

AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA E A ECONOMIA CIRCULAR: UM ESTUDO DE CASO NA USINA DE BANDEIRANTES (PARANÁ)

Alicia Leal Frehner¹

Kristianno Fireman Tenório²

Maira Perlin Girardi³

Pery Francisco Assis Shikida⁴

Resumo

Esta pesquisa busca responder como funciona a economia circular da Usina de Açúcar e Álcool Bandeirantes (Usiban/Paraná). O objetivo é analisar a produção de açúcar e etanol e subprodutos advindos desse processo, relacionando a economia circular no contexto agroindustrial. A metodologia consistiu em revisão literária e estudo de caso na Usiban, com realização de pesquisa de campo e coleta de dados através de entrevistas aos seus supervisores. Os resultados apontaram que a Usiban reutiliza os subprodutos de seu processo produtivo como ocorre com a vinhaça e o bagaço para sua manutenção; já outros subprodutos não são produzidos devido seu alto custo (*e.g.*, o etanol de 2ª geração), tratando-se o caso da Usiban, de modelo circular com potencial para autossustentabilidade.

Palavras-chave: Agroindústria canavieira; Sustentabilidade; Subprodutos; Paraná.

THE SUGARCANE AGROINDUSTRY AND THE CIRCULAR ECONOMY: A CASE STUDY AT THE BANDEIRANTES MILL (PARANÁ)

Abstract

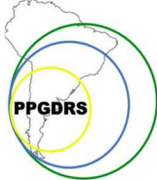
This research seeks to answer how the circular economy of the Bandeirantes Sugar and Alcohol Plant (Usiban/Paraná) works. The objective is to analyze the production of sugar and ethanol and by-products arising from this process, relating the circular economy in the agro-industrial context. The methodology consisted of a literary review and case study at Usiban, carrying out field research and collecting data through interviews with its supervisors. The results showed that Usiban reuses the by-products of its production process, such as vinasse and bagasse for its maintenance; other by-products are not produced

¹ Mestranda em Desenvolvimento Regional e Agronegócio pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)/Toledo. Bolsista de Pós-Graduação Capes. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0471-6191> E-mail: alicia.frehner@unioeste.br

² Mestrando em Desenvolvimento Regional e Agronegócio pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)/Toledo. Bolsista de Pós-Graduação Capes. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0384-9256> E-mail: kristianno.tenorio@unioeste.br

³ Mestranda em Desenvolvimento Regional e Agronegócio pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)/Toledo. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2799-3562> E-mail: maira.girardi@unioeste.br

⁴ Pós-doutor em Economia pela FGV/SP. Professor da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)/Toledo. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9621-1520> E-mail: pery.shikida@unioeste.br



due to their high cost (e.g., 2nd generation ethanol), in the case of Usiban, a circular model with potential for self-sustainability.

Keywords: Sugarcane agro-industry; Sustainability; By-products; Paraná.

Introdução

Em novembro de 2022, a população mundial chegou a 8 bilhões de habitantes. As preocupações com relação a segurança alimentar desse contingente populacional crescem na mesma medida, ao mesmo tempo que pautas sobre como produzir com sustentabilidade também são cada vez mais discutidas (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU, 2022; SEARCHINGER *et al.*, 2018).

A forma linear de produção vinda da revolução industrial, inicialmente com o surgimento da máquina a vapor e da indústria têxtil, onde a produção passa a ser fabril, com o viés de extrair, produzir e descartar, leva ao questionamento de quanto tempo os recursos que são utilizados ainda garantirão a sobrevivência a esse grande contingente populacional. Leva-se em consideração o fato de que a aceleração da exploração dos recursos naturais não oferece ao meio ambiente formas ou tempo hábil para recuperação e o resultado é a necessidade de mudanças nos processos produtivos, pois os recursos são escassos e o desejo humano ilimitado (CAMPELLO, 2021).

De encontro com a necessidade de reconduzir a sociedade de forma econômica e sustentável, estão os preceitos da economia circular (redução e eliminação da poluição e resíduos, manutenção do uso de produtos e materiais e a restauração de sistemas naturais). Sua ideia e debates permeiam desde a década de 1970, porém, foi em 2012, após a publicação dos relatórios “Em direção a uma economia circular”, da Ellen MacArthur Foundation (EMF), que o tema ganhou maior importância no cenário mundial incluindo o Brasil (EMF, 2017).

É importante situar o estudo na esfera da Quarta Revolução Industrial, tratando-se de era da automação caracterizada pela internet universal e móvel, inteligência artificial, uso de drones, internet das coisas (interconexão digital de objetos cotidianos com a internet), carros autônomos, nano e biotecnologia, impressão 3D etc. Sendo assim, esta evolução exige esforços reiterados para repensar a sustentabilidade, buscando rever como a sociedade deve tratar aspectos como a má distribuição de renda e a exploração dos recursos naturais (SCHWAB, 2016).

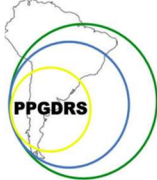
Neste sentido, o Brasil, como importante produtor e exportador de *commodities*, possui o desafio de produzir de forma eficiente e sustentável, atendendo determinadas premissas a fim de não exaurir os recursos em uso e manter sua rentabilidade no mercado. Já a agroindústria canavieira é uma atividade que busca contribuir para a segurança alimentar (com a produção de açúcar) e gerar produtos e subprodutos para a segurança energética (como na produção de etanol e bagaço de cana para cogeração de energia elétrica) (SHIKIDA *et al.*, 2022). Nosso País é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, com 657,4 milhões de toneladas geradas na safra 2020/2021 (UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR – UNICA, 2022a). Mas, como a economia circular é empregada nesse segmento produtivo?

Isto posto, o objeto deste estudo é a agroindústria canavieira, mais propriamente a Usina Açúcar e Álcool Bandeirantes S/A (Usiban), localizada no município de Bandeirantes no Estado do Paraná. Procura-se identificar e analisar aspectos da economia circular que estão presentes na Usiban. Quais subprodutos são reaproveitados, de que forma a Usina vem fazendo o reuso e quais os benefícios alcançados através da abordagem circular na produção.

Breves notas sobre a agroindústria canavieira no Brasil e no Paraná

A agroindústria canavieira detém relevância para o cenário do agronegócio brasileiro. Mesmo com origem no sudoeste asiático, seu cultivo é explorado no Brasil desde a fase colonial, onde contribuiu sensivelmente na viabilização econômica da colônia. Este fato, aliado à sua fácil adaptação climática, mão de obra escrava e aos latifúndios, favoreceu sua expansão durante as primeiras fases (PRADO JÚNIOR, 1976; FURTADO, 2005; GALAFASSI; BEBBER; SHIKIDA, 2020).

Num momento histórico posterior, medidas como a criação do Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA) e do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) foram exemplos de intervenções governamentais executadas para o seu cultivo e industrialização. Instituído pelo Decreto Lei nº 22.789/1933, o IAA atuou desde a produção até a distribuição e exportação do produto açúcar e/ou álcool (atualmente denominado de etanol). Já o Proálcool almejou alcançar maior autonomia do setor sobre o mercado internacional do petróleo, que passava por crises econômicas (SZMRECSÁNYI; MOREIRA, 1991; BRAY; FERREIRA; RUAS, 2000).



Assim, essas políticas públicas garantiram a manutenção do setor pela presença do Estado. Ocorre que, a partir do esgotamento do gargalo da crise petrolífera e tendências neoliberais com crise fiscal e financeira do País durante a segunda metade dos anos 1980, houve uma redução gradual e perene das ações governamentais (BACCARIN, 2005; RAMOS, 2008; SOARES *et al.*, 2016).

Então, após a extinção do IAA em 1990 houve uma transição do paradigma subvencionista para o tecnológico no segmento produtivo, pois o investimento em tecnologias para reduzir custos e melhorar a eficiência frente a concorrência foi e é imprescindível. Neste contexto, São Paulo foi o estado que obteve os melhores ganhos, pois seu suporte agroindustrial metalúrgico contribuiu no fornecimento do maquinário necessário para modernização das usinas. Além disso, o estado contou com uma rede institucional robusta de pesquisa e desenvolvimento em várias localidades. Com a absorção tecnológica, a hegemonia da agroindústria paulista se expandiu em direção à região meridional do País (BELIK, 1985; SHIKIDA, 1997; RODRIGUES; ROSS, 2020; DUNHAM; BOMTEMPO; FLECK, 2011).

O desenvolvimento diferenciado da agroindústria canavieira em São Paulo contribuiu para o transbordamento geográfico rumo a fronteira agrícola dos territórios vizinhos. Um avanço mais incisivo foi também notado no Centro-Oeste em razão da topografia e possibilidade de escalar a área explorada na região. Porém, o norte paranaense que faz divisa com o estado paulista apresentou igualmente um incremento na cultura da cana-de-açúcar aproveitando-se da proximidade com os grandes centros de consumidores. É nesse espaço que se localiza a exploração sucroenergética de maior representação no Paraná (RISSARDI JÚNIOR, 2005; DUNHAM; BOMTEMPO; FLECK, 2011).

Quanto à atual produção brasileira de cana-de-açúcar, na safra 2021/2022 foi registrado um total de 578,8 milhões de toneladas. Esse volume representou uma redução de 11,6% em relação à safra do ano anterior. No entanto, o País continua sendo o maior produtor canavieiro mundial. Conforme a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022), a diferença negativa decorreu das condições climáticas e redução aproximada de 3,2% da área plantada (CONAB, 2022).

Em uma análise inter-regional, a desaceleração da cultura no Brasil apresenta dois vieses: o Centro-Sul se tornou mais produtivo e eficiente, investindo em novas cultivares, além de ter otimizado o uso de subprodutos reaproveitados pela própria unidade de produção. Já o Norte/Nordeste é, de modo geral, representado por um atraso tecnológico mesmo que pontue regiões incorporadas ao paradigma tecnológico como vetor de competição (RISSARDI JÚNIOR, 2005).

Em termos de produção estadual da cana-de-açúcar, o Estado de São Paulo é o maior produtor (354,2 milhões de toneladas na safra 2020/2021, responsável por 54,1% da produção nacional). O segundo maior é Goiás (74 milhões de toneladas, 11,3% dessa produção), seguido de Minas Gerais (70,6 milhões de toneladas, 10,8%), Mato Grosso do Sul (49 milhões de toneladas, 7,5%) e Paraná (34,2 milhões de toneladas, 5,2% dessa produção) em quinta colocação. Os cinco estados juntos produziram 88,9% da cana-de-açúcar nacional durante a safra de 2021/2022.

No estado paranaense, o setor produtivo também se estabeleceu com políticas públicas. Aspectos edafoclimáticos favoráveis para a cultura canavieira e a ocorrência da “geada negra” que assolou a região norte paranaense em 1975, devastando milhares de plantações de café (contribuindo para a abertura de novos cultivares), foram outros fatores preponderantes ao transbordamento da cultura do estado paulista para o Paraná (PRIORI *et al.*, 2012; RODRIGUES e ROSS, 2020; GALAFASSI; BEBBER; SHIKIDA; 2021).

Conforme Clein (2021), atualmente o quadro geral da agroindústria canavieira no Brasil, que já viveu momentos de pujança produtiva (como na introdução do carro *flex-fuel* em 2003), é de crise há pelo menos 8 anos. Com efeito, de todas as 444 agroindústrias canavieiras regulares no País em 2019, 79 unidades (18%) enfrentavam processos de recuperação judicial e 27 unidades já decretaram falência (6%).

O Paraná se inclui no contexto de crise conforme sustentado por Bechlin *et al.* (2020). Em 2018, aproximadamente 30 usinas de açúcar e etanol estavam instaladas no estado. Entretanto, somente 25 estavam operando, sendo 3 com atividades suspensas (nos municípios de Engenheiro Beltrão, Perobal e Porecatu) e outras 2 apenas comercializando a produção de cana. Clein (2021, p. 95) observou que, “[dentre os ...] fatores considerados determinantes para

o fechamento das unidades pesquisadas, verificou-se que a falta de gestão foi o principal motivo para a falência das usinas”. Também foram citados o crescimento prematuro das unidades, as adversidades climáticas, crise financeira mundial, e, intervenções governamentais erráticas como situações prejudiciais ao mercado, afetando sobremaneira a competitividade do etanol.

Tais fatores reforçam a necessidade de uma crescente busca pela maximização de resultados operacionais das usinas, *pari passu* à minimização de custos. Desta forma, a economia circular surge com dupla importância, reaproveitando resíduos dos seus processos produtivos e contribuindo para a sustentabilidade, o que viabiliza uma melhoria na cadeia de suprimentos e no próprio negócio (CAMPELLO, 2021).

A economia circular e a agroindústria canavieira

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010 é o arranjo institucional que mais se aproxima da economia circular, fazendo menção à logística reversa. Segundo o Artigo 3º, inciso XII dessa Lei, o instrumento de desenvolvimento econômico e social pode ser “[...] caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010, n.p).

Conforme Finco *et al.* (2022) e Weetman (2019), a economia circular representa um sistema econômico baseado em circuitos fechados, em que as matérias-primas e produtos mantêm qualidade e valor durante a maior parte do processo produtivo, sendo os sistemas alimentados por fontes de energia renováveis. Deste modo, no Brasil, o maior desafio na transição do modelo linear para o circular ainda está em evolução, pois demanda-se desenvolvimento e aplicação de novos conhecimentos em processos, produtos e serviços.

Para a agroindústria canavieira, a economia circular pode estabelecer relações de sustentabilidade socioambiental à medida que subprodutos da sua atividade servirem de insumos no modelo circular. Após a transformação do açúcar e do etanol, outros produtos obtidos, como a palha, o bagaço da cana, a torta de filtro, a vinhaça e a levedura, podem ser reutilizados em

outros processos (PACHECO, 2011; ASSOCIAÇÃO DOS FORNECEDORES DE CANA DE ARARAQUARA, 2021; RAÍZEN, 2023).

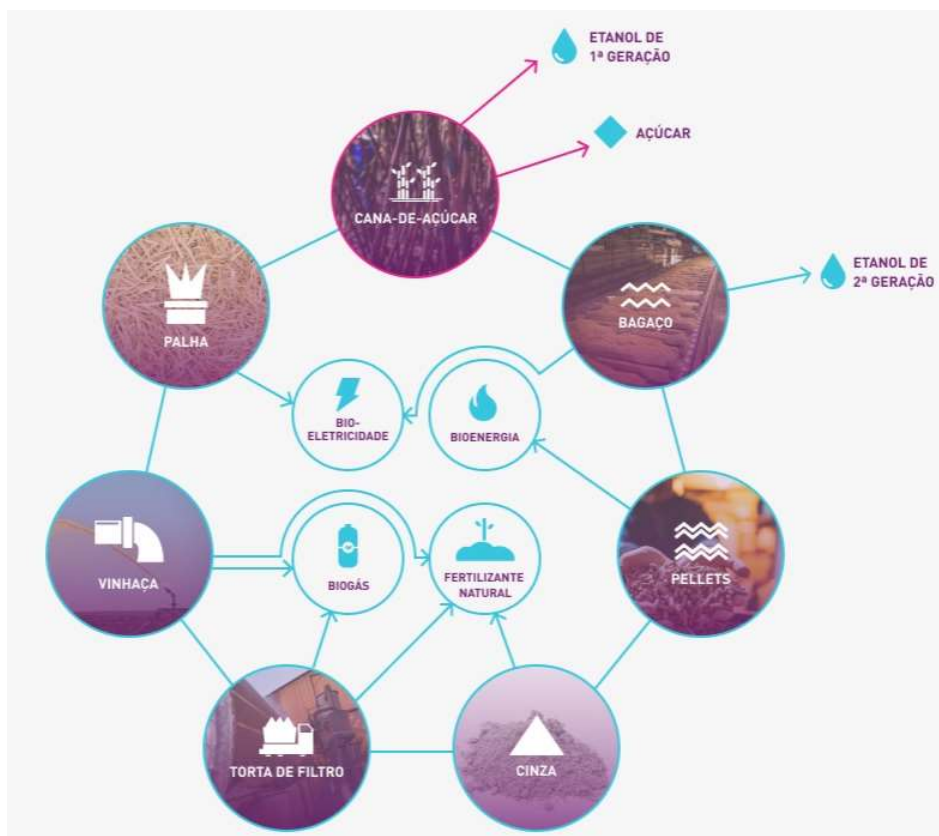
O bagaço e a palha da cana podem gerar bioeletricidade, por exemplo. A circularidade nessa etapa engloba a autossuficiência energética de usinas e destilarias. Outra destinação é a venda do excedente para as concessionárias de energia. Ainda, dos mesmos subprodutos pode-se fabricar o etanol de 2ª geração, que possui a mesma finalidade do etanol de primeira geração. Com o bagaço também é possível produzir o *pellet*, alternativa que substitui o carvão na produção de bioenergia (ALMEIDA, 2015; RAÍZEN, 2023).

A partir da torta de filtro, pode-se produzir biogás utilizando seu fósforo como fertilizante natural. Para cada tonelada de cana, obtém-se aproximadamente de 30 a 40 quilos de torta de filtro. Outro subproduto vindo da produção canavieira é a vinhaça e cada litro de etanol é capaz de produzir aproximadamente 14 litros de vinhaça que também pode se tornar um biogás. Assim, a vinhaça pode ser utilizada como fertilizante, sendo constituída de fósforo, potássio, nitrogênio e cálcio. Neste sentido, a vinhaça é capaz de gerar um aumento de até 10% na produtividade geral da cana-de-açúcar (ALMEIDA JÚNIOR *et al.*, 2011; PIRACICABA ENGENHARIA SUCROALCOOLEIRA, 2015).

Ainda, de acordo com a Associação dos Fornecedores de Cana de Araraquara (2021), o excesso da levedura que transforma a sacarose da cana em etanol no processo de secagem, pode servir de suplemento para fabricação de ração animal, pois detém em sua composição proteínas, vitaminas do complexo B e aminoácidos.

Considerando a reutilização e manejo desses subprodutos, a Figura 1 a seguir apresenta, de maneira sintética, a economia circular dentro da agroindústria canavieira.

Figura 1 – Modelo de economia circular na agroindústria



Fonte: Raízen (2023).

Metodologia

A primeira agroindústria canavieira instalada no Estado do Paraná foi a Usina Bandeirantes – Usiban. Foi criada em 1942 pelos fundadores Luiz Meneghel e três irmãos do grupo Ometto e Dedini que vieram de Piracicaba (São Paulo), trazendo consigo os insumos e maquinários necessários para a exploração da cana-de-açúcar. A Usiban está localizada em Bandeirantes, município pertencente à mesorregião Norte Pioneiro, no norte do Paraná. Essa localidade possui a terceira maior representação no setor sucroenergético no Paraná (BRAY; TEIXEIRA, 1985; RIBEIRO; ENDLICH, 2010; SAMPAIO; LIMA; SILVA, 2022).

Por ser um trabalho que levanta um panorama das singularidades da Usina sucroenergética de representação estadual, entende-se esta pesquisa como sendo descritiva com aplicação prática, pois há um diagnóstico do objeto, obtendo-se características descobertas para

uso em novas pesquisas e aplicações. Tais características destacam o aspecto qualitativo do estudo e organização com a descrição do fenômeno observado (GIL, 2002; 2008).

Essa observação foi escolhida por se tratar de um estudo de caso na Usiban, coletando os dados *in loco*, por meio da pesquisa de campo, não-participante e em equipe, onde se visitou a estrutura administrativa e fabril no período de final de moagem (outubro de 2022), percorrendo os diversos setores do processo da produção do açúcar e etanol e verificando a ocorrência da economia circular ali presente. Com isso, as situações da vida real que não estão claramente definidas por dados bibliográficos, podem ser descritas no contexto desta investigação (LAKATOS; MARCONI, 2003; SILVA; MENEZES, 2005).

Foram entrevistados os gestores dos setores participantes de todo o processo (plântio, indústria, qualidade, recursos humanos, jurídico e ambiente) face a face, com uso de entrevista focalizada na temática da economia circular. Assim, levantou-se todo o processo esquemático em dados de plântio, moagem e obtenção ou não dos subprodutos do ciclo para se entender como se dá a economia circular da Usiban (GIL, 2008; CASARIN; CASARIN, 2012).

A Figura 2 retrata momentos da pesquisa de campo.

Figura 2 – Pesquisa de campo na usina Bandeirantes (PR), out. de 2022



Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Na seção seguinte, a pesquisa de campo apresentará os dados e resultados relativos a economia circular da agroindústria canavieira sob estudo. Cabe mencionar que séries temporais de produção, dados econômico-financeiros etc., não fazem parte do escopo do presente estudo.

Análise dos dados e resultados

A Usiban tem adotado alternativas para melhorar seu desempenho econômico. Uma das estratégias adotadas está relacionada com a minimização de seus custos e gastos e, maximizando receitas. Dentre as medidas, encontram-se as de economia circular. As aplicabilidades ocorrem desde o manejo da cana-de-açúcar até a fase final na especialização do *mix* de produtos (açúcar e etanol). Um dos princípios mais utilizados nessas medidas é o reaproveitamento de seus subprodutos, como o bagaço, a vinhaça, a torta de filtro etc.

Assim, segundo o relato obtido diretamente dos gestores da Usiban, os processos circulares da empresa são mais representativos na reutilização/reaproveitamento dos resíduos e dejetos. Nesse cenário, além da economia nos custos, redução nos investimentos de insumos industrializados e melhora na eficiência energética de máquinas, as medidas também são ambientalmente sustentáveis.

Considerando o contexto histórico da agroindústria canavieira no Brasil, nota-se que as inovações no setor sucroenergético foram alcançadas por processos de pesquisa e desenvolvimento, aliados de tempos em tempos, à incentivos governamentais. Diante desse contexto, a adoção do paradigma tecnológico foi especialmente fundamental para manter competitividade e eficiência das usinas. Por sua vez, a economia circular possibilita o emprego de práticas que pressupõem o uso de novas técnicas e de tecnologia limpa (SHIKIDA, 1997; EMF, 2017).

Para a realidade brasileira, o setor sucroenergético foi um dos primeiros ramos que implementou conceitos da economia circular em sua produção. A adoção dessas práticas cumpre importante papel na competitividade da atividade no mercado global, e a logística reversa, a reutilização de resíduos e a eficiência energética, são tidos como os principais processos adotados (FRAVET *et al.*, 2010; PACHECO, 2011; CEZARINO *et al.*, 2020; RAÍZEN, 2023).

Mediante depoimentos dos gestores, constatou-se que a proporção adotada pela Usiban no manejo da produção de açúcar e/ou do etanol depende das vicissitudes dos mercados externo e interno. Em 2022, o *mix* estava na proporção de 60% para açúcar e 40% para etanol. Segundo os dados obtidos, as colheitas realizadas ao longo de 10 meses do calendário agrícola daquele ano na área de 10 mil hectares renderam, em média, 10 mil toneladas de cana-de-açúcar ao dia. Para cada 10 mil toneladas foram produzidas aproximadamente 17.600 sacas de 50 quilos de açúcar, enquanto a mesma medida produziu 280 mil litros de etanol hidratado (não anidro).

Do total de cana colhida diariamente, segundo a Usiban, 25% ou por volta de 2.500 toneladas são residuais, fundamentalmente bagaço de cana-de-açúcar. A Usina o reutiliza por completo para sua autossuficiência energética. Embora exista um gerador autônomo, nota-se que a planta dessa unidade não possui a estrutura de utilização destinada ao posterior repasse de energia às concessionárias.

O bagaço é uma fibra residual que sobra da cana-de-açúcar após a realização de sua moagem durante a extração do seu caldo. Como mencionado, pode ser empregado como fonte energética na agroindústria devido ao grande volume de sobra. Conforme literatura consultada (INNOCENTE, 2011; PACHECO, 2011; ASSOCIAÇÃO DOS FORNECEDORES DE CANA DE ARARAQUARA, 2021; RAÍZEN, 2023), para efeito de comparação, são gerados aproximadamente 30% de bagaço a partir de uma planta com umidade equivalente à 50% e poder calorífico médio de 7,74 MJ.kg-1.

A reutilização dos resíduos na produção é uma prática do fluxo reverso. É importante salientar que a agroindústria canavieira também pode produzir bioenergia proveniente da palha e dos *pellets*, não apenas do bagaço. Em contrapartida, a Usiban não produz energia com esses resíduos. O maior foco do setor concentra-se na transformação do bagaço em energia elétrica para o uso próprio.

A utilização desse subproduto possui grande potencial na escala nacional: em 2021, usinas e destilarias forneceram, através dos fluxos reversos, um total de 20,2 mil GWh em energia elétrica. O valor equivale a 30% do total de energia elétrica gerada pela Usina de Itaipu (PR) em 2021. Dentre as biomassas disponíveis, o bagaço da cana-de-açúcar é uma das mais utilizadas no Brasil para gerar bioeletricidade, sendo que, de modo geral, o uso de biomassa

projeta-se para corresponder até 20% de toda a energia elétrica consumida no mundo até o fim do século XXI (GOLDEMBERG, 2009; TEIXEIRA *et al.*, 2020; UNICA, 2022b).

O etanol de segunda geração também é um produto advindo da economia circular. Para sua produção são utilizados materiais lignocelulósicos contidos no bagaço e na palha da cana-de-açúcar (celulose, lignina e a hemicelulose). Com sua transformação, pode-se elevar a eficiência produtiva através da extração de mais etanol e, simultaneamente, contribuir para a redução de dejetos pela boa prática produtiva. Ainda, esse fluxo circular ocorre sem a necessidade de se ampliar a área de cultivo da cultura de cana. É notável que o Brasil não possui ainda a estrutura necessária para a produção do etanol de segunda geração em grande escala (PACHECO, 2011; MARTINS *et al.*, 2014; CALIL NETO, 2017).

Essa situação é também a realidade da Usiban, que conta com laboratório de pesquisas próprio, mas não produz o etanol de segunda geração tampouco aquele proveniente do milho. Todo o resíduo da produção de cana é utilizado pela Usina como forma de bioenergia ou como fertilizante natural. Este último é o caso da vinhaça e da torta de filtro, subprodutos remanejados para a fertirrigação dos canaviais.

Isto é, após a destilação do caldo de cana já fermentado, o principal dejetos e/ou subproduto na etapa de produção é a vinhaça. É um resíduo extremamente poluente, mas rico em fósforo e em potássio, sendo comumente utilizado como fertilizante natural. A Usiban consegue alcançar uma economia de custos correspondente a aproximadamente R\$ 2.500,00 (dois mil e quinhentos reais) por hectare, com o manejo da adubação de vinhaça e torta de filtro (ALMEIDA JÚNIOR *et al.*, 2011; PIRACICABA ENGENHARIA SUCROALCOOLEIRA, 2015).

Nesse sentido, estudos desenvolvidos pelos colaboradores da empresa em seu laboratório de pesquisa aduzem que aproximadamente 41 quilos de torta de filtro e cinza são produzidos com 1000 quilos de cana-de-açúcar, sendo a maior fonte de adubo da Usina. A Usiban também utiliza o fertilizante nitrogenado industrializado de forma complementar.

A boa rentabilidade do manejo da vinhaça, da torta de filtro e da cinza como fertilizantes naturais é demonstrada pela produtividade e qualidade da cana-de-açúcar colhida na Usiban. Segundo dados de produção coletados em outubro de 2022, a média registrada foi de 86

toneladas de cana-de-açúcar por hectare. A média do ciclo produtivo da cultura canavieira na Usina é de 6 a 7 cortes (após o plantio, a cana é cortada várias vezes antes de ser replantada).

A taxa de Açúcar Total Recuperado (ATR), que mede a capacidade da cana de ser transformada no *mix* do processo de transformação da produção e que mede sua qualidade, é de 129 quilos por tonelada, representando uma média considerável para o setor na região. Segundo a Usina entrevistada, os dados advêm do manejo correto da lavoura, com tratamento cultural, cuidado com pragas e fertirrigação.

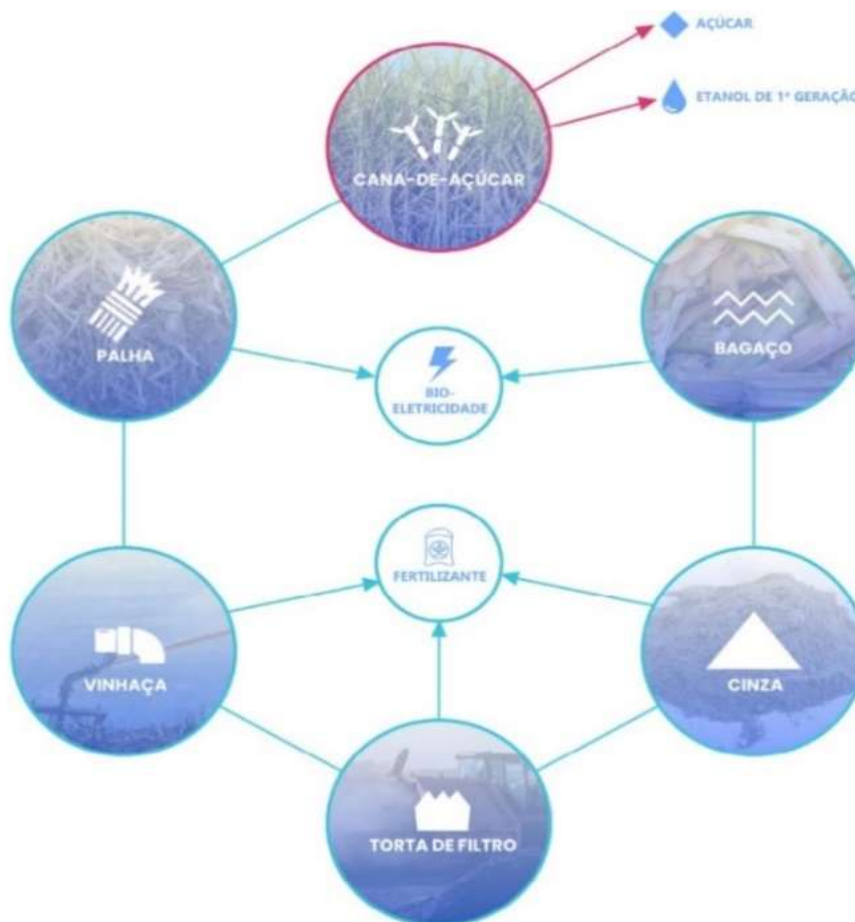
Nos próximos anos agrícolas, a Usiban pretende continuar utilizando os métodos da economia circular e os aprimorar pois são economicamente rentáveis, facilitando o manejo dos resíduos que, em uma economia linear, também demandam custos para descarte. Pretendem, assim, otimizar a produção para alcançar a meta de colheita de 100 toneladas de cana-de-açúcar por hectare, o que ainda não foi alcançado no Estado do Paraná.

A Usiban apresentou uma eficiência de destilação de 99,59%; na fermentação de 92,21%; e, na eficiência industrial de 93,7%. Constatou-se na pesquisa de campo que o capital humano é um grupo que trabalha e toma decisões de forma coletiva. A Usina valoriza seus colaboradores e investe na comunicação assertiva. Aponta que a integração da equipe é um diferencial na concorrência, possibilitando economia nos custos de transação internos.

Diante da escassez de mão de obra qualificada e de cursos profissionalizantes na região, a própria Usina treina e capacita seu pessoal. Atualmente, o número de funcionários encolheu de maneira drástica em virtude da mecanização do setor. A Usiban possui aproximadamente 1000 funcionários fixos. Porém, mesmo com a diminuição de colaboradores, a qualidade no serviço prestado acabou melhorando com os investimentos na qualificação do capital humano e profissionalização em cargos determinados, como no controle de qualidade e análise dos insumos.

A Figura 3 apresenta uma visualização da economia circular na Usiban, resumindo o que foi exposto nos resultados e discussão.

Figura 3 – Modelo de economia circular na Usiban (PR)



Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Neste cenário, cotejando as Figuras 1 e 2, observa-se que a Usiban não produz o etanol de segunda geração e o *pellet*, por uma decisão de diretoria, que argumenta a preferência pelo etanol de primeira geração e pelo uso do bagaço exclusivamente para a produção de bioeletricidade. Ainda, nota-se que o desenvolvimento destes produtos é, atualmente, inviável em virtude do elevado dispêndio com investimentos na tecnologia de ponta necessária. O biogás também não é produzido, sendo a vinhaça e a torta de filtro utilizados na fertirrigação.

Considerações finais

Este trabalho procurou identificar e analisar os aspectos da economia circular presentes na Usiban (PR). Os objetivos específicos foram saber quais subprodutos estão sendo reaproveitados e quais os benefícios oriundos da abordagem circular na produção.

A busca pela eficiência, baixo custo de produção e sustentabilidade estimulam novas práticas de gestão e tecnologia na agroindústria, criando oportunidades de processos e acrescentando valores aos produtos em harmonia com meio ambiente. A economia circular se estabelece na agroindústria canavieira como uma vantagem competitiva em um mercado dinâmico, revelando oportunidades e desafios para sua implementação e desenvolvimento.

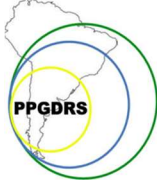
A Usiban possui uma marca na história da produção de açúcar e etanol do Paraná, sendo hoje um exemplo de economia circular com produção e uso de quase todos os subprodutos da cadeia da cana-de-açúcar. As oportunidades de aperfeiçoamento das técnicas para uma economia circular rentável, deu-se por fatores como melhor comunicação entres todos os setores da administração e produção, alinhados com metas de resultados esperados, diminuição de riscos que contribuam para aumento de eficiência, qualidade do produto, valor de mercado e uma gestão mais sustentável.

Alguns desafios se estendem para obtenção de mais subprodutos, como o etanol de segunda geração, que requer elevada tecnologia e acomodação na planta, demandando alto custo de investimento; a alimentação energética da rede comum por meio do transbordo de energia autogerada pela Usiban também não ocorre por falta de equipamento em planta.

Assim, a maior parte dos subprodutos do ciclo da cana-de-açúcar na produção de açúcar e etanol são percebidos na Usina, mas vale ressaltar que as adequações desse tipo de economia não é algo automático, sendo necessária sua atualização com o tempo. Deste modo, outras pesquisas são indicadas com o escopo de entender os diversos reflexos que o funcionamento da economia circular na Usiban traz.

Referências bibliográficas

ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; SOBRAL, M. F.; SILVA, F. B. V.; GOMES, W. A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com



torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 10, p. 1004-1013, 2011.

ALMEIDA, L. F. P. **Pelletização do bagaço de cana-de-açúcar: estudo das propriedades do produto e rendimento do processo**. Ponta Grossa: UTFPR, 2015.

ASSOCIAÇÃO DOS FORNECEDORES DE CANA DE ARARAQUARA. Como funciona a economia circular da cana-de-açúcar. **Canasol**. São Paulo. 2021.

AZEVEDO, P. F. Concorrência no agribusiness. *In*: ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES, M. F. (Org.). **Economia e gestão dos negócios agroalimentares**. São Paulo: Pioneira, 2000. cap. 4.

BACCARIN, J. G. **A desregulamentação e o desempenho do complexo sucroalcooleiro no Brasil**. São Carlos: UFSCar, 2005.

BECHLIN, A. R.; MANTOVANI, G. G.; PIFFER, M.; SHIKIDA, P. F. A. Alterações na estrutura produtiva e no mercado de trabalho decorrentes da falência de uma agroindústria canavieira em Engenheiro Beltrão e Perobal (PR). **Revista Informe GEPEC**, v. 24, n. 2, p. 249-274, 2020.

BELIK, W. A tecnologia em um setor controlado: o caso da agroindústria canavieira em São Paulo. **Revista Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 99-136, 1985.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Casa Civil, subchefia para Assuntos Jurídicos**. Poder Legislativo, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Seção 1, p. 3.

BRAY, S. C.; FERREIRA, E. R.; RUAS, D. G. G. **As políticas da agroindústria canavieira e o Proálcool no Brasil**. [S.l.]: E-Book, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.36311/2000.85-86738-14-X>. Acesso em: 10 jan. 2023.

BRAY, S. C.; TEIXEIRA, W. A. O Processo de Implantação e Expansão do Complexo Canavieiro, Açucareiro e Alcooleiro no Estado do Paraná. **Revista Boletim de Geografia**, v. 3, n. 3, p. 05-11, 1985.

CALIL NETO, A. **Análise de modelos de negócio para a produção brasileira de bioetanol de segunda geração em escala comercial**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2017.

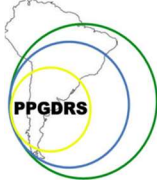
CAMPELLO, M. L. C. Economia circular: afinal, o que é isso? *In*: CAMPELLO, M. L. C. (Org.). **Logística: Contribuições para melhorias na produção e nos resultados**. Guarujá: Científica Digital, 2021. cap. 9.

CASARIN, H. C. S.; CASARIN, S. J. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

CASARIN, H. C. S.; CASARIN, S. J. **Pesquisa científica: da teoria à prática**. Curitiba: InterSaberes, 2012.

CEZARINO, L. O.; ARAÚJO, G. J. F. D.; RONQUIM, A. F. O licenciamento ambiental e a produção mais limpa sob ótica da economia circular nas usinas sucroenergéticas. *In*. XXVII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Economia Circular e suas Interfaces com a Engenharia de Produção. Bauru. **Anais...** Bauru, 11 a 13 nov. 2020.

CLEIN, C. **Motivos e consequências da falência de agroindústrias canavieiras no Estado do Paraná**. Toledo: UNIOESTE, 2021.



CONAB. **Boletim da safra de cana-de-açúcar**. Brasília. Companhia Nacional de Abastecimento. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 03 jan. 2023.

DUNHAM, F. B.; BOMTEMPO, J. V.; FLECK, D. L. A estruturação do sistema de produção e inovação sucroalcooleiro como base para o Proálcool. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 35-72, 2011.

EMF. **Uma economia circular no Brasil**: uma abordagem exploratória inicial. Ellen MacArthur Foundation. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://emf.thirdlight.com/link/em8x0hj8jko0-jyc775/@/preview/1?o>. Acesso em: 7 fev. 2023.

FINCO, A.; SHIKIDA, P. F. A.; BENTIVOGLIO, D.; VIAN, C. E. F. Biofuels in the era of circular economy: barriers and opportunities. *In*: Congresso da Associação Portuguesa de Economia Agrária e o IV Encontro Lusófono em Economia, Sociologia, Ambiente e Desenvolvimento Rural, 10., 2022. Coimbra. **Anais...** Coimbra: APDEA, 2022. não p.

FRAVET, P. R. F.; SOARES, R. A. B.; LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, p. 618-624, 2010.

FURTADO, C. **Formação econômica do Brasil**. São Paulo: Companhia Editorial Nacional, 2005.

GALAFASSI, L. B.; BEBBER, R. A.; SHIKIDA, P. F. A. Uma análise da distribuição espacial da produção de cana-de-açúcar no Paraná. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 26, n. 55, p. 272-296, 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e Energia. **Revista Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p-582-587, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. Rio de Janeiro, 2017.

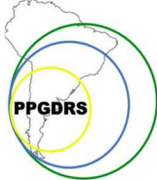
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agropecuária**. Rio de Janeiro, 2021.

INNOCENTE, A. **Cogeração a partir da biomassa residual de cana-de-açúcar**. Botucatu: UNESP, 2011.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Leituras regionais mesorregião norte pioneiro**. Curitiba, 2004.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, F. A.; MARTIM, T.; CORRÊA, A. M.; OLIVEIRA, F. F. A produção do etanol de segunda geração a partir do bagaço da cana-de-açúcar. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v. 2, n. 3, p 5-16, 2014.



ONU - Organização das Nações Unidas. **População mundial atinge 8 bilhões de pessoas.** 15 nov. 2022. Desenvolvimento econômico. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2022/11/1805342>. Acesso em: 03 fev. 2023.

PACHECO, T. F. **Produção de etanol: primeira ou segunda geração?** Circular técnica. Brasília: EMBRAPA, 2011.

PIRACICABA ENGENHARIA SUCROALCOOLEIRA. Vinhaça: principais técnicas de utilização. **Piracicaba Engenharia Sucroalcooleira.** Piracicaba, nov. 2015. Disponível em: <https://www.piracicabaengenharia.com.br/vinhaca-principais-tecnicas-de-utilizacao/>. Acesso em: 10 jan. 2023.

PRADO JÚNIOR, C. **História econômica do Brasil.** Tatuapé: Brasiliense, 1976.

PRIORI, A.; POMARI, L. R.; AMÂNCIO, S. M.; IPÓLITO, V. K. **História do Paraná: séculos XIX e XX.** Maringá: EDUEM, 2012.

QUEDA, O. **A intervenção do estado e a agroindústria açucareira paulista.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1972.

RAÍZEN. Economia circular. **Raízen.** São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/agenda-esg/economia-circular>. Acesso em 21 jan. 2023.

RAMOS, P. A. Evolução da agroindústria canavieira e os mercados de açúcar e álcool carburante no Brasil: a necessidade de planejamento e controle. *In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL*, 46, 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: SOBER, 2008. p. 1-18.

RAMOS, P. **Agroindústria Canavieira e Propriedade Fundiária no Brasil.** São Paulo: FGV, 1991.

RIBEIRO, V. H.; ENDLICH, A. M. O Avanço da Agroindústria Canavieira na Mesorregião Noroeste Paranaense. **Revista Percursos**, v. 2, n. 1, p. 73-92, 2010.

RISSARDI JÚNIOR, D. J. **A agroindústria canavieira do Paraná pós-desregulamentação: uma abordagem neoschumpeteriana.** Toledo: UNIOESTE, 2005.

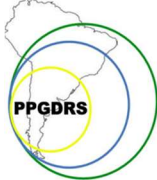
RODRIGUES, G. S. S. C.; ROSS, J. L. S. **A Trajetória da Cana-de-Açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental.** Uberlândia: EDUFU, 2020.

SAMPAIO, A. C. S. T.; LIMA, M. G.; SILVA, L. M. Breve histórico da instalação das usinas e destilarias no Paraná. **GEOFRONTER**, v. 8, p. 01-22. 2022.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial.** Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016.

SEARCHINGER, T.; WAITE, R.; HANSON, C.; RANGANATHAN, J. Creating a Sustainable Food Future: A Menu of Solutions to Feed Nearly 10 Billion People by 2050. **World Resources Report.** 2018.

SHIKIDA, P. F. A. **A evolução diferenciada da agroindústria canavieira no Brasil de 1975 a 1995.** Piracicaba: USP, 1997.



SHIKIDA, P. F. A.; MONTOYA, M. A.; PITILIN, G. R.; GIORDANI, B. G. Energy consumption and CO₂ emissions in the sugarcane chain in Brazil: an input-output approach (2000- 2014). **International Journal of Global Energy Issues**, v. 44, n. 1, p. 28-46, 2022.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. A pesquisa e suas Classificações. *In*: SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. (Org.). **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: UFSC, 2005. cap. 2.

SOARES, P. M.; KONISHI, F.; SILVA, M. S.; ROCHA, A. M.; FERNANDES, F. M. Proálcool ao biocombustível: a saga de um setor. **Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia**, v. 2, n. 1, 2016.

SZMRECSÁNYI, T.; MOREIRA, E. P. O desenvolvimento da agroindústria canieira do Brasil desde a Segunda Guerra Mundial. **Revista Estudos Avançados**, v. 5, n. 11, p. 57-79, 1991.

TEIXEIRA, N. B.; PIZAIA, M. G.; CAMARA, M. R. G.; CALDARELLI, C. E.; ZAPAROLI, I. D. Cogeração de Energia Elétrica Utilizando o Bagaço de Cana-de-açúcar no Brasil e no Paraná em 2018. **Revista a Economia em Revista**, v. 27, n. 1, p. 66-78, 2020.

UNICA. Cana gerou 79% da bioeletricidade ofertada à rede. **União da Indústria de Cana-de-açúcar**, São Paulo, fev. 2022b. Disponível em: <https://unica.com.br/noticias/setor-sucroenergetico-gerou-79-da-bioeletricidade-ofertada-a-rede/>. Acesso em: 21 abr. 2023.

UNICA. Observatório da cana. **União da Indústria de Cana-de-açúcar**. São Paulo, fev. 2022a. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/>. Acesso em 21 abr. 2023.

WEETMAN, C. **Economia Circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa**. São Paulo: Autêntica Business, 2019.