

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
CENTRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AGRÁRIAS – CECA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

RONALD BENVINDO BORGES SILVA

**DIFERENTES ESTRATÉGIAS NA UTILIZAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR E DOS
SEUS SUBPRODUTOS – UMA REVISÃO DE LITERATURA**

RIO LARGO – AL
2023

RONALD BENVINDO BORGES SILVA

**DIFERENTES ESTRATÉGIAS NA UTILIZAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR E DOS
SEUS SUBPRODUTOS – UMA REVISÃO DA LITERATURA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação do Curso de Agronomia do Campus de Engenharia e Ciências Agrárias – CECA da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, como requisito para obtenção do título de Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Cícero Luiz Calazans de Lima

RIO LARGO – AL
2023

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

S586d Silva, Ronald Benvindo Borges

Diferentes estratégias na utilização da cana-de-açúcar e dos subprodutos – uma revisão de literatura. / Ronald Benvindo Borges Silva – 2023.

37f.; il.

Monografia de Graduação em Agronomia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2023.

Orientação: Dr. Cícero Luiz Calazans de Lima

Inclui bibliografia

1. Agricultura. 2. Sustentabilidade. 3. Cana-de-açúcar. I. Título

CDU: 633.61

FOLHA DE APROVAÇÃO

AUTOR: RONALD BENVINDO BORGES SILVA

DIFERENTES ESTRATÉGIAS NA UTILIZAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR E DOS SEUS SUBPRODUTOS – UMA REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação do Curso de Agronomia do Campus de Engenharia e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas – CECA/UFAL, e aprovado em 02 de agosto de 2023.

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
CICERO LUIZ CALAZANS DE LIMA
Data: 06/08/2023 11:45:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Cícero Luiz Calazans de Lima – CECA/UFAL
(Orientador)

Prof. Dr. Reinaldo de Alencar Paes – CECA/UFAL
(2º Examinador)

Doutorando Luís Eugênio Lessa Bulhões – UFAL
(3º Examinador)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a minha família e minha namorada Camilla Amanda de Oliveira Gomes por ter me apoiado durante essa trajetória.

Ao meu orientador, Professor Dr. Cícero Luiz Calazans de Lima pela oportunidade, confiança em me permitir fazer parte do laboratório de Tecnologia de alimentos, assim como, os conhecimentos transmitidos ao longo da graduação.

À Banca examinadora, Professor Dr. Reinaldo de Alencar Paes e o Doutorando Luís Eugênio Lessa Bulhões pela disponibilidade e ressalvas ao trabalho.

Aos meus colegas de turma, em especial, Robson Ventura Silva e Vitor Bernardino Silva pelo apoio durante o curso e fora dele.

Agradeço a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para tornar esse momento possível! Muito obrigado.

RESUMO

A *Saccharum officinarum* L. (1753) é uma Poaceae amplamente distribuída pelo território brasileiro, popularmente chamada de cana-de-açúcar. Essa espécie vegetal, pode ser usada na forma *in natura* e como subprodutos em áreas como a engenharia civil, indústrias alimentícias, farmacêuticas e agrícolas, para diversos fins. A busca dos artigos foram realizadas nas plataformas SciELO, Science Direct, CAFE-CAPES e Science, ao aplicar os descritores determinados na pesquisa. Os critérios de inclusão foram artigos experimentais ou literários publicados no ano de 2022, que relatam a aplicabilidade da cana *in natura* ou seus subprodutos na área da agricultura e pecuária, podendo ser em qualquer idioma. Todavia, os critérios de exclusão foram documentos repetidos, não publicados na íntegra e que descrevam o uso dessa planta em outros ramos de pesquisa. Nos bancos de dados foram detectados um total de 1.074 artigos e ao filtrar seguindo os padrões estabelecidos, permaneceram 20 documentos que tiveram uma redução gradativa nos resultados, em que, Science Direct, CAF-e CAPES e SciELO apresentaram 11, 8 e 1 documentos, respectivamente. Entretanto, a plataforma Science não obteve nenhum resultado seguindo as normas da seleção. Os documentos incluídos no estudo abordaram a cana-de-açúcar como subprodutos e/ou *in natura*, aplicados no melhoramento de solo como fertilizante, adubação e corretor de pH, usados também na dieta animal na silagem ou forragem sendo uma opção de volumoso, assim como, na produção de biogás, bioetanol, eletricidade, sendo uma alternativa sustentável e menos poluente em comparação com os combustíveis fósseis convencionais. A pesquisa tem por objetivo realizar um levantamento quali-quantitativo de artigos científicos publicados no ano de 2022, sobre diferentes estratégias na utilização da cana-de-açúcar e de seus subprodutos, salientando a importância dessa espécie para as diferentes subáreas da agricultura e pecuária.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* L.; Agricultura; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Saccharum officinarum L. (1753) is a Poaceae widely distributed throughout the Brazilian territory, commonly known as sugarcane. This plant species can be used in its natural form and as by-products in areas such as civil engineering, food industries, pharmaceuticals, and agriculture for various purposes. The article searches were conducted on the platforms SciELO, Science Direct, CAFE-CAPES, and Science.gov, applying the descriptors determined in the research. The inclusion criteria were experimental or literary articles published in 2022 that report the applicability of sugarcane in its natural form or its by-products in the field of agriculture and livestock, in any language. However, exclusion criteria included duplicate documents, unpublished works, and those describing the use of this plant in other research fields. A total of 1.074 articles were detected in the databases, and after filtering according to the established standards, 20 documents remained, with a gradual reduction in results. Specifically, Science Direct, CAFE-CAPES, and SciELO presented 11, 8, and 1 document, respectively. However, the Science platform yielded no results following the selection criteria. The documents included in the study addressed sugarcane as by-products and/or in its natural form, applied in soil improvement as a fertilizer, for soil amendment, and pH correction. Additionally, they were used in animal diets as silage or forage, providing a voluminous option. Furthermore, sugarcane was explored for the production of biogas, bioethanol, and electricity, representing a sustainable and less polluting alternative compared to conventional fossil fuels. The research aims to conduct a qualitative and quantitative survey of scientific articles published in 2022, focusing on different strategies for the use of sugarcane and its by-products, highlighting the importance of this species for various subfields of agriculture and livestock.

Keywords: *Saccharum officinarum* L.; Agriculture; Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Desenvolvimento fenológico da cana-de-açúcar.	15
Figura 2. Diferentes fases do desenvolvimento da cana-de-açúcar.....	16
Figura 3. Banco de dados escolhidos.	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quantidade gerais de documentos por bancos de dados.....	19
Tabela 2. Dados gerais dos anexos escolhidos de acordo com os critérios.....	20

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Quantidade dos artigos selecionados por plataformas.....	25
Gráfico 2. Subprodutos descritos nos documentos selecionados.	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.2 Histórico da cana-de-açúcar no Brasil.....	14
2.3 Aspectos gerais e morfológicos da cana-de-açúcar	14
2.4 Variação da aplicabilidade dos subprodutos da cana-de-açúcar.....	16
3 METODOLOGIA.....	18
4 RESULTADOS DA PESQUISA	19
4.2. Informações gerais das pesquisas.....	19
4.3. Critérios de seleção e exclusão dos anexos selecionados.....	19
4.4. Descrição dos artigos selecionados.....	26
5 CONCLUSÃO.....	30
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1 INTRODUÇÃO

A *Saccharum officinarum* L. (1753) é considerada uma das culturas mais antigas, que foi implementada pelos portugueses no período colonial, essa planta continua sendo um dos pilares na economia brasileira. A *S. officinarum* se adapta bem ao clima tropical e subtropical, apresenta baixo custo de manutenção, sendo um cultivo rentável, além dos seus derivados serem usados para fertilização de forma mais socioambiental, podendo substituir ou complementar a adubação química (VEDANA *et al.*, 2020).

No início, as usinas açucareiras eram voltadas apenas ao refinamento do açúcar, mas em 1975, foi criado o Programa Nacional do Álcool – PNA (Proálcool) que tinha como objetivo a substituição dos combustíveis fósseis por álcool. O Brasil é o maior produtor de cana, açúcar e etanol, sendo confirmado pela safra de 2020/2021, que resultou no total de 657 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, 41 milhões de toneladas de açúcar e 32 bilhões de litros de etanol (SIMÕES, 2021).

As primeiras regiões que receberam e introduziram esse cultivo, foram os litorais das costas brasileiras, naquela época ganhando notoriedade na Bahia e Pernambuco. Atualmente, a distribuição geográfica dessa cultura cresceu e se desenvolveu em vários locais de climas variados no país, no qual, os principais estados produtores de cana-de-açúcar de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022) foram as regiões do Norte (Pará), Nordeste (Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas), Centro-Oeste (Mato Grosso do Sul e Goiás), Sudeste (Minas Gerais e São Paulo) e Sul (Paraná).

A cana-de-açúcar possui alta relevância no ramo do agronegócio brasileiro, os principais produtos e subprodutos que as usinas canavieiras produzem são o açúcar e o bioetanol, sendo os recursos que promovem um desenvolvimento na economia do país. A cana-de-açúcar pode ser utilizada também “*in natura*” como forragem na dieta animal, além de ter um grande valor nas indústrias alimentícias para produção de rapadura, melaço, cachaça, entre outros produtos (CAVALCANTI, 2019).

Os seus subprodutos são amplamente aproveitados em áreas agrícolas para a correção do solo, fertilizantes, adubos orgânicos e como agregado nutricional na dieta de diferentes animais por ser um volumoso (DOS SANTOS, 2022). Na engenharia civil, esses derivados vêm ganhando espaço na substituição de cimento ou tijolos com o objetivo de diminuir os agravantes ambientais, no entanto, as indústrias químicas e farmacêuticas manipulam esses resíduos para produção de ácido lático que serve para diversas finalidades (SILVA, E. 2015).

O objetivo da pesquisa é realizar um levantamento de artigos científicos experimentais ou literários publicados no ano de 2022, que relatam as diferentes estratégias na utilização da cana-de-açúcar e de seus subprodutos na agricultura e pecuária.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Histórico da cana-de-açúcar no Brasil

A implementação da cana-de-açúcar no território brasileiro, se deu por volta de 1530 por Martim Affonso de Souza no início do período colonial, o mesmo criou o primeiro engenho as atividades açucareiras que começou pela mão de obra indígena e em seguida com o aumento da demanda de trabalho, trouxeram os africanos para trabalharem de forma escrava (RODRIGUES, 2020).

A espécie *S. officinarum* se adaptou bem ao solo da região, cultivado principalmente nas costas litorâneas do país. Os locais que mais desenvolveram a partir dos recursos dessas atividades açucareiras na colonização, foram a Bahia e Pernambuco no Nordeste brasileiro. No final do século 19, essa cultura ganhou expansão para outros estados, como São Paulo, que apresentou naquele período uma crise na produção cafeeira (ARAÚJO E SANTOS, 2013).

Atualmente, mesmo com o mercado se modificando e ampliando para outras formas de desenvolvimento econômico, o Brasil continua sendo o principal país na produção em larga escala dessa cultura e ao exportar mundialmente o seu açúcar, ganhou destaque mundial no setor sucroenergético (UNICA, 2015).

A cana-de-açúcar é uma cultura de alto valor agregado e seu principal produto é a sacarose para produção do açúcar. Em seguida, o bagaço da cana é um subproduto utilizado como alternativa de combustível. As usinas brasileiras desempenham importantes papéis na produção dos derivados desse organismo vegetal, em que, algumas indústrias se subdividem apenas na produção exclusiva de açúcar, outras para fabricação de bioetanol e manufaturas, simultaneamente (PALACIOS-BERECHE *et al.*, 2022).

2.2 Aspectos gerais e morfológicos da cana-de-açúcar

A *Saccharum officinarum*, é uma espécie vegetal que possui metabolismo fotossintético C₄, alta capacidade de armazenamento de sacarose nos tecidos dos colmos e boa fixação de CO₂ da atmosfera. A cana desencadeia uma elevada produção de fotossíntese em ambientes com temperaturas mais altas (30 a 40°C), regiões com maior luminosidade e escassez de água, deste modo, é uma cultura que se desenvolve em climas tropicais e subtropicais (MARAFON, 2012).

A cana-de-açúcar apresenta diferenças morfológicas, como a forma de touceira, tipo do colmo, inflorescência, rizoma e raiz fasciculada. As folhas dessa planta são bem características,

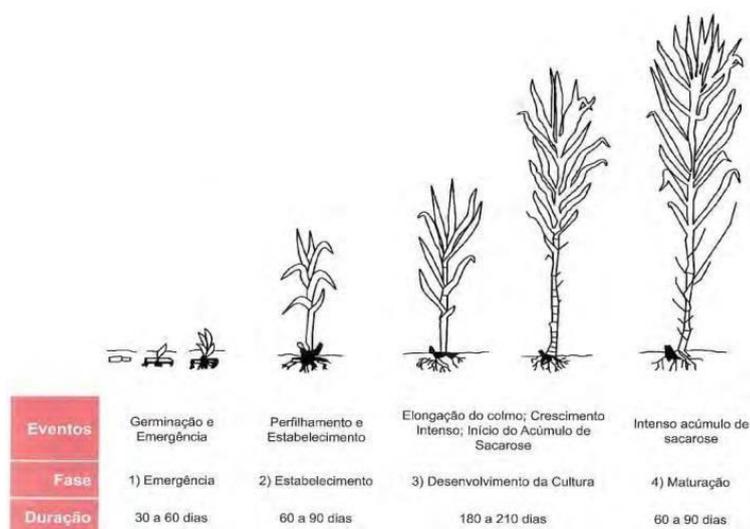
manifestam uma coloração esverdeada, são sésseis, lancetadas, lineares, largas e agudas com uma distribuição ao longo do seu colmo fixadas nas regiões de nós, intercaladas em fileiras opostas e alternadas (NEGRINI, 2012).

O ciclo fenológico da cana-de-açúcar, inicia-se com o plantio que acontece em dois períodos diferentes, dando origem a uma planta de 12 meses ou uma cana-planta de 18 meses. Ocorre a brotação da soqueira de 20 – 30 dias após o plantio, o broto rompe a gema, sendo denominado de colmo primário que cresce em direção da superfície do solo e abaixo tem o surgimento das raízes do tolete (SOBRINHO et al., 2019).

Em seguida, vai ter a formação foliar e o surgimento dos brotos secundários chamados de perfilhos acima do solo, que crescem utilizando a reserva presente no colmo e dos nutrientes supridos pelas primeiras raízes. O auge do perfilhamento acompanha folhas mais jovens, chegando na pré-maturação com a concentração maior de açúcar abaixo da parte superior e por fim, a cana chega no seu amadurecimento com uma distribuição similar do açúcar entre o colmo (MANHÃES et al., 2015).

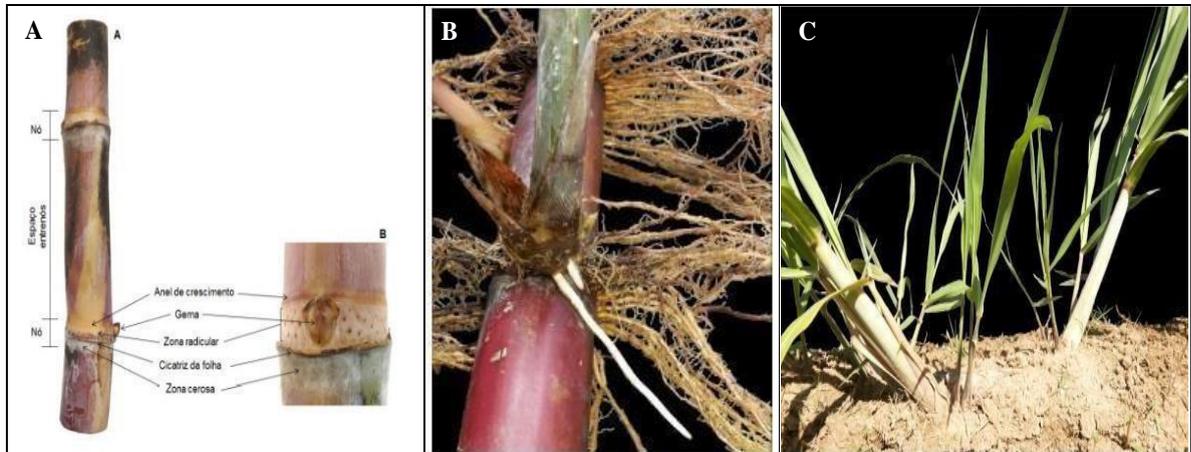
Um manejo adequado e um tratamento eficaz, são essenciais para um bom desenvolvimento da planta durante todo o seu ciclo de cultura, mesmo que esse organismo vegetal apresente uma alta tolerância hídrica, não se pode dispensar o fornecimento de água em épocas necessárias, assim como, uma adubação balanceada. Esses cuidados são indispensáveis para o agricultor que visa um bom rendimento econômico na produção de açúcar e álcool (DE OLIVEIRA et al., 2019).

Figura 1 – Desenvolvimento fenológico da cana-de-açúcar



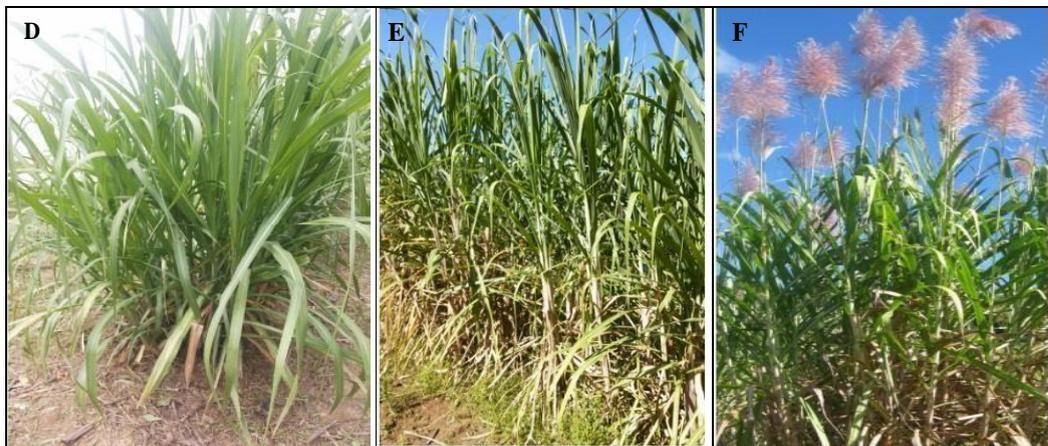
Fonte: VIANNA, 2014.

Figura 2 – Diferentes fases do desenvolvimento da cana-de-açúcar



A) Tolete e nó do tolete; B) Colmo principal com desenvolvimento das raízes do broto; C) Perfilamento a partir da gema do colmo principal.

Fonte: Adaptado de THOMAS, 2016.



D) Touceira de cana-de-açúcar formando os colmos principais; E) Crescimento da parte aérea da cana-de-açúcar; F) Florescimento da cana-de-açúcar.

Fonte: Adaptado de THOMAS, 2016.

2.3 Variação da aplicabilidade dos subprodutos da cana-de-açúcar

Os subprodutos da cana-de-açúcar apresentam diversas aplicabilidades em vários ramos, sendo por tanto, um composto de aspecto econômico viável, baixo custo e fácil manipulação, esses derivados estão sendo cada vez mais testado em áreas da agricultura, pecuária, engenharia civil, química, entre outras áreas (SILVA et al., 2021).

As cinzas do bagaço da *S. officinarum* são muito utilizadas na engenharia civil para adição mineral em concretos e em argamassas mistas. Esse subproduto contribui por apresentar um alto potencial de estabilizador de solo, retenção de água e aumento da microporosidade da área (FERNANDES et al., 2015; CACURO E WALDMAN, 2015; CASTRO E MARTINS, 2016; LIMA et al., 2022).

A vinhaça da cana é produzida após o processo de destilação dessa planta, usada na área da agricultura como fertilizante por proporcionar nutrientes à diferentes culturas e redução de nematoides do solo infectado. Na literatura, é possível encontrar diversos trabalhos que utiliza esse derivado como fertirrigação para o cultivo da própria cana-de-açúcar (DE SOUZA et al., 2015; DA SILVA et al., 2019; PEDROSA et al., 2021; DA SILVA, 2023).

O bagaço desse organismo vegetal, é um dos principais subprodutos usados atualmente. Esse derivado serve como complementação da dieta animal, na produção de etanol a partir do processo de hidrólise. Assim como, uma alternativa de substituição do carvão na absorção de corantes têxteis (FERREIRA, 2015; SILVA, A. et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2015; SANTOS E DOS SANTOS, 2018; XAVIER, 2021).

A torta de filtro é uma composição de bagaço moído e iodo proveniente de clarificação do açúcar, o mesmo é amplamente utilizado como adubação mineral no solo por causar menores impactos ambientais e ser rico em nutrientes. Esse derivado também serve como fertilizante orgânico para mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, assim como, o uso da torta de filtro para produção de biogás em reatores (VAZQUEZ et al., 2015; SCHMIDT FILHO et al., 2016; CIPOLA FILHO E FRANCO JÚNIOR, 2017; CALIMAN NETO, 2017; JÚNIOR et al., 2020; GAZOLA, NUNES et al., 2020).

O melaço é outro derivado que ganha destaque por sua ampla aplicabilidade, a partir dele pode ser produzido ácido láctico que é um composto usado nas indústrias alimentícias e farmacêuticas. Outras aplicações do melaço são descritas na literatura, na eficiência da cicatrização e reparação tecidual (GROCHOLSKI, 2019; AMARAL, 2020; SANTOS, 2021; AMARAL, TAVEIRA E SOUZA, 2022).

3 METODOLOGIA

As pesquisas dos artigos se sucederam em diferentes plataformas ao empregar os descritores pré-determinadas. Os bancos de dados escolhidos foram o Scientific Electronic Library Online (SciELO), Science Direct, Comunidade Acadêmica Federada (CAFe – CAPES) e Science.

As combinações criadas foram: “*Sugar cane and by-products*”, “*Sugar cane*” e “*Sugar cane and agriculture*”, a forma de filtragem diferenciou-se de acordo com cada plataforma, inserindo a combinação em “busca avançada” (advanced Search), “data de publicação – 2022” (publication date) e “Qualquer campo” (any field). O CAFe – CAPES por ser um banco de dados brasileiro, os descritores foram inseridos em língua portuguesa, mas seguindo a mesma filtragem das outras plataformas.

Figura 3 – Banco de dados escolhidos



Fonte: Autor, 2023.

4 RESULTADOS DA PESQUISA

4.1 Informações gerais das pesquisas

Ao inserir os termos de combinações nos bancos de dados, foi obtido os seguintes resultados (Tabela 1). O Science Direct e CAF-e CAPES apresentaram os maiores resultados com um total de 896 e 146 artigos, respectivamente. Na plataforma SciELO foi encontrado 27 pesquisas e Science apenas 5.

Tabela 1 – Quantidade gerais de documentos por bancos de dados

Descritores	SciELO	Science Direct	CAFe-CAPES	Science
“Sugar cane AND by-products”	0	896	4	2
“Sugar cane”	24	2.302*	127	2
“Sugar cane AND agriculture”	3	1.655*	15	1
Subtotal	27	896	146	5
Total		1.074		

*Exclusão por incapacidade de análise

Fonte: Autor, 2023.

4.2 Critérios de seleção e exclusão dos anexos selecionados

Para os artigos se enquadrarem nos critérios de seleção, os mesmos precisam descrever os potenciais e as aplicabilidades da cana-de-açúcar *in natura* ou de seus subprodutos na agricultura ou pecuária, publicados no ano de 2022, podendo ser artigos experimentais ou literários em qualquer idioma. Todavia, o critério de exclusão são artigos repetidos, não publicados nas plataformas escolhidas e que descrevam esses derivados aplicados em áreas não determinadas na pesquisa.

Ao analisar minuciosamente os documentos, foi filtrado um total de 20 artigos (Tabela 2). As plataformas Science Direct, CAFe-CAPES e SciELO apresentaram um total de 11, 8 e 1

artigos, respectivamente. Entretanto, nenhum artigo foi selecionado do banco de dados Science (Gráfico 1).

Tabela 2 – Dados gerais dos anexos escolhidos de acordo com os critérios

Procedência	Título do artigo	Autores	Subproduto da cana-de-açúcar	Aplicação do subproduto	Periódico
SciELO	Diseño del proceso de obtención de bioetanol carburante mediante hidrólisis enzimática del bagazo de caña em pastaza	CASCO-MÉNDEZ et al.	Bagaço	Bioetanol	Centro azúcar, v. 48, n°2, 2022.
CAFe-CAPES	Biogás de vinhaça: uma revisão	ALMEIDA E RIZZATTO	Vinhaça	Biogás	Scientific Electronic Archives, v. 15, n°6, 2022.
CAFe-CAPES	Caracterização do bagaço de cana de açúcar e suas potencialidades para geração de energia e polpa celulósica	VIVIAN et al.	Bagaço	Bioenergia	Madera y Bosques, v. 28, n°1, 2022.
CAFe-CAPES	Dietas com silagem de rama de mandioca associada à cana-de-açúcar <i>in natura</i> em	BARBOSA et al.	Cana-de-açúcar <i>in natura</i>	Dieta animal	Artigos Originais, v.14, 2022.

	confinamento de ovelhas de descarte				
CAFe-CAPES	Sugarcane bagasse or elephant grass hay in diets for goats: performance, feeding behavior and carcass characteristics	CAMPELO-LIMA et al.	Bagaço	Dieta animal	Colombian Journal of Animal Science and Veterinary Medicine, v. 35, n°2, 2022.
CAFe-CAPES	Performance of lactating cows fed sugarcane silage treated with microbial aditives	CARDOSO et al.	Silagem	Dieta animal	Colombian Journal of Animal Science and Veterinary Medicine, v. 35, n°1, 2022.
CAFe-CAPES	Sugarcane total mixed ration silage ensiling with chitosan and homolactic microbial inoculant: characteristics of silage and animal digestion	GANDRA et al.	Silagem	Dieta animal	Revista Brasileira de saúde e Produção Animal, v. 23, 01- 12, 2022.
CAFe-CAPES	Forage potential of sugarcane cultivars in the Caparaó “Capixaba” region	PEREIRA et al.	Forragem	Dieta animal	Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 57, 2022.

CAFe-CAPES	Intake, apparent digestibility, and productive parameters of Dairy goats fed sugarcane replacing corn silage	CAÑIZARES et al.	Silagem	Dieta animal	Scientific Electronic Archives, v. 15, n°7, 2022.
Science Direct	Cane molasses and oligofructose in the diet of laying hens improves the mineral content of eggs and meat	GULTEMIRIAN et al.	Melaço	Dieta animal	Veterinary and Animal Science, v.16, 2022.
Science Direct	Sustainable valorization of sugarcane residues: Efficient deconstruction strategies for fuels and chemicals production	REENA et al.	Bagaço	Biogás	Bioresource Technology, v. 361, 2022.
Science Direct	Production of acetone-butanol-ethanol and lipids from sugarcane molasses via coupled fermentation by <i>Clostridium acetobutylicum</i> and oleaginous yeasts	GAO et al.	Melaço	Bioetanol	Industrial Crops and Products, v. 185, 2022.

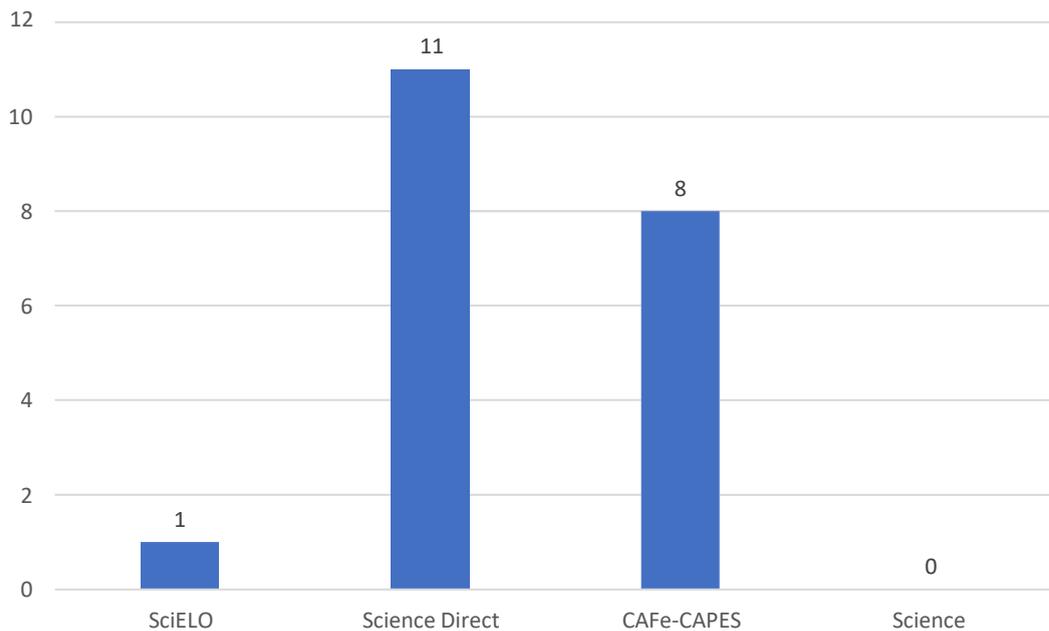
Science Direct	Bioconversion of sugarcane molasses and waste glycerol on single cell oils for biodiesel by the red yeast <i>Rhodotorula glutinis</i> R4 from Antarctica	SINELI et al.	Melaço	Biodiesel	Energy Conversion and Management, v.16, 2022.
Science Direct	Sugarcane vinasse as organo-mineral fertilizers feedstock: Opportunities and environmental risks	CARPANEZ et al.	Vinhaça	Fertilizante	Science of The Total Environment, v. 832, 2022.
Science Direct	Impacto of using a blend of bagasse ash and polyester fiber in black cotton soil for improvement of mechanical and geotechnical properties of soil	ARYA et al.	Cinzas do bagaço	Fertilizante	Materials Today: Proceedings, 2022.

Science Direct	Sustainable fermentation approach for biogenic hydrogen productivity from delignified sugarcane bagasse	TAWFIK et al.	Bagaço	Bioenergia	International Journal of Hydrogen Energy, v. 47, 2022.
Science Direct	In-depth investigation of the bioethanol and biogas production from organic and mineral acid pretreated sugarcane bagasse: Comparative and optimization studies	TANTAYOTAI et al.	Bagaço	Bioethanol	Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, v. 45, 2022.
Science Direct	Establishment of the upstream processing for renewable production of hydrogen using vermicompostin g-tea and molasses as substrate	OCEGUERA-CONTRERAS et al.	Melaço	Fertilizante	Waste Management, v.139, 2022.

Science Direct	Production of Bio-CNG from sugarcane bagasse: Commercializati on potential assessment in Indian contexto	MUNAGALA et al.	Bagaço	Bioetanol	Industrial Crops and Products. v. 188, 2022.
Science Direct	Carbonized sugarcane as interfacial photothermal evaporator for vapor Generation	ZHANG et al.	Cana-de-açúcar carbonizada	Evaporador fototérmico	Dessalination, v. 526, 2022.

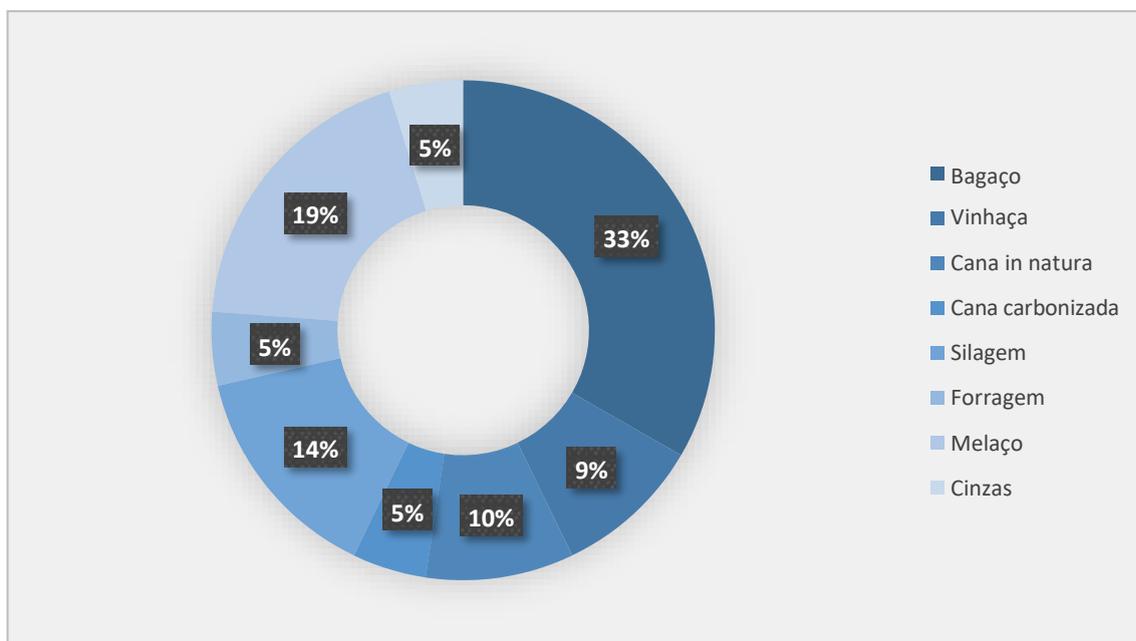
Fonte: Autor, 2023

Gráfico 1 – Quantidade dos artigos selecionados por plataformas



Fonte: Autor, 2023.

Gráfico 2 – Subprodutos descritos nos documentos selecionados



Fonte: Autor, 2023.

4.4 Descrição dos artigos selecionados

A vinhaça da cana-de-açúcar apresenta um potencial no ramo da agricultura. Esse subproduto é formado no final do processo de destilação dessa planta e atualmente vem ganhando notoriedade por sua eficácia como fertilizante organominerais. Existem diversas vantagens no uso da vinhaça como fertilizante, por apresentar baixa variabilidade da sua composição, menores riscos de contaminação do solo, diminuição das doses excessivas de nutrientes, assim como, a facilidade de transporte e manuseio (CARPANEZ et al. 2022).

As cinzas do bagaço da cana-de-açúcar, que é produzido pela queima da planta pode ser um componente eficaz na regulação de pH do solo. O estudo de ARYA et al. (2022), aproveita as cinzas do bagaço de cana para o melhoramento do solo preto, sendo esse tipo de área adequada para o cultivo de algodão, os seus resultados foram significativos no melhoramento do solo, por diminuir a porosidade e a umidade, bem como, o aumento da densidade seca.

ZHANG et al. (2022) expõe em sua investigação, o uso da cana *in natura* carbonizada como evaporador fototérmico, a mesma apresentou características relevantes

para essa atividade, essa planta carbonizada possui uma estrutura porosa que auxilia bem na absorção do solo, transporte de água e escape do vapor em 85%, sendo essa uma opção de baixo custo e fácil processamento.

OCEGUERA-CONTRERAS et al. (2022), realiza em seu artigo experimental a combinação do chá de vermicompostagem com o melaço da cana-de-açúcar como substrato, esse vermicomposto é produzido por minhocas, sendo um importante fertilizante orgânico. Essa inoculação de chá de vermicompostagem em melaço, demonstrou ser um produtor de hidrogênio em condições anaeróbicas escuras, proporcionando um melhoramento da estrutura do solo.

CASCO-MÉNDEZ et al. (2022), desenvolve uma alternativa viável de substituição dos combustíveis fósseis por um bioetanol sustentável a partir de hidrólise enzimática de resíduos lignocelulósicos encontrados no bagaço da cana-de-açúcar. Por outra perspectiva, ALMEIDA E RIZZATO (2022), relatam em seu estudo a biogestão anaeróbica da vinhaça que é um subproduto da cana-de-açúcar, relevância na produção de biogás e desenvolvimento de um maior rendimento de metano, a partir desse resíduo sucroenergético.

O bagaço da cana *in natura* é uma opção de grande potencial energético em comparação com outros resíduos agrícolas por demonstrar baixa densidade aparente, alto teor de cinzas, baixo teor de lignina e boa quantidade de polpa celulósica, porém observa-se algumas limitações (VIVIAN et al. 2022).

O bagaço da cana-de-açúcar vem sendo processado para fabricação de biogás natural, sendo uma sugestão de substituição do gás natural não renovável. O melhoramento desse biogás a base de bagaço, foi realizado a partir de um pré-tratamento com cavitação hidrodinâmica para solucionar a natureza calcificante do bagaço lignocelulósico, obtendo assim, vantagens por diminuir a emissão de compostos que influenciam no efeito estufa (MUNAGALA et al. 2022).

Atualmente, a busca por novos substituintes dos combustíveis fósseis vem sendo cada vez mais frequente, uma opção natural é o bagaço da cana-de-açúcar que é composto por uma biomassa lignocelulósica atrativa para produção de bioenergia. TANTAYOTAI et al. (2022), realiza um estudo comparativo de um pré-tratamento com ácidos orgânicos e inorgânicos separadamente, com o objetivo de potencializar a produção do etanol e biogás, obtendo um melhor resultado na produção de celulose no tratamento com ácidos orgânicos.

SINELI et al. (2022), investigou a bioatividade da levedura vermelha *Rhodotorula glutinis* R4 da antártica na produção de biodiesel a partir de óleos unicelulares incorporados

no subproduto do melaço da cana-de-açúcar e resíduos de glicerol. Ao analisar os resultados, os autores obtiveram respostas promissoras como o acúmulo de lipídios entre 46,8% em 120 horas de cultivo, bem como, a permanência do ácido oleico que chegou a 67,5% com o melaço, a quantidade de óleos de célula única produzido por essa levedura foi convertido em biodiesel com eficiência acima de 90%.

REENA et al. (2022), descreve os principais compostos químicos do bagaço da cana-de-açúcar, que possuem potencial de serem utilizados na produção de biocombustíveis, biogás e eletricidade, por exemplo, carboximetilcelulose, pigmento, ácido lático, ácido levilínico e xilooligossacarídeos.

GAO et al. (2022), realizou uma fermentação no melaço da cana-de-açúcar utilizando leveduras oleaginosas e a bactéria *Clostridium acetobutylicum*. Após esse processo, observa-se que o produto obtido é rico em lipídios microbianos e ácidos orgânicos, ideais para produção de butano, etanol e acetona.

TAWFIK et al. (2022), utilizou bactérias anaeróbicas como a *Clostridium* spp. e *Bacillus* spp. na deslignificação do bagaço da cana-de-açúcar, um processo importante para a produtividade biogênica de H₂, sendo uma alternativa sustentável na produção de bioenergia, que causa menores danos ao meio ambiente e pode substituir os biocombustíveis convencionais.

A cana-de-açúcar como suplemento alimentar na dieta animal, vem ganhando cada mais visibilidade ao longo dos anos e se tornando uma área de estudo promissora. PEREIRA et al. (2022), enaltece a utilização da cana por ser uma cultura de fácil plantio, baixo custo, boa aceitação pelo animal e principalmente por ser uma possibilidade de dieta em períodos secos para gado leiteiro.

Na literatura, encontra-se pesquisas experimentais na área de melhoramento da nutrição animal. A autora BARBOSA et al. (2022), fala sobre as vantagens da utilização da cana-de-açúcar *in natura* associada com rama de mandioca na dieta de ovelhas, observando uma melhor combinação com 50% de cana-de-açúcar, 25% de silagem de rama de mandioca e 25% de concentrado na dieta de ovelhas de descarte.

O subproduto do bagaço da cana-de-açúcar, demonstra pontos positivos em comparação com o capim-elefante, usualmente utilizado na dieta de caprinos. Esse bagaço aumentou a digestão da matéria seca, proteína bruta e carboidratos não fibroso, sendo uma ótima opção de substituição ou correlação com o capim-elefante na alimentação desses animais (CAMPELO-LIMA, 2022).

CAÑIZARES et al. (2022), expõe as vantagens da substituição da silagem de milho por cana *in natura*, comprovando que a mesma pode substituir 100% a silagem convencional por não alterar a digestibilidade de matéria seca e nem a produção de leite em cabras lactantes, além de demonstrar aumento do nitrogênio uréico no leite desse animal.

CARDOSO et al. (2022), desenvolveu um estudo comparativo de uma dieta animal com silagem de cana-de-açúcar associado com microrganismos, dieta à base da silagem de milho e à base de cana *in natura*. Teve na pesquisa uma dieta com silagem sem microrganismos, com *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus pentosaceus*. O pesquisador relata que, tanto a cana-de-açúcar natural ou em silagem com aditivos microbianos, pode ser uma boa escolha como fonte de volumoso quando associado com uma dieta total bem definida.

GANDRA et al. (2022), produziu e comparou a silagem da cana-de-açúcar com a inoculação de microbiano homolático, adicionando nessa composição, a silagem de cana-de-açúcar, farelo de milho, soja integral, uréia, minerais, quitosana e microbianos (*Lactobacillus plantarum* + *Pediococcus acidilactici*). Ao analisar a fermentação, consumo e digestibilidade em comparação com a silagem controle, foi comprovado que essa nova dieta aumentou o consumo da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e um melhor padrão de fermentação.

O melaço é um subproduto da cana-de-açúcar que foi implementado na dieta nutricional de aves poedeiras para o melhoramento do ovo. Com base nos resultados experimentais, foram observados um aumento de ferro e do teor de cálcio na parte comestível, demonstrando que essa suplementação melhorou a absorção intestinal sendo benéfico para um melhor desenvolvimento do ovo (GULTEMIRIAN et al. 2022).

5 CONCLUSÃO

Portanto, o trabalho evidência um levantamento qualitativo e quantitativo, encontrando um total de 1.074 artigos em diferentes plataformas, dos quais foram selecionados 20 artigos de acordo com os critérios estabelecidos. As pesquisas comprovam a importância da cana-de-açúcar *in natura* e como subprodutos na agricultura e pecuária, sendo uma das importantes culturas que movimentam a economia brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Jéssica Nayara Silva; RIZZATTO, Márcia Luzia. Biogás de vinhaça: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 15, n. 6, 2022.

AMARAL, ANA ELISA SANTOS. AVALIAÇÃO SENSORIAL DE CAFÉ FERMENTADO COM MELAÇO DE CANA DE AÇÚCAR. 2020.

AMARAL, Tatiane Domingues do; TAVEIRA, Stephanie Fratin; SOUZA, Thatiane Paulino de. Comparativo das metodologias da produção de ácido láctico a partir do melaço de cana-de-açúcar e sua aplicação como biopolímero (PLA). 2022.

ANTUNES, Josiane Ratier de Quevedo. Bagaço de cana-de-açúcar como substrato para produção de enzimas lignolíticas fúngicas. 2015.

ARAÚJO, EDILAINÉ DA SILVA; SANTOS, Juliana Agustineli Pereira. O desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar no Brasil e sua relevância na economia nacional. **FACIDER-Revista Científica**, v. 4, n. 4, 2013.

ARYA, Palak et al. Impact of using a blend of bagasse ash and polyester fiber in black cotton soil for improvement of mechanical and geotechnical properties of soil. **Materials Today: Proceedings**, 2022.

BARBOSA, Cristina Maria et al. Dietas com silagem de rama de mandioca associada à cana-de-açúcar *in natura* em confinamento de ovelhas de descarte. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 14, p. 1-7, 2022.

CACURO, Thiago A.; WALDMAN, Walter R. Cinzas da queima de biomassa: aplicações e potencialidades. **Revista virtual de Química**, v. 7, n. 6, p. 2154-2165, 2015.

CALIMAN NETO, Armando. UTILIZAÇÃO DE TORTA DE FILTRO NO ENRAIZAMENTO DE MUDAS PRÉ-BROTADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR. 2017.

CAMPELO-LIMA, Victor H. et al. Sugarcane bagasse or elephant grass hay in diets for goats: Performance, feeding behavior and carcass characteristics. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 35, n. 1, 2022.

CAÑIZARES, Gil Ignacio et al. Intake, apparent digestibility, and productive parameters of dairy goats fed sugarcane replacing corn silage. **Scientific Electronic Archives**, v. 15, n. 7, 2022.

CARDOSO, Lucas L. et al. Performance of lactating cows fed sugarcane silage treated with microbial additives. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 35, n. 1, 2022.

CARPANEZ, T. G. et al. Sugarcane vinasse as organo-mineral fertilizers feedstock: Opportunities and environmental risks. **Science of The Total Environment**, p. 154998, 2022.

CASCO-MÉNDEZ, Gladys María et al. DISEÑO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE BIOETANOL CARBURANTE MEDIANTE HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DEL BAGAÇO DE CAÑA EN PASTAZA. **Centro Azúcar**, v. 49, n. 2, p. 35-46, 2022.

CASTRO, Tainara Rigotti de; MARTINS, Carlos Humberto. Avaliação da adição de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar em argamassas mistas. **Ambiente Construído**, v. 16, p. 137-151, 2016.

CAVALCANTI, Ingrid Lélis Ricarte. LEVANTAMENTO DOS RESÍDUOS ORIUNDOS DA INDÚSTRIA DE CANA DE AÇÚCAR E BREVE REVISÃO SOBRE SEUS USOS, APLICAÇÕES E SUBPRODUTOS, 2019.

CONAB, 2022. Boletim da Safra de cana-de-açúcar – 3º Levantamento Safra 2022/23. Companhia de Nacional de Abastecimento, 2022.

DA SILVA, Gael Silvia Peñaranda Liendo et al. Efeitos da aplicação de vinhaça " *in natura*" ou concentrada associado ao N-fertilizante em soqueira de cana-de-açúcar e no ambiente. 2019.

DA SILVA, João Henrique Barbosa et al. Uso de vinhaça concentrada e enriquecida como biofertilizante na cana-de-açúcar: Uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 2, 2023.

DE OLIVEIRA, Anderson et al. Crescimento vegetativo de variedades de cana-de-açúcar. **Humanidades e Tecnologia (FINOM)**, v. 18, n. 1, p. 24-32, 2019.

DE SOUZA, Jânio Kleiber Camelo et al. Fertirrigação com vinhaça na produção de cana-de-açúcar. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 2, p. 7-12, 2015.

DOS SANTOS, Paulo Eduardo Ferreira et al. Formas de apresentação da cana-de-açúcar na alimentação animal. **PUBVET**, v. 2, p. Art. 374-415, 2022.

FERNANDES, Sérgio Eduardo et al. Cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) como adição mineral em concretos para verificação de sua durabilidade. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 20, p. 909-923, 2015.

FERREIRA, Felipe Norberto Alves et al. Avaliação nutricional do bagaço de cana-de-açúcar enriquecido com vinhaça em dietas para coelhos em crescimento. **Revista Caatinga**, v. 28, p. 217-226, 2015.

GANDRA, Jefferson Rodrigues et al. Sugarcane total mixed ration silage ensiling with chitosan and homolactic microbial inoculant: characteristics of silage and animal digestion. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 23, 2022.

GAO, Ruiling et al. Production of acetone-butanol-ethanol and lipids from sugarcane molasses via coupled fermentation by *Clostridium acetobutylicum* and oleaginous yeasts. **Industrial Crops and Products**, v. 185, p. 115131, 2022.

GAZOLA, Tiago; CIPOLA FILHO, Mário Luiz; FRANCO JÚNIOR, N. C. Avaliação de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar provenientes de substratos submetidos a adubação química e orgânica. **Científica**, v. 45, n. 3, p. 300-306, 2017.

GROCHOLSKI, Luís Felipe. **Produção de ácido láctico a partir do melaço de cana-de-açúcar**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GULTEMIRIAN, María L. et al. Cane molasses and oligofructose in the diet of laying hens improves the mineral content of eggs and meat. **Veterinary and Animal Science**, v. 16, p. 100244, 2022.

JÚNIOR, Ademir José Mialichi et al. TORTA DE FILTRO E MICRONUTRIENTES NO PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Ciência & Tecnologia**, v. 12, n. 1, p. 110-124, 2020.

LIMA, Ricardo Paganelli de et al. Estabilização de solo laterítico utilizando cinza do bagaço da cana de açúcar e cal hidratada. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 27, 2022.

MANHÃES, Carmen Maria Coimbra et al. Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. **Vértices**, v. 17, n. 1, p. 163-181, 2015.

MARAFON, Anderson Carlos. Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: Uma introdução ao processo prático. Embrapa, 29 p, 2012.

MILANEZ, Artur Yabe et al. De promessa a realidade: como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar: uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública. 2015.

MUNAGALA, Meghana et al. Production of Bio-CNG from sugarcane bagasse: Commercialization potential assessment in Indian context. **Industrial Crops and Products**, v. 188, p. 115590, 2022.

NAKANO, O. Entomologia econômica. 2 ed. Piracicaba: ESALQ/USP, p.464, 2011.

Negrini, E. J. Cana: Botânica e morfologia. 2012.

NUNES, Jorge Otavio Silva et al. APROVEITAMENTO DE MELAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E DA TORTA DE FILTRO PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS, EM REATORES ANAERÓBIOS DE FLUXO ASCENDENTE COM MANTA DE LODO, EM SÉRIE. **Ciência & Tecnologia**, v. 12, n. 1, p. 89-93, 2020.

NUNES, Saulo Coelho. Bico de irrigação com o uso de vinhaça em canavial de Alagoas. Embrapa, 2013.

OCEGUERA-CONTRERAS, Edén et al. Establishment of the upstream processing for renewable production of hydrogen using vermicomposting-tea and molasses as substrate. **Waste Management**, v. 139, p. 279-289, 2022.

OLIVEIRA, L. A. et al. Produção de etanol a partir de meio de cultura hidrolisado de bagaço de cana-de-açúcar. *Diversidade microbiana da Amazônia*, editora INPA, 2015.

PALACIOS-BERECHE, M. C. et al. Brazilian sugar cane industry—A survey on future improvements in the process energy management. **Energy**, v. 259, p. 124903, 2022.

PEDROSA, Elvira MR et al. Supressividade de nematóides em cana-de-açúcar por adição de vinhaça ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 197-201, 2021.

PEREIRA, Marcia Braga et al. Forage potential of sugarcane cultivars in the Caparaó “Capixaba” region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 57, 2022.

REENA, Rooben et al. Sustainable valorization of sugarcane residues: Efficient deconstruction strategies for fuels and chemicals production. **Bioresource Technology**, p. 127759, 2022.

RODRIGUES, Gelze Serrat de Souza Campos; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. Edufu, 2020.

SANTOS, Lara Emanuele Santana. **Segurança e eficácia da celulose bacteriana obtida a partir do melaço de cana-de-açúcar no processo de cicatrização e remodelamento tecidual: uma revisão narrativa**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso.

SANTOS, Maria Alves; DOS SANTOS, Betina Raquel Cunha. Silagem da palma forrageira consorciada com resíduos da mandioca e bagaço da cana-de-açúcar: Revisão. **Pubvet**, v. 12, p. 133, 2018.

SCHMIDT FILHO, EDISON et al. Redução dos impactos ambientais do setor sucroalcooleiro com a utilização da torta de filtro na adubação do solo. **Uningá Review**, v. 27, n. 3, 2016.

SILVA, Aghata Elins Moreira da et al. Bagaço de cana-de-açúcar como volumoso exclusivo em dietas para ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, p. 118-129, 2015.

SILVA, Dayane Lilian Gallani et al. Cana-de-açúcar: Aspectos econômicos, sociais, ambientais, subprodutos e sustentabilidade. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e44410714163-e44410714163, 2021.

SILVA, Elda S. et al. PRODUÇÃO DE ÁCIDO LÁCTICO A PARTIR DA FRAÇÃO HEMICELULÓSICA DO BAGAÇO DE CANA, 2015.

SIMÕES, Felipe Hori. Variação isotópica do carbono dos principais subprodutos da cana produzidos no Brasil. 2021.

SINELI, Pedro E. et al. Bioconversion of sugarcane molasses and waste glycerol on single cell oils for biodiesel by the red yeast *Rhodotorula glutinis* R4 from Antarctica. **Energy Conversion and Management: X**, v. 16, p. 100331, 2022.

SOBRINHO, Oswaldo Palma Lopes et al. A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e o manejo da irrigação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 4, p. 1605-1625, 2019.

TANTAYOTAI, Prapakorn et al. In-depth investigation of the bioethanol and biogas production from organic and mineral acid pretreated sugarcane bagasse: Comparative and optimization studies. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 45, p. 102499, 2022.

TAWFIK, Ahmed et al. Sustainable fermentation approach for biogenic hydrogen productivity from delignified sugarcane bagasse. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 47, n. 88, p. 37343-37358, 2022.

THOMAS, André Luís. Desenvolvimento da Planta de Cana-de-açúcar. **Desenvolvimento das plantas de batata, mandioca, fumo e cana-de-açucar [recurso eletrônico]. Porto Alegre: UFRGS, 2016. p. 55-75**, 2016.

UNICA, 2015. Alimento e energia sustentável do Brasil para o mundo.

VAZQUEZ, G. H. et al. Uso de fertilizante organofosfatado e torta de filtro em cana- planta. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 1, p. 53-64, 2015.

VEDANA, Roberta et al. Distribuição espacial da produtividade de cana-de-açúcar no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 121, 2020.

VENCESLAU, Hayssa Michely Barbosa de Barros. Diversificação das aplicações do bagaço de cana de açúcar. 2018.

VIANNA, Murilo dos Santos. Risco climático para a cultura da cana-de-açúcar e estratégias de manejo de irrigação complementar para a sua minimização em diferentes regiões brasileiras. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

VIVIAN, Magnos Alan et al. Caracterização do bagaço de cana-de-açúcar e suas potencialidades para geração de energia e polpa celulósica. **Madera y bosques**, v. 28, n. 1, 2022.

XAVIER, Cinthia Sany França et al. Secagem e avaliação do bagaço de cana de açúcar como adsorvente de corantes têxteis presentes em soluções aquosas. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 26, 2021.

ZHANG, Qinyi et al. Carbonized sugarcane as interfacial photothermal evaporator for vapor generation. **Desalination**, v. 526, p. 115544, 2022.