.br/uso-da-palha-de-cana-na-producao-de-bioenergia/>> Acesso em: Janeiro de 2017.

SHARMA, N., et al. Emerging biorefinery technologies for Indian forest industry to reduce GHG emissions. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Roorkee, v.121, p.105-109, 2015.

THE ECONOMIST. Patent Fiction – Are ambitious bureaucrats fomenting or feigning innovation. Dec, 11. 2014. Finance and Economics, *The Economist*, 2014.1.

WILKIE, A. C. Biomethane from biomass, biowaste and biofuels. In: WALL, J. D.; HARWOOD, C. S.; DEMAIN, A. (Eds.). *Bioenergy*, p. 195-205. Washington D.C.: ASM Press, 2008.