

Prospecção tecnológica na produção de bicomcombustíveis no setor canavieiro

Technological prospecting in biofuels production in the sugarcane sector

(Paulo Henrique de Lima Siqueira - Universidade Federal de Lavras - paulosiqueira@ufsj.edu.br)

(Magaly Paranhos Reis - Universidade Federal de São João del Rei - magalypreis@hotmail.com)

(Bruno Longati de Carvalho - Universidade Federal de São João del Rei - brunolongati@hotmail.com)

(Cristiane Silva Barbosa – Universidade Federal de Juiz de Fora - cribes3@hotmail.com)

Resumo

Considerando que a produção de biocombustível pode contribuir para a diminuição da poluição e que o Brasil é o segundo maior produtor de etanol, o objetivo deste trabalho foi analisar a prospecção tecnológica na indústria da cana-de-açúcar para a produção de biocombustíveis e fornecer um diagnóstico da natureza e da intensidade da inovação no setor canavieiro do Brasil. Com isso, pode-se contribuir para a formulação de políticas de fomento à atividade de inovação nesse setor. A partir de uma pesquisa exploratória na base de patentes do Orbit e de uma entrevista semiestruturada com dois colaboradores de uma usina no estado de Minas Gerais, observou-se que os registros de patentes para a produção de biocombustíveis à base de cana-de-açúcar vêm diminuindo ao longo dos anos, o que pode indicar um maior interesse por tecnologias provenientes de outras fontes energéticas. O Brasil, apesar de ser um grande produtor de cana-de-açúcar, está em quinto lugar na quantidade de registros de patentes para as palavras-chave pesquisadas, mostrando que o número de registros pode aumentar, principalmente se houver estímulo a parcerias entre empresas e instituições de pesquisa. Quanto à usina estudada, observou-se que a inovação tem acontecido principalmente para aumentar a produtividade na produção de cana-de-açúcar e dos produtos açúcar e etanol, mas há poucas inovações na diversificação de produtos, como biocombustíveis, e de mercados.

Palavras-chaves: Prospecção Tecnológica; Biocombustíveis; Cana-de-açúcar.

Abstract

Considering that biofuel production can contribute to reducing pollution and that Brazil is the second-largest producer of ethanol, the objective of this work was to analyze technological forecasting in the sugarcane industry for biofuel production and provide a diagnosis of the nature and intensity of innovation in Brazil's sugarcane sector. This could contribute to the formulation of policies to promote innovation activities in this sector. Based on exploratory research in the Orbit patent database and a semi-structured interview with two employees from a plant in the state of Minas Gerais, it was observed that patent filings for sugarcane-based biofuel production have been decreasing over the years, which may indicate greater interest in technologies from other energy sources. Brazil, despite being a major producer of sugarcane, ranks fifth in the number of patent filings for the keywords researched, showing that the number of filings could increase, especially if there is an incentive for partnerships between companies and research institutions. Regarding the plant studied, it was observed that innovation has mainly occurred to increase productivity in the production of sugarcane and the products sugar and ethanol, but there are few innovations in product diversification, such as biofuels, and markets.

Keywords: Technological Prospecting; Biofuels; Sugarcane.

Recebido em 10/02/2022

Revisado em 11/04/2022

Aceito em 06/01/2025



1. Introdução

O álcool etílico, popularmente conhecido como etanol, é considerado uma fonte de energia renovável e limpa, pois é produzido a partir de matéria orgânica. No caso brasileiro, a cana-de-açúcar é a biomassa mais utilizada. De acordo com a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (2021), o uso desse biocombustível pode mitigar alguns desafios como: poluição atmosférica, emissões de gases poluentes (CO₂) e redução da dependência por petróleo. Durante o ano de 2020 cerca de 597 milhões de toneladas de cana-de-açúcar foram processadas (UNICA, 2021).

Ao longo dos anos, o Brasil tem progredido na produção do etanol derivado da cana-de-açúcar, aumentando a produção de 10.592.582 m³ na safra de 2000/2001 para 32.502.954 m³ na de 2020/2021, um aumento de 206,84% (UNICA, 2021). Esse aumento foi causado pelos avanços tecnológicos e pela extensa área disponível destinada a plantações de cana-de-açúcar. A matriz energética do país demonstra que 46,1% são fontes renováveis, enquanto no mundo essa média é de aproximadamente 13,9%. Desses 46,1%, cerca de 18% são proveniente da biomassa da cana-de-açúcar (Empresa de Pesquisa Energética, 2020).

A produção de biocombustíveis deve ser intensificada nos próximos anos devido às legislações ambientais cada vez mais rigorosas e a política nacional de biocombustíveis, o *RenovaBio*, que pretendem reduzir a emissão de gases poluentes e também à adoção dos veículos *flex fuel* (Hughes et al., 2020). Dessa forma, faz-se necessário o desenvolvimento e a implementação de novas tecnologias que possam auxiliar no desempenho da produção de biocombustíveis, tendo em vista a crescente demanda externa e interna por este produto.

Existem estudos de prospecção tecnológica de biocombustíveis, como os Santos et al. (2023), Dilásccio et al. (2020), Häsner et al. (2020) e Albarelli et al. (2016), que realizaram a busca de dados secundários por meio de documentos em fontes de informações nas bases de dados de patentes. Outros, como Ayodele et al. (2020) e Xu e Li (2017), utilizaram artigos científicos e dados secundários em órgãos oficiais de governo. No entanto, poucos estudos, com o de Hughes et al. (2020), fizeram levantamento por meio de entrevistas nas usinas produtoras de açúcar e etanol, sendo necessário, portanto, novos estudos que tenham como base a percepção dos empresários do setor.

Além disso, a partir da década de 1990, esse setor inovou na produção agrícola e industrial, no tratamento de resíduos e na cogeração de energia. No entanto, pouca inovação ocorreu na diversificação de produtos e mercados (Salles-Filho et al., 2017; Augusto et al., 2012; Shikida, 2011; Chaddad, 2010; Mundo Neto, 2009; Junqueira et al., 2009; Agriannual, 2009; Toneto Júnior & Liboni, 2008; Pedro, 2004). Assim, é necessário verificar os principais motivos dessa barreira de inovação na diversificação de produtos e mercados e sugerir soluções que possam superá-las.

Considerando a relevância da produção de biocombustíveis para a economia nacional e a importância da inovação para ampliar a diversificação e a efetividade dessa atividade econômica nas unidades produtivas de açúcar e etanol, surge a seguinte questão de pesquisa: quais são as principais tendências de inovação tecnológica na indústria da cana-de-açúcar para a produção de biocombustíveis?

O objetivo deste trabalho foi analisar a prospecção tecnológica na indústria da cana-de-açúcar para a produção de biocombustíveis e fornecer um diagnóstico da natureza e da



intensidade da inovação no setor canavieiro do Brasil. Além desta breve introdução, a próxima seção apresenta a revisão de literatura, destacando estudos prospectivos e tendências tecnológicas no setor canavieiro; na seção seguinte, apresenta-se a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho; a seguir, são analisados e discutidos os resultados encontrados; e, por fim, na última seção, apresentam-se as considerações finais.

2. Referencial Teórico

De acordo com Santos et al. (2004), um estudo prospectivo é um processo sistemático de agregar valor às informações do presente, analisar e produzir julgamentos por meio dos métodos de prospecção, transformando-os em conhecimento sobre características de tecnologias emergentes, rotas de desenvolvimento e impactos potenciais no futuro para subsidiar tomadores de decisão e formuladores de políticas na construção de suas estratégias. Segundo Horst et al. (2011, p. 2), prospecção tecnológica

(...) é o levantamento de uma relação de tecnologias e atividades de suporte para seu desenvolvimento de maneira a atender a expectativas e demandas de uma sociedade. Pode ainda ser definida como um meio sistemático de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros, capazes de influenciar de forma significativa a indústria, a economia ou a sociedade como um todo (Horst et al., 2011, p. 2).

Portanto, qualquer setor deve realizar estudos prospectivos, pois isso vai garantir a sobrevivência das organizações no longo prazo, por alcançarem vantagens competitivas. Considerando a evolução tecnológica, as organizações devem ainda fazer o que Antunes et al. (2018) chamam de inteligência competitiva tecnológica, que tem foco na identificação de tendências tecnológicas.

Nesse contexto, o setor canavieiro também precisa realizar estudos prospectivos para verificar a tendência tecnológica na produção agrícola de cana-de-açúcar, na produção industrial de açúcar e etanol, na diversificação de produtos e mercados, e no tratamento de resíduos e cogeração de energia. Estudos apontam que esse setor evoluiu muito a partir da década de 1990 quanto à produção agrícola e industrial e ao tratamento de resíduos e cogeração de energia, mas poucos avanços ocorreram na diversificação de produtos e mercados (Salles-Filho et al., 2017; Augusto et al., 2012; Shikida, 2011; Chaddad, 2010; Mundo Neto, 2009; Junqueira et al., 2009; Agriannual, 2009; Toneto Júnior & Liboni, 2008; Pedro, 2004).

Estudo de Salles-Filho et al. (2017), aplicado em 35 unidades industriais que produziam aproximadamente um terço da produção de bioetanol no Brasil, verificou que o processo de inovação incremental foi o principal formato adotado, evidente nas práticas agrônômicas, como na preparação do solo e na cultura, no controle de pragas e doenças, na adoção de equipamentos para colheitas, na recuperação de palha de bagaço e no uso de técnicas para aumentar a geração de eletricidade pela queima. Os principais exemplos de inovações de produto citados foram em açúcar de diferentes padrões, eletricidade por bagaço, suplementos alimentares para humanos e animais.

Quanto aos agentes responsáveis pela inovação tecnológica no setor canavieiro, de acordo com Häsner et al. (2019), apesar do protagonismo de algumas empresas



multinacionais de grande porte, as melhores propostas têm sido desenvolvidas por empresas nacionais, que enfrentam limitações para absorver os custos de produção e logística relacionados ao desenvolvimento tecnológico no contexto brasileiro. Nesse sentido, o estudo de Salles-Filho et al. (2017) aponta que as empresas brasileiras de biocombustíveis estão mais focadas em resolver gargalos de curto prazo do que em desenvolver capacidades internas de gestão da inovação.

Outra característica observada no setor de cana-de-açúcar em São Paulo, segundo Furtado et al. (2011), é a predominância de pesquisas provenientes do setor privado em relação ao setor público, voltadas principalmente para a geração de novas variedades de cana-de-açúcar mais adaptadas ao clima e solo da região e mais resistentes às doenças. Esses investimentos permitiram diminuir os custos na produção de etanol, elevar a produtividade, ampliar a extração de açúcar, melhorar a recuperação da vinhaça, a fermentação e a cogeração de energia usando bagaço (Furtado et al., 2011).

Quanto aos biocombustíveis, de acordo com Salles-Filho et al. (2017), existem incertezas em todo o mundo e, particularmente no Brasil, devido a políticas contraditórias em que o governo federal promove simultaneamente combustíveis fósseis e renováveis, criando ambiguidades entre os agentes que planejam e tomam decisões relacionadas às fontes energéticas. Além disso, estudos prospectivos realizados pelo governo federal quanto à distribuição de energia elétrica, de acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia (Brasil, 2018), consideraram somente o aproveitamento de projetos solares e eólicos.

Apesar dos desafios colocados à produção de biocombustíveis, o Brasil ainda é o segundo maior produtor de etanol do mundo, além de produzir internamente a cana-de-açúcar, que é a matéria-prima mais competitiva na produção de açúcar e etanol. O Plano Decenal de Expansão de Energia reconhece que a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) favorece o reconhecimento do papel estratégico dos biocombustíveis na matriz energética nacional, o que propicia o aumento da demanda por etanol (Brasil, 2018).

A partir de meados da década de 2000, muitas empresas de diferentes países têm investido em tecnologias para produzir etanol por meio de outras matérias-primas, além da cana-de-açúcar e do milho. A maioria desses esforços tem sido direcionada para a produção industrial de etanol de segunda geração (2G) ou bioetanol de celulose. Em 2015, por exemplo, havia mais de 30 projetos de etanol celulósico em escala comercial, sendo 12 nos Estados Unidos e 2 no Brasil (Salles-Filho et al., 2017). As dificuldades impostas pelas limitações tecnológicas e pelos custos elevados na produção de etanol de segunda geração são superadas pela possibilidade de se utilizar diferentes tipos de biomassa, como restos de colheitas (palha e bagaço da cana-de-açúcar), subprodutos florestais, gramíneas perenes, etc. (Xu & Li, 2020) e pelos benefícios na integração na produção de etanol de primeira com a de segunda geração (Ayodele et al., 2020).

De acordo com Araújo et al. (2013) e Horst et al. (2011), para que o Brasil se torne um player estratégico no mercado energético internacional, deve haver articulação entre as empresas de energia, universidades, institutos de pesquisa e agências de fomento, propiciando a criação de projetos que viabilizem a consolidação das vantagens competitivas do país na produção de biocombustíveis.

A colaboração entre universidade e empresa é cada vez mais importante, pois contribui para o desenvolvimento econômico local, resultando em benefícios para toda a



sociedade (Santos et al., 2019). A formação de redes científicas e tecnológicas potencializa a criação e o desenvolvimento de novas tecnologias (Breno et al., 2021). É necessário mudar o quadro relatado por Horst et al. (2011, p. 6), que afirmam não existir uma cultura de criação de patentes no setor energético brasileiro e que as atividades de pesquisa realizadas pelas instituições brasileiras de pesquisa e desenvolvimento “caracterizam-se por ações dispersas, pulverização dos recursos e ausência de orientação para potenciais microrregionais”. Além disso, a Estratégia Nacional de Propriedade Intelectual (ENPI) foi estabelecida recentemente no Brasil pelo decreto número 10.886, de 7 de dezembro de 2021 (Brasil, 2021), o que pode ter contribuído para essa cultura de patentes ainda pouco disseminada no Brasil.

Outra barreira apontada por Silva et al. (2019b) é o estabelecimento de contratos de transferência de tecnologia entre as instituições de pesquisa e as empresas. O estudo desses autores apontou que os contratos de transferência das tecnologias e inovações registradas nos Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT) vinculados a seis Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia sofriam muitas dificuldades, sendo que, dos 155 pedidos de proteção, somente 3 já tinham contratos estabelecidos. A falta de segurança jurídica causada pela ausência de contratos formais e a cultura interna das instituições públicas contra a entrada de capital de empresas privadas foram algumas das barreiras apontadas por Oliveira & Renault (2020) que atrapalharam a cooperação universidade-empresa.

Além disso, o estudo de Moura et al. (2019), que recuperou todas as patentes depositadas no Brasil no período de 2015 a 2016 na base de dados DII da Clarivate Analytics, constatou um grande e crescente número de patentes depositadas via PCT (WO), considerada uma das vias mais rápidas para a obtenção dos direitos de uma patente. De acordo com Dilásio (2022), a concessão de pedidos de patentes no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), autarquia federal brasileira criada em 1970 cuja missão é estimular a inovação e a competitividade a serviço do desenvolvimento tecnológico e econômico do Brasil, evidencia que o processo de análise dos pedidos de registros de patentes no país é caro, burocrático e moroso. Em 2019, foram proferidas um total de 44.486 decisões advindas de 28.318 depósitos de patentes, 13.750 (30,9%) pedidos de registros de patentes foram concedidos, 5.270 (11,8%) indeferidos, 25.340 (57%) arquivados e 126 (0,3%) tiveram suas desistências homologadas. Além disso, apenas 22% (9.786) das invenções tiveram origem no Brasil. A análise dos pedidos de patentes leva, em média, cerca de dez anos para obter uma decisão das solicitações, ocasionando um acúmulo de trabalho conhecido como backlog no INPI (Dilásio, 2022). Isso pode contribuir ainda mais para a insegurança jurídica na formação de ambientes cooperativos.

Para Figueiredo et al. (2019), o Brasil ainda não é competitivo no pedido de patentes no setor de agrobiotecnologias quando comparado com países como os Estados Unidos e a China. Se superar essas dificuldades, a inovação tecnológica no setor canavieiro pode se desenvolver ainda mais. Para Gonçalves (2017), o etanol brasileiro encontra-se em um ambiente favorável, devido aos investimentos no setor canavieiro que viabilizam tecnologias de produção do etanol de segunda geração, ampliando não só a capacidade produzida, como também diminuindo a necessidade por novas áreas de cultivo para a cana-de-açúcar.

Corroborando com essa ideia, Araújo et al. (2013) afirmam que o etanol de segunda geração possui grande potencial de crescimento por não depender da produção de alimentos e da expansão da área cultivada, pois a produção se dará a partir dos resíduos da cana-de-

açúcar. Outra vantagem de se utilizar os resíduos, como o bagaço e a palha da cana, está na logística, pois, por se tratar de um coproduto, não é necessário arcar com os custos de transporte e estocagem, já que ele estará disponível na usina.

Neste contexto, os investimentos em inovação passam a ser fundamentais para melhorar a competitividade das unidades produtivas de cana-de-açúcar. Não obstante, mesmo com os consideráveis investimentos feitos pelas companhias dos setores de óleo, energia e química na produção de biocombustíveis no Brasil, na primeira metade da década de 2000, essa atividade ainda não possuía um nível adequado de investimento direcionado à inovação, tanto na produção de etanol de primeira geração quanto na de segunda (Salles-Filho et al., 2017).

De acordo com os dados da Pesquisa Industrial Anual (PIA) (IBGE, 2022), os investimentos realizados pelo setor de fabricação de álcool passaram a ter um aumento significativo a partir de 2014, atingindo 191 bilhões de reais em 2019 (Tabela 1). Apesar da importância desse crescimento, o total está bem abaixo dos investimentos do setor de fabricação de produtos derivados do petróleo, que foi de 1,1 trilhão de reais.

Tabela 1. Investimento feito pelo setor de fabricação de álcool de 2008 a 2019 em R\$ 1.000,00

Ano	Investimento Nominal	Investimento Real ^a
2008	48 161 833	48 161 833
2009	33 719 549	24 632 416,3
2010	38 748 448	38 814 123,34
2011	33 745 853	37 177 634,66
2012	33 535 359	33 194 321,45
2013	57 358 408	57 455 625,64
2014	70 086 620	76 144 954,95
2015	82 347 046	148 922 539,1
2016	71 445 333	76 167 990,61
2017	72 899 066	36 449 533
2018	111 116 281	70 624 754,87
2019	190 621 847	139 250 874,7

^a Corrigido pela IPC

Fonte: Calculado pelos autores com base nos dados da PIA, IBGE (2022).

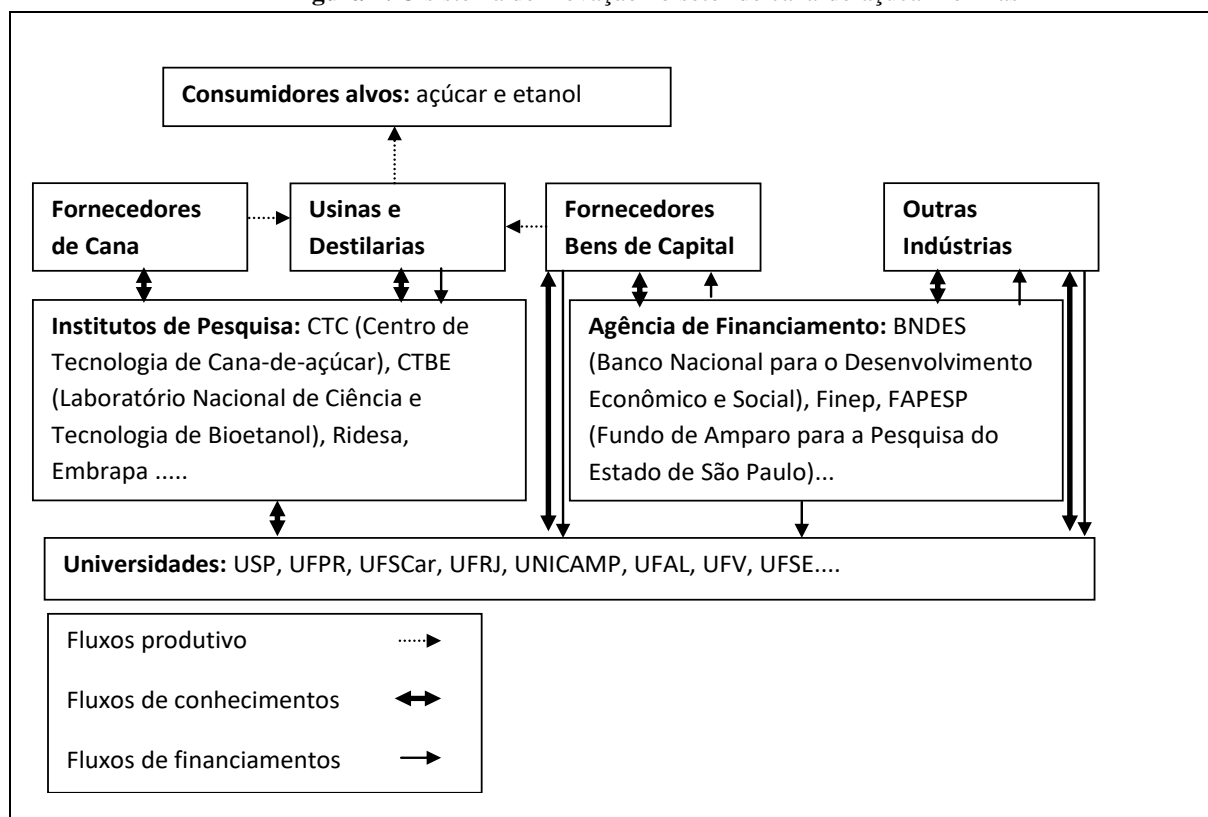
Para analisar e compreender a interação entre o conhecimento básico e a inovação passível de comercialização, estudos apontam que não basta pesquisar a literatura científica da área ou estudar como os mercados se comportam em face das mudanças tecnológicas de determinada cadeia produtiva (Häsner et al., 2019; Silva et al., 2019a). É importante também pesquisar os documentos de patente como um recurso de inovação tecnológica, que é um caminho ainda pouco explorado no ambiente acadêmico brasileiro, devido, entre outros fatores, ao baixo know-how dos pesquisadores sobre o próprio sistema de patentes (Häsner et al., 2019).



Além disso, quando se fala em inovação, de acordo com Santos et al. (2019) e Silva et al. (2019a), deve-se compreender que ela resulta da interação bem-sucedida entre diferentes agentes, como empresas, instituições de pesquisa, agências de desenvolvimento, leis e regulamentos. Portanto, não basta analisar simplesmente a parcela de pesquisa e desenvolvimento investida pelas empresas, mas também as redes de relações. Paula et al. (2017), analisando a Embrapa, observaram que, quanto maior a centralidade dessa instituição com seus parceiros no processo de inovação, ou seja, quanto maior o número de relações e quanto mais concentradas, maior foi a quantidade de pedidos de patentes pela Embrapa.

Baseado nisso, Silva et al. (2019a), em seu estudo, analisaram cinco oportunidades de inovação no setor de cana-de-açúcar: cogeração de energia usando bagaço de cana-de-açúcar e palha, geração de biogás de vinhaça, melhoramento do processo de primeira geração, produção de etanol de segunda geração e bioquímica. A ênfase neste estudo será dada à produção de biocombustíveis da palha, do bagaço, da vinhaça e do etanol de primeira e segunda geração. Essas oportunidades de inovação são influenciadas pela relação dos diferentes agentes responsáveis pela inovação no setor de cana-de-açúcar no Brasil (Figura 1), bem como pelos fluxos de produção, conhecimento e financiamento.

Figura 1. O sistema de inovação no setor de cana-de-açúcar no Brasil



Fonte: Silva et al. (2019a).

Na próxima seção será abordada a metodologia que serviu de base para o desenvolvimento da pesquisa.

3. Metodologia

A princípio, foi feita uma pesquisa exploratória com base documental em fontes de informações nas bases de dados de patentes do Orbit, onde se levantaram as patentes concedidas. A pesquisa documental, de acordo com Gil (2008), se baseia justamente em materiais que não receberam tratamento analítico, o que corresponde à proposta do trabalho. Ademais, essa foi uma pesquisa quantitativa, dado o interesse em quantificar e apresentar numericamente a quantidade de pedidos de patentes de biocombustíveis do setor canavieiro.

Para a estratégia de busca, foram utilizadas as palavras-chave "*sugar cane and biofuel*" e "*sugar cane and ethanol*", por serem considerados termos mais abrangentes que consideram tanto a produção de etanol como um biocombustível, a extração de lignina da palha e do bagaço de cana-de-açúcar, e o biogás da vinhaça. Esse levantamento foi realizado em abril de 2021. A análise dos mapeamentos patentários provê informações sobre tendências tecnológicas, identificando os inventores, os titulares, os tipos de tecnologias, as referências a patentes e artigos anteriores, ajudando a entender quem são os principais provedores de tecnologias. As análises quantitativas usam métodos estatísticos para observar o número de documentos depositados de patentes, enquanto as análises qualitativas podem focar mais no conteúdo das patentes. A análise estatística e as representações gráficas dos dados tornam a informação evidente e ajudam na tomada de decisão, permitindo que as empresas avaliem sua competitividade atual em ciência e tecnologia e tendências nesta área.

Após a análise quantitativa, baseada nos dados levantados na plataforma Orbit, foi realizado um estudo de caso único em uma usina produtora de açúcar e etanol, localizada no estado de Minas Gerais. A usina foi a única que aceitou o convite para participar da pesquisa. Trata-se de uma usina com 1000 funcionários, conforme informações dos dois entrevistados, localizada na região intermediária de Divinópolis, de acordo com a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). As usinas localizadas nessa mesorregião estão entre as mais produtivas do Estado de Minas Gerais, com 70 toneladas por hectare (Siqueira, 2020). Optou-se por fazer um estudo de caso, pois

(...) permite uma investigação para se preservar as características holísticas e significativas dos eventos da vida real – tais como ciclos de vida individuais, processos organizacionais e administrativos, mudanças ocorridas em regiões urbanas, relações internacionais e a maturação de alguns setores (Yin, 2001, p. 21).

A partir da Pesquisa Industrial de Inovação e Tecnologia – PINTEC, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), que investiga o comportamento inovador das empresas, buscou-se adaptar o questionário aplicado pela pesquisa para entrevistar os colaboradores da usina. O intuito da entrevista foi averiguar tendências tecnológicas no setor canavieiro, bem como os obstáculos e os resultados de possíveis inovações.

A entrevista foi realizada no dia 27 de julho de 2021 com dois colaboradores nos cargos de revisão de processos e teve duração de aproximadamente uma hora. Caracteriza-se



como semiestruturada, pois apresentou um roteiro prévio, mas permitiu o acréscimo de outras questões não planejadas durante a entrevista, enriquecendo e expandindo o conteúdo da conversa. Preparou-se um roteiro composto por 32 (trinta e duas) questões abertas, divididas em 4 (quatro) seções:

1º Seção: questões introdutórias para conhecer os entrevistados e a usina, tais como localização da usina, cargo dos entrevistados, tempo de atuação no mercado, número de funcionários, principais produtos e clientes.

2º Seção: aborda o tema inovação de produto; são feitas perguntas que tangem a introdução de novos produtos no mercado, reutilização de subprodutos, investimentos em etanol de segunda geração e sustentabilidade.

3º Seção: aborda a inovação de processos; questões focadas na inserção de novos métodos de fabricação e produção, infraestrutura de TI, introdução de novos equipamentos, softwares e técnicas para apoiar atividades, tais como planejamento e controle da produção, controle da qualidade, compra, manutenção e medição de desempenho.

4º Seção: trata das atividades inovativas realizadas pela usina, como investimentos realizados em pesquisa e desenvolvimento (P&D), investimentos em novas tecnologias, solicitação de depósito de patente, relações que a empresa estabelece com universidades, governo e outras empresas privadas, e o envolvimento em arranjos cooperativos. Para a análise das respostas dadas pelos entrevistados, foi utilizada a análise de conteúdo que

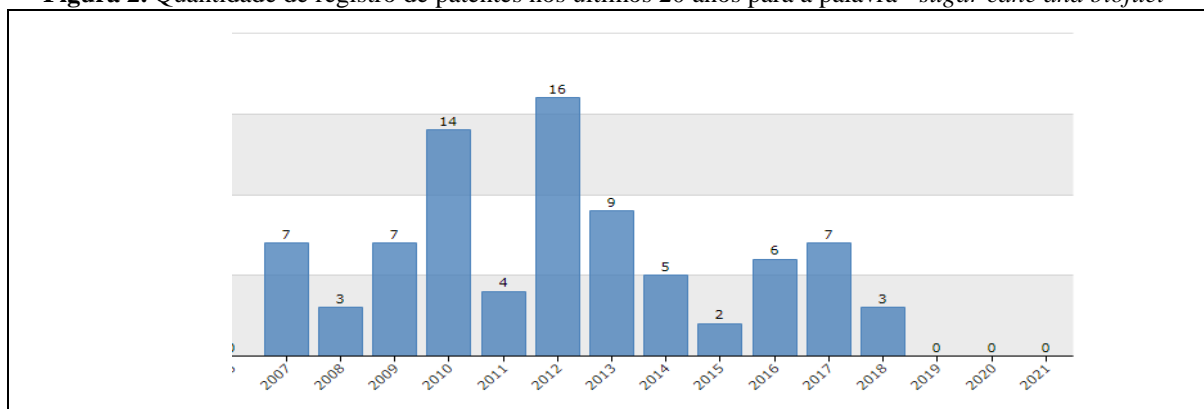
(...) compõe-se de um conjunto de técnicas parciais que, embora tenha a mesma meta – explicitação e sistematização do conteúdo das mensagens –, assumem uma grande disparidade de formas, adaptadas aos tipos de documentos e objetivos dos pesquisadores (Godoy, 1995, p. 24).

4. Análise e Discussão dos Resultados

4.1 Os Pedidos de Registros de Patentes

Ao fazer o levantamento dos dados na base Orbit, observou-se 109 registros de invenções patenteadas com as palavras-chave “*sugar cane and biofuel*” e 55 registros para “*sugar cane and ethanol*”. O número de registros tanto para as palavras-chave “*sugar cane and biofuel*” quanto para “*sugar cane and ethanol*” teve um aumento significativo entre os anos de 2010 a 2012, quando se iniciou uma queda significativa desses pedidos, conforme indicam as Figuras 2 e 3, respectivamente.

Figura 2. Quantidade de registro de patentes nos últimos 20 anos para a palavra “*sugar cane and biofuel*”

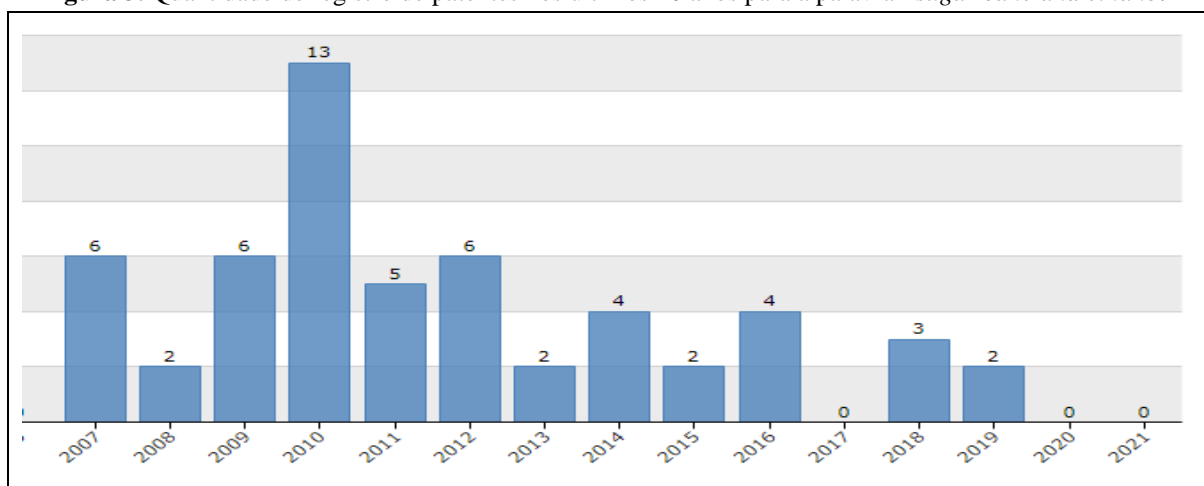


Fonte: Elaboração própria, Orbit (2022).

No Brasil, os anos de 2010 a 2012 foram marcados por um número elevado de investimentos de grandes grupos estrangeiros nas usinas e destilarias nacionais, sendo que 2010 foi o ano em que ocorreram 26 fusões e aquisições e o Produto Interno Bruto cresceu 7,53% (Siqueira et al., 2017). Conseqüentemente, investimentos em pesquisas provenientes do setor privado foram direcionados para a adaptação e resistência de novas variedades de cana-de-açúcar (Furtado et al., 2011).

Apesar de a produção de biocombustíveis ser importante e ter sido mapeada como uma das oportunidades de inovação no setor de cana-de-açúcar por Silva et al. (2019a), ao se analisar a quantidade de registros de patentes, observou-se uma queda significativa a partir de 2013 (Figura 3). Políticas contraditórias do governo brasileiro promovendo, ao mesmo tempo, combustíveis fósseis e renováveis, a ênfase do Plano Decenal de Expansão de Energia para projetos de energia solar e eólica (Salles-Filho et al., 2017; Brasil, 2018) e o controle de preços da gasolina e do diesel para combater a inflação (Hughes et al., 2020) podem ter contribuído para essa queda na quantidade de registros.

Figura 3. Quantidade de registro de patentes nos últimos 20 anos para a palavra “*sugar cane and ethanol*”

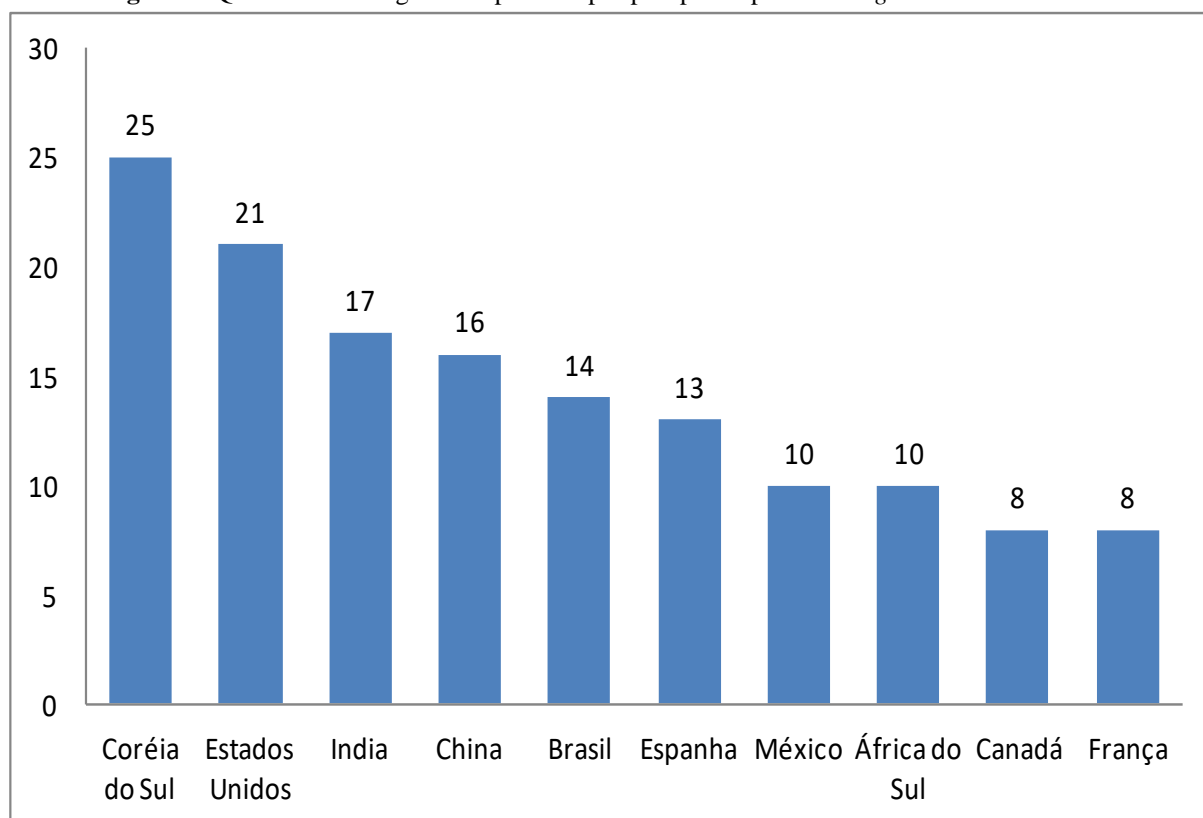


Fonte: Elaboração própria, Orbit (2022).



Quanto aos países que mais registraram patentes com as palavras-chave "*sugar cane and biofuel*", os Estados Unidos lideram com 32 registros, seguidos pela Coreia do Sul, Índia e China, com 26, 25 e 23 registros, respectivamente. O Brasil aparece na quinta posição, com 18 registros. Com relação às palavras-chave "*sugar cane and ethanol*", a maioria dos registros foi feita pela Coreia do Sul, com 25 registros, e o Brasil, mais uma vez, aparece na quinta posição, com 14 registros (Figura 4). Esse resultado está de acordo com o trabalho de Figueiredo et al. (2019), que aponta a pouca competitividade do Brasil no registro de patentes nessa área.

Figura 4. Quantidade de registro de patentes por país para a palavra "*sugar cane and ethanol*"



Fonte: Elaboração própria, Orbit (2022).

O Brasil, apesar de sua relevância na produção de cana-de-açúcar, é superado por países que não têm uma produção significativa de cana-de-açúcar, o que mostra as dificuldades de investimentos em tecnologias para a produção de biocombustíveis. De acordo com os dados da PIA (IBGE, 2022), em 2019, o setor de fabricação de álcool investiu 191 bilhões de reais, o que corresponde a 3,55% dos investimentos feitos pelas indústrias brasileiras. Esses dados mostram ainda que o setor que mais investiu foi o de fabricação de produtos derivados do petróleo, com um investimento de 1,1 trilhão de reais, ou seja, 21% das indústrias brasileiras.

Além disso, de acordo com os dados da Pesquisa de Inovação (PINTEC) (IBGE, 2022), as indústrias brasileiras e as indústrias de transformação têm diminuído o dispêndio com atividades inovativas em relação à receita líquida de vendas, com taxas geométricas de crescimento negativas e significativas, enquanto o setor de fabricação de coque e biocombustíveis, apesar de uma taxa geométrica de crescimento crescente, foi não significativa (Tabela 2).

Tabela 2. Valor percentual entre o dispêndio com atividades inovativas sobre a receita líquida total das indústrias brasileiras, das indústrias de transformação e do setor de fabricação de coque e biocombustíveis dos anos de 2008, 2011, 2014 e 2017

Ano	Total	Indústrias de transformação	Fabricação de coque e biocombustíveis (álcool e outros)
2008	0,285336	0,260111	0,182906
2011	0,255871	0,245675	0,603806
2014	0,253814	0,216069	0,338791
2017	0,19522	0,168919	0,308774
TGC (%) ^a	-0,11*	-0,13**	0,10 ^{NS}

^a Taxa geométrica de crescimento, obtida pelo antilog do parâmetro β_1 da regressão $\ln(Y_i) = \beta_0 + \beta_1 T + u_i$ menos 1, em que Y_i é o valor percentual entre o dispêndio com atividades inovativas sobre a receita líquida e T , a variável tendência, calculada pelo autor.

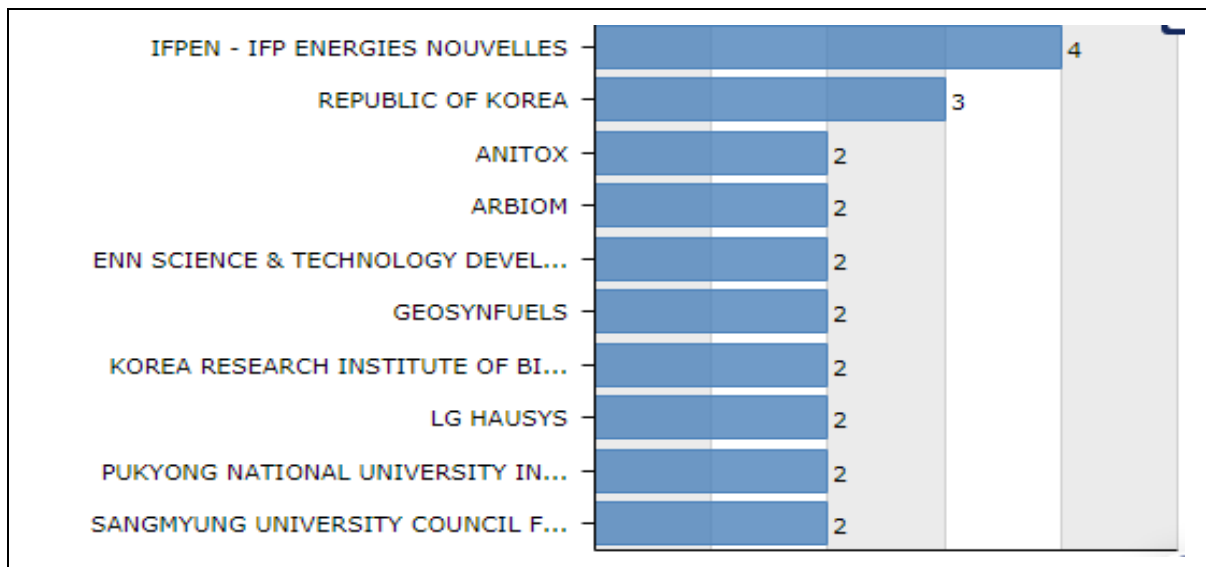
* Significativa a 10%, Significativa a 5%, NS não significativa

Fonte: Elaboração própria, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2022).

Em 2017, das 203 indústrias do setor de fabricação de coque e biocombustíveis, 34 declararam implementar inovações de produto (IBGE, 2022). Para ter um protagonismo internacional, não basta o país ser um grande produtor de açúcar e etanol, com grande produção de cana-de-açúcar, mas é necessário buscar investir em novas tecnologias que viabilizem a produção de biocombustíveis com mais eficiência econômica e diversificação, considerando ainda a possibilidade de produção de etanol de segunda geração.

Quanto às principais instituições cessionárias que registraram patentes com as palavras-chave "*sugar cane and biofuel*", a empresa francesa IFPEN – IFP ENERGIES NOUVELLES lidera com 4 registros, seguida pela República da Coreia, com 3 registros (Figura 5). A IFPEN – IFP ENERGIES NOUVELLES também tem mais registros para as palavras-chave "*sugar cane and ethanol*", com 3 registros. Não se observou, portanto, a participação de nenhuma empresa brasileira, apesar de ser um grande produtor de cana-de-açúcar.

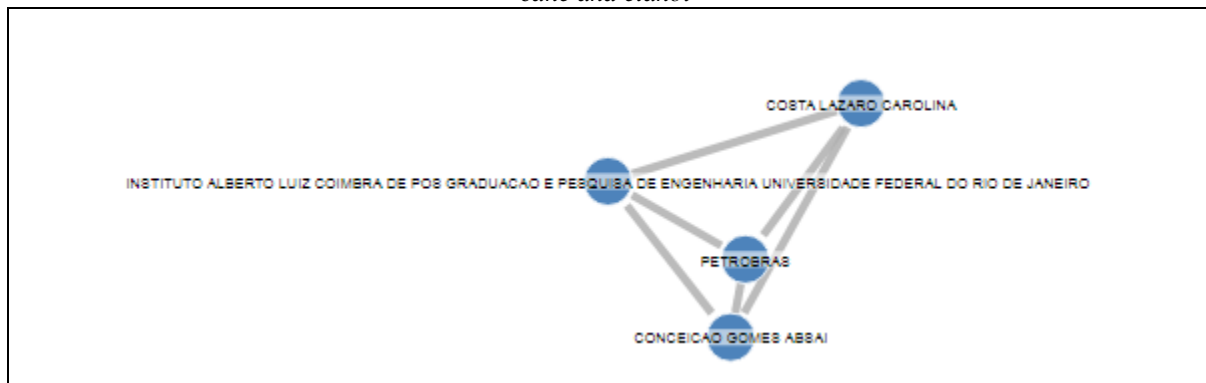
Figura 5. Quantidade de registro de patentes por instituições cessionárias para a palavra “sugar cane and ethanol”



Fonte: Elaboração própria, Orbit (2022).

Fazendo um levantamento sobre as possíveis parcerias para o desenvolvimento tecnológico no setor, no Brasil, foi identificada uma parceria entre as instituições cessionárias Petrobras e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (Figura 6), para as palavras-chave “sugar cane and biofuel” e “sugar cane and ethanol”. Apesar dessas instituições não serem as principais cessionárias no mundo, essa parceria indica uma estratégia muito positiva, pois, de acordo com os autores Horst et al. (2011), Araújo et al. (2013), Santos et al. (2019), Silva et al. (2019a) e Breno et al. (2021), as parcerias entre diferentes instituições proporcionam alavancagem na evolução tecnológica em diferentes setores, como o setor canavieiro.

Figura 6. Colaboração entre as instituições signatárias para as palavras-chave “sugar cane and biofuel” e “sugar cane and ethanol”



Fonte: Elaboração própria, Orbit (2022).



O número de empresas do setor da indústria de fabricação de coque e biocombustíveis que implementou inovações de produto e/ou processo, com relações de cooperação com outras organizações, diminuiu em 2017, mas apresentou uma tendência de crescimento em relação a 2008, indicando a relevância dessas parcerias para a inovação das empresas do setor (Tabela 3).

Tabela 3. Relação de cooperação com outras organizações das empresas da indústria de fabricação de coque e biocombustíveis que implementam inovações de produto e/ou processo

Ano	2008	2011	2014	2017
Clientes ou consumidores	-	2	3	4
Fornecedores	-	2	2	4
Concorrentes	-	-	1	1
Outra empresa do grupo	-	2	7	4
Empresas de consultoria	2	2	5	11
Universidades ou institutos de pesquisa	4	39	20	18
Centros de capacitação profissional e assistência técnica	-	-	6	-
Instituições de testes, ensaios e certificações	-	2	6	-
Total	6	49	50	42

Fonte: Elaboração própria, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2022).

Observa-se nessa Tabela 3 que as empresas de consultoria e as universidades ou institutos de pesquisa são as organizações que mais fizeram parcerias com essa indústria em todos os períodos analisados, corroborando com os resultados da Figura 6. Essa é uma estratégia extremamente importante considerando que a inovação, conforme estudos de Santos et al. (2019) e Silva et al. (2019a), depende de uma interação bem-sucedida entre diferentes agentes, como empresas, instituições de pesquisa, agências de desenvolvimento, leis e regulamentos.

4.2 Entrevista com os colaboradores

Os dois profissionais entrevistados são de uma usina localizada na região intermediária de Divinópolis, no estado de Minas Gerais. Basicamente, os principais produtos da usina são açúcar e etanol (hidratado e anidro), melão e energia. Cerca de 60% da cana-de-açúcar processada é proveniente de propriedade própria e o restante de propriedades arrendadas. A produção de cana-de-açúcar na propriedade faz rodízio com a produção de soja. Os principais clientes da usina são a CEMIG, que consome a energia elétrica, o mercado externo, no caso do açúcar, e os distribuidores de combustíveis da cidade de Contagem, no caso do etanol.

A energia é o produto mais recente, desde 2015, sendo que, até então, prevalecia a produção de açúcar e etanol. Apesar de produzir energia, a usina não aproveita o bagaço, a vinhaça ou outros subprodutos para a produção de biocombustíveis; essa energia é produzida pela queima desses subprodutos. Além disso, a empresa não produz ou investe em etanol de



segunda geração (2G). Esse resultado também foi observado no trabalho de Salles-Filho et al. (2017), que afirma ainda não existir um nível adequado de investimento voltado à inovação na produção de etanol de segunda geração, apesar das vantagens que poderiam ser conquistadas pelo setor considerando a tradição na produção de etanol.

Os entrevistados acreditam que a cana-de-açúcar é a melhor opção para a produção de biocombustíveis devido ao clima do Brasil ser mais propício para essa cultura. Um dos entrevistados afirmou: *“Por ser um vegetal que se adaptou bem ao clima e às condições de produção da usina, possui manejo fácil e, com a evolução tecnológica no tratamento do solo e de máquinas plantadeiras e cortadoras de cana, ocorreram melhoras na produtividade no Cerrado brasileiro”*.

Apesar da evolução e da superioridade do milho por causa da elevada produtividade, o milho ainda não possui processos de produção e fermentação tão avançados quanto os do etanol. Dessa forma, a cana-de-açúcar é mais competitiva, pois há sincronia entre plantio, colheita e processamento. Interessante observar, portanto, que, apesar de a usina não fazer investimentos na produção de etanol de segunda geração, os entrevistados reconhecem a importância da cana-de-açúcar na produção de biocombustíveis, apresentando vantagens em relação às outras culturas e já estando em um estágio mais avançado de adaptação no Cerrado brasileiro.

Sobre os investimentos da usina, os entrevistados responderam que atualmente eles estão voltados para automação, aumento de produtividade dos canaviais, melhorias de processos internos para ganhos em eficiência de produção de açúcar e etanol, e na produção de energia. Um dos entrevistados disse ainda que *“a empresa introduziu vários métodos novos de fabricação nos últimos cinco anos, adaptando com novas tecnologias em novas condições, principalmente nos últimos dois anos devido à Covid-19”*.

Quanto à produção de cana-de-açúcar, o aperfeiçoamento se deu no método de produção, que passou do plantio manual para o mecanizado em mais de 80% da área cultivada. Novos investimentos têm sido direcionados para melhorar a eficiência das máquinas na irrigação por meio de gotejo. Nos últimos cinco anos, ocorreram mudanças em vários aspectos, tais como: preparo do solo, plantio e colheita, transporte e processamento. Esses resultados também foram observados no trabalho de Salles-Filho et al. (2017), mostrando uma inovação no processo de produção da cana-de-açúcar.

Sobre a logística, como nos terminais as empresas grandes têm maior poder de influência e de negociação, a empresa precisa desenvolver estratégias internas na logística de escoamento da produção de açúcar, principalmente porque está localizada no interior do país. *“As empresas maiores acabam tendo prioridade no escoamento da produção nos portos”*, afirmou um dos entrevistados. Parcerias com outras empresas também poderiam facilitar o processo logístico.

Com relação ao mercado, foi mencionado pelos entrevistados que o açúcar é uma *commodity* e, portanto, o preço é estabelecido pelo mercado, com variação provocada pelo mercado financeiro, e que as ações de marketing estão mais associadas às questões sociais.

Quanto à inovação gerencial, a usina investiu em equipamentos, softwares e técnicas novas ou significativamente aperfeiçoadas em atividades de apoio à fabricação. Um dos entrevistados mencionou um investimento em um sistema integrado de gestão: *“Desde manutenção, pessoal, informações analíticas e gerenciais”*. Também possui um software que



monitora todo o maquinário da empresa em tempo real, informando se está ligado, parado, consumo de combustível, auxiliando na produtividade e na logística, conseguindo uma redução de aproximadamente 40% no consumo de combustível no processo produtivo. A empresa está verificando a possibilidade de implantar um software de controle de processos, uma tecnologia 4.0, um sistema de geração de vapor e geração de energia, que considera mais de dez variáveis ao mesmo tempo e faz a tomada de decisão antecipada.

Esses resultados corroboram estudos que apontam uma evolução na produção agrícola e industrial e no tratamento de resíduos e cogeração de energia a partir da década de 1990, mas poucos avanços na diversificação de produtos e mercados (Pedro, 2004; Toneto Júnior & Liboni, 2008; Agriannual, 2009; Junqueira et al., 2009; Mundo Neto, 2009; Chaddad, 2010; Shikida, 2011; Augusto et al., 2012; Salles-Filho et al., 2017).

Entretanto, os entrevistados também relataram investimentos visando à sustentabilidade ao longo dos processos produtivos, como descarte adequado de resíduos, aplicação correta de matéria-prima, uso de água em circuito fechado e devolução de recursos para a natureza de forma que não a prejudique. Mencionaram o rodízio de culturas nos canaviais, para trabalhar o solo com sustentabilidade, e o investimento em uma caldeira que polui menos e que monitora os gases ambientais. Mudanças nas leis ambientais e exigências do mercado são os principais motivos do interesse dessas empresas em inovação quanto à sustentabilidade.

Outro ponto relevante apontado pelos entrevistados foram as parcerias estabelecidas entre a usina e outras instituições. Por exemplo: parceria com um pesquisador de uma universidade federal mineira no desenvolvimento de uma levedura mais adequada para a região; parceria com outra universidade pública mineira no desenvolvimento de uma nova variedade de cana-de-açúcar; parceria na formação de profissionais; e parcerias com instituições paulistas como a CONSECAN (Conselho dos Produtores de Cana de Açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo), a Escola Superior Luiz de Queiróz (ESALQ) e o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC).

Observa-se que, assim como apontado por Santos et al. (2019) e Silva et al. (2019a), as parcerias são fundamentais para a inovação e, especificamente na usina estudada, elas também se fizeram presentes. No entanto, essa inovação tem ocorrido principalmente no setor agrícola, visando melhorar a produtividade na produção de cana-de-açúcar. Nenhuma parceria foi mencionada quanto à diversificação na produção e, mais especificamente, na produção de biocombustíveis.

Finalmente, os entrevistados relataram uma participação importante do setor público no sentido de disponibilizar financiamento por meio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Apesar desse aporte, a empresa nunca fez depósito de patente, mas tem expectativa quanto à nova forma de levedura. Mais uma vez observa-se o pouco envolvimento na inovação considerando pedidos de patentes, que são indicadores relevantes do envolvimento das empresas no processo de inovação.

O Quadro 1 apresenta uma síntese das principais inovações realizadas pela usina pesquisada.



Quadro 1. Inovações realizadas pela usina

Inovação no produto	Não citaram diversificação de produtos nem investimento em biocombustíveis e etanol de segunda geração.
Inovação no processo	Automação, aumento de produtividade dos canaviais, melhorias de processos internos para ganhos em eficiência de produção de açúcar e etanol e na produção de energia.
Inovação no marketing	Ações de marketing associadas às questões sociais.
Inovação na gestão	Equipamentos, softwares e técnicas novas ou significativamente aperfeiçoadas em atividades de apoio à fabricação.
Inovação em sustentabilidade ambiental	Descarte de resíduo e aplicação correta de insumos, uso de água em circuito fechado e devolver recursos para a natureza. Investimento em uma caldeira que polui menos e monitoramento dos gases ambientais.
Pedidos de patentes	A empresa entrevistada ainda não fez nenhum pedido, mas pretende em breve fazer um pedido para uma nova forma de processo de levedura.
Parcerias	A empresa mantém parcerias com diferentes órgãos que são fundamentais para o seu processo de inovação.
Financiamento	Disponibilidade do BNDES

Fonte: Elaboração própria (2022).

É nítida, portanto, a necessidade de investimentos em inovação de novos produtos. O estudo de Silva et al. (2019a) já apontou oportunidades de inovação na cogeração de energia usando bagaço de cana-de-açúcar e palha, na geração de biogás de vinhaça, na produção de etanol de segunda geração e na bioquímica, que podem gerar novos produtos, aumentando a diversificação dos produtos ofertados como biocombustíveis. Ao se criar novos produtos, o setor canavieiro poderá investir mais em inovação em marketing justamente para promover os novos produtos criados e atender a diferentes mercados. Consequentemente, pedidos de patentes relacionados a esses novos produtos também poderão ser feitos pela empresa.

Com relação ao investimento no processo de produção industrial e agrícola, na gestão e na sustentabilidade, já existem investimentos que, de acordo com os entrevistados, têm sido bastante satisfatórios. Entretanto, os investimentos em inovação nessas categorias devem ser mantidos, principalmente porque, no caso da produção agrícola, as mudanças climáticas vão gerar novos desafios para adaptação das diferentes culturas agrícolas, enquanto, na produção industrial, a emancipação da indústria 4.0 é uma tendência que deve cada vez mais exigir adaptações das empresas para se tornarem mais competitivas.

5. Considerações Finais

A prospecção tecnológica é muito importante para garantir as vantagens competitivas das organizações no longo prazo. O setor canavieiro brasileiro já evoluiu tecnologicamente tanto na produção da cana-de-açúcar como na indústria de açúcar e etanol, além da cogeração de energia dos seus subprodutos. Apesar dessa evolução, é necessário investir mais na diversificação de produção e de mercado, principalmente na produção de biocombustíveis. Os resultados mostram que o país tem registrado poucas patentes quando comparado a outros países que não têm tradição na produção de cana-de-açúcar. Para o país continuar mantendo a relevância mundial nessa atividade econômica, é necessário investir em inovação, sob o risco de perder sua competitividade. Foi visto que as indústrias brasileiras têm diminuído os



investimentos e que o setor de fabricação de álcool investiu 3,55% dos investimentos feitos pelas indústrias brasileiras.

O estudo realizado na usina mostrou que as iniciativas de inovação têm ocorrido para aumentar a produtividade agrícola de cana-de-açúcar ou na produção fabril de açúcar e etanol. Observou-se inovação no processo gerencial e logístico, sendo este último principalmente para melhorar a competitividade frente às grandes empresas, mas pouca inovação tem ocorrido no marketing e, principalmente, na diversificação da produção, especificamente na produção de biocombustíveis. Apesar do reconhecimento da importância do etanol de segunda geração, não existe investimento direcionado para a produção deste produto.

Este trabalho mostrou ainda a existência de uma parceria entre as instituições cessionárias Petrobras e a Universidade Federal do Rio de Janeiro para ambas as palavras-chave, indicando que essa estratégia deve ser incentivada, pois facilita a inovação que não acontece devido a ações isoladas de empresas ou de instituições de pesquisa, mas sim por meio de relações bem-sucedidas entre os diferentes agentes. As parcerias também têm sido relevantes para a usina estudada, mas ainda estão muito focadas na melhoria da produtividade agrícola de cana-de-açúcar. É necessário estimular mais parcerias que direcionem para a diversificação de produtos e mercados, principalmente de biocombustíveis. Observou-se ainda um aumento das parcerias entre a indústria de fabricação de coque e biocombustíveis com universidades e empresas de pesquisa, um movimento bastante positivo porque, conforme estudos de Santos et al. (2019) e Silva et al. (2019a), essas parcerias são fundamentais para acelerar o processo de inovação das empresas do setor.

Como sugestão de outros estudos, é necessário verificar quais têm sido os principais registros de patentes quando se considera a produção de energia. Além disso, mais unidades produtivas localizadas em outras regiões do país devem ser estudadas para verificar se existe diversidade em termos de inovação nas suas diferentes esferas. Esta pesquisa somente analisou os dados de patentes, sem considerar a qualidade dessas patentes. Seria interessante realizar outros estudos considerando essas análises.

Referências

- Agriannual. (2009). *Anuário estatístico da agricultura brasileira*. São Paulo.
- Albarelli, J., Santos D. T., & Meireles, M. A. (2016). *Recent Patents on Engineering*, 10(2), 111-120.
- Antunes, A. M. D., Parreiras, V. M. A., & Quintela, C. M. (2018). Métodos de Prospecção Tecnológica, Inteligência Competitiva e Foresight: principais conceitos e técnicas. In: Ribeiro, N. M. *Prospecção tecnológica*. Salvador (BA): IFBA.
- Araújo, G. J. F., Navarro, L. F. S., & Santos, B. A. S. (2013). O etanol de segunda geração e sua importância estratégica ante o cenário energético internacional contemporâneo. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 9(5), 01-11.
- Augusto, C. A., Takahashi, L. Y., & Sachuk, M. Y. (2012). A Influência da Inovação Tecnológica na competitividade e nas relações de trabalho em usinas de açúcar e álcool paranaenses. *Organizações rurais e agroindustriais*, 14(1), 1-14.



Ayodele, B. V., Alsaffar, M. A., & Mustapa, S. I. (2020). An overview of integration opportunities for sustainable bioethanol production from first- and second-generation sugar-based feedstocks. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118857.

Brasil. (2021). Decreto nº 10.886, de 7 de dezembro de 2021. Institui a Estratégia Nacional de Propriedade Intelectual. *Diário Oficial da União*. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.886-de-7-de-dezembro-de-2021-365433440#:~:text=O%20objetivo%20da%20ENPI%20%C3%A9,ao%20desenvolvimento%20econ%C3%B4mico%20e%20social.>

Brasil. (2021). *Plano decenal de expansão de energia 2030*, Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE.

Breno, C. S., Masago, F. K., Silveira, J. M. F. J., Moraes, B. S., Mendes, L. B. L., Luna, I. R. (2021). Bioenergy emerging paradigm: Collaborative networks and determinants in the upgrading process of technological frontiers. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*.

Chaddad, F. R. (2010). UNICA: challenges to deliver sustainability in the Brazilian Sugarcane Industry, *International Food and Agribusiness Management Review*, College Station, 13(4), 173-192.

Dilácio, M. B. (2022). *Motivações e Barreiras do processo de Patentear no Brasil: Percepções dos Pesquisadores das Universidades Federais Mineiras*. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração Pública). Universidade Federal de São João del Rei. https://www.ufsj.edu.br/profiap/trabalho_de_conclusao_de_curso.php

Dilácio M. B., Barbosa, C. M., Jardim, A. T. P. S., Dilácio B. B., Siqueira P. H. L., Diniz, D. M. (2020). Technological Monitoring of Second Generation Ethanol Patents. *Revista GEINTEC: Gestão, Inovação e Tecnologias*, 10, 5553-5566.

Empresa de Pesquisa Energética. (2020). *Balanço Energético Nacional 2020. Ano Base 2019*. Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro: EPE.

Figueiredo, L. H. M., Vasconcellos, A. G., Prado, G. S., Grossi-de-Sa, M. F. (2019). An overview of intellectual property within agricultural biotechnology in Brazil. *Biotechnology Research and Innovation*, 3(1), 69–79. <https://doi.org/10.1016/j.biori.2019.04.003>.

Furtado, A. T., Scandiffio, M. I. G., & Cortez, L. A. B. (2011). The Brazilian sugarcane innovation system. *Energy Policy*, 39(1), 156–166.

Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6ª ed, São Paulo: Atlas.

Godoy, A. S. (1995). Pesquisa Qualitativa. Tipos fundamentais. *Revista de Administração de Empresas*. São Paulo, 35(3), 20-29.

Gonçalves, D. B. (2017). Perspectivas para o etanol brasileiro frente à evolução da tecnologia dos motores. *Revista de Desenvolvimento Econômico – RDE*, 3(38), 345–364.



Häsner, C., Lima, A. A., & Winter, E. (2019). Technology advances in sugarcane propagation: A patent citation study. *World Patent Information*, 56, 9-16.

Häsner, C., Santos, D. A., & Lima, A. A. (2020). Technological Trajectories Studies of Sugarcane Ethanol Production Using Patent Citation. In: Prabu, S. L., Tnk, S., Jacob-Lopes, E., & Zepka, L. Q. (Eds). *Intellectual Property Rights – Patent*, 184.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2022). *Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>

Horst, D. J., Silva, F. P., Behaninne, J. J. R, Xavier A. A. P., & Francisco, A. C. (2011). Prospecção tecnológica: geração das energias renováveis no Brasil. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 28, 1–7.

Hughes, N., Mutran, V. M., Tomei, J., Ribeiro, C. O., Nascimento, C. A. O. (2020). Strength in diversity? Past dynamics and future drivers affecting demand for sugar, ethanol, biogas and bioelectricity from Brazil’s sugarcane sector. *Biomass and Bioenergy*, 141, 105676.

João, I. S., Porto, G. S., & Galina, S. V. R. (2012). A posição do Brasil na corrida pelo etanol celulósico: mensuração por indicadores C&T e programas de P&D. *Revista Brasileira de Inovação*, 11(1), 105-136.

Junqueira, C. P., Sterchile, S. P. W., & Shikida, P. F. A. (2009). Mudança institucional e o impacto no padrão tecnológico: o caso da mecanização da colheita de cana-de-açúcar no Paraná. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 11(1), 87-105.

Moura, A. M. M., Gabriel Junior, R. F., Magnus, A. P. M., Bochi, F. S., Scartassini, V. B. (2019). Panorama das patentes depositadas no Brasil: uma análise a partir dos maiores depositantes de patentes na base Derwent Innovations Index. *Brazilian Journal of Information Studies: Research Trends*, 13(2), 59-68. <https://doi.org/10.36311/1981-1640.2019.v13n2.06.p59>.

Mundo Neto, M. (2009). De sucroalcooleiro a sucroenergético: a construção de um campo organizacional, In.: *Encontro Anual Da Anpocs Caxambu*. Disponível em: http://www.anpocs.org/portal/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=2164&Itemid=288.

Paula, N. Q., Biscola, P. H. N., Figueiredo, J. C., Bungenstab, D. J., & Guilhermino, J. F. (2018). Network and Innovation at The Brazilian Agricultural Research Corporation. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 19(3).

Oliveira, G. S., & Renault, T. B. (2020). A Interação com Atores da Hélice Tríplice e as Perspectivas de Desenvolvimento da Cooperação Academia-Empresa: Reflexões sobre a experiência do IFRJ Campus Pinheiral. *Revista de Administração, Sociedade e Inovação*, 6, 115-143.

Pedro, E. S. (2004). *Gestão tecnológica: um estudo de caso no setor sucroalcooleiro*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos.



- Salles Filho, S. L. M., Castro, P. F. D., Bin, A., Edquist, C., Ferro, A. F. P., & Corder, S. C. (2017). Perspectives for the Brazilian bioethanol sector: The innovation driver. *Energy Policy*, 108, 70–77.
- Santos, D. C. L. P., Correa, C., Alves, Y. A., Souza, C. G., & Boloy, R. A. M. (2023). Brazil and the world market in the development of technologies for the production of second generation ethanol. *Alexandria Engineering Journal*, 67, 153–170.
- Santos, E. F., & Benneworth, P. (2019). Interação Universidade-Empresa: características identificadas na literatura e a colaboração regional da Universidade de Twente. *Revista de Administração, Sociedade e Inovação*, 5(2), 115-143.
- Santos, M. M., Coelho, G. M., Santos, D. M., & Fellows Filho, L. (2004). Prospecção de tecnologias de futuro: métodos, técnicas e abordagens. *Parecerias Estratégicas*, 19.
- Shikida, P. F. A., Azevedo, P. F., & Vian, C. E. F. (2011). Desafios da agroindústria canavieira no Brasil pós-desregulamentação: uma análise das capacidades tecnológicas. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 49(3), 599-628.
- Silva, D. F., Bomtempo, J. V., & Alves, F. C. (2019a). Innovation opportunities in the Brazilian sugar-energy sector. *Journal of Cleaner Production*, 218(1), 871–879.
- Silva, F. G., Ribeiro, J. A., & Barros, F. M. R. (2019b). Mapeamento da atuação dos Núcleos de Inovação Tecnológica dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. *Revista de Administração, Sociedade e Inovação*, 5(2), 180-197.
- Siqueira, P. H. L. (2020). A relação da produção de cana-de-açúcar com a concentração fundiária, arrendamento e uso de agrotóxicos no Estado de Minas Gerais. In: *Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER*, Foz do Iguaçu/PR.
- Siqueira, P. H. L., Shikida, P. F. A., & Cardoso, B. F. (2017). Impact of mergers and acquisitions on the performance of the sugar and alcohol industry in Brazil. *Rivista di Economia Agraria*, 2, 151-171.
- Toneto Junior, R., & Liboni, L. B. (2008) Evolução recente do mercado de trabalho da cana-de-açúcar no Brasil (1995-2006). *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 10(3), 455-474.
- União da Indústria de Cana-De-Açúcar. (2021). Disponível em: <https://unica.com.br/noticias/2020-fecha-com-mais-de-597-milhoes-de-toneladas-de-cana-processada/> . Acesso em: 17 de mar. 2021.
- Xu, J., & Li, M. (2017). Innovative technological paradigm-based approach towards biofuel Feedstock. *Energy Conversion and Management*, 141, 48–62.
- Yin R. (2001). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2ª ed, Porto Alegre: Bookman.