

## ROADMAP TECNOLÓGICO DO ÁCIDO LEVULÍNICO PRODUZIDO A PARTIR DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA

Karoline Mota Coelho<sup>1</sup>; Suzana Borschiver<sup>2\*</sup>

<sup>1 2</sup> Núcleo de Estudos Industriais e Tecnológicos (NEITEC), Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Rec.:18.09.2016. Ace.:22.12.2016.

### RESUMO

O ácido levulínico (AL) tem sido estudado devido aos melhores rendimentos na sua produção a partir de biomassa e o seu potencial como "blocos de construção". O trabalho recorreu a análise de artigos (SCOPUS), publicações em mídia especializada e patentes (DERWENT), de 2000 a 2015/8, para identificar tendências tecnológicas e mercadológicas da produção do AL a partir de biomassa lignocelulósica. O produto final será a organização e visualização dessas informações no Roadmap Tecnológico em uma análise temporal (estágio atual, curto, médio e longo prazo), relacionando-os com fatores críticos (Mercado, Produto e Tecnologia) convertidos em: Foco da Informação (Aplicação; Tecnologia; Equipamento); Aplicação (Combustíveis; Produtos Químicos; Polímeros e Resinas; Aditivos de Combustíveis); Tecnologia (Pré-tratamento; Tratamento; Conversão; Recuperação). As empresas DSM, Segetis e WARF destacaram-se no Roadmap. A DSM e WARF aparecem numa perspectiva de Curto e Médio Prazo e a Segetis no Estágio Atual e Médio Prazo com projetos associadas ao tema.

Palavras-chave: Ácido levulínico. Biomassa lignocelulósica. Roadmap Tecnológico.

### TECHNOLOGY ROADMAP: LEVULINIC ACID FROM LIGNOCELLULOSIC BIOMASS

### ABSTRACT

The levulinic acid (LA) has been studied because of the better yields in their production from biomass and its potential as a "building blocks". This work has resorted to articles analysis (Scopus), publications in specialized media, applied and issued patent (DERWENT) from 2000 to 2015/8, to identify technological and market trends in production of LA from lignocellulosic biomass. The end product will be the organization and visualization this information in the Technology Roadmap in a temporal analysis (short, medium and long term), relating them to critical factors (Market, Product, Technology) converted to: Information focus (Application, Technology; Equipment); Application (Fuels, Chemicals, Polymers and Resins, Additives for fuels); Technology (Pretreatment, Treatment, Conversion and Recovery). The companies DSM, Segetis and WARF stood out in the Roadmap. DSM and WARF appear in a perspective of Short and Medium term and Segetis in Current stage and medium term with projects related to the theme.

Keywords: Levulinic acid. Lignocellulosic biomass. Technology Roadmap.

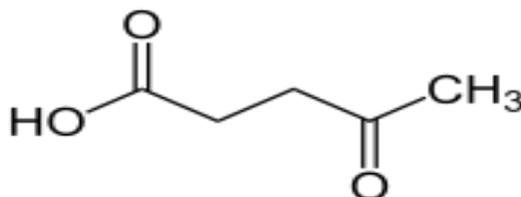
Área Tecnológica:

\* Autor para correspondência: E-mail [suzana@eq.ufrj.br](mailto:suzana@eq.ufrj.br)

## INTRODUÇÃO

O ácido 4-oxopentanoico ou ácido levulínico é um intermediário químico muito versátil com aplicação na síntese de solventes, pesticidas, materiais poliméricos, poliésteres, etc. Sua estrutura química é mostrada na Figura 1.

**Figura 1** – Estrutura Química do Ácido Levulínico.



Porém, desde a década de 1870, o ácido levulínico é sintetizado via hidrólise do acatil succinato éster, hidrólise ácida de ácido furfurílico, oxidação/carbonilação de cetonas, etc. Tais processos apresentam um grande número de etapas, utilização de reagentes de alto custo, o que torna o processo oneroso e diminui, conseqüentemente, sua competitividade no mercado.

Nesse sentido, o investimento em processos de conversão de biomassa em AL se apresenta como uma solução interessante. O ácido levulínico é um dos produtos químicos na famosa lista de produtos verdes com potencial de "blocos de construção" ou "plataformas químicas" do Departamento de Energia dos EUA. Os primeiros novos blocos de construção a serem desenvolvidas foram os furanos (AVANTIUM) e o ácido succínico (BioAmber, Reverdia); o ácido levulínico que agora se segue, indica que a economia de base biológica ganha força (Hoeven, 2015). Desde 2013, o ácido levulínico sintetizado via processos que envolvem biomassa tem emergido como um nicho de produtos químicos plataforma nos mercados de aplicação, incluindo metiltetrahydrofurano (MTHF), DALA, levulinato etílico e ácido difenólico, com demanda potencial estimada em mais de 25.000 toneladas quilos até 2020 (Grand View Research, 2014).

A prospecção de tecnologia por meio da gestão de informação, recorrendo-se a diferentes fontes, como artigos e patentes, é extremamente útil para inferir o estado da arte de determinado setor, com o objetivo de gerar informações sobre a sua trajetória passada, presente e sobre as tendências futuras de mercado.

Um dos mecanismos mais utilizados pela comunidade científica para a disseminação dos resultados das pesquisas é a publicação de artigos em periódicos científicos. Os resultados de uma pesquisa científica necessitam ser formalmente divulgados para assegurar a autoria de quem os desenvolveu (Pizzani et al., 2008). Dessa forma, o artigo científico por sua condição de fonte de informação original e de qualidade constitui-se como um veículo de transmissão do conhecimento produzido pelos pesquisadores, servindo de literatura-base para corroborar os estudos já existentes e inspirar novas pesquisas.

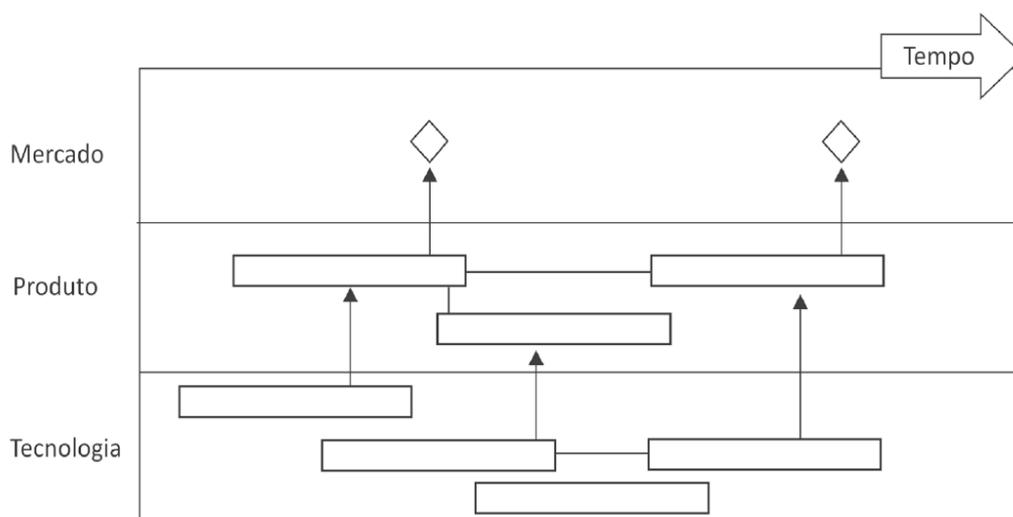
Já a documentação patentária é considerada atualmente a fonte mais rica e detalhada de informação de caráter técnico disponível em todo mundo, além de ser uma rica fonte de informação e tendência mercadológica (Alencar et al., 2007). Três fatores são impactantes com relação a informação presente em documentos de patente. O primeiro se refere ao crescimento do volume de informação contida em documentos de patente em função da globalização, da internet e de áreas emergentes como a China e a Índia. O segundo se relaciona ao aumento da complexidade da pesquisa e inovação gera convergência tecnológica. E por último, a tecnologia gerando mudanças: os fatores-

chave são a integração da informação e o gerenciamento de dados (Caraher, 2008).

A avaliação dos dados coletados é uma fase muito importante, consistindo da análise dos mesmos para verificar sua relevância. Na interpretação dos dados deve haver uma profunda preocupação com a agregação de valor às informações, característica principal dos serviços de informação. O valor agregado das informações contidas nas fontes anteriormente citadas depende da compilação e análise das mesmas, sendo extremamente importante o monitoramento da informação, tendo em vista os objetivos da organização em termos de atuação no mercado.

Dentro da visão de prospectiva tecnológica e suas ferramentas, é possível inserir, com grande destaque pelo seu desempenho, a ferramenta do Roadmap Tecnológico (*Technology Roadmap – TRM*), que tem como grande vantagem sua abrangência e versatilidade pois, além da análise do ambiente, possibilita monitoramento de concorrentes ao longo do tempo, estabelecer tendências de mercado, estudar trajetórias tecnológicas, perfil das empresas e identificação de oportunidades de novos negócios (Borschiver & Silva, 2016). Segundo Kappel (2001), os roadmappings tecnológicos estão sendo cada vez mais adotados para o gerenciamento do futuro das tecnologias, sendo caracterizados por prever o que é possível ou provável de acontecer e também por planejar a articulação da ação. Foram desenvolvidos para diversos tipos de público e especificidades, sendo caracterizados por prever o que é possível ou provável de acontecer, e também por planejar uma ação conjunta. Os roadmaps podem ter várias formas de apresentação, mas a aproximação mais comum é a do roadmap genérico (Figura 2), que consiste em uma representação gráfica baseada no tempo, compreendendo um número de camadas que tipicamente incluem perspectivas comerciais e tecnológicas (Phaal et al., 2001). Para Kappel (2001), os roadmaps devem conter os parâmetros-chave mercado, produto e tecnologia ao longo do tempo para uma parte do negócio.

**Figura 2** – Roadmap Tecnológico esquemático.



Fonte: Adaptado de Phaal et al. (2001).

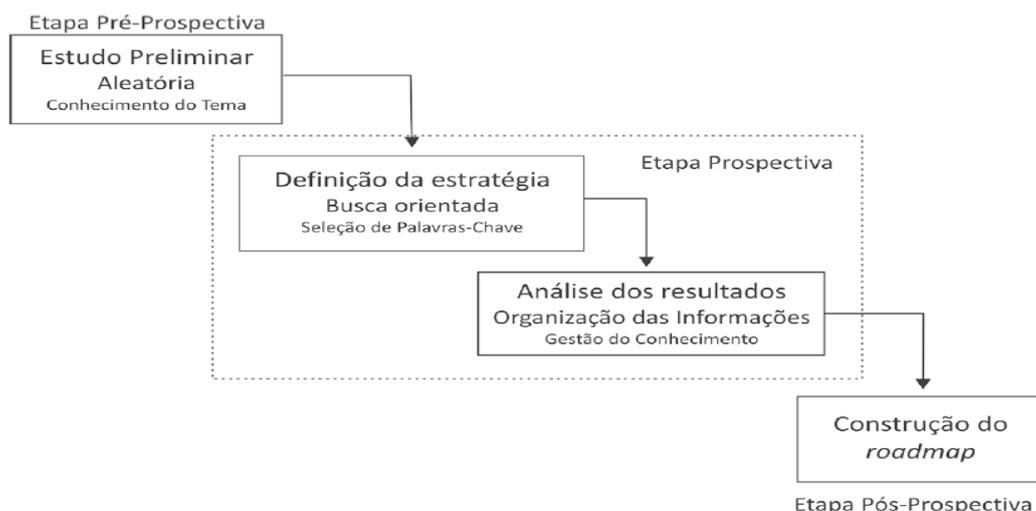
Com base no exposto, o estudo teve como objetivo mapear tendências tecnológicas e mercadológicas da produção do Ácido Levulínico a partir de biomassa lignocelulósica através, da análise de artigos científicos, patentes concedidas e patentes solicitadas, apresentando como produto final a organização e visualização das informações recuperadas desses documentos técnicos em um Roadmap Tecnológico.

## METODOLOGIA

O estudo foi realizado conforme metodologia desenvolvida pela professora Suzana Borschiver. Dessa forma, o trabalho foi desenvolvido em três etapas, como mostra a Figura 3.

A primeira etapa é a “Etapa Pré-prospectiva” que constitui o estágio em que é realizada uma pesquisa preliminar em que os assuntos/campos relacionados ao tema/objeto de estudo são levantados em mídias especializadas. E a partir desses conhecimentos tem-se o embasamento para definição de palavras-chave para Fase de Prospecção em si onde são mostrados os players no momento atual, com tecnologias que são parte do escopo do estudo (Borschiver & Silva, 2016).

**Figura 3** – Organização do estudo.



Fonte: Borschiver & Silva (2016).

A “Etapa de Prospecção Tecnológica” é baseada em um estudo prospectivo, levando-se em consideração artigos, patentes, informação de mídia especializada e contatos com empresas, selecionados no período estudado. O trabalho recorreu a análise de artigos (base de dados Scopus), publicações em mídia especializada, patentes depositadas e concedidas (base Derwent), de 2000 a 2015/8, para identificar tendências tecnológicas e mercadológicas da produção do AL. A metodologia de pesquisa empregada para identificar esses documentos, dentro do contexto da produção de ácido levulínico a partir de biomassa lignocelulósica, consistiu na busca na base Scopus e Derwent por meio de palavras-chave relacionadas ao tema. Os documentos técnicos (artigos e patentes) recuperados são organizados em uma planilha excel, analisados e tratados em uma perspectiva Macro, Meso e Micro.

A perspectiva Macro destaca o ano de publicações para artigos e o ano de solicitação ou concessão da patente; o país (es) de origem do(s) autor(es) do artigo ou do depositante da patente; o tipo de autor ou depositante (universidades, centros de pesquisa ou empresas) e outras informações.

Na perspectiva Meso adotou-se uma divisão taxonômica que visa a melhor extração das informações relevantes dos artigos e patentes, podendo-se assim obter as tendências do ácido levulínico a partir de biomassa lignocelulósica. As taxonomias Meso utilizadas para análise dos documentos foram:

- Equipamentos (equipamentos utilizados no processo de produção do ácido levulínico (AL) por rota biotecnológica);
- Microrganismo (microrganismos (gênero e espécie) utilizados no processo de produção do ácido levulínico (AL) por rota biotecnológica);
- Aplicação (área de aplicação ou setor de aplicação identificado como destino para o ácido levulínico);
- Pré-tratamento (uso de tecnologias para quebrar a estrutura da biomassa lignocelulósica ;
- Tratamento (processo posterior ao pré-tratamento, a tecnologias de tratamento (química e enzimática) para quebrar a estrutura do componente da biomassa lignocelulósica (lignina ou celulose ou hemicelulose));
- Tecnologia Microbiana (tecnologia de isolamento de microrganismos para recombinação genética ou mutação utilizados no processo de produção do AL por rota biotecnológica);
- Tecnologia de conversão (estratégia de Produção do AL: rota química, rota biotecnológica (fermentação));
- Tecnologia de recuperação (tecnologias utilizadas para recuperação final do ácido levulínico).

Na perspectiva Micro, cada taxonomia Meso é detalhada e são então identificadas particularidades das classificações.

A “Etapa Pós-prospectiva” constitui o estágio de construção do Roadmap Tecnológico, onde todas as análises originadas nas etapas anteriores são classificadas de acordo com uma evolução temporal das tendências observadas, com uma perspectiva de compreensão se o objeto de estudo se localiza em um estágio atual, curto prazo, médio prazo e longo prazo (Borschiver & Silva, 2016).

A elaboração do mapa ou Roadmap Tecnológico foi realizada conforme metodologia desenvolvida pela professora Suzana Borschiver. As informações do estudo prospectivo foram organizadas em diferentes estágios temporais (Estágio atual, Curto prazo, Médio prazo e Longo prazo) relacionando-os com fatores críticos referentes a mercado, produto e tecnologia. O mapa tecnológico foi dividido em colunas no eixo horizontal e faixas no eixo vertical e o software utilizado para visualização final foi Microsoft® Visio® - Microsoft® Office. O eixo horizontal retrata a divisão de tempo utilizada e o eixo vertical retrata a divisão taxonômica utilizada. O Estágio atual é a informação atual disponibilizada em mídia especializada (monitoramento sistemático) e artigos científicos (a base de dados Scopus) cujo conteúdo aponta para pesquisas que já estão sendo aplicadas. A pesquisa em mídia especializada abrange revistas de publicações confiáveis do setor como MaxiQuim, ICIS News, Biofuels Journal, Lux Research, entre outras. Para o Curto prazo, a informação é encontrada em patentes concedidas, onde são mostrados os players que estarão atuando em um cenário de curto prazo, acessadas no banco de dados de patentes Derwent. O banco de dados Derwent é disponibilizado a comunidade brasileira de pesquisa através da Capes e Fapesp, por meio do Portal de Periódicos CAPES (<http://www.periodicos.capes.gov.br>). Para o Médio Prazo, a informação é encontrada em pedidos de patentes no banco de dados de patentes Derwent. No Caso do Longo Prazo, a informação encontrada em artigos científicos (Scopus), cujo conteúdo aponta para pesquisa ainda em fase de elaboração, fase de bancada e testes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Etapa Pré-Prospectiva

A Tabela 1 mostra as palavras-chave selecionadas e a quantidade de resultados obtidos com a pesquisa e desses a quantidade de resultados que eram relevantes ao tema do trabalho.

**Tabela 1.** Estratégia de busca: Palavras-chave

Palavra – chave	Artigos: Total/ Relevantes	Patentes Concedidas: Total / Relevantes	Patentes Solicitadas: Total / Relevantes
“lignocellulosic biomass” OR “lignocellulose” OR “lignocellulosic material” AND “levulinic acid”	86 / 36	25 / 12	68 / 24

Fonte: Elaboração própria

### Etapa Prospectiva

Análise dos Artigos e Patentes: Ao final da obtenção de dados, os mesmos foram organizados em uma planilha Excel, analisados e tratados em uma perspectiva Macro, Meso e Micro.

Pode-se destacar, em uma perspectiva Macro, que os pedidos de patentes são de titularidade em sua maioria da empresa *DSM* e as patentes concedidas encontradas têm como principal depositante a empresa *Wisconsin Alumni Research Foundation* seguida pela *DSM*. Todos os artigos identificados foram publicados por Universidades, destaque para *University of Wisconsin* e *University of Technology Malaysia*.

Na perspectiva Meso, de modo geral, as taxonomias Aplicação e Pré-tratamento se destacaram tanto na análise artigos quanto em patentes.

Na perspectiva Micro, observou-se que as aplicações identificadas para o ácido levulínico resumem-se a produtos químicos, biocombustíveis e polímeros ou precursores de resinas, algo bem comum para produtos obtidos por rotas petroquímicas. Pode-se destacar as patentes concedidas com aplicação para gama-Valerolactona (GVL). Em artigos também foram encontradas aplicações menos comuns, como utilização como aromas alimentares, fragrâncias e herbicidas biodegradáveis, onde um selo verde pode ser um diferencial para o aumento do interesse destas áreas pelo produto. No que se refere aos tipos de pré-tratamento identificados em artigos e patentes, observa-se que a maioria são processos de hidrólise ácida. Esta perspectiva era esperada dada a necessidade da quebra do material celulósico para posterior tratamento.

### Etapa Pós-Prospectiva – Elaboração do Roadmap Tecnológico

Os *players* identificados nas análises originadas nas etapas anteriores foram posicionados de acordo com o tipo de estágio temporal identificado (Estágio atual, Curto prazo, Médio prazo e Longo prazo) e relacionados as suas respectivas taxonomias. A divisão taxonômica organizou-se em três grandes caixas que correspondem as seguintes taxonomias: Foco da Informação, Aplicações e Tecnologia.

No Foco da Informação organiza-se as principais tendências do mercado que estão sendo estudadas/desenvolvidas para a produção de ácido levulínico a partir de biomassa, que apresentou as seguintes subdivisões: “Tecnologias”, “Aplicações” e “Equipamentos”.

A taxonomia “Aplicação” contém os principais usos finais do ácido levulínico de base biomassa, podendo fazer parte (ou não) do principal negócio da empresa. As subdivisões da taxonomia “Aplicação” foram: “Combustíveis”, “Produtos Químicos”, “Polímeros e Resinas” e “Aditivo de Combustíveis”.

Na taxonomia “Tecnologias” observa-se as principais tecnologias identificadas nos documentos analisados, que são: “Pré-tratamento”, “Tratamento”, “Conversão” e “Recuperação”.

A Figura 4 mostra o eixo vertical e as divisões taxonômicas, descritas anteriormente, construídas para o RoadMap Tecnológico do Ácido Levulínico a partir de biomassa lignocelulósica.

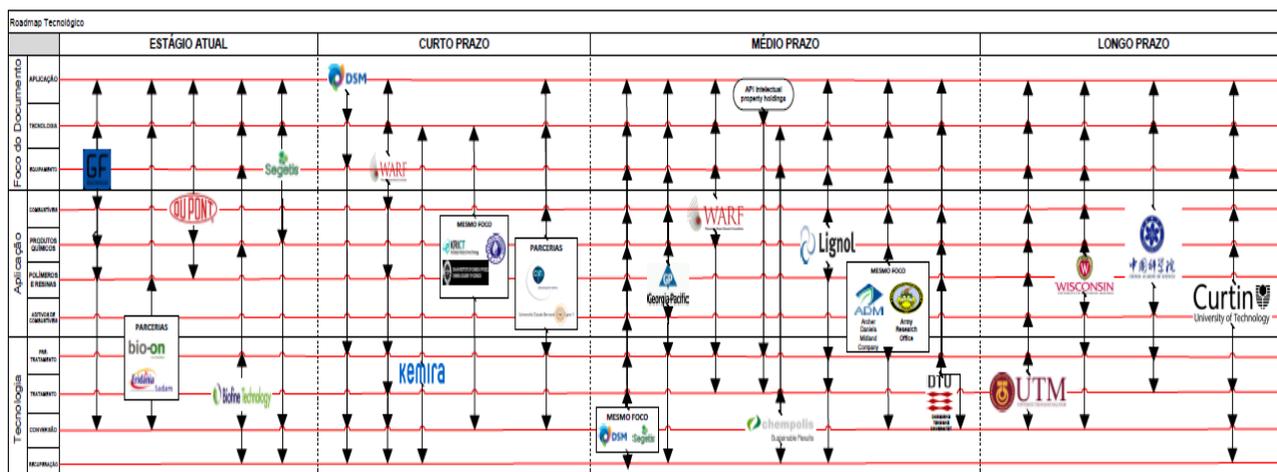
**Figura 4** – Eixo vertical de taxonomias para o RoadMap Tecnológico do Ácido Levulínico a partir de biomassa lignocelulósica.

Foco do Documento	APLICAÇÃO
	TECNOLOGIA
	EQUIPAMENTO
Aplicação	COMBUSTÍVEIS
	PRODUTOS QUÍMICOS
	POLÍMEROS E RESINAS
	ADITIVOS DE COMBUSTÍVEIS
Tecnologia	PRÉ-TRATAMENTO
	TRATAMENTO
	CONVERSÃO
	RECUPERAÇÃO

Fonte: Elaboração própria.

A conexão dos *players* com suas respectivas taxonomias foi realizada utilizando-se setas que saem do Logo do player e alcançam a linha vermelha de cada caixa com as taxonomias descritas acima. A Figura 5 mostra a visão geral do produto final desse estudo, o RoadMap Tecnológico do Ácido Levulínico a partir de biomassa lignocelulósica. Cabe ressaltar a existência de *clusters* formados através de tendências tecnológicas semelhantes e/ou parcerias.

**Figura 5** – Visão Geral do RoadMap Tecnológico do Ácido Levulínico a partir de biomassa lignocelulósica.



Fonte: Elaboração própria.

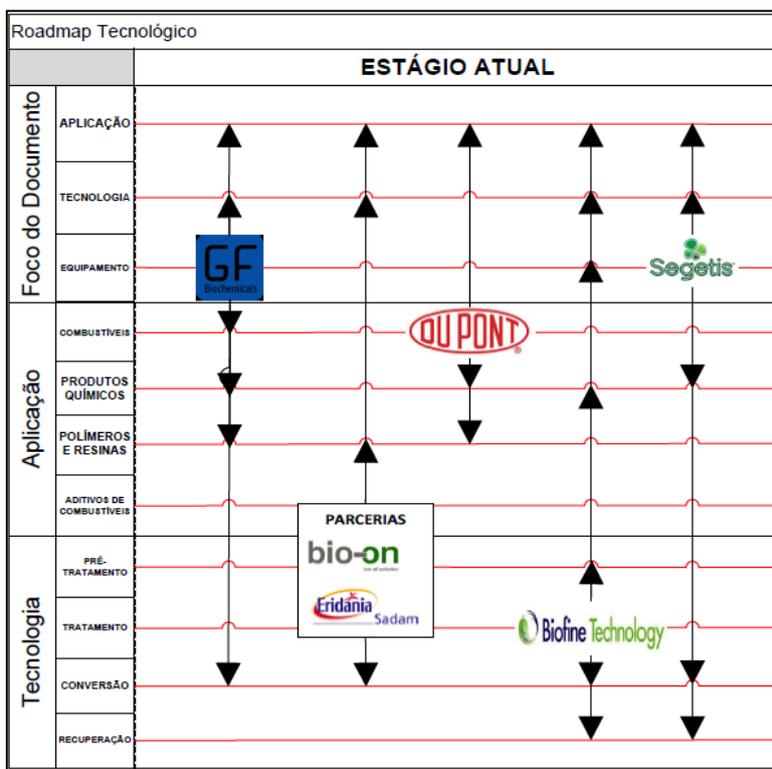
**Estágio Atual:** A Figura 5 apresenta a coluna temporal de “Estágio Atual” do RoadMap Tecnológico. Como exemplo, pode-se citar o *cluster* da parceria entre Bio-On e Eridania Sadan que estão posicionadas no “Estágio Atual” em “Aplicação” e “Tecnologia”. Em “Aplicação” o foco dessas empresas a curto prazo está em “Polímeros e Resinas” e em “Tecnologia” está em tecnologias de “Conversão”.

**Curto Prazo:** A Figura 6 apresenta a coluna temporal de “Curto Prazo” do RoadMap Tecnológico onde pode-se destacar a empresa DSM que está posicionada em “Tecnologia” e “Equipamento”. Em “Tecnologia” seu foco a curto prazo se encontra em tecnologias de “Pré-tratamento”, de “Conversão” e de “Recuperação”.

**Médio Prazo:** A Figura 7 apresenta a coluna temporal de “Médio Prazo” do RoadMap Tecnológico onde se pode citar a empresa Lignol que está posicionada em “Aplicação”, “Tecnologia” e “Equipamento”. Em “Aplicação” seu foco a Médio Prazo está em “Combustíveis” e “Polímeros e Resinas”. Em “Tecnologia” seu foco está em tecnologias de “Pré-tratamento”, de “Tratamento” e de “Recuperação”.

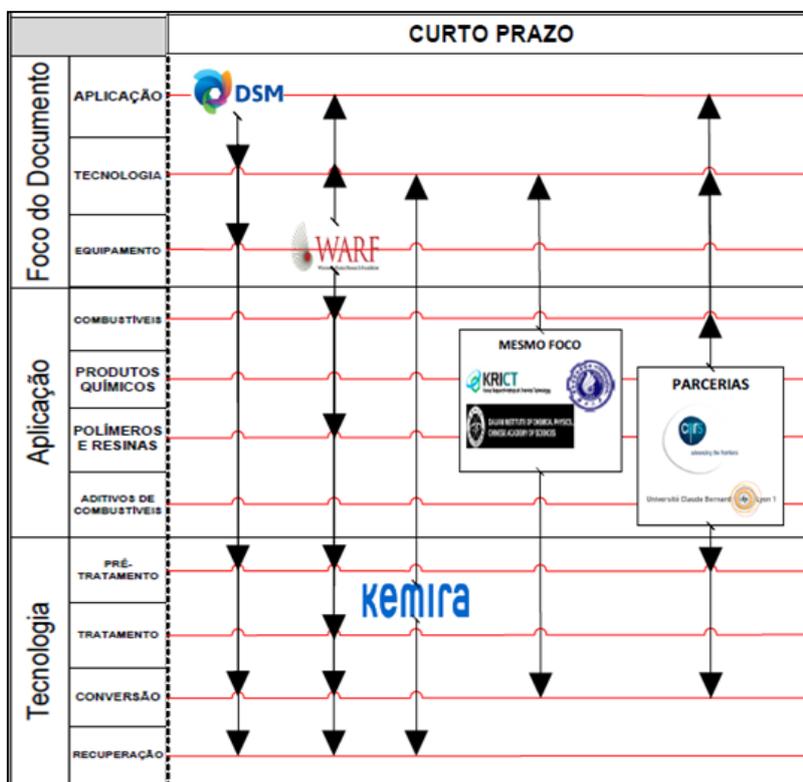
**Longo Prazo:** A Figura 8 apresenta a coluna temporal de “Longo Prazo” do RoadMap onde se pode citar a Universidade UTM que está alocada em “Aplicação”, “Tecnologia” e “Equipamento”. Em “Aplicação” seu foco a Longo Prazo está em “Combustíveis”, “Produtos Químicos”, “Polímeros e Resinas” e “Aditivo de Combustíveis”. Em “Tecnologia” seu foco está em tecnologias de “Pré-tratamento” e de “Conversão”.

**Figura 5** – RoadMap Tecnológico do Ácido Levulínico a partir de biomassa lignocelulósica: Estágio Atual .



Fonte: Elaboração própria.

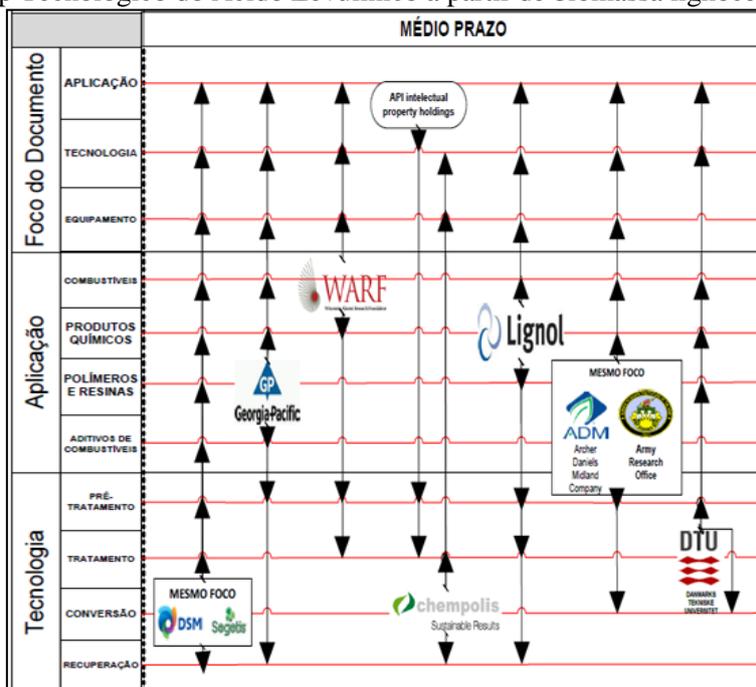
**Figura 6** – RoadMap Tecnológico do Ácido Levulínico a partir de biomassa lignocelulósica: Curto Prazo.



Fonte: Elaboração própria.

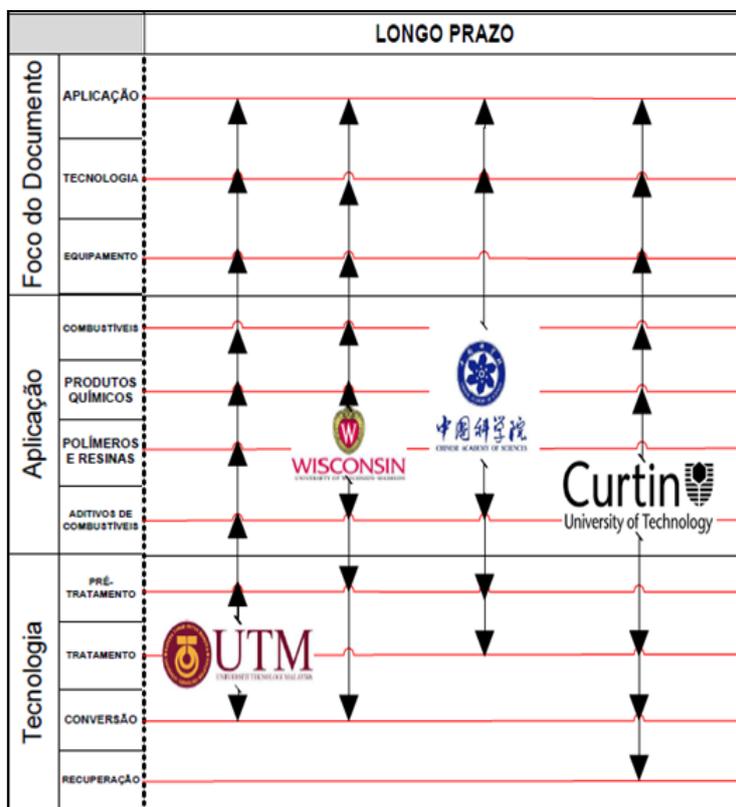
COELHO, K.M.; BORSCHIVER,S. Roadmap tecnológico do ácido levulínico produzido a partir de biomassa lignocelulósica.

**Figura 7** – RoadMap Tecnológico do Ácido Levulínico a partir de biomassa lignocelulósica: Médio Prazo.



Fonte: Elaboração própria.

**Figura 8** – RoadMap Tecnológico do Ácido Levulínico a partir de biomassa lignocelulósica: Longo Prazo.



Fonte: Elaboração própria.

## CONCLUSÃO

A partir da análise estratégica do Roadmap Tecnológico do Ácido Levulínico produzido a partir de biomassa lignocelulósica em uma perspectiva de estágio atual, curto prazo, médio prazo e longo prazo pode-se observar diversas tendências tecnológicas e mercadológicas, tais como:

- Existência de uma rede relacional entre três as esferas institucionais: Universidade, Governo e Indústria. Observa-se no Roadmap Tecnológico a presença de empresas (ex: *DuPont*, *DSM*, *Segetis*...), universidades (ex: *University of Wisconsin*, *University of Technology Malaysia*...) e instituições governamentais (ex: *United States Army Research Office*) mostrando a diversidade de agentes que estão envolvidos na evolução de novas tecnologias, relacionadas ao tema.
- O desenvolvimento de tecnologias para a produção do Ácido Levulínico a partir de matérias primas renováveis envolve uma intensa partilha de informações e conhecimento corroborado pela grande presença de *clusters* de “Parcerias” ou redes de cooperação no Estágio Atual e Curto Prazo. Esses *clusters* ou rede de cooperação podem ser entendidos como a relação entre parceiros independentes que combinam seus esforços e recursos num processo conjunto de criação de valor.
- Por fim, cabe destacar a atuação das empresas DSM, Segetis e WARF na produção de Ácido Levulínico produzido a partir de biomassa lignocelulósica. As empresas DSM e WARF aparecem numa perspectiva de Curto e Médio Prazo associadas ao tema, já a Segetis aparece com projetos no Estágio Atual e Médio Prazo. Esses players foram identificados na pesquisa com indícios de estarem direcionando mais esforços para o desenvolvimento da via alternativa para produção do AL.
- A Ferramenta de Planejamento Estratégico mostrou-se bastante aplicada para o estudo tecnológico e de tendências do ácido levulinico, sendo que o aprofundamento desse trabalho pode auxiliar os gestores do setor em relação a tomada de decisão de futuros investimentos, parcerias, concorrentes e aplicações relacionados ao ácido levulinico.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, M. S. M.; PORTER, A. L.; ANTUNES, A. M. S. Nanopatenting patterns in relation to product life cycle. **Tecnological Forecasting & Social Change**, v.74, p.1661- 1680, 2007.

BORSCHIVER, S.; SILVA, A.L.R. **Technology Roadmap** – Planejamento Estratégico para alinhar Mercado-Produto-Tecnologia. ISBN: 9788571933866 - 1.a Edição – 2016.

CARAHER, V. The evolution of the patent information world over the next 10 Years: A Thomson Scientific perspective. **World Patent Information**, v. 30, p. 150-152, 2008.

GRAND VIEW RESEARCH. **Global Levulinic Acid Market Expected to Reach 3,820 Tons by 2020**. 2014.

HOEVEN, D.V.D. **Levulinic acid, the next green chemical building block**. Bio Based Press (04/2015). Disponível em: <http://www.biobasedpress.eu/2015/04/levulinicacidthenextgreenchemicalbuildingblock/>.

KAPPEL, T. A.. Perspectives on roadmaps: how organizations talk about the future. **The Journal of Product Innovation Management**, 18, p.39-50, 2001.

COELHO, K.M.; BORSCHIVER,S. Roadmap tecnológico do ácido levulínico produzido a partir de biomassa lignocelulósica.

PHAAL, R.; FARRUKH, C.; PROBERT, D. **T-Plan**: fast start to technology roadmapping-planning your route to success. UK: Cambridge University - Institute of Manufacturing.

PIZZANI, L.; SILVA, R. C.; HAYASHI, M. C. P. I. Bases de dados e bibliometria: A presença da Educação Especial na base Medline. **Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação**, Nova Série, São Paulo, v.4, n.1, p.68-85, jan./jun. 2008.

COELHO, K.M.; BORSCHIVER,S. Roadmap tecnológico do ácido levulínico produzido a partir de biomassa lignocelulósica.