
**Faculdade de Tecnologia de Americana "Ministro Ralph Biasi"
Curso Superior de Tecnologia em Logística**

A CONTRIBUIÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA NA PÓS-PRODUÇÃO DO ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR E DE MILHO NO BRASIL: UMA ABORDAGEM SUSTENTÁVEL PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS

DIEGO ALVES PEREIRA (FATEC AMERICANA)

diego.pereira65@fatec.sp.gov.br

PEDRO AUGUSTO CARDOSO SILVA (FATEC AMERICANA)

pedro.silva291@fatec.sp.gov.br

Orientador

PROF^a. DRA. KARINA CENCIANI REBELO (FATEC AMERICANA)

karina.rebello@fatec.sp.gov.br

RESUMO

A logística reversa é de suma importância, pois consiste na prática de se reaproveitar sobras da pós-produção da cadeia produtiva de certo processo e outros relacionados, minimizando o descarte e consequentemente beneficiando o meio ambiente. Desenvolvido por meio de revisão bibliográfica, este artigo teve como objetivo demonstrar e analisar o quanto a logística reversa na pós-produção de etanol, tanto da cana-de-açúcar quanto do milho, é importante para o meio ambiente. A produção de etanol de cana-de-açúcar gerou resíduos como o bagaço, que por sua vez, é reaproveitado na produção do chamado etanol de segunda geração. Na produção do etanol de milho parte das sobras pôde ser reutilizada como mistura para ração de gado e as fezes do gado, após biodigestão anaeróbia, serem utilizadas como adubo orgânico no plantio de milho, renovando-se assim todo o ciclo produtivo. Portanto vale ressaltar a importância da logística reversa para o processo produtivo do etanol de cana-de-açúcar e, mais recentemente do etanol de milho no Brasil. Ambas as cadeias produtivas se destacam como exemplos positivos de sustentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Etanol; Logística Reversa; Pós-Produção

ABSTRACT

Reverse logistics is extremely important because it consists of the practice of reusing leftovers from the post-production of a given process and other related processes, minimizing waste and consequently benefiting the environment. Developed through a literature review, this article aimed to demonstrate and analyze how important reverse logistics is for the environment in the post-production of ethanol, both from sugarcane and corn. The production of sugarcane ethanol generated waste such as bagasse, which in turn is reused in the production of the so-called second-generation ethanol. In the production of corn ethanol, part of the leftovers could be reused as a mixture for cattle feed, and the cattle feces, after anaerobic biodigestion could be used as organic fertilizer in corn planting, thus renewing the entire production cycle. Therefore, it is worth highlighting the relevant importance of reverse logistics for the production process of sugarcane ethanol and, more recently the corn ethanol in Brazil. Both production chains stand out as positive examples of sustainability.

KEYWORDS: Ethanol; Reverse Logistics; Post-Production

1 INTRODUÇÃO

A Logística Reversa se define como o processo de controlar o fluxo de descarte e reutilização de um determinado produto. Ela contribui para a criação de um ambiente mais sustentável no dia a dia das organizações, evitando que o despejo de materiais possa prejudicar o meio ambiente; além de criar ações visando a reutilização desses insumos a fim de ganhar valor de mercado e de ser reaplicado no processo produtivo.

A produção do etanol é longa e envolve diversas fases para se obter o produto pronto para consumo final. Durante as etapas são gerados alguns insumos que, por conta do descarte inadequado, podem prejudicar o ecossistema. A logística reversa tem um papel fundamental nesta questão, contribuindo para a gestão de resíduos sólidos como: bagaço da cana-de-açúcar, vinhaça, no etanol de milho e outros coprodutos. Uma das contribuições da logística reversa é na geração de energia sustentável e reintegração da bioeconomia circular.

O Brasil é o principal produtor mundial de etanol de cana-de-açúcar, enquanto o etanol de milho ainda busca sua popularização dentro do mercado no país. Em ambos os processos há diversas oportunidades e ações sustentáveis para reaproveitamento dos resíduos gerados presentes na produção. No entanto, o tema de sustentabilidade vem ganhando força no decorrer das últimas décadas e no presente momento; e a expectativa é que os desafios vão aumentar no setor sucroenergético. A logística reversa poderá certamente contribuir agregando valores econômicos e sustentáveis para a cadeia do etanol.

Este artigo buscou analisar o quanto a logística reversa pode protagonizar papel relevante e sustentável na produção do etanol de cana-de-açúcar e de milho no Brasil, visando ao reaproveitamento de resíduos sólidos. O estudo deste tema buscou encontrar oportunidades de melhorias na gestão dos resíduos sólidos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Logística Reversa

A logística reversa consiste no processo de trazer uma nova destinação para um resíduo ou produto já utilizado pela sociedade. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Brasil, 2010), a logística reversa é responsabilidade de todos, seja pessoa física ou jurídica. Este segmento da logística aborda a sustentabilidade desde a produção de um determinado produto até o descarte, podendo também contribuir na reutilização deste material (SEBRAE, 2022).

Para Rogers e Tibben-Lembke (1999), a logística reversa participa em todas as fases logísticas da cadeia de suprimentos de um produto, incluindo a reutilização e forma correta do descarte do material. Lacerda (2002) ressalta também que a logística reversa promove a sustentabilidade ambiental e agrega valor competitivo para a organização que realiza esse tipo de gestão.

Esta prática está sendo cada vez mais adotada por empresas e governos devido à sua importância econômica e ambiental. O descarte correto e o reaproveitamento de mercadorias, produtos e matérias-primas não apenas reduzem impactos ambientais, mas também geram valor econômico. Além disso, organizações que implementam a logística reversa de forma eficaz se destacam no mercado, ganhando reconhecimento por sua responsabilidade socioambiental e otimização dos seus processos produtivos.

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2022) em 2018 foram geradas 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos, dos quais 40,5% foram descartados em lugares inapropriados. Essas informações evidenciam o quanto a logística reversa ainda é incipiente no Brasil, ressaltando a magnitude desse desafio que se deve enfrentar com urgência (Approach, 2023).

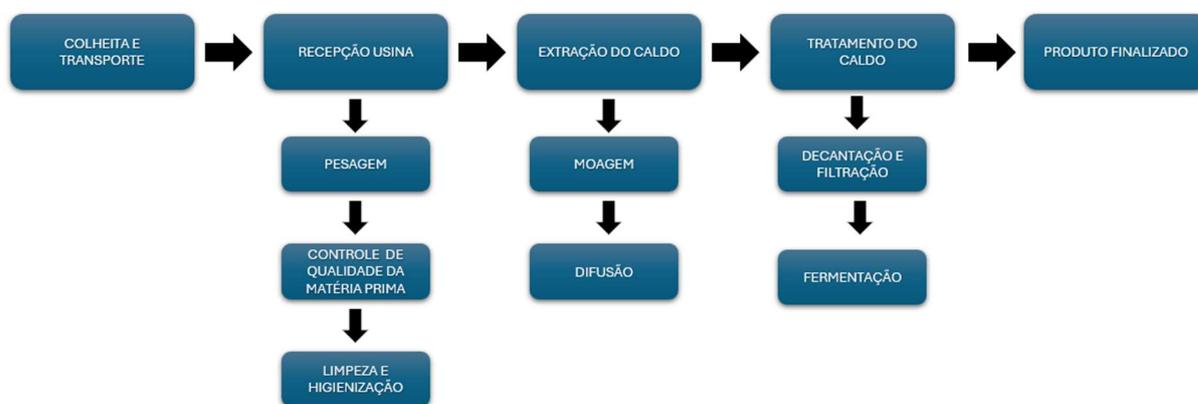
2.2 Produção de Etanol de Cana-de-Açúcar no Brasil

Segundo Raízen (2022), o etanol é um biocombustível de matéria-prima vegetal, produzido por meio da fermentação do amido e/ou de outros açúcares. No Brasil, a principal matéria-prima utilizada para sua produção é a cana-de-açúcar. Contudo, ele também pode ser produzido a partir do milho, da aveia, do arroz, da cevada, do trigo e do sorgo.

O etanol é importante por ser um produto ambientalmente mais sustentável e versátil, especialmente quando comparado à gasolina. Assim, representa uma fonte energética fundamental na transição energética para um modelo de economia global de baixo carbono e menor impacto ambiental. Para se ter uma ideia, o etanol produzido por meio da cana-de-açúcar emite, em média, 80% menos gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera do que a gasolina brasileira (Raízen, 2022). Em 2024, o Brasil alcançou o recorde de 37.000.000 m³ na produção de etanol, o que representou um aumento anual de 5% durante a última década, tendo como principal fonte de energia a cana-de-açúcar (Statista, 2025).

A Figura 1 ilustra as etapas fundamentais do processo de produção do etanol. A cana é cortada manualmente pelos agricultores ou por máquinas (colheita mecanizada) e transportada para as usinas, nos quais são realizados procedimentos para pesagem e controle de qualidade, seguidos pela limpeza e higienização, na qual são removidas as impurezas. A extração da cana é realizada por moedores e difusores que esmagam o bagaço para melhor extração do açúcar. O caldo é tratado pelos processos de decantação e filtração, nos quais são utilizados produtos químicos para clarificação. A fermentação é feita com leveduras, as quais convertem a sacarose em etanol e dióxido de carbono. A última etapa de qualidade do processo visa alcançar o volume máximo de 94,5% de etanol e 4,9% de água (Gonçalves et al., 2015).

Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo do etanol da cana-de-açúcar



Fonte: Lima, 1975 *apud* Gonçalves et al., 2015

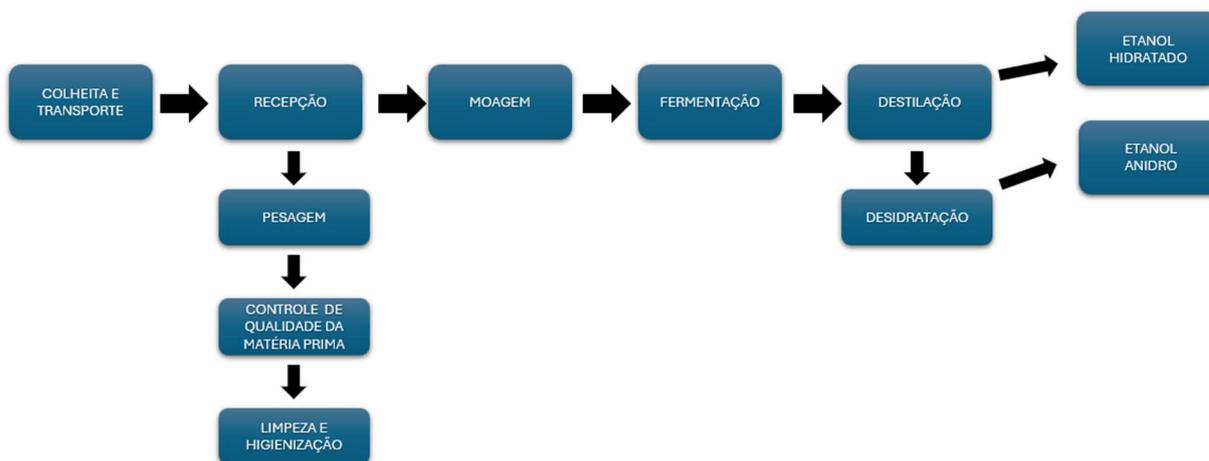
2.3 Produção de Etanol de Milho no Brasil

Conforme Galera (2021), apesar de relativamente recente no mercado brasileiro, o etanol derivado de milho é uma realidade e se apresenta como um complemento para a produção na entressafra do etanol da cana-de-açúcar. Este mercado se encontra em plena transformação, dadas as crescentes pressões nacionais e internacionais para que se encerre a utilização de combustíveis fósseis. O etanol derivado do milho também vem se mostrando bastante promissor no mercado brasileiro, ainda que não seja predominantemente. No Brasil a produção de etanol de milho começou a despontar a partir de 2015 (Galera, 2021).

A Figura 2 destaca o fluxograma do processo produtivo de etanol de milho, desde a colheita até o produto finalizado para o consumo. A produção se inicia a partir da colheita do

milho e o transporte dos grãos até a usina. Na recepção, o milho passa por etapas de pesagem, controle de qualidade e higienização. Em seguida ocorre a moagem, na qual os grãos são triturados para liberar o amido. Na fase de fermentação, o amido convertido em açúcar é transformado em etanol com a ação das leveduras. O etanol é separado da mistura por meio da destilação, originando o etanol hidratado. Para a obtenção do etanol anidro, o etanol hidratado passa por um processo de desidratação, removendo a água residual. Ao final do processo, dois tipos de etanol serão produzidos: o hidratado que é utilizado em veículos flex, e o anidro adicionado à gasolina (Ribeiro, 2023).

Figura 2 – Fluxograma do processo produtivo do etanol de milho



Fonte: Adaptação de Ribeiro (2023)

2.4 Resíduos Gerados no Processo Produtivo e seus Impactos

Por se tratar de um processo longo e que exige diversas etapas para se obter o etanol para consumo, a produção de etanol no Brasil gera muitos resíduos, principalmente a partir da cana-de-açúcar, destacando-se a vinhaça e o bagaço da cana.

Para Spinelli *et al.* (2023) o descarte incorreto da vinhaça pode trazer sérios prejuízos ao meio ambiente, principalmente no solo. A vinhaça possui pH ácido, o que pode causar contaminações. Dentro do processo produtivo 1 litro de etanol equivale a 13 litros de vinhaça, sendo que o descarte inadequado e excessivo contribui para o aumento da salinização, das emissões de gases de efeito estufa e a contaminação de águas subterrâneas.

O Brasil lidera mundialmente a produção de cana e, conseqüentemente, gera quantidades elevadas de resíduos para a agroindústria nacional (UDOP, 2024). De acordo com UNICA (2012, *apud* Calheiros, 2018) uma tonelada de cana pode produzir em média 280-300 kg de bagaço. A queima do bagaço aumenta as emissões de gases como o monóxido de carbono, dióxido de carbono e o dióxido de nitrogênio (Cirino 2004 *apud* Calheiros *et al.*, 2018).

De acordo com a União Nacional do Etanol de Milho (UNEM) (2018 *apud* Souza e Queiroz, 2023), a produção de etanol a partir do milho vem ganhando força com os produtores rurais, pois permite absorver toda a produção. Este processo também promove menor impacto e degradação ambientais, por requerer uma tecnologia mais simples do que a de cana-de-açúcar.

Os resíduos gerados na produção de etanol a partir do milho são denominados Dried Distillers Grains (DDG) e Wet Distillers Grains (WDG). Estes coprodutos de grãos secos e úmidos são gerados a partir da fermentação do amido de milho, e transformam-se em um material rico em gorduras, fibras e proteínas. Segundo Mais Agro (2021) estes coprodutos vêm se tornando um aproveitamento para nutrição de animais, reduzindo assim os custos para a produção como um todo.

2.5 Logística Reversa no Contexto Industrial Sustentável

O reaproveitamento de resíduos gerados no processo produtivo do setor industrial traz benefícios para as empresas. Dentre esses benefícios, podem-se destacar a redução da poluição e de custos, visto que os resíduos serão reciclados e convertidos em matéria-prima para a produção de novos materiais, fazendo com que o custo fique mais baixo. Mesmo com a recente implementação da PNRS no Brasil, há mais de dez anos são desenvolvidas práticas de logística reversa para produtos como: pneus, óleos lubrificantes, embalagens de agrotóxicos, pilhas e baterias (NAC, 2022).

A logística reversa é um dos pontos mais trabalhados no âmbito da agenda ESG (Ambiental, Social e Governança) da Organização das Nações Unidas (ONU), e representa um início promissor dentro da visão de sustentabilidade. A maioria das empresas que possui uma agenda ESG desenvolve também a logística reversa, além desta ser uma das ações contempladas nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU (SEBRAE, 2022).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa deste artigo constituiu-se em uma revisão bibliográfica, do tipo exploratória. O objetivo foi avaliar de forma quali-quantitativa a função e importância da logística reversa, dentro do processo produtivo da cana-de-açúcar e do milho; buscando-se também informações relevantes quanto à contribuição e análise de dados obtidos por meio de uma gestão eficiente de resíduos sólidos.

O artigo foi desenvolvido por meio de consultas bibliográficas, como artigos acadêmicos e sites de pesquisa, abordando temas de logística reversa, produção de etanol e insumos gerados pós-produção; a fim de se elaborar dados e analisá-los para obter conclusões sobre o tema.

A análise efetuada teve como propósito compreender tanto os dados atuais quanto os históricos, os quais foram representados por meio de gráficos e tabelas. Esses elementos permitiram evidenciar fatos e valores obtidos na cadeia produtiva do etanol proveniente da cana-de-açúcar e do milho, bem como a contribuição da logística reversa para as safras dessas matérias-primas no Brasil.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Etanol de Cana-de-Açúcar: Logística Reversa e Etanol de Segunda Geração

Após finalizada a produção do etanol da cana-de-açúcar pelo processo convencional, deu-se início à produção do etanol de segunda geração (E2G). O E2G possui a mesma composição química do etanol obtido a partir do açúcar de cana, mas utiliza o restante do bagaço gerado no processo convencional, o que representou uma fonte de energia excedente nas usinas. A tabela 1 apresenta dados comparativos entre o etanol de primeira geração e o E2G.

Tabela 1 – Dados comparativos entre o etanol de primeira geração e o E2G

Comparativo	Etanol Comum (E1G)	Etanol de Segunda Geração (E2G)
Composição química	Igual ao E2G	Igual ao E1G
Matéria-prima	Produção do açúcar e etanol comum	Bagaço restante da produção
Processo	—	Pré-tratamento e hidrólise
Capacidade de produção	—	Até 50% mais com a mesma área
Emissão de gases (vs. E1G)	—	80% menor
Emissão de gases (vs. gasolina)	—	93% menor

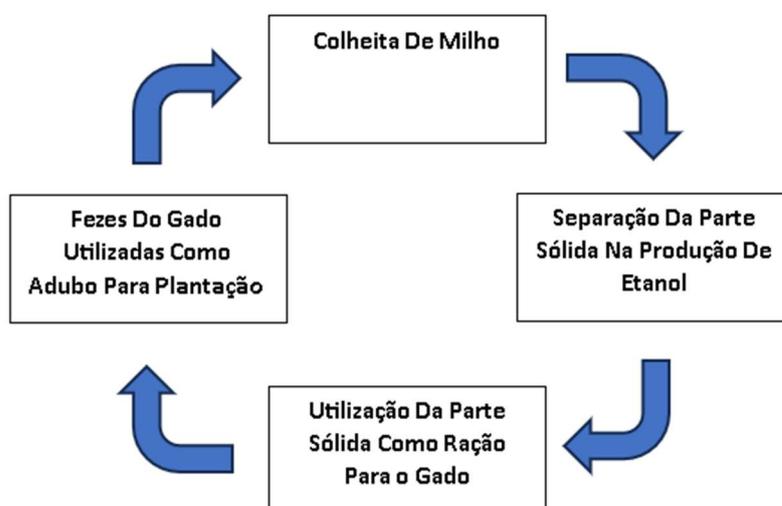
Fonte: Adaptado de RAÍZEN (2022)

A produção de E2G ocorreu por meio de processos como pré-tratamentos e hidrólise, os quais permitiram o acesso aos açúcares ainda existentes nas fibras. Com isso, todo o processo se tornou mais sustentável, fazendo com que a capacidade de produção dentro da mesma planta aumentasse até 50%, o que representou uma maior autonomia na produção do combustível. Vale ressaltar que, se comparado ao etanol tradicional, o E2G apresentou índice 80% menor de emissão de gases do efeito estufa (GEE). Se comparado à gasolina, um combustível fóssil, o índice subiu para 93%, ressaltando o quão benéfico é para o meio ambiente a adoção da logística reversa na pós-produção do etanol (Raízen, 2022).

4.2 Etanol de Milho: Logística Reversa e Cenário Atual

A Figura 3 demonstra a produção do etanol de milho e a importância da logística reversa nas diversas cadeias de produção. Após a colheita do milho, este foi moído e misturado com água e enzimas para a separação da parte sólida, composta por cascas e fibras. Esta parte sólida foi reaproveitada e adicionada à ração para o gado. Em seguida, ocorreu a digestão anaeróbia das fezes do gado e a coleta de metano para a produção de biogás, gerando um resíduo sólido na forma de adubo orgânico para a plantação de milho. Tais processos contribuíram para a renovação do ciclo produtivo, amenizando de forma significativa o descarte e contribuindo para a preservação do meio ambiente (Manual do Mundo, 2023).

Figura 3 – Ciclo do reaproveitamento de resíduos sólidos do milho



Fonte: Adaptação de Manual do Mundo (2023)

Como apresentado por Galera (2021), a produção de etanol de milho é considerada recente no Brasil, mas espera-se que aumente significativamente, dadas as pressões nacionais e

internacionais pelo fim da utilização de combustíveis fósseis. Um aspecto importante que reforça a relevância e o potencial do milho para a produção de etanol, é o fato de as usinas optarem pela produção como alternativa para “driblar” a queda percentual na safra de cana-de-açúcar registrada em 2024, em relação a 2023 (Tabela 2).

Tabela 2 – Produção de Etanol de Cana-de-Açúcar e de Milho (2023 – 2024)

PRODUÇÃO DE ETANOL EM 2023		
Origem	Bilhões de Litros	Percentual
Cana-de-açúcar	21,1	79,50%
Milho	5,45	20,50%

PRODUÇÃO DE ETANOL EM 2024		
Origem	Bilhões de Litros	Percentual
Cana-de-açúcar	24,39	77,50%
Milho	7,08	22,50%

Fonte: Dados adaptados de NOVACANA (2025)

A Tabela 2 ilustra um aumento de 2% na produção de etanol de milho, se comparado ao da cana-de-açúcar de 2023 para 2024, evidenciando mais de 20% da presença do grão na produção nacional do biocombustível. Como informado pela União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia (UNICA), a produção de etanol derivado de milho aumentou 32,8% em 2024, quando comparado a 2023.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio de uma revisão bibliográfica do tipo exploratória, foram realizados o levantamento e a análise de diferentes estudos de autores que abordam o tema proposto, possibilitando o entendimento de como a logística reversa está presente no contexto da sustentabilidade. Os objetivos propostos foram alcançados, tendo em vista que a pesquisa possibilitou a reflexão dos benefícios ambientais e econômicos obtidos pela adequada gestão e o correto reaproveitamento dos resíduos de pós-produção da cana-de-açúcar e do milho.

A aplicação da logística reversa na pós-produção do etanol de cana-de-açúcar e de milho demonstra o potencial de transformação de resíduos em novos recursos, promovendo um ciclo produtivo mais eficiente e sustentável. Apesar de serem processos distintos, ambos reaproveitam resíduos de maneira significativa, seja por meio da utilização da parte sólida do milho como ração e adubo, seja por meio da conversão do bagaço da cana-de-açúcar em energia ou na produção do etanol E2G.

Além de diminuir o desperdício, essas práticas contribuem para importantes ganhos ambientais e econômicos. A produção do E2G, por exemplo, pode aumentar em até 50% a capacidade produtiva da planta industrial existente. Em termos de sustentabilidade, o etanol de segunda geração apresenta uma redução de 80% na emissão de GEE em comparação ao etanol convencional e de 93% em comparação à gasolina, ressaltando o papel essencial da logística reversa para o enfrentamento das mudanças climáticas.

Portanto conclui-se que a adoção estruturada dessas práticas reforça não apenas o compromisso ambiental do setor sucroenergético brasileiro, mas também impulsiona ganhos de produtividade e inovação tecnológica. Dessa forma, a logística reversa não apenas se consolida como uma estratégia sustentável, mas também como um diferencial estratégico para o futuro da produção de biocombustíveis no Brasil.

REFERÊNCIAS

AGRO ESTADÃO. Como ocorre a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar. Disponível em: <https://agro.estadao.com.br/>. Acesso em: 08 mar. 2025.

AGROCERES MULTIMIX. Por dentro do cocho: o que precisamos saber quando falamos em DDG? Disponível em: <https://agroceresmultimix.com.br/blog/por-dentro-do-cocho-o-que-precisamos-saber-quando-falamos-em-ddg/>. Acesso em: 26 abr. 2025.

APPROACH. Desafios da Logística Reversa no Cenário Atual. Disponível em: <https://www.approach.com.br/blog/desafios-da-logistica-reversa-no-cenario-atual/>. Acesso em: 08 mar. 2025.

ARMAC. Bagaço de cana: o que é, principais usos e vantagens. Disponível em: <https://armac.com.br/blog/usinas/bagaco-de-cana/>. Acesso em: 1 maio 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). Panorama dos Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://www.crbio01.gov.br/imprensa/em-pauta?pauta=678>. Acesso em: 3 maio 2025.

BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2006.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 26 mar. 2025.

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Criando Redes que Agregam Valor. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2011.

FECILCAM. Produção de etanol e impactos ambientais. Disponível em: https://www.fecilcam.br/anais/ix_eepa/data/uploads/11-agroindustria/11-01.pdf. Acesso em: 24 abr. 2025.

GALERA, Vinicius. Combustível de milho. UOL, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/reportagens-especiais/agronegocio-etanol-de-milho-biocombustivel/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

GONÇALVES, Karoline Yoshiko et al. Processo produtivo do etanol hidratado a partir da cana de açúcar. Disponível em: https://www.fecilcam.br/anais/ix_eepa/data/uploads/11-agroindustria/11-01.pdf. Acesso em: 26 abr. 2025.

IDEIA SUSTENTÁVEL. Como uma usina de cana-de-açúcar economiza água? Disponível em: <https://ideiasustentavel.com.br/usina-cana-acucar-economia-agua/>. Acesso em: 15 mar. 2025.

LACERDA, Rodrigo Torres. Logística Reversa: uma abordagem empresarial. São Paulo: Atlas, 2002.

LEITE, Paulo Roberto. Logística reversa: meio ambiente e competitividade. São Paulo: Saraiva, 2003.

LOGÍSTICA reversa. [S. l.: s. n.], 2022. 1 vídeo (5 min). Publicado pelo canal Info Sustentável. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=T_GpFHzNpIU. Acesso em: 26 abr. 2025.

MACHADO, Nayara. Brasil tem potencial para produzir até 9 bilhões de litros de bioquerosene a partir de resíduos. Disponível em: <https://eixos.com.br/combustiveis-e-bioenergia/biocombustiveis/brasil-tem-potencial-para-produzir-ate-9-bilhoes-de-litros-de-bioquerosene-a-partir-de-residuos/>. Acesso em: 22 abr. 2025.

MANUAL DO MUNDO. Como é feito etanol de milho [vídeo]. [S. l.: s.n.], 2023. 1 vídeo (11 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=MCuRADnCh1Y&t=3s>. Acesso em: 27 abr. 2025.

NAC. Logística reversa: qual é a importância disso para a indústria? Disponível em: <https://nac.cni.com.br/blog/logistica-reversa/#:~:text=Basicamente%2C%20a%20log%C3%ADstica%20reversa%20%C3%A9,eram%20apenas%20descartados%20na%20natureza>. Acesso em: 08 mar. 2025.

NOVACANA. Etanol de milho representa 22,4% do volume total fornecido pelas usinas em 2024. 8 abr. 2025. Disponível em <https://www.novacana.com/noticias/etanol-milho-representa-22-4-volume-total-fornecido-2024-pelas-usinas-080425>. Acesso em: 4 maio 2025.

NOVAIS, Roney Calheiros de. Produção de etanol e impactos ambientais de seus resíduos na indústria sucroenergética de Alagoas. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/3385/1/Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20etanol%20e%20impactos%20ambientais%20de%20seus%20res%C3%ADduos%20na%20ind%C3%BAstria%20sucroenerg%C3%A9tica%20de%20Alagoas.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2025

RAÍZEN. Etanol: o que é, como é produzido e quais seus benefícios? Disponível em: <https://www.raizen.com.br/blog/etanol>. Acesso em: 09 mar. 2025.

REHAGRO. DDG e WDG: Grãos de destilaria do milho. Disponível em: <https://rehagro.com.br/blog/ddg-e-wdg-graos-de-destilaria-do-milho/>. Acesso em: 5 maio 2025.

RIBEIRO, Laura Márcia Lima. Etanol de milho: processo produtivo e contexto atual do mesmo no Brasil. Uberlândia, 2023.

ROGERS, Dale S.; TIBBEN-LEMBKE, Ronald S. Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices. Pittsburgh: Reverse Logistics Executive Council, 1999.

ROSSETTO, Raffaella. Aspectos agronômicos e ambientais do uso de vinhaça. 2024. Disponível em: <https://www.stableste.org.br/wp->

content/uploads/2024/07/ASPECTOSAGRONMICOSEAMBIENTAISDOUSODEVINHAA.pdf. Acesso em: 12 abr. 2025.

SEBRAE. Por que a logística reversa é importante para os pequenos negócios? Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/por-que-a-logistica-reversa-e-importante-para-os-pequenos-negocios,3175ae98e7a63810VgnVCM100000d701210aRCRD>. Acesso em: 08 mar. 2025.

SPINELLI, João Henrique et al. Capítulo 6: Impactos ambientais oriundos do descarte incorreto da vinhaça. 2023.

STATISTA. Brazil ethanol fuel production. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/981955/brazil-ethanol-fuel-production/>. Acesso em: 17 mar. 2025.

UDOP – UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA. Bagaço de cana-de-açúcar: 5 usos ecológicos do maior resíduo agroindustrial do país. 2024. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2024/01/16/bagaco-de-cana-de-acucar-5-usos-ecologicos-do-maior-residuo-agroindustrial-do-pais.html>. Acesso em: 26 abr. 2025.

"Os conteúdos expressos no trabalho, bem como sua revisão ortográfica e adequação às normas ABNT são de inteira responsabilidade dos autores."