



AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA E A ECONOMIA CIRCULAR: UM ESTUDO DE CASO NA USINA DE BANDEIRANTES (PARANÁ)¹

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

Alícia Leal Frehner

Mestranda em Desenvolvimento Regional e Agronegócio pela Unioeste/Toledo
E-mail: aliciafrehner@gmail.com

Kristianno Firemann Tenório

Mestrando em Desenvolvimento Regional e Agronegócio pela Unioeste/Toledo
E-mail: kristianno20@hotmail.com

Maira Girardi

Mestranda em Desenvolvimento Regional e Agronegócio pela Unioeste/Toledo
E-mail: mairaperlin@yahoo.com.br

Valdir Antonio Galante

Professor da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – PGDRA
Email: valdir.galante@unioeste.br

Grupo de Trabalho (GT): GT4. Questão ambiental, agroecologia e sustentabilidade

Resumo

Esta pesquisa busca responder a seguinte questão-problema: como funciona a economia circular da Usina de Açúcar e Álcool Bandeirantes (Usiban/Paraná)? Como objetivo geral, tem-se: identificar e analisar o processo de produção de açúcar e etanol e os subprodutos advindos desse processo, relacionando a economia circular no contexto agroindustrial. A metodologia consistiu em uma revisão da literatura para o estudo de caso da economia circular na Usiban, com pesquisa de campo na agroindústria, visitas em todos os setores do processo, com coleta de dados por meio de entrevistas com os supervisores de cada departamento. Como resultado, verificou-se que a agroindústria possui maior parte da produção dos subprodutos, sendo alguns reutilizados para própria manutenção, como a vinhaça e o bagaço, e outros não produzem por alto custo (e.g., o etanol de 2ª geração). A economia circular presente na Usiban é um modelo com potencial de produção e autossustentabilidade, a qual respeita a limitação dos recursos naturais.

Palavras-chave: agroindústria canavieira; sustentabilidade; aproveitamento de subprodutos; Paraná.

Abstract

This research aims to answer the following question: how does the circular economy work in the Bandeirantes Sugar and Alcohol Plant (Usiban/Paraná)? The general aim was to identify and analyze the sugar and ethanol production process and its by-products, relating the circular economy to the agro-industrial context. The methodology consisted of a literature review for the case study of the circular economy at Usiban. In addition, it was carried out field research in the agro-industry and visits in all sectors of the process. Data collection was through

¹ Os autores são gratos a Usina de Açúcar e Álcool Bandeirantes (Usiban/Paraná) pela abertura para este trabalho.



interviews with the supervisors of each department. As a result, it was found that the agro-industry has most of the production of by-products, some of which are reused for their own maintenance, such as vinasse and bagasse. Other by-products are not produced due to high costs (e.g., second-generation ethanol). It was concluded that the circular economy in Usiban is a model with production potential and self-sustainability, which respects the limitation of natural resources.

Key words: sugarcane agro-industry; sustainability; by-products use; Paraná.

1. Introdução

Em novembro de 2022 a população mundial atingiu a marca de 8 bilhões de habitantes. As preocupações com a segurança alimentar desse contingente populacional crescem na mesma medida, ao mesmo tempo em que pautas sobre como produzir com sustentabilidade também são cada vez mais discutidas e merecem interesses (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 ainda os recursos que são utilizados garantirão a sobrevivência e alimentarão 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 e nem tempo hábil para sua recuperação, o resultado é a necessidade de mudanças nos processos produtivos. Os recursos são escassos e o desejo humano é ilimitado (CAMPELLO, 2021).

De encontro com a necessidade de se reconduzir o crescimento com benefícios para 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). A ideia de economia circular e seus debates permearam a década de 1970, porém, somente no ano de 2012, após a publicação dos relatórios “Em direção a uma economia circular”, da Ellen MacArthur Foundation (EMF), é que o tema ganhou importância no cenário mundial e, também, no Brasil (EMF, 2017).

É importante situar este estudo na esfera da Quarta Revolução Industrial, ou seja, da era da automação caracterizada pela internet universal e móvel, inteligência virtual, uso de drones, internet das coisas (interconexão digital de objetos cotidianos com a internet), carros autônomos, nano e biotecnologia, impressão 3D etc. Sendo assim, a rápida evolução e as necessidades acerca de conhecimentos e competências exigem maiores esforços para repensar a sustentabilidade, de forma a rever como a sociedade precisa tratar aspectos como a má distribuição de renda e a exploração desenfreada dos recursos naturais (SCHWAB, 2016).

Neste sentido o Brasil, como grande produtor e exportador de *commodities*, tem o desafio de produzir de forma eficiente e sustentável, seja para atender as premissas de não exaurir os recursos em uso, seja para manter sua rentabilidade no mercado. A agroindústria canavieira é uma atividade que tem não somente a finalidade de contribuir para a segurança alimentar (com a produção de açúcar), como gerar produtos e subprodutos para a segurança energética (com a produção de etanol e bagaço de cana para cogeração de energia elétrica) (SHIKIDA *et al.*, 2022). O 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 Alcool 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 oriundos da abordagem circular de sua produção.

Este artigo está estruturado em seis seções, incluída esta introdução. A segunda seção apresenta um breve histórico da agroindústria canavieira no Brasil e Paraná. A economia circular e a agroindústria canavieira compõem a terceira seção, seguido do material e métodos. A quinta seção expõe os resultados e discussões, enquanto a última apresenta as considerações finais.

2. Breves notas sobre a agroindústria canavieira no Brasil e no Paraná

A agroindústria canavieira detém relevância para o agronegócio brasileiro. Mesmo tendo origem proveniente do sudoeste asiático, seu cultivo é explorado no Brasil desde a fase colonial, tendo contribuído sensivelmente para a viabilização econômica da colônia, pois obteve fácil adaptação à variabilidade climática tropical do País. Esse fato, aliado a mão de obra escrava e aos latifúndios, contribuiu para sua expansão durante suas primeiras fases (PRADO JÚNIOR, 1976; FURTADO, 2005; GALAFASSI; BEBBER; SHIKIDA, 2020).

Medidas como a criação do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA) e do Programa Nacional do Alcool (Proálcool) são exemplos de intervenção governamental executadas durante o período. 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 buscou alcançar uma maior autonomia do setor em relação ao mercado internacional do petróleo, que passava por crises econômicas (SZMRECSÁNYI; MOREIRA, 1991; BRAY; FERREIRA; RUAS, 2000).

Assim, as políticas públicas instituídas a partir dos anos 1930 garantiram a manutenção do setor em virtude da presença do Estado. O investimento em tecnologias capazes de reduzir custos, melhorando a eficiência para alavancar a concorrência pelo produtor era, portanto, imprescindível. Ocorre que, a partir do esgotamento do gargalo da crise petrolífera, bem como pelas tendências neoliberais e crise fiscal e financeira do País durante a segunda metade dos anos 1980, desencadearam uma redução gradual das ações governamentais (BACCARIN, 2005; RAMOS, 2008; SOARES *et al.*, 2016).

Uma transição de paradigmas nesse segmento produtivo, do subvencionista para o tecnológico, é notada após a extinção do IAA em 1990. Em um contexto de mercado mais competitivo, São Paulo foi o estado que obteve melhores ganhos. Seu suporte agroindustrial metalúrgico também contribuiu para o fornecimento dos maquinários necessários às usinas para modernização, além de contar com uma rede de instituições de pesquisa e desenvolvimento para a agroindústria canavieira localizada em várias partes do estado paulista. Com uma maior absorção de tecnologia, a hegemonia dessa agroindústria espalhou, mormente, para a região meridional do País, em detrimento da tradicional região Nordeste (BELIK, 1985; SHIKIDA, 1997; RODRIGUES; ROSS, 2020; DUNHAM; BOMTEMPO; FLECK, 2011).

O desenvolvimento diferenciado da agroindústria canavieira em São Paulo (responsável por aproximadamente um pouco mais da metade da produção de cana no País) contribuiu para seu transbordamento geográfico, avançando a fronteira agrícola em direção aos territórios vizinhos. Esse avanço foi mais incisivo no Centro-Oeste, em razão da topografia e da possibilidade de escalar a área explorada. Porém, o norte paranaense, que faz divisa com o estado paulista, também apresentou expansão dessa cultura, inclusive por aproveitar-se da proximidade de grandes centros consumidores. É nessa região 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. O volume representou uma redução de 11,6% em relação à safra do ano anterior. Por outro lado, o País continua sendo o maior produtor canavieiro mundial. Conforme a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022), essa diferença negativa decorreu das condições climáticas e redução de cerca de 3,2% da área produtora de cana (CONAB, 2022).

Em análise inter-regional, a desaceleração da cultura canavieira brasileira apresenta duas diferenças: o Centro-Sul se tornou mais produtivo e eficiente, investindo em novas cultivares e gestão moderna, além de ter buscado mais desenvolvimento dos subprodutos reaproveitados pela própria unidade de produção, reduzindo custos e otimizando resultados. Já o Norte/Nordeste possui um atraso tecnológico em relação ao Centro-Sul, contudo, há regiões nordestinas que incorporam o paradigma tecnológico como vetor de competição (RISSARDI JÚNIOR, 2005).

Em termos de produção estadual da cana-de-açúcar, o Estado de São Paulo destaca-se como o maior produtor (354,2 milhões de toneladas na safra 2020/2021, responsável por 54,1% da produção nacional). O segundo maior produtor é o Estado de 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). Esses cinco estados juntos, para uma safra sem intempéries como a de 2021/2022, produziram 88,9% da cana-de-açúcar nacional.

De modo geral, esse setor produtivo se estabeleceu no estado paranaense também em virtude das 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), também foram fatores preponderantes para o transbordamento da cultura canavieira 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 um total de 444 agroindústrias canavieiras regulares no País em 2019, 79 unidades (18%) enfrentavam processo de recuperação judicial e 27 unidades faliram (6%).

O Paraná não está fora desse contexto de crise, conforme atesta Bechlin *et al.* (2020). Em 2018, cerca de 30 usinas de açúcar e etanol estavam instaladas no estado paranaense. Entretanto, somente 25 estavam operando, 3 estavam com atividades suspensas (nos municípios de Engenheiro Beltrão, Perobal e Porecatu) e outras 2 atuavam apenas comercializando a cana, mas, mas sem realizar a moagem. Nesse contexto, 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”, sendo citadas também: o crescimento prematuro das unidades de forma não planejada; adversidades climáticas; crise financeira mundial; e, intervenções governamentais erráticas visando o represamento dos preços dos derivados do petróleo, afetando sobremaneira a competitividade do etanol.

Tais fatores adversos somente reforçam a necessidade de busca constante pela maximização dos resultados operacionais das usinas, *pari passu* à minimização de custos. Nesse contexto, a economia circular tem importância dupla pois, ao mesmo tempo que procura reaproveitar resíduos de processos produtivos, contribuindo para a sustentabilidade, possibilita a melhoria do relacionamento com a cadeia de suprimentos e com o próprio negócio (CAMPELLO, 2021).



3. A economia circular e a agroindústria canavieira

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos instituída em 2010 é o arranjo institucional que mais se aproxima da Economia Circular, fazendo menção à logística reversa. No 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 (CE) representa um sistema econômico baseado em circuitos fechados, em que as matérias-primas e produtos mantêm a sua qualidade e valor durante o maior tempo possível do processo produtivo, sendo os sistemas alimentados por fontes de energia renováveis. Nesse contexto, o maior desafio da transição de um modelo linear para um modelo circular ainda está em evolução, demandando o desenvolvimento e aplicação de novos conhecimentos, levando a processos, produtos e serviços inovadores, tecnológicos e sustentáveis. O Brasil tem um vasto caminho a percorrer na adoção dos princípios da economia circular.

Para a agroindústria canavieira, os princípios da economia circular estabelecem relações de sustentabilidade socioambiental à medida que os subprodutos da atividade servem de insumos no modelo circular. Após a obtenção do açúcar e do etanol, os subprodutos obtidos, como a palha, o bagaço da cana, a torta de filtro, a vinhaça e a levedura, podem ser reutilizadas em outros processos produtivos (PACHECO, 2011; ASSOCIAÇÃO DOS FORNECEDORES DE CANA DE ARARAQUARA, 2021; RAÍZEN, 2023).

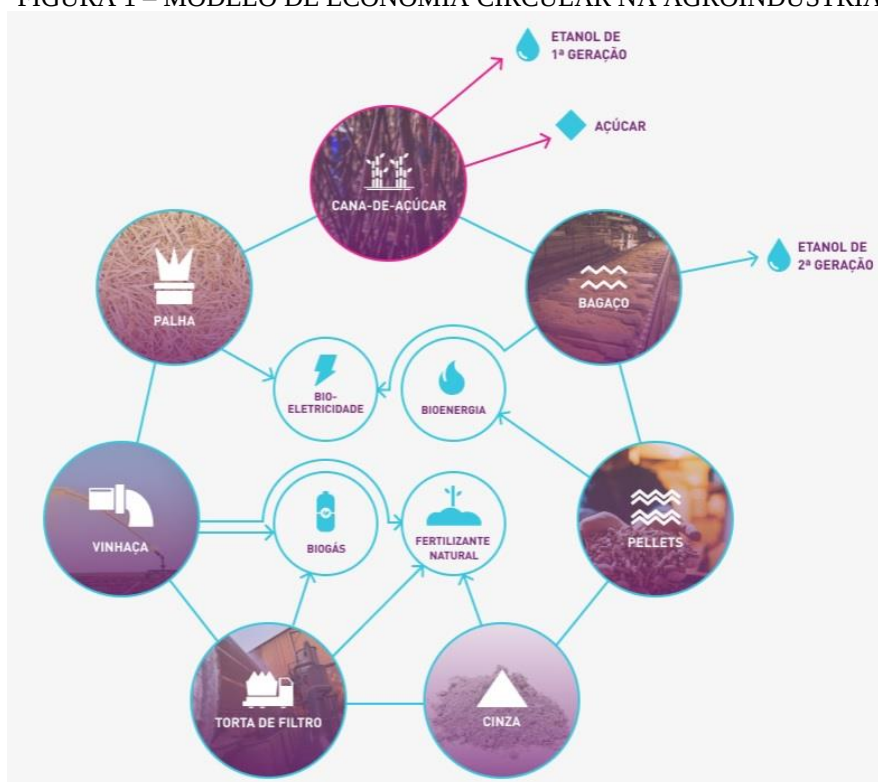
O bagaço e a palha da cana podem ser reutilizados para gerar bioeletricidade. A circularidade desse processo engloba a autossuficiência energética de usinas e destilarias. Outra destinação é a venda do excedente para as concessionárias de energia. Ainda, dos mesmos subprodutos pode-se fabricar o etanol 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 o biogás que é um fertilizante natural. É rica em fósforo, nutriente essencial à cana-de-açúcar. Para cada tonelada de cana, obtém-se aproximadamente de 30 a 40 quilos de torta de filtro. Outro subproduto é a vinhaça, sendo que para cada litro de etanol resulta-se cerca de 14 litros de vinhaça. Com o seu manejo adequado se torna fonte de biogás. É também fertilizante que pode ser utilizado no próprio cultivo da cana-de-açúcar, possibilitando um aumento de até 10% na produtividade. A vinhaça se constitui de matéria orgânica, além de fósforo, potássio, nitrogênio, cálcio e outras substâncias benéficas para o desenvolvimento da cultura canavieira (ALMEIDA JÚNIOR *et al.*, 2011; PIRACICABA ENGENHARIA SUCROALCOOLEIRA, 2015).

O excesso da levedura que transforma a sacarose da cana em etanol, de acordo com a Associação dos Fornecedores de Cana de Araraquara (2021), após processo de secagem, pode contribuir para a circularidade da atividade, pois fornece suplemento para fabricação de ração animal, devido aos seus níveis de proteínas, vitaminas do complexo B e aminoácidos.

A Figura 1 contribui para uma visualização da economia circular na agroindústria canavieira, sintetizando o que foi discutido anteriormente.

FIGURA 1 – MODELO DE ECONOMIA CIRCULAR NA AGROINDÚSTRIA



Fonte: Raízen (2023).

4. Materiais e métodos

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, 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 grande representação estadual, entende-se esta pesquisa como sendo descritiva e de aplicação prática, pois há um diagnóstico atual do objeto e obtêm-se características descobertas para uso em novas pesquisas e aplicações. Tais características também destacam o cunho qualitativo do estudo, bem como sua organização e descrição do fenômeno observado (GIL, 2002; 2008).

Essa observação pôde ser 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 plantio, 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, o foco da pesquisa de campo será a economia circular e a agroindústria canavieira em epígrafe. Cabe mencionar que séries temporais de produção, dados econômico-financeiros etc., não fazem parte do escopo do presente estudo.

5. Análise e discussão dos 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, tais medidas também têm características 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. Nesse cenário, a adoção do novo paradigma tecnológico foi especialmente fundamental para a 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 é um dos primeiros ramos que implementou a aplicação dos conceitos da economia circular em sua produção. A adoção dessas práticas cumpre papel fundamental para que a atividade se mantenha competitiva no mercado global, sendo que os principais processos adotados são os relativos à logística reversa,



reutilização de resíduos e eficiência energética (FRAVET *et al.*, 2010; PACHECO, 2011; CEZARINO *et al.*, 2020; RAÍZEN, 2023).

Constatou-se, mediante depoimentos dos gestores, que a proporção adotada pela Usiban no manejo da produção de açúcar e/ou do etanol depende das vicissitudes dos mercados externo e interno dessas *commodities*. Atualmente, o *mix* está 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 2022 na área de 10 mil hectares renderam, em média, 10 mil toneladas de cana-de-açúcar ao dia. Para cada 10 mil toneladas são produzidas aproximadamente 17.600 sacas de 50 quilos de açúcar, enquanto a mesma medida produz 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 trata-se de uma fibra residual que sobra da cana-de-açúcar após a realização de sua moagem no processo de 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 de fluxo reverso. É importante salientar que a agroindústria canavieira também pode produzir bioenergia proveniente da palha e dos *pellets*, não apenas do bagaço. Por outro lado, a Usiban não produz energia a partir desses outros 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. Hoje, o bagaço da cana-de-açúcar já é a biomassa mais utilizada no Brasil para fins de bioeletricidade. De modo geral, o uso de biomassa é projetado para responder em 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 que estão contidos no bagaço e na palha da cana-de-açúcar (celulose, lignina e a hemicelulose). Com sua transformação, pode-se elevar a eficiência produtiva a partir 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 ou como forma de bioenergia tal qual mencionado ou como fertilizante natural. Este último é o caso da vinhaça e da torta de filtro, subprodutos remanejados para a fertirrigação dos canaviais.

Após a destilação do caldo de cana já fermentado, o principal dejetos e/ou subproduto na etapa de produção é a vinhaça. É extremamente poluente, mas é também rico em fósforo e em



potássio, sendo comumente utilizado como fertilizante natural. A Usiban observa que 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 a partir de 1000 quilos de cana-de-açúcar, sendo a maior fonte de adubo da Usina. A Usiban também utiliza, mesmo que de forma complementar, fertilizante nitrogenado industrializado.

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 os dados de produção coletados em outubro de 2022, a média até então registrada era de 86 toneladas de cana-de-açúcar colhidas por hectare. A média do ciclo produtivo da cultura canavieira na Usina é de 6 a 7 cortes (salienta-se que 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 em ser transformada no *mix* do processo de transformação da produção e que, por consequência, mede sua qualidade, é de 129 quilos por tonelada, o que representa uma média considerável para o setor, especialmente na região. Segundo a Usina, os dados otimistas advêm do manejo correto da lavoura, com o tratamento cultural, cuidado com as pragas e, sobretudo, pela fertirrigação.

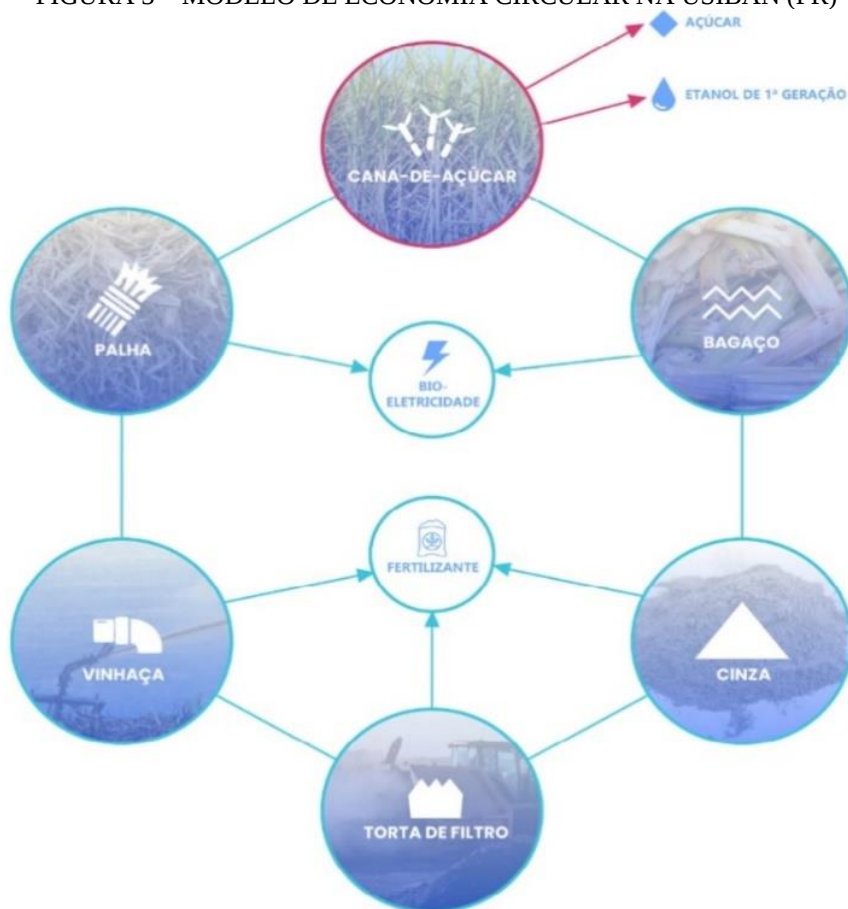
Para os próximos anos agrícolas, a Usiban pretende continuar utilizando os métodos da economia circular e os aprimorar visto que são economicamente rentáveis e facilitam o manejo dos resíduos que, em uma economia linear, demandam também custos para o correto descarte, em virtude das legislações ambientais. Pretendem, nesse sentido, 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 apresenta uma eficiência de destilação de 99,59%, de fermentação equivalente a 92,21% e de eficiência industrial de 93,7%. Constatou-se na pesquisa de campo que o capital humano é um grupo que trabalha e pensa coletivamente. A Usina também valoriza seus colaboradores e investe na comunicação assertiva. Aponta que a integração da equipe, de modo geral, é um grande diferencial na concorrência, possibilitando economia nos custos de transação internos.

Em virtude de escassez de mão de obra qualificada e de cursos na região, a própria Usina treina seu pessoal e oferece cursos profissionalizantes voltados exclusivamente para o setor sucroenergético. Atualmente, o número de funcionários encolheu de maneira drástica em virtude da mecanização do setor. A Usiban possui aproximadamente 1000 funcionários fixos. Porém, embora haja a diminuição de colaboradores, a qualidade no serviço prestado também acaba 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).

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.

6. Considerações finais

Este trabalho procurou identificar e analisar 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 de 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, com 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 um 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.

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. Assim, outras pesquisas são indicadas com o escopo de entender os diversos reflexos que o funcionamento da economia circular na Usiban traz.

Referências

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 formal 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.I.]: 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 pioneira**. 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 Percurso**, 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: Edipiro, 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.; MONTROYA, 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 canavieira 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.