

Bioenergia em Revista: Diálogos

Ano, Vol. 12, n. 2, jul. dez. 2022 | ISSN: 2236-9171



Bioenergia em Revista: Diálogos

ISSN: 2236-9171

Bioenergia em Revista: Diálogos | publicação semestral | Piracicaba
ano, vol. 12 | n. 2 | jul. / dez. 2022

Governador do Estado de São Paulo

Rodrigo Garcia

Secretario de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia

Bruno Caetano

Diretora Superintendente do Centro “Paula Souza”

Laura Laganá

Diretor do CESU

Rafael Ferreira Alves

Diretor da Faculdade de Tecnologia de Piracicaba Dep. “Roque Trevisan”

José Alberto Florentino Rodrigues Filho

Editoria

Filomena Maria Formaggio

Editores de Seção

Profª Drª Filomena Maria Formaggio – Fatec Piracicaba

Prof. Dr. Luis Fernando Sanglade Marchiori – ESALQ-USP e Fatec Piracicaba

Prof. Dr. Paulo Cesar Doimo Mendes – Fatecs de Piracicaba e Itapetininga, EEP

Prof. Msc. Fabio Augusto Pacano – Fatec Piracicaba, CNEC Capivari-SP

Profa Msc. Luciana Fischer – Fatec Piracicaba e PUCCampinas-SP

Profª Dra. Érika Gutierrez – Fatec Piracicaba

Profª Msc. Angela de F. Kanesaki Correia – Fatec Piracicaba, UNIMEP

Bel. e Tecnólogo Mauricio D. C. Pinheiro – Fatec Piracicaba

Comissão Editorial

Filomena Maria Formaggio - Fatec Piracicaba

Vanessa de Cillos Silva - Fatec Piracicaba

Paulo Cesar Doimo Mendes - Fatec Piracicaba

Marcia Nalesso Costa Harder - Fatec Piracicaba

Fabio Augusto Pacano - Fatec Piracicaba

Maria Helena Bernardo – Fatec Piracicaba

Bioenergia em Revista: Diálogos • Rua Diácono Jair de Oliveira, 651 • Bairro Santa Rosa

CEP: 13.414-155 • Piracicaba / SP • Telefone: [+55 19] 3413-1702

e-mail: bionergia.r.dialogos@gmail.com

www.fatecpiracicaba.edu.br/revista

Conselho Editorial

José Alberto Florentino Rodrigues Filho – Fatec Piracicaba
Daniela Russo Leite – Fatec Araraquara
Gisele Gonçalves Bortoleto - Fatec Piracicaba
Eliana Maria G. Rodrigues – Fatec Piracicaba
Daniela Defavari do Nascimento – Fatec Piracicaba
Regina Movio de Lara – IESCAMP/SP
Siu Mui Tsai Saito - Cena – USP
Raffaella Rossetto - APTA - polo regional Centro-Sul
Ada Camolesi - FIMI Mogi Mirim
Marly T. Pereira - ESALQ-USP
Vitor Machado – UNESP Bauru
Adolfo Castillo Moran - Cordoba, Ver. Mexico
Gregorio M. Katz - San Miguel de Tucuman Argentina
Guilherme A. Malagolli - Fatec Taquaritinga
Murilo Melo - ESALQ-USP
Angelo Luis Bortolazzo – Centro Paula Souza
Jorge Corbera Gorotiza - San Jose de Las Lajas - La Habana - Cuba

Bioenergia em Revista: Diálogos (ISSN 2236-9171) é uma publicação eletrônica semestral vinculada a Faculdade de Tecnologia de Piracicaba “Dep. Roque Trevisan” e a Faculdade de Tecnologia de Araçatuba (Fatecs).

Objetivo: publicar estudos inéditos, na forma de artigos e resenhas, nacionais e internacionais, que contribuam ao debate acadêmico-científico, além de estimular a produção acadêmica nos níveis da graduação e pós-graduação.

Os artigos são de responsabilidade exclusiva dos autores. É permitida sua reprodução, total ou parcial, desde que seja citada a fonte.

Bioenergia em Revista: Diálogos / Fatec - Faculdade de Tecnologia de Piracicaba / Faculdade de Tecnologia de Araçatuba. - - Piracicaba / Araçatuba, SP: a Instituição, desde 2011. v. Semestral - ISSN 2236-9171

1. Ciências Aplicadas / Tecnologia- periódico I.

Bioenergia em Revista: Diálogos II. Fatec -

Faculdade de Tecnologia de Piracicaba “Dep. Roque Trevisan” / Faculdade de Tecnologia de Araçatuba

Bioenergia em Revista: Diálogos • Rua Diácono Jair de Oliveira, 651 • Bairro Santa Rosa
CEP: 13.414-155 • Piracicaba / SP • Telefone: [+55 19] 3413-1702
E-mail: bionergia.r.dialogos@gmail.com
www.fatecpiracicaba.edu.br/revista

Sumário

07 Apresentação

08 Chamada de Artigos

09 Modelagem para otimização da fertirrigação e calagem na cultura de cana-de-açúcar

FREIRE, Fernando José

SILVA, Fábio Cesar da

CARVALHO, Mariana Lopes de

30 Desenvolvimento e caracterização físico-química de um licor artesanal de capim-limão

(cymbopogon citratus dc stapf): uma alternativa para agricultura familiar

VASCONCELOS, Osmar Luis Silva

SARAIVA, Wenner Vinicius Araújo

MARQUES, Georgiana Eurides de Carvalho

42 Aplicações da glicerina no mercado e potencial energético

SANTOS, Jaqueline Jakchesk dos

MAZZONETTO, Alexandre Witier

65 Diferentes plataformas de biorrefinarias para produção de biocombustíveis e subprodutos

OLIVEIRA, Elainy Cristina Alves Martins

ROSA, Laina Pires

FERNANDES, Brenda Rodrigues

82 Análise da qualidade do carvão vegetal para uso doméstico produzido em sistema artesanal

PINCELLI, Ana Lúcia Piedade Sodero Martins

MINEIRO, Vanessa Aparecida

100

Uma análise da biomassa como fonte de energia elétrica e investigação de suas tecnologias

COSTA, Bruno Perpétuo

ALTOÉ, Leandra

118

A influência da mídia na dieta infantil

HARDER, Marcia Nalesso Costa

SANTOS, Camila Tabai dos

Apresentação

Bioenergia em Revista: Diálogos, publicação da Faculdade de Tecnologia de Piracicaba Dep. “Roque Trevisan” oferece à comunidade acadêmico-científica mais um número objetivando a apresentação e discussão de temas atinentes à pesquisa, inovação e ao diálogo com todas as áreas do conhecimento, elementos imprescindíveis e constituidores à formação científico-tecnológica.

A Revista está classificada como B4 e B5 no sistema Qualis/CAPES e encontra-se associada aos indexadores Latindex, IBICT, Sumários.org e CNEN60.

A presente edição conta com quatro seções: *AGRONOMIA* apresenta o artigo “Modelagem para otimização da fertirrigação e calagem na cultura de cana-de-açúcar”.

A segunda seção, *ALIMENTOS* traz o artigo “Desenvolvimento e caracterização físico-química de um licor artesanal de capim-limão (*cymbopogon citratus* dc stapf): uma alternativa para agricultura familiar”.

Na sequência, a terceira seção, *ENERGIA* apresenta os artigos “Aplicações da glicerina no mercado e potencial energético”; “Diferentes plataformas de biorrefinarias para produção de biocombustíveis e subprodutos”; “Análise da qualidade do carvão vegetal para uso doméstico produzido em sistema artesanal” e “Uma análise da biomassa como fonte de energia elétrica e investigação de suas tecnologias”.

A quarta e última seção *GESTÃO* discute a temática “A influência da mídia na dieta infantil”.

Ressalte-se que um dos nossos objetivos é a disseminação do conhecimento. Para tanto, o periódico Bioenergia em Revista: Diálogos possui inserção nacional e internacional e conta com a participação de pesquisadores de diversas instituições de ensino e pesquisa. O recebimento dos artigos é pelo sistema de fluxo contínuo e a periodicidade é semestral.

Chamada de artigos

A Revista Bioenergia em Revista: Diálogos convida pesquisadores, docentes e demais interessados das áreas de Bioenergia, Gestão Empresarial, Agroindústria, Alimentos e áreas afins, a colaborarem com artigos científicos, de revisão e/ou resenhas para a próxima edição deste periódico.

As normas de submissão e análise estão disponíveis em nosso site – www.fatecpiracicaba.edu.br/revista. Os trabalhos serão recebidos por via eletrônica em **fluxo contínuo**, e os autores poderão acompanhar o progresso de sua submissão através do sistema eletrônico da revista.

Os dados apresentados, bem como a organização do texto em termos de formulação e encadeamento dos enunciados, das regras de funcionamento da escrita, das versões em língua **inglesa e espanhola** dos respectivos resumos, bem como o respeito às Normas da ABNT são de **inteira responsabilidade dos articulistas**.

Modelagem para otimização da calagem e adubação na cultura de cana-de-açúcar

FREIRE, Fernando José
SILVA, Fábio Cesar da
CARVALHO, Mariana Lopes de
VENEGAS, Victor Hugo Alvarez (*In memoriam*)

Resumo

O Brasil é responsável por grande parte da produção global de cana-de-açúcar e tem uma área plantada de aproximadamente 10 milhões de hectares. No entanto, para manter essa hegemonia mundial, a cana-de-açúcar precisa extrair grandes quantidades de nutrientes do solo, requerendo a aplicação grandes quantidades de fertilizantes. Para recomendar esses fertilizantes, utilizam-se tabelas de recomendação regionais que, embora com razoável acerto em suas indicações, apresenta muito empirismo ou subjetivismo em sua constituição. Assim, modelar a demanda de nutrientes em função da produtividade esperada do canavial, pode permitir o desenvolvimento de um sistema de cálculo do balanço nutricional e recomendação fertilizantes, bem como servir de base para recomendação de calcário em cana-de-açúcar. Portanto, o objetivo desse trabalho foi desenvolver um Sistema de Recomendação de Calagem e Adubação para cana-de-açúcar (SIRCA). O SIRCA calcula a demanda de nutrientes a partir da produtividade esperada e do Coeficiente de Utilização Biológico (CUB), com exceção do P, S e Zn, em que o SIRCA considera também o poder tampão do solo. Concomitantemente, o SIRCA calcula a quantidade de nutrientes disponíveis no solo, através de sua análise química, estimando a quantidade que pode ser extraída do solo. Posteriormente, O SIRCA calcula o balanço nutricional e indica a necessidade, ou não, da aplicação de calcário e/ou fertilizantes. Desenvolvimento de sistemas baseados no balanço nutricional é uma ferramenta eficiente para a recomendação de calagem e adubação para cana-de-açúcar, com potencial de associar ambientes de produção específicos, com a vantagem de atualização contínua das recomendações com a produtividade esperada e os atributos químicos do solo.

Palavras-chave: Demanda de nutrientes, atributos de solo, balanço nutricional.

Abstract

Brazil is responsible for a large part of the global production of sugarcane and has a planted area of approximately 10 million hectares. However, to maintain this world hegemony, sugarcane needs to extract large amounts of nutrients from the soil, requiring the application of large amounts of fertilizers. To recommend these fertilizers, regional recommendation tables are used which, although with reasonable accuracy in their indications, present a lot of empiricism or subjectivism in their constitution. Thus, modeling the nutrient demand as a function of the expected yield may allow the development of a system for calculating the nutritional balance and recommending fertilizers, as well as serving as a basis for recommending limestone in sugarcane. Therefore, the objective of this work was to develop a Lime and Fertilization Recommendation System for sugarcane (LFRS). LFRS calculates nutrient demand based on expected productivity and the Biological Utilization Coefficient (BUC), with the exception of P, S and Zn, in which LFRS also considers the buffering power of the soil. At the same time, LFRS calculates the amount of nutrients available in the soil, through its chemical analysis, estimating the amount that can be extracted from the soil. Subsequently, LFRS calculates the nutritional balance and indicates the need, or not, of limestone and/or fertilizer application. Development of systems based on nutritional balance is an efficient tool for recommending liming and fertilization for sugarcane, with the potential to associate

specific production environments, with the advantage of continuous updating of recommendations with expected productivity and chemical attributes. from soil.

Keywords: Nutrient demand, soil attributes, nutritional balance.

Resumem

Brasil es responsable de gran parte de la producción mundial de caña de azúcar y tiene una superficie plantada de aproximadamente 10 millones de hectáreas. Sin embargo, para mantener esta hegemonía mundial, la caña de azúcar necesita extraer grandes cantidades de nutrientes del suelo, lo que requiere la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes. Para recomendar estos fertilizantes se utilizan tablas de recomendación regionales que, aunque con razonable precisión en sus indicaciones, presentan mucho empirismo o subjetivismo en su constitución. Así, modelar la demanda de nutrientes en función del rendimiento esperado puede permitir desarrollar un sistema para calcular el balance nutricional y recomendar fertilizantes, además de servir como base para recomendar caliza en caña de azúcar. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue desarrollar un Sistema de Recomendación de Cal y Fertilización para caña de azúcar (SIRCF). SIRCF calcula la demanda de nutrientes con base en la productividad esperada y el Coeficiente de Utilización Biológica (CUB), con excepción de P, S y Zn, en los que SIRCF también considera el poder amortiguador del suelo. A su vez, SIRCF calcula la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo, a través de su análisis químico, estimando la cantidad que se puede extraer del suelo. Posteriormente, SIRCF calcula el balance nutricional e indica la necesidad, o no, de aplicación de caliza y/o fertilizantes. El desarrollo de sistemas basados en el balance nutricional es una herramienta eficiente para la recomendación de encalado y fertilización para la caña de azúcar, con potencial para asociar ambientes específicos de producción, con la ventaja de la actualización continua de las recomendaciones con la productividad esperada y los atributos químicos del suelo.

Palabras clave: Demanda de nutrientes, atributos del suelo, balance nutricional.

INTRODUÇÃO

As recomendações de adubação praticadas no país baseiam-se, essencialmente, em curvas de resposta, em que nutrientes são aplicados em doses crescentes e seus efeitos observados no incremento da produção, sendo tais calibrações regionalizadas e para determinados tipos de solo. Tais métodos de pesquisa geram tabelas de recomendação que, embora com razoável acerto em suas indicações, apresentam evidente empirismo ou subjetivismo em sua constituição. Assim, uma simples comparação entre tabelas de diferentes estados brasileiros mostra diferentes recomendações para condições semelhantes de solo e de cultivo, e a mesma recomendação para diferentes solos, ou seja, há um erro por desconsiderar tais fatores. Particularmente, no caso da cultura da cana-de-açúcar, em que os fertilizantes são responsáveis por 20 a 30 % do custo de produção, as tabelas apresentam muita variação nas recomendações, tanto para cana planta como para cana soca, o que coloca a cana-de-açúcar como consumidora de mais de 15% de fertilizantes no Brasil (CHERUBIN et al., 2019; HANASHIRO, 2022).

É necessário o desenvolvimento de um modelo menos empírico que permita diferenciar a necessidade da cultura, de acordo com a produtividade desejada e o potencial de suprimento do solo, de tal forma que a adição de nutrientes seja oriunda fundamentalmente do balanço nutricional. O conhecimento desse balanço permitirá ajustes para a obtenção de recomendações mais adequadas, podendo, inclusive, chegar a uma redução na quantidade de fertilizantes a utilizar, ou também podendo especificar a falta de um nutriente. O ajuste de modelos mecanísticos de abrangência mais generalizada pode tornar-se uma ferramenta eficaz para recomendações criteriosas de fertilizantes para a cultura da cana-de-açúcar no Brasil (SILVA et al., 2021).

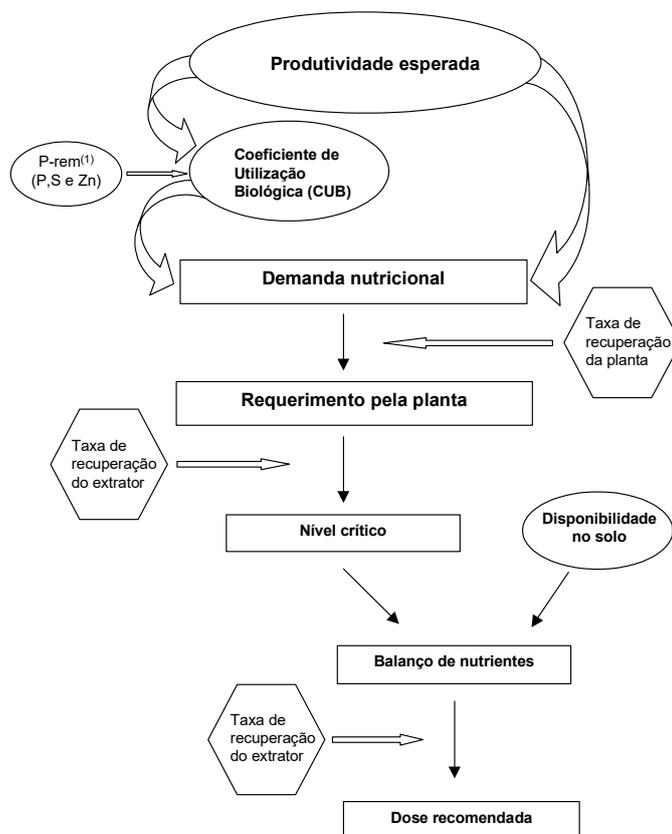
Por outro lado, as recomendações de corretivos e fertilizantes devem ser analisadas de forma criteriosa por um bom programa de nutrição, por meio da diagnose foliar, avaliando a probabilidade de resposta para estas recomendações, sejam elas obtidas de um Sistema como aqui proposto, sejam baseadas nas tabelas de recomendação dos Estados. Isso ajuda o produtor de cana-de-açúcar basicamente de três maneiras: primeiro lhe permite acompanhar a capacidade nutricional das recomendações de corretivos e fertilizantes que estão sendo praticadas em seu canavial; segundo lhe possibilita a informação agrônômica de qual é o potencial de resposta para aquela recomendação; e terceiro sugerindo-lhe, inclusive, a tomada de decisão para execução completa ou fracionada da recomendação proposta.

Assim, neste trabalho é apresentado um sistema que tem como objetivos sistematizar informações de características físicas, químicas e físico-químicas dos principais solos cultivados com cana-de-açúcar no Brasil para simular seus efeitos no balanço nutricional e na produtividade da cana-de-açúcar; desenvolver uma modelagem para fins de apresentar um sistema informatizado para cálculo do balanço nutricional e para recomendação de corretivos e fertilizantes para a cana-de-açúcar (SIRCA), pois certamente contribuirá para formação e reforma de canaviais equilibradamente nutridos e potencialmente mais produtivos.

1 DESENVOLVIMENTO

A lógica do sistema SIRCA de cálculo se baseia na diferenciação da necessidade da cultura de cana-de-açúcar, de acordo com a produtividade desejada e o potencial de suprimento do solo, de tal forma que a adição de nutrientes seja oriunda fundamentalmente do balanço nutricional (Figura 1).

Figura 1. Lógica do sistema de recomendação de calagem e adubação em cana-de-açúcar



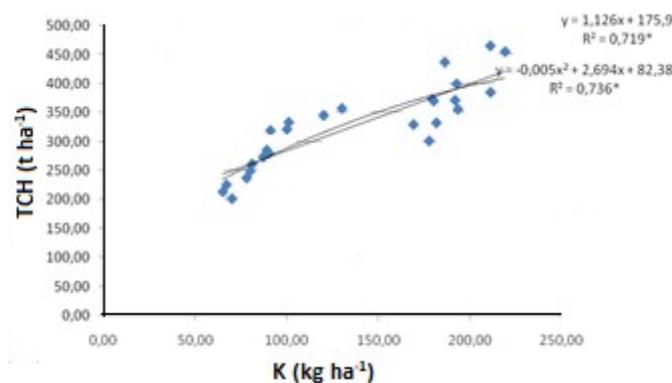
Fonte: Elaborado pelos autores.

As informações experimentais são originárias de trabalhos publicados na literatura e de uma série de ensaios de resposta à fertilizantes e calagem em cana-de-açúcar conduzidos pela equipe da Embrapa e da UFRPE, especialmente nos Estados de São Paulo, Goiás e Pernambuco.

1.1 Calibrações de CUB

O CUB é o coeficiente de utilização biológica, e através dele podemos calcular a eficiência nutricional da planta. É a primeira variável calculada até se chegar na recomendação final. Para chegarmos até o valor do CUB se faz necessário saber o quanto de nutriente a planta absorveu da quantidade aplicada em relação a sua produtividade de colmos (TCH) (Oliveira et. al., 2010). Como exemplo baseado na exportação de K pelos colmos de cana-de-açúcar, temos a calibração do CUB de K em função da produtividade (Figura 2).

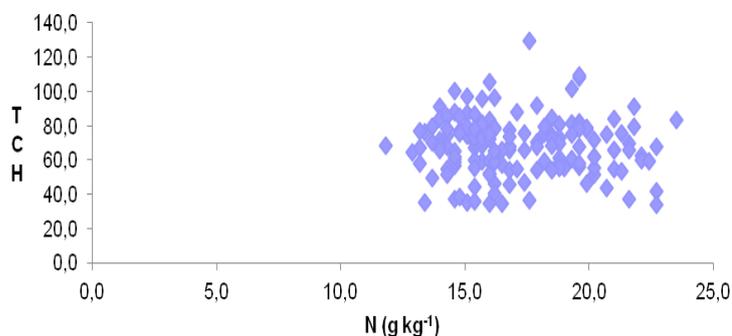
Figura 2. Relação entre exportação de potássio (kg ha^{-1}) e a produtividade de colmos (TCH) em dois solos mostrando que essa relação pode ser linear ou curvilínea



Fonte: Elaborado pelos autores.

Todavia, a calibração pode ser realizada pela análise foliar dos nutrientes, coletando-se a folha +3 da cana-de-açúcar entre 4 e 6 meses de idade do canavial e relacionar com a produtividade de colmos. Um exemplo para essa calibração foi a formação de um banco de dados de produtividade em função do teor N foliar da cana-de-açúcar para estabelecimento de Normas DRIS em Alagoas (Figura 3).

Figura 3. Relação entre a produtividade de colmos em função do teor de N em folhas de cana-de-açúcar



Fonte: Silva et al. (2021).

1.2 DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA

1.2 Subsistema Planta

Para a cultura da cana-de-açúcar temos vários fatores podem interferir em sua produtividade e, conseqüentemente, gerar lucro ou prejuízo econômico. Estes fatores devem ser quantificados para se obter uma simulação mais próxima da realidade.

1.2.1 Requerimento de Nutrientes pela Planta

Para obtermos a quantidade exigida de nutrientes pela cana-de-açúcar, devem ser considerados e calculados os fatores abaixo:

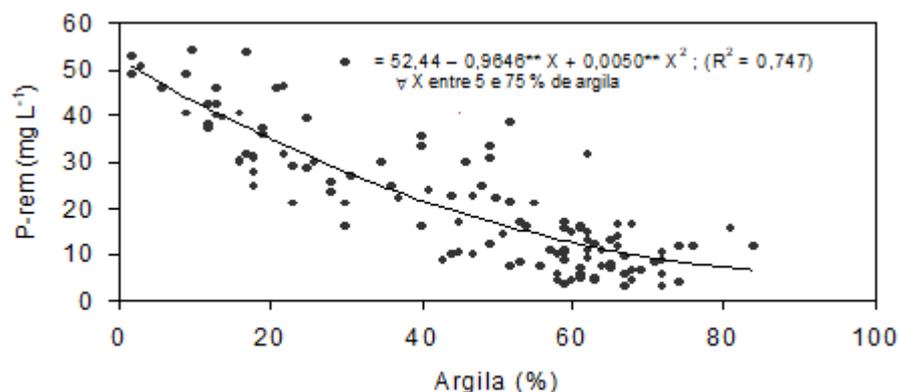
- CUB (Coeficiente de Utilização Biológico)

Através do CUB pode-se calcular a eficiência nutricional da planta, que pode ser expressa em kg de matéria seca produzida por kg de nutriente acumulado.

- P-rem (Fósforo Remanescente)

Para este modelo adotou-se a relação entre o P-rem e teor de argila, mas aplica-se apenas para P, S e Zn (Figura 4).

Figura 4. Relações entre quantidade e qualidade das argilas e P remanescente em diferentes solos brasileiros



Fonte: Freire (2001).

- Taxa de recuperação da planta

A taxa de recuperação é a quantidade de nutriente que a planta consegue recuperar em relação a quantidade aplicada. Através da taxa de recuperação pode-se calcular as doses que devem ser adicionadas ao solo, para satisfazer a demanda nutricional da planta.

- Demanda nutricional

A demanda nutricional foi expressa pela razão entre a produtividade esperada e o CUB. Demanda nutricional é a quantidade de nutrientes necessárias para a formação da planta, no caso da cana-de-açúcar, a formação de colmos, folhas e raízes. Através das equações geradas pode-se estabelecer a quantidade requerida de cada nutriente.

1.3 Quantidade de Nutriente para Sustentabilidade do Solo

Sugere-se que as doses recomendáveis de nutrientes para satisfazer a demanda de determinadas produtividades, sejam acrescidas de doses suplementares que proporcionem sustentabilidade ao cultivo, de forma que evite a gradual exaustão do solo. As doses recomendadas são também quantificadas. Temos que a quantidade demandada para determinada produtividade é igual a dose suplementar, ou seja, a mesma quantidade de nutriente extraído do solo deve ser repostada para que o cultivo seja sustentável. Por exemplo, a demanda por P foi modelada em função da produtividade esperada e do poder tampão de fosfato do solo, expresso pelo P-rem (Tabela 1).

Tabela 1. Modelagem da demanda por P da cana-de-açúcar em função da produtividade esperada e do poder tampão de fosfato do solo

Componente	Equação
Cana planta (Primeiro ciclo de cultivo)	
Colmo	$\hat{Y} = 3.393,44 - 36,9102^{**} X - 41,5718^{**} Z + 0,1327^{**} Z^2 + 0,3808^{**} XZ, R^2 = 0,999^{**}$
Folha	$\hat{Y} = 2.066,46 - 25,3250^{**} X - 25,7776^{**} Z + 0,0901^{**} Z^2 + 0,2611^{**} XZ, R^2 = 0,999^{**}$
Raíz	$\hat{Y} = 3.572,94 - 46,6764^{**} Z + 0,1983^{**} Z^2$
Cana soca (Segundo ciclo de cultivo)	
Colmo	$\hat{Y} = 1.561,38 - 11,4924^{**} X + 0,01730 X^2 - 19,4638^{**} Z + 0,0684^{**} Z^2 + 0,1134^{**} XZ, R^2 = 0,997^{**}$
Folha	$\hat{Y} = 1.462,37 - 27,0474^{**} X - 18,2272^{**} Z + 0,0635^{**} Z^2 + 0,2787^{**} XZ, R^2 = 0,999^{**}$
Ressoca (Terceiro ciclo de cultivo em diante)	
Colmo	$\hat{Y} = 1.563,80 - 10,8800^{**} X - 19,9378^{**} Z + 0,0775^{**} Z^2 + 0,1084^{**} XZ, R^2 = 0,999^{**}$
Folha	$\hat{Y} = 1.466,22 - 26,9710^{**} X - 18,6351^{**} Z + 0,0723^{**} Z^2 + 0,2746^{**} XZ, R^2 = 0,999^{**}$

Modelagem da demanda de P em função da produtividade esperada (X) e do poder tampão de fosfato do solo (Z, expresso pelo P-rem). Em cana soca e ressoca, o Sistema não modela demanda de nutriente porque considera que o sistema radicular foi formado no ciclo de cana planta.

Fonte: Elaborado pelos autores.

1.3.1 Subsistema Solo

O subsistema solo é estruturado pelos componentes abaixo:

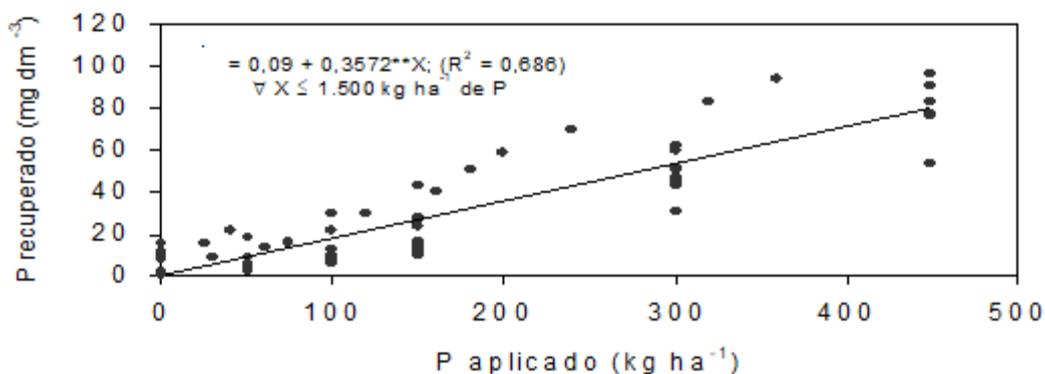
- Taxa de recuperação do extrator

A taxa de recuperação do extrator é fundamental para a credibilidade da análise de solo, pois tem como função conhecer o extrator e a razão solo/extrator, seja a Resina Trocadora de Íons (Figura 5a) ou a solução de Mehlich-1 (Figura 5b), mostrando quanto do nutriente pode estar disponível em função da quantidade do nutriente aplicado no solo. O sistema denominou de recuperação do extrator, que no caso do P, foram considerados o comportamento de dois diferentes extratores: Resina Trocadora de Íons e Mehlich-1. Quando o extrator utilizado para

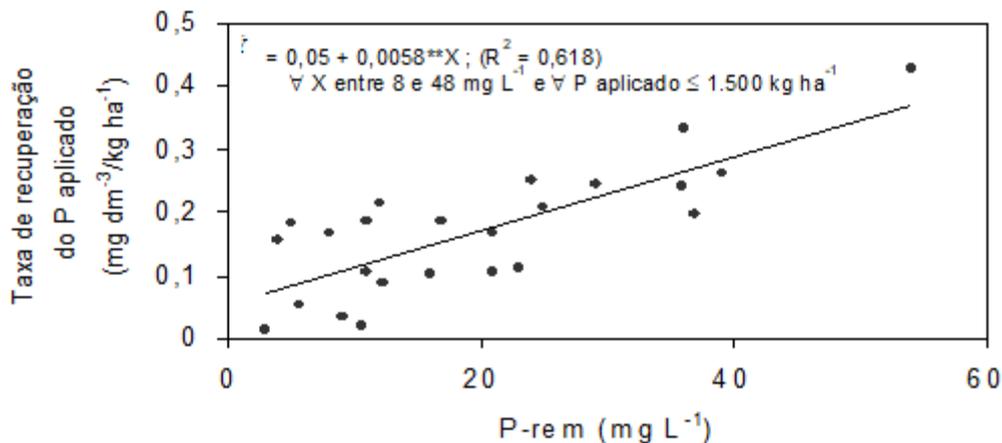
prever o P disponível foi a solução de Mehlich-1, o Sistema considerou o poder tampão do solo, expresso pela P-rem.

Figura 5. Relações entre P recuperado pelos extratores Resina Trocadoras de Íons (a) e Mehlich 1 (b) em função do P aplicado em diferentes solos no Brasil

(a)



(b)



Fonte: Elaborado pelos autores

- Nível crítico

Nível crítico de determinado nutriente equivale a mínima concentração necessária para alcançar o crescimento máximo ou para máximo percentual de açúcar no caso da cana-de-açúcar. Entretanto, este nível torna-se variável entre planta e solos e também sobre influência dos tratos culturais realizados, como: calagem, quantidade de nutrientes aplicados, entre outros.

- Disponibilidade no solo

Para se obter a disponibilidade de determinado nutriente no solo é necessária a análise de solo utilizando um extrator, sendo que para este modelo adotou-se como extrator o Mehlich-1 e Resina Trocadora de Íons (Sistema IAC). Para o caso de P, S e Zn disponível em soluções extratoras ácidas deve ser considerada a capacidade tampão dos fosfatos no solo (P-rem), como utilizado no Estado de Minas Gerais (Silva, 1991), como se pode observar nas Figuras 4 e 5b, que mostram o relacionamento entre quantidade e qualidade das argilas e o P-rem (Figura 4) e a taxa de recuperação do extrator Mehlich-1 e o P-rem (Figura 5b).

- Balanço de nutrientes

Tais componentes são indispensáveis para os cálculos e através destes podemos diferenciar e adequar o Sistema mais precisamente de acordo com o solo.

1.3.2 Nutriente Fornecido pelo Solo

A forma de manejo do solo é essencial para a disponibilidade dos nutrientes, que também deve se levar em conta os fatores climáticos como intensidade de chuvas, temperatura, etc.

Para obter os dados de solo, utilizam-se os dados de análises de solo, tais dados são considerados subsídios básicos para a realização do balanço nutricional da cultura de cana-de-açúcar.

2 APLICAÇÃO DO MODELO NO SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO

2.1 Recomendação de Calagem – Metodologias

Para se estimar a recomendação da necessidade de calagem, o SIRCA considera o pH a capacidade tampão do solo, expressa por sua acidez potencial. Como efeito de comparação com outros métodos utilizados no Brasil, descreve-se abaixo o método da saturação por bases (Cantarella et al., 2022) e o método da neutralização do Al trocável e elevação dos teores de Ca + Mg trováveis (RIBEIRO et al., 1999).

- **Saturação por bases**, consiste na elevação da saturação de bases trocáveis para um valor que proporcione o máximo rendimento econômico do uso de calcário. O cálculo da necessidade de calagem (NC) é feito através da seguinte fórmula:

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) \times T \times f}{100}$$

Em que: NC é a necessidade de calagem ($t\ ha^{-1}$); V1 = valor da saturação das bases trocáveis do solo, em porcentagem, antes da correção. ($V1 = 100\ S/T$), sendo: $S\ (cmol_c\ dm^{-3}) = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+$. Quando o K^+ for expresso em $mg\ dm^{-3}$ na análise do solo, há necessidade de transformar para $cmol_c\ dm^{-3}$ pela fórmula: $K^+ (cmol_c\ dm^{-3}) = (0,0026) K^+ (mg\ dm^{-3})$; T = capacidade de troca de cátions, sendo $T\ (cmol_c\ dm^{-3}) = S + (H+Al^{3+})$; V2 = Valor da saturação de bases trocáveis que se deseja; f = fator de correção do PRNT do calcário, sendo $f = 100/PRNT$. A saturação de bases que se deseja é variável para cada estado ou região, variando de 50 a 60% em cana-de-açúcar.

- **Neutralização do alumínio trocável e da elevação dos teores de Ca e Mg trocáveis.** Esse método é, particularmente, adequado para solos sob vegetação de Cerrados, nos quais ambos os efeitos são importantes. O cálculo da necessidade de calagem (NC) é feito através da seguinte fórmula:

$$NC = [Al^{3+} \times 2] + [2 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})] (PRNT = 100\%)$$

Em que: NC é a necessidade de calagem ($t\ ha^{-1}$); Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} são dados na análise do solo ($cmol_c\ dm^{-3}$); 2 é um fator que corrige o Al^{3+} e eleva os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} ; Quando o PRNT do calcário não for 100%, deve-se corrigir a recomendação: f = fator de correção do PRNT do calcário, sendo $f = 100/PRNT$.

- **Método SIRCA.** O Sistema SIRCA proposto leva em consideração o pH e a Capacidade tampão do solo.

Inicialmente calcula-se a demanda total de Ca e Mg para três cultivos sucessivos da cana-de-açúcar, ou seja, para cana planta, soca e primeira ressoca, fixando a produtividade esperada para cana planta e considerando os decréscimos subsequentes da produtividade nos cultivos de soca e primeira ressoca (CARVALHO & GRAÇA, 1976).

Os calcários comerciais geralmente apresentam um efeito residual de 42 a 48 meses (Alcarde, 1986), o que corresponde ao período de cultivo da cana planta até a primeira ressoca, permitindo prever as quantidades de Ca e de Mg que deverão ser disponibilizadas ao longo desse período para atender as exigências nutricionais. Desse modo, é provável que para o cultivo da segunda ressoca seja necessária uma nova calagem.

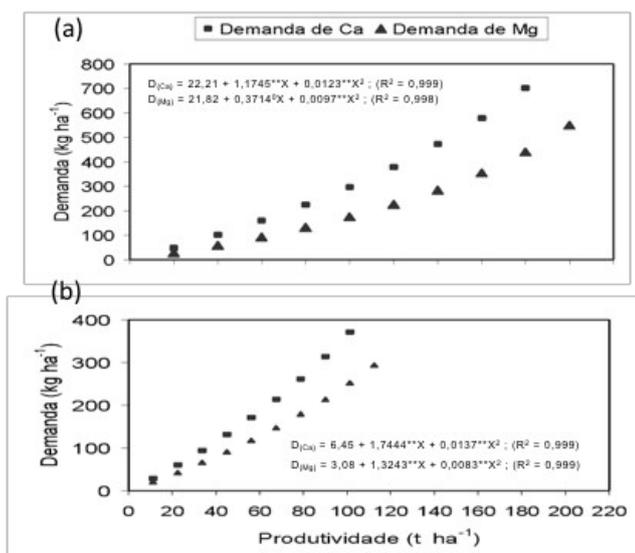
No entanto, esta não é uma prática comum em cultivos comerciais de cana-de-açúcar; porém, é possível que esta seja uma das causas da abrupta redução de produtividade em ressocas de quarto corte, chegando a ser 61,8 % da produtividade da cana planta e 43,7% da cana soca, proporcionando uma perda substancial de produção anual ao final do ciclo de cultivo. Assim, calcula-se a demanda de

Ca e de Mg para os cultivos sucessivos de segunda, terceira e quarta rressocas para uma segunda calagem que deverá reduzir consideravelmente os decréscimos de produtividade das rressocas. Por outro lado, para realizar esse cálculo, é necessário considerar o decréscimo de produtividade que naturalmente ocorre em plantios comerciais.

Dessa forma, para calcular a demanda de Ca e de Mg para os três cultivos, fixa-se a produtividade esperada para a segunda rressoca, que deverá ser, no mínimo, a mesma da primeira rressoca, considerando-se, daí em diante, os decréscimos sucessivos de produtividade. A expectativa teórica é de que, com a segunda calagem, haja um ganho efetivo de produtividade na quarta rressoca de 36,8 %, considerando uma produtividade esperada para cana planta de 100 t ha⁻¹ e uma produtividade para segunda rressoca semelhante a primeira.

Sendo a demanda função da produtividade, ela diminui consideravelmente com os ciclos sucessivos e, especificamente, no caso do Ca e do Mg, pode-se considerar uma demanda de implantação e outra de manutenção (Figura 6) representadas, respectivamente, pela quantidade necessária para assegurar a produtividade da cana planta até a primeira rressoca (demanda de implantação) (Figura 6a) e outra representada pela quantidade necessária para garantir a produtividade da segunda rressoca até a quarta (demanda de manutenção) (Figura 6b).

Figura 6. Demanda de Ca e Mg de implantação (a) e de manutenção (b) em função da produtividade esperada de cana-de-açúcar



Fonte: Elaborado pelos autores.

A demanda de implantação é maior que a de manutenção, o que era de se esperar. Porém, especificamente no caso da cana-de-açúcar, as relações do Ca com o Mg mostraram-se variáveis, tanto com o aumento da produtividade, como com os ciclos sucessivos (Figura 6). A demanda de implantação de Ca é maior do que a de Mg em baixas e médias produtividades, reduzindo-se em altas produtividades (Figura 6a), o que faz com que a relação Ca:Mg diminua com o aumento da produtividade. Em manutenção, porém, esta relação Ca:Mg é mais estreita e se mantém praticamente constante em baixas, médias e altas produtividades (Figura 6b). Por exemplo, para uma produtividade de 50 t ha⁻¹ na fase de implantação, a demanda estimada de Ca é de 111,7 kg ha⁻¹ e a de Mg de 64,6 kg ha⁻¹, com uma relação de 1,7:1. Para uma produtividade de 140 t ha⁻¹, a demanda de Ca é de 427,7 kg ha⁻¹ e a de Mg é de 263,9 kg ha⁻¹, com uma relação de demanda de 1,6:1, estreitando-se, portanto, com o aumento de produtividade. No entanto, na fase de manutenção para uma produtividade de 30 t ha⁻¹, as demandas de Ca e Mg são, respectivamente, de 71,1 e 50,3 kg ha⁻¹, com uma relação de 1,4:1. Para se manter nesta fase uma produtividade de 90 t ha⁻¹, essas demandas são, respectivamente, de 274,4 e 189,5 kg ha⁻¹, com uma relação de 1,4:1. Essas estimativas de demanda foram calculadas pelo SIRCA, tendo como base os dados dos trabalhos de diversos autores (CORDEIRO, 1978; ZAMBELLO JÚNIOR & ORLANDO FILHO, 1981; RODELLA et al., 1984; BENEDINI, 1988).

É relativamente vasta a informação sobre o maior acúmulo de Ca em relação ao de Mg em cana-de-açúcar, como constatado por esses mesmos autores, sendo mais evidente em baixas e médias produtividades, onde a relação da demanda Ca:Mg se amplia, como exemplificado, anteriormente.

É provável que essa diferença de demanda em diferentes produtividades se reflita em níveis críticos de Mg até superiores aos de Ca, dependendo da capacidade da cana-de-açúcar absorver mais um do que outro, conforme será visto, posteriormente. Esta constatação de altas demandas de Mg em cana-de-açúcar de quarto corte em diante precisa ser comprovada (Oliveira et al., 2010).

2.2 Recomendação de Adubação

A adubação é um dos fatores que determinam a produtividade e custos, por isso se faz necessário simular as quantidades de nutrientes necessárias. Primeiramente recomendamos a calagem (Ca e Mg), depois os macronutrientes (K, P, N e S) e por último os micronutrientes (B, Cu e Zn) (CHERUBIN et al., 2019).

2.2.1 Disponibilidade de fósforo para cana-de-açúcar – um exemplo

Para avaliar a disponibilidade de P, é necessária a análise de solo, consideram-se como métodos de extração o Mehlich-1 e a Resina de Troca de Íons. A revisão sobre métodos de extração de P de solos, atualizada por Silva & Raij (1999), em 70 trabalhos consultados, permitiu a confirmação de que as correlações entre índices biológicos de disponibilidade de P em solos apresentam-se amplamente favoráveis para a resina de troca de íons que não é afetada pelo pH do solo, o que é uma grande vantagem em regiões que têm solos ácidos e alcalinos, como é o caso da região do Nordeste brasileiro.

Nos Estados do Nordeste, onde a cultura da cana-de-açúcar tem uma expressão significativa, os solos são, em sua grande maioria, menos ácidos do que nas outras regiões do País onde se cultiva cana-de-açúcar, sendo também comum a formação de compostos pouco solúveis de fosfatos de Ca. Nessas regiões, a utilização do Mehlich-1 é controversa. Se por um lado, o extrator sofre um maior desgaste devido aos solos serem menos ácidos, por outro, a solubilização de compostos como estes, liberando P, pode, provavelmente, superestimar o disponível, porque o P de compostos dessa natureza pode ser inacessível às plantas (LEMOS et al., 2022).

Por outro lado, plantas que são capazes de acidificar a rizosfera poderiam utilizar esses compostos de P ligado a Ca, sendo provável que, nesses casos, o P absorvido se correlacione significativamente com o P disponível pelo Mehlich-1 (REIN et al., 2021).

O mais importante, no momento, é que se alerte para a realização de pesquisas, inclusive onde se possa estudar a capacidade dos extratores Bray-1 e Mehlich-3 para avaliar o P disponível em regiões que apresentem solos com aquelas características (SILVA et al., 2003)

O resultado da análise de solo por si só, principalmente para se avaliar a quantidade disponível de P, pouco representa se utilizar um extrator ácido (SILVA & RAIJ, 1999). É necessário conhecer-se, também, qual a capacidade tampão de fosfatos do solo, pois extratores como o Mehlich-1 são sensíveis a esta característica, ou seja, extraem mais P em solos com baixo poder tampão (SIMÕES NETO et al., 2009).

Como medida do poder tampão de fosfatos do solo, considera-se o P-rem. Desse modo, ajustou-se um modelo que relaciona a taxa de recuperação pelo extrator do P aplicado em função do P-rem (Figura 5b).

Para o ajuste deste modelo utilizaram-se dados de FONSECA et al. (1988), GUSS (1988) e NOVELINO (1999). Consideraram-se taxas de recuperação de P pelo Mehlich-1 entre 0,10 e 0,33 $\text{mg dm}^{-3}/\text{kg ha}^{-1}$, para solos com valores de P-rem entre 8 e 48 mg L^{-1} . Embora as maiores doses utilizadas por esses pesquisadores tenham sido superiores a 500 mg dm^{-3} de P, considerou-se a linearidade do modelo para doses até este valor. Acima dele, é muito provável que o melhor ajuste seja curvilíneo. Como na prática o intervalo de doses é pequeno, utilizou-se o ajuste linear como a melhor aproximação para doses normalmente utilizadas.

Diferentemente do comportamento do Mehlich-1, a Resina, teoricamente, não varia com o poder tampão de fosfatos do solo. No entanto, como o tempo de extração utilizado na análise é pequeno, é possível, que a Resina extraia apenas uma fração do fator quantidade (OLIVEIRA et al., 2000). Porém, nesta primeira versão, ainda não foi possível relacionar esta sensibilidade com nenhuma medida do poder tampão de fosfatos do solo.

Dessa forma, para se ter uma única recuperação pelo extrator em função do aplicado, como foi para Ca, Mg e K, ajustou-se um modelo para estimar esta recuperação pela Resina (Figura 5a).

Para o ajuste deste modelo, utilizaram-se dados de Moura Filho (1990) e Novelino (1999) pelo fato desses pesquisadores terem trabalhado com as mesmas doses de P para avaliar, tanto pela Resina, como pelo Mehlich-1, além de terem determinado o P-rem para todos os solos utilizados.

Os solos de várzea utilizados por Moura Filho (1990) são largamente cultivados com cana-de-açúcar no Estado do Rio de Janeiro e representam uma parcela considerável dos solos cultivados com cana-de-açúcar no Nordeste do Brasil.

Apesar de não se encontrar na literatura relação do P recuperado pela Resina e alguma medida do poder tampão de fosfatos do solo (Moura Filho, 1990; Novelino, 1999; Oliveira et al., 2000), a dispersão de dados, mostrando recuperações até três vezes maiores para uma mesma dose aplicada em solos com diferentes valores de capacidade tampão, sugere a necessidade de se continuar pesquisando para elucidar questões ainda pouco esclarecidas como esta. Simões Neto et al. (2015) publicaram pesquisa que tem norteado a adução fosfatada de cana-de-açúcar no Nordeste, porém relatam que nos solos estudados não houve relação da extração de P por Resina Trocadora de Íons com nenhuma característica que expresse o poder tampão de fosfato dos solos.

A disponibilidade de S é avaliada utilizando-se como extrator o $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ na concentração de 500 mg L^{-1} de P em HOAc $2,0 \text{ mol L}^{-1}$. Porém, assim como para o P, sua disponibilidade é função de uma medida do poder tampão, como o P-rem. Dessa forma, utiliza-se o modelo desenvolvido por Alvarez V. (1996) que estima a taxa de recuperação pelo extrator do S aplicado em função do P-rem.

A disponibilidade de Zn, assim como o P e o S, varia com a taxa de recuperação do Zn aplicado, sendo também função da capacidade tampão do solo (estimada pelo P-rem). Para ajustar um modelo, utilizaram-se dados do trabalho de Couto et al. (1992), em que a disponibilidade de Zn foi avaliada pelo Mehlich-1 em doze amostras de solos do Estado de Minas Gerais.

2.2.2 Efeito residual de fósforo

Considera-se que a disponibilidade de P em solos sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar está diretamente relacionada com os efeitos cumulativos das aplicações de P e, conseqüentemente, com o efeito residual deste nutriente. Segundo Silva (1991), o aumento do P disponível pelo Mehlich-1, em até 25 anos de cultivo contínuo com cana-de-açúcar foi função do efeito residual do P aplicado.

Assim, Novais & Smyth (1999), baseados nos trabalhos de Barrow (1980), Cox et al. (1981), Muniz et al. (1987), Gonçalves et al. (1989) e Fixen & Grove (1990), apresentaram um exemplo de modelagem mostrando o que tem sido feito sobre a estimativa do residual de P em solos. No software SIRCA na forma de API (Interface Programação de Aplicação), o modelo exponencial apresentado por esses autores, com algumas adaptações, mostrou-se consistente pelo menos para esta primeira versão. Deste modo, consideram-se dois tipos de efeitos residuais em cana-de-açúcar: o efeito residual de P em cana soca, que corresponde ao resíduo da dose de P aplicada em cana planta, e o efeito residual de P em ressocas, que corresponde ao resíduo da dose de P utilizada para cana soca.

Embora se reconheça que ao final de todo o ciclo de cultivo haja um resíduo de P que deva ser computado como uma entrada deste nutriente em cana planta, a análise do solo que normalmente é realizada antes da renovação do canavial irá, certamente, quantificar este resíduo de P. Por outro lado, em socas e ressocas, é pouco comum a prática da análise de solo, o que justifica computar, nestes cultivos, os efeitos residuais dos fertilizantes fosfatados aplicados no cultivo antecedente.

Para Mehlich-1, o efeito residual de P para cana soca e ressoca é:

$$ER = \{[0,05 + 0,0058 (P\text{-rem})] D\} e^{-[0,000513637 + 0,0000284091**(P\text{-rem})] t}$$

Em que **ER** é o efeito residual de P (mg dm^{-3}); **0,05 + 0,0058 (P-rem)** é a regressão que estima o P recuperado/P aplicado ($\text{mg dm}^{-3}/\text{kg ha}^{-1}$) em função do P-rem; **D** é a dose de P recomendada para ser aplicada em área total em cana planta ou soca (kg ha^{-1}); e **e** a base do logaritmo neperiano; **- [0,000513637 + 0,0000284091**(P-rem)] t** é a regressão que estima a perda ou diminuição do P disponível no tempo ($\text{mg dm}^{-3} \text{ dia}^{-1}$), ajustada com dados do trabalho de Gonçalves et al. (1989), em função do P-rem, ou seja, quando o extrator é o Mehlich-1 esta perda depende do poder tampão de fosfato do solo; **t** é o tempo decorrido da aplicação da dose do fertilizante até o início da rebrota subsequente (dias).

Para exemplificar a utilização deste modelo, imagine-se que para um cultivo de cana planta com um ciclo de 18 meses (540 dias), aplicou-se uma dose de 100 kg ha^{-1} de P no plantio, em um solo com 20 mg L^{-1} de P-rem. O efeito residual de P estimado pelo modelo para cana soca é de aproximadamente $9,0 \text{ mg dm}^{-3}$, o que corresponde a uma adição de cerca de 54 kg ha^{-1} de P. É evidente que a disponibilidade efetiva é um valor bem menor que este; No entanto, não se pode deixar de admitir que representa uma entrada de P em cana soca que não pode deixar de ser computada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de sistemas baseados no balanço nutricional é uma ferramenta eficiente para a recomendação de calagem e adubação para cana-de-açúcar, com potencial de associar ambientes de produção específicos à agricultura de precisão, com a vantagem de variação contínua das recomendações com a produtividade estimada e características do solo.

No entanto, o Sistema de Recomendação de Calagem e Adubação (SIRCA) pode ser melhorado a partir de dados coletados em pesquisas, principalmente relacionadas à taxa de recuperação pela planta de nutrientes aplicados ao solo, variação de CUB de P, S e Zn com o P-remanescente, relação entre dose de P aplicada a lanço e no sulco e, quanto aos micronutrientes, dados estes que relacionam todas as variáveis consideradas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as bolsas do CNPQ, a cooperação técnica e parceria com Cooperativa de Plantadores de Cana (Coplacana) e a Empresa Brasileira de Calcário Ltda (Embracal), que apoiaram inovação tecnológica no desenvolvimento dos Projetos: "Desenvolvimento de soluções tecnológicas com escopo na recuperação da produtividade da cana-de-açúcar" e "Aprimoramento das recomendações técnicas de correção da acidez do solo e suas implicações fitotécnicas no canavial". Tais projetos geraram informações experimentais no campo e associado aos recursos computacionais foram fundamentais para a modelagem de balanço de nutrientes apresentada no artigo e é parte essencial para o desenvolvimento de sistemas baseados no balanço nutricional para cana-de-açúcar, visando oferecer uma ferramenta eficiente para a recomendação de calagem e adubação nos Estados de São Paulo, Goiás e Pernambuco.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C. Característica dos corretivos da acidez do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE APLICAÇÃO DE CÁLCARIO NA AGRICULTURA, Piracicaba, 1986. *Anais*. Piracicaba, 1986. p.1-19.
- ALVAREZ V., V. H. Correlação e calibração de métodos de análise de solos. In: ALVAREZ V., V. H., FONTES L. E. & FONTES, M. P. F., eds. *O solo nos grandes domínios morfoclimáticos e o desenvolvimento sustentável*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p. 615-646.
- BARROW, N. J. Evaluation and utilization of residual phosphorus in soils. In: KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E. C. & KAMPRATH, E. J., eds. *The role of phosphorus in agriculture*. Madison, American Society of Agronomy, 1980. p. 333-359.
- BENEDINI, M. S. *Novo conceito no uso de calcário em cana-de-açúcar*, 1988. 19p. 14 (Série agrônômica, 16).
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR., D.; BOARETTO, R. M. & RAIJ, B. *Boletim 100: Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*, Instituto Agrônômico, Campinas, São Paulo, 2022.
- CARVALHO, L. C. C. & GRAÇA, L. R. *Produtividade agrícola da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo*, IAA/PLANALSUCAR, Piracicaba, São Paulo, 1976.
- CHERUBIN, M. R.; LISBOA, I. P.; SILVA, A. G. B.; VARANDA, L. L.; BORDONAL, R. O.; CARVALHO, J. L. N.; OTTO, R.; PAVINATO, P. S.; SOLTANGHEISI, A. & CERRI, C. E. P. Sugarcane straw removal: Implications to soil fertility and fertilizer demand in Brazil. *BioEnergy Research*, 12:888–900, 2019.
- CORDEIRO, D. A. *Efeitos da calagem e da adubação potássica sobre a produção de colmo e o equilíbrio nutricional da cana-de-açúcar (Saccharum spp)*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1978. 92p. (Tese de Mestrado).

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 09-29

Modelagem para otimização da calagem e adubação na cultura de cana-de-açúcar

FREIRE, Fernando José; SILVA, Fábio Cesar da; CARVALHO, Mariana Lopes de; VENEGAS, Victor Hugo Alvarez

COUTO, C.; NOVAIS, R. F.; TEIXEIRA, J. L.; BARROS, N. F. & NEVES, J. C. L. Níveis críticos de zinco no solo e na planta para o crescimento de milho em amostras de solos com diferentes valores do fator capacidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 16:79-87, 1992.

COX, F. R.; KAMPRATH, E. J. & McCOLLUM, R. E. A descriptive model of soil test nutrient levels following fertilization. *Soil Science Society of America Journal*, 45:529-532, 1981.

FIXEN, P. E. & GROVE, J. H. Testing soils for phosphorus. In: WESTERMAN, R. L. ed. Soil testing and plant analysis. Madison, *Soil Science Society of America*, 1990. P. 141-180.

FREIRE, F. J. *Sistema para cálculo do balanço nutricional e recomendação de corretivos e fertilizantes para cana-de-açúcar*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 144p. (Tese de Doutorado).

FONSECA, D. M.; ALVAREZ V., V. H.; NEVES, J. C. L.; GOMIDE, J. A.; NOVAIS, R. F. & BARROS, N. F. Níveis críticos de fósforo em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hiparrhenia rufa*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 12:49-58, 1988.

GUSS, A. *Exigência de fósforo para estabelecimentos de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais em solos com diferentes características físicas e químicas*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1988. 74p. (Tese de Mestrado).

GONÇALVES, J. L. M.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. & RIBEIRO, A. C. Cinética de transformação de fósforo-lábil em não-lábil, em solos de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 13:13-24, 1989.

HANASHIRO, M.M. *Custos e rentabilidade*. Agencia de informações de cana-de-açúcar. Exibido em 22/02/2022, no site:

<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/producao/custos-e-rentabilidade>.

LEMONS, J. L.; FREIRE, F. J.; SOUZA JÚNIOR, V. S.; OLIVEIRA, E. C. A.; LUCENA, P. G. C.; SILVA, S. R. V.; FREIRE, M. B. G. S. & LIMA, D. R. M. Phosphorus fractions in soils with distinct mineralogy and their relationship with phosphate buffer capacity indicators in Brazil. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 44:e55148, 2022.

MOURA FILHO, G. *Disponibilidade de fósforo em amostras de solos de várzeas*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1990. 76p. (Tese de Mestrado).

MUNIZ, A. S.; NOVAIS, R. F.; FREIRE, F. M.; NEVES, J. C. L. & BARROS, N. F. Disponibilidade de fósforo e recomendação de adubação avaliadas por meio de extratores químicos e do crescimento de soja em amostras de solo com diferentes valores do fator capacidade. *Revista Ceres*, 34:125-151, 1987.

NOVAIS, R. F. & SMYTH, T. J. *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 1999. 399p.

NOVELINO, J. O. *Disponibilidade de fósforo ao longo do tempo em solos altamente intemperizados avaliada por extratores químicos e crescimento vegetal*. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 70p. (Tese de Doutorado).

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 09-29

Modelagem para otimização da calagem e adubação na cultura de cana-de-açúcar

FREIRE, Fernando José; SILVA, Fábio Cesar da; CARVALHO, Mariana Lopes de; VENEGAS, Victor Hugo Alvarez

OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, R. I.; FREIRE, M. B. G. S.; SIMÕES NETO, D. E. & SILVA, S. A. M. Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:1343-1352, 2010.

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. & NEVES, J. C. L. Comparisons of phosphorus availability between anion exchange resin and Mehlich-1 extractions among Oxisols with different capacity factors. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31:615-630, 2000.

REIN, T. A.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SOUSA, D. M. G.; CARVALHO, W. P. & LEMES, G. C. *Corrective and maintenance phosphorus fertilization on sugarcane yield in Oxisols*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 56:e02160, 2021.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G. & ALVAREZ V., V. H. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, Minas Gerais, 1999.

RODELLA, A. A.; ZAMBELLO JÚNIOR, E. & ORLANDO FILHO, J. Calibração de cálcio, magnésio e acidez do solo para a cana-de-açúcar cultivada na região de cerrado, *STAB*, 2:45-48, 1984.

SILVA, E. M. B.; FREIRE, F. J.; SANTOS, M. V. F.; SILVA, T. J. A. & FREIRE, M. B. G. S. Avaliação de extratores para determinação de fósforo disponível de solos cultivados com *Brachiaria brizantha*. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 25:323-328, 2003.

SILVA, F. C. *Avaliação da disponibilidade de fósforo por diversos extratores em solos cultivados com cana-de-açúcar (Saccharum spp)*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1991. 165p. (Tese de Mestrado).

SILVA, F. C. da. & RAIJ, B. Van. Disponibilidade de fósforo em solos avaliados por diferentes extratores. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34:267-288, 1999.

SILVA, L. C.; FREIRE, F. J.; MOURA FILHO, G.; OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, M. B. G. S.; MOURA, A. M.; COSTA, J. V. T. & REZENDE, J. S. Nutrient balance in sugarcane in Brazil: Diagnosis, use and application in modern agriculture. *Journal of Plant Nutrition*, 44:2167-2189, 2021.

SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, A. C.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S.; NASCIMENTO, C. W. A. & ROCHA, A. T. Extração de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar e suas relações com a capacidade tampão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13:840-848, 2009.

SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, A. C.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S.; OLIVEIRA, E. C. A. & ROCHA, A. T. R. Adubação fosfatada para cana-de-açúcar em solos representativos para o cultivo da espécie no Nordeste brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50:73-81, 2015.

ZAMBELLO JÚNIOR, E. & ORLANDO FILHO, J. A adubação da cana-de-açúcar na região Centro Sul do Brasil. PLANALSUCAR, Piracicaba, São Paulo, 1981. p.1-26. (*Boletim Técnico PLANALSUCAR*, 3).

1 FREIRE, Fernando José. Possui Graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1985), Mestrado em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1991) e Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa (2001). Pós-Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa (2008). Pós-Doutorado na Texas A&M University nos EUA (2016). Docente do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Docente Permanente no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo). Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq desde 2009. Temas de pesquisa: Fertilidade do Solo, Nutrição de Plantas e Ciclagem de Nutrientes. Cargos Administrativos em Ciência e Tecnologia: Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo) (2001/2004). Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco (2004/2008). Coordenador Institucional do REUNI/UFRPE (2009/2011). Membro do Conselho Superior da Facepe (2009/2015). Membro do Conselho Universitário da Universidade de Pernambuco (2014/2015). Presidente da Fundação Joaquim Nabuco (2011/2015). Membro da Academia Pernambucana de Ciências (2008/Atual); Membro da Academia Pernambucana de Agronomia (2012/Atual). Membro da Academia Brasileira de Agronomia (2012/Atual). Secretário Executivo da Fundação Apolônio Salles de Desenvolvimento Educacional - FADURPE (2020/Atual).

2 SILVA, Fábio César. Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade de São Paulo (1987), graduação em Engenharia Florestal pela ESALQ-USP (1987), mestrado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade de São Paulo (1991) e doutorado em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade de São Paulo (1995). Pós-doutoramento em Modelagem de sistema de Produção Vegetal (Universidad Politecnica de Madrid, 2008 e USP, 2007) Atualmente é pesquisador doutor da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária desde 1993 e professor pleno 2 (equivalente: MS-05) da Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo em Tecnologia de produção de biocombustíveis. Atuando na área de inovação e empreendedorismo atuando na Agência Paula Souza, como experiência: agente local de inovação e coordenação do Polo Regional de Campinas da Inova Paula Souza (2015/17), integrante do Centro Paula Souza do Estado de São Paulo. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Agroenergia, modelagem de Fertilidade do Solo e Adubação atuando principalmente nos seguintes temas: cana-de-açúcar, qualidade de matéria prima e processamento de açúcar, metais pesados, modelagem matemática fisiológica de cultura e contaminação ambiental.

3 CARVALHO, Mariana Lopes de. É graduanda no curso de Tecnologia em Biocombustíveis pela FATEC Piracicaba Dep. "Roque Trevisan" - Centro Estadual de Educação Tecnológica "Paula Souza".

4 VENEGAS, Victor Hugo Alvarez. Graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Central do Equador (1962). Especialização em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas pela Oficina de Pesquisas Científicas e Técnicas de Ultramar (ORSTOM) e pelo Instituto de Pesquisas de Óleos e Oleaginosas (IRHO), 1962 - 1964, França, Costa de Marfim e Benin. Especialização em Estatística Experimental pelo Instituto Superior de Estatística da Universidade de Paris (ISSUP) e Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), 1966 - 1968, França e Brasil. Mestrado em Fitotecnia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal de Viçosa (1974) e Doutorado em Ciências, Especialidade: Suelos - Colegio de Postgraduados (1982). Professor assistente, adjunto, titular e titular-voluntário da Universidade Federal de Viçosa. Medalha do Mérito em Pesquisa "Peter H. Rolfs", UFV, 2000. Homenageado com a "Distinção em Vida" pela Sociedade Latino-americano de Ciência do Solo, durante o XIX CLASC 2012. Prêmio IPNI Brasil 2014, categoria Pesquisador Sênior, no Fertbio 2014. (*In memoriam*)

Desenvolvimento e caracterização físico-química de um licor artesanal de capim-limão (*Cymbopogon citratus* DC Stapf): uma alternativa para agricultura familiar

VASCONCELOS, Osmar Luis Silva
SARAIVA, Wenner Vinicius Araújo
MARQUES, Georgiana Eurides de Carvalho

Resumo

Nos últimos anos o mercado de bebidas alcoólicas vem crescendo no Brasil, os licores podem representar uma alternativa para o produtor rural melhorar o aproveitamento e geração de renda. O objetivo do trabalho foi desenvolver e avaliar as características físico-química de um licor artesanal de capim-limão (*Cymbopogon citratus* DC Stapf). As folhas de capim-limão foram coletadas após 3 meses de plantio em canteiros e levadas para laboratório no qual ocorreu preparo do licor utilizando vodca (37 °GL), água filtrada e açúcar refinado. A infusão permaneceu em 60 dias de repouso seguido de 60 dias de envelhecimento, logo após foram realizadas análises de grau alcoólico, pH, açúcares totais, sólidos solúveis totais (°Brix) e densidade seguindo metodologias descritas na literatura. O licor apresentou graduação alcoólica de 15,2% (v/v), 45 °Brix de sólidos solúveis totais e 33% de açúcares totais, estando dentro do preconizado pelo Decreto n°. 6.871 que estabelece valores de 15% a 54% em volume, estando o presente licor classificado como licor fino contendo entre 100 e 350g/L de açúcar em sua composição. O pH foi classificado como ligeiramente ácido com valor de 5,5 e a densidade do licor apresentou 0,916, embora esses parâmetros não sejam estipulados na legislação, são importantes por qualificarem padrão para essa bebida. O licor atendeu a todos os parâmetros estabelecidos na norma brasileira quanto aos padrões físico-químicos, contudo a graduação alcoólica ficou próxima ao valor mínimo estipulado pela legislação, recomenda-se diminuir o tempo de infusão e/ou envelhecimento ou utilizar outra fonte de álcool diferente da utilizada nesta pesquisa. A pesquisa se tornou uma boa ferramenta para disseminação de mais uma alternativa de aproveitamento do capim-limão utilizando uma tecnologia viável, além de fomentar a importância de pesquisas que visem a popularização dessa bebida, destaca-se também o pioneirismo da presente pesquisa na utilização do capim-limão em licores artesanais.

Palavras-chave: Bebida alcoólica. Grau alcoólico. °Brix. Agregação de valor. Planta medicinal.

Abstract

In the last few years, the market of alcoholic beverages has been growing in Brazil. Liqueurs can represent an alternative for the rural producer for better utilization and income generation. The aim of this study was to develop and evaluate the physical-chemical characteristics of a homemade liqueur of lemongrass (*Cymbopogon citratus* DC Stapf). The lemongrass leaves were collected 3 months after planting in seedbeds and taken to the laboratory where the liqueur was prepared using vodka (37 °GL), filtered water and refined sugar. The infusion remained for 60 days in resting followed by another 60 days of aging of the liqueur, after which analyses of

alcohol content, pH, total sugars, total soluble solids (°Brix) and density were performed following methodologies described in the literature. The liqueur presented an alcohol content of 15.2% by volume, 45 °Brix of total soluble solids and 33% of total sugars, within the range recommended by Decree No. 6871 which establishes values of 15% to 54% by volume, being this liqueur classified as fine liqueur for containing between 100 and 350g/L of sugar in its composition. The pH was classified as slightly acid with a value of 5.5 and the density of the liqueur presented a value of 0.916, even though these parameters are not stipulated in the legislation, they have an important role in qualifying a standard for this beverage. The liqueur met all the parameters established in the Brazilian standard regarding the physical-chemical standards, however the alcohol content was close to the minimum value stipulated by the legislation, it is recommended to reduce the infusion and/or aging time or use another source of alcohol different from the one used in this research. In this way, this research has become a good tool for the dissemination of another alternative for the use of lemongrass using a viable technology, besides encouraging the importance of researches that aim at the popularization of this beverage, it also highlights the pioneering of this research in the use of lemongrass in handcrafted liqueurs.

Keywords: Alcoholic beverage. Alcoholic degree. °Brix. Value addition. Medicinal plant.

Resumen

El mercado de bebidas alcohólicas ha crecido en Brasil en los últimos años. En ese contexto, los licores pueden representar una alternativa para el productor rural, para un mejor aprovechamiento y generación de ingresos. Este estudio tuvo como objetivo desarrollar y evaluar las características físicoquímicas de un licor artesanal de limoncillo (*Cymbopogon citratus* DC Stapf). Tres meses después de la siembra en canteros, las hojas de limoncillo se recolectaron y se llevaron al laboratorio donde se preparó el licor a base de vodka (37 °GL), agua filtrada y azúcar refinada. La infusión permaneció en reposo durante 60 días, seguidos de más 60 días de maduración del licor. En seguida, se realizaron los análisis de grado alcohólico, pH, azúcares totales, sólidos solubles totales (°Brix) y densidad, siguiendo las metodologías descritas en la literatura. El licor presentó un grado alcohólico de 15,2% en volumen, 45 °Brix de sólidos solubles totales y 33% de azúcares totales, dentro de los límites recomendados por el Decreto n. 6.871, el cual establece valores del 15% al 54% en volumen. Así, el licor se clasifica como un licor fino porque contiene entre 100 y 350g/L de azúcar en su composición. El licor presentó un pH ligeramente ácido (5,5) y su densidad fue 0,916. Aunque estos parámetros no están estipulados en la legislación, son importantes porque califican una norma para esta bebida. El licor cumplió con todos los parámetros establecidos en la norma brasileña en cuanto a los patrones físicoquímicos, sin embargo, se obtuvo un grado alcohólico cerca del valor mínimo estipulado por la legislación; por lo tanto, se recomienda reducir el tiempo de infusión y/o maduración o utilizar otra fuente de alcohol, diferente de la que se utilizó en esta investigación. De esta forma, este estudio se ha convertido en una buena herramienta para la difusión de otra alternativa para el uso del limoncillo mediante una tecnología viable, además de promover la importancia de investigaciones que contribuyen a la popularización de esta bebida. También se destaca la innovación de esta investigación en cuanto al uso del limoncillo en licores artesanales.

Palabras clave: Bebida alcohólica. Grado alcohólico. °Brix. Valor agregado. Planta medicinal.

INTRODUÇÃO

A utilização de plantas medicinais surgiu desde tempos remotos da história e, na época presente, é vista como uma opção a ser usada pela medicina pela maioria da população global, devido a sua fácil localização e disposição (CARNEIRO et al., 2014), às mesmas ainda podem ser utilizadas como base em outros produtos sem fins medicinais, como doces, bebidas alcoólicas e não alcoólicas, cosméticos, temperos, dentre outros produtos. O mercado das plantas medicinais desponta com elevada tendência internacional, tido como um negócio propício e atraente, todavia o Brasil não tem dado a devida atenção no que diz respeito a investimentos no cultivo, processamento, beneficiamento e logística de distribuição desses vegetais (SILVA; MIRANDA, 2019).

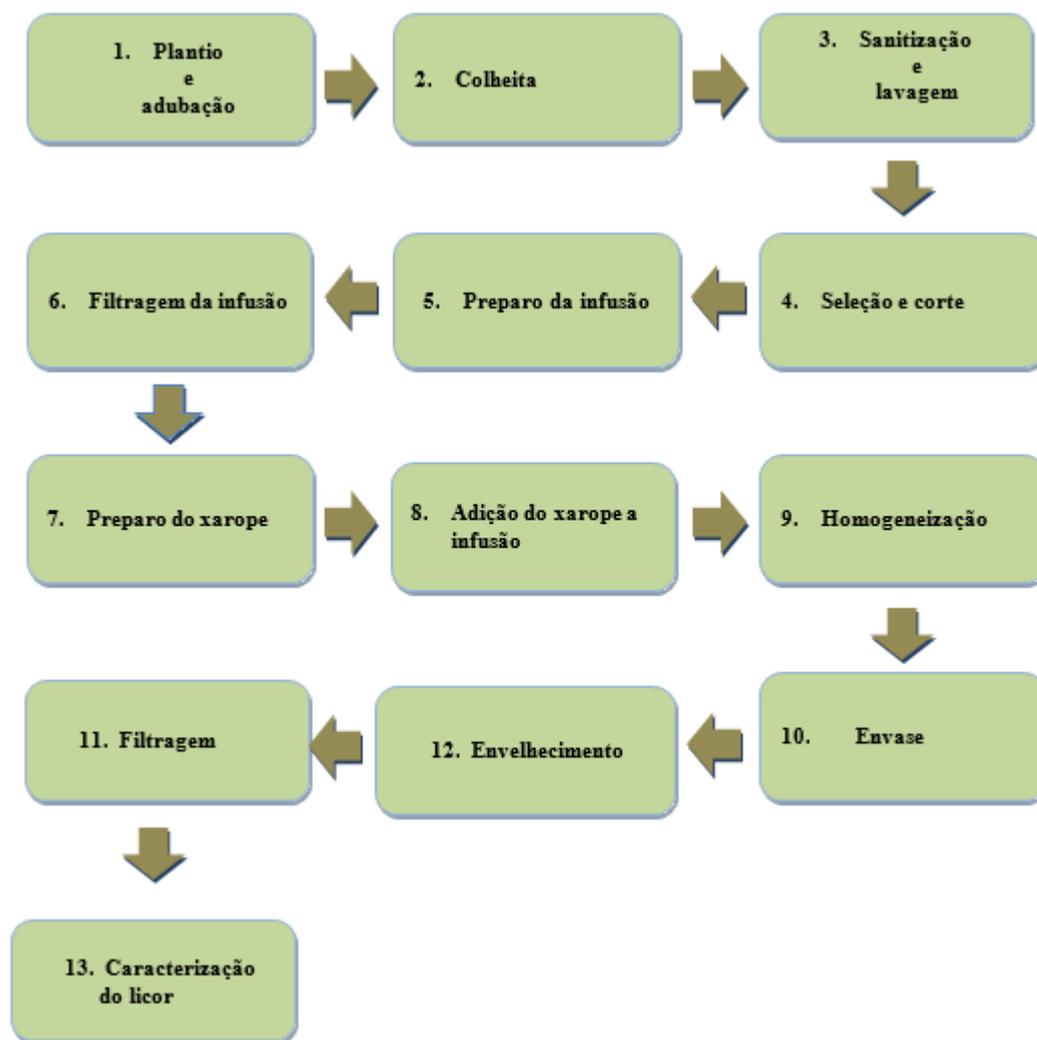
De origem indiana e propagada em países da África e América, o *Cymbopogon citratus* (D. C.) Stapf, é conhecida popularmente como capim-limão por conter um terpeno cíclico que lhe confere aroma de limão, é uma planta que pertence à família das *Poaceae*, possui propriedades aromáticas e está naturalizada em todos os estados do Brasil (SANTOS et al., 2009; GUIMARÃES et al., 2011; FIGUEIRAS, 2015; OLADEJI et al., 2019). Na literatura são encontradas poucas pesquisas que fazem referência ao uso de plantas com propriedades medicinais, aromáticas e condimentares em licores, contudo alguns trabalhos apontam o uso da erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.), hortelã (*Mentha* sp.), canela (*Cinnamomum zeylanicum*) e cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllata*) com potencial proveito em mixes da bebida (STADNIK; BORGES; BORGES, 2015; CHECHI; GLAUCO, 2019; NASCIMENTO et al., 2022). La Cerca (2006) afirmou ainda que os licores contendo especiarias ou ervas em sua composição podem ter funcionalidades digestivas.

Para ser considerado um licor, uma bebida necessita conter teores de açúcar acima de 30 g/L e graduação alcoólica de 15% - 54% (v/v) a 20°C, com adição de extrato vegetal, animal ou misto (BRASIL, 2009). Possuem grandes diversidades de insumo, proporção de álcool, quantidade de açúcar, além de ser uma bebida de tecnologia simples que pode ser utilizada pela agricultura familiar como alternativa de produção e agregação de valor (PASSOS et al., 2013; SILVA, 2021). Destarte, o objetivo do trabalho foi desenvolver e avaliar as características físico-química de um licor artesanal de capim-limão (*Cymbopogon citratus* DC Stapf).

1. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia foi realizada conforme o fluxograma da Figura 1.

Figura 1. Etapas da elaboração do licor de capim limão



Fonte: Autores (2022) adaptado de Passos et al. (2013).

1.1 Local de Cultivo

O plantio das touceiras de capim-limão foi realizado nas imediações da Fazenda Escola da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, campus Paulo VI, localizada em São Luís – MA, (2° 35'02.19"S e 44° 12' 33.11" O). A região apresenta temperatura média de aproximadamente 27 °C. De acordo com a classificação climática de Köppen, o padrão característico local é do tipo AW, equatorial quente e úmido, com duas estações bem definidas: uma estação chuvosa compreendida entre os meses de janeiro e junho, e uma estação seca, entre julho e dezembro (Alvares et al., 2013), o plantio foi realizado no final do período chuvoso e começo do período seco (Figura 2). Para nutrição das plantas, foram utilizadas adubações organominerais de plantio e de cobertura

composto por Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) na formulação comercial 10-10-10 e esterco bovino curtido, a irrigação foi realizada por microaspersores ligados duas vezes ao dia e sem emprego de agrotóxicos.

Figura 2. Plantio das touceiras do capim-limão em canteiro



Fonte: Autores (2019).

1.2 Colheita e Processamento

As folhas foram colhidas após 03 meses de cultivo e transportadas para o Laboratório de Pós-Colheita localizado na Universidade Estadual do Maranhão para seleção das folhas mais vigorosas, sanitização utilizando uma colher de sopa de hipoclorito de sódio diluído em 1 litro de água deixados em repouso por 15 minutos, lavagem em água corrente e pesagem em balança digital previamente calibrada e tarada (Figura 3). Para obtenção do extrato aromático, preparou-se uma infusão com 25% de folhas cominuídas em cerca de 10 cm para cada litro de vodca (37 °GL).

Durante a fase de colheita e seleção das folhas não foram observados sinais ou sintomas de danos aos tecidos foliares provocados por pragas ou doenças.

Figura 3. Etapas de lavagem e seleção (A), pesagem (B) e preparo do extrato alcoólico (C)



Fonte: Autores (2019)

A mistura alcoólica permaneceu em repouso, acondicionado em frascos de vidro envoltos em papel alumínio por 60 dias, no qual houveram agitação manual por dois minutos durante três vezes por semana para que ocorresse a lixiviação adequada das folhas proporcionadas pelo álcool (Figura 4).

Figura 4. Infusão alcoólica antes (esquerda) e após o período de maceração (direita)



Fonte: Autores (2019).

O preparo do xarope foi realizado na proporção de 1 litro de água potável e filtrada para cada 1kg de açúcar refinado (1:1) aquecidos até que ocorresse homogeneização entre o solvente e o soluto, após a homogeneização a solução permaneceu em repouso para resfriamento em temperatura ambiente. O xarope foi adicionado ao extrato aromático para homogeneização, logo após a mistura foi filtrada, em coador de pano e envasada em garrafas de vidro de 1 litro previamente esterilizadas em autoclave.

O licor permaneceu em período de envelhecimento por 60 dias em local abrigado da luz em temperatura ambiente. Decorrido esse período, foi realizada nova filtragem em coador de pano e novo envase em garrafas de 1 litro esterilizadas em autoclave, tampadas com rolhas de cortiça envoltas por plástico filme e TNT (Tecido Não Tecido) e encaminhadas para análises (Figura 5).

Figura 5. Licores de capim-limão envasados



Fonte: Autores (2019).

As análises de grau alcoólico, pH, açúcares totais, sólidos solúveis totais (°Brix) e densidade foram realizadas em triplicata no laboratório de alimentos da Universidade Federal do Maranhão, de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Os resultados foram tabulados e expressos em valores descritivos de média.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise físico-química foram descritos na Tabela 1. O licor de capim-limão foi classificado como licor fino por conter entre 100 e 350g/L de açúcar em sua composição (BRASIL, 2009). A formulação do licor de capim-limão apresentou-se dentro dos padrões estabelecidos pelo Decreto nº 6.871 de 2009, este decreto estipula teores de açúcar acima de 30 g/L e graduação alcoólica de 15% - 54% (v/v) a 20°C (BRASIL, 2009).

Tabela 1. Resultados da análise físico-química do licor de capim limão

Grau alcoólico (%v\ v)	pH	Açúcares totais (%)	°Brix (SST)	Densidade
15,2	5,5	33	45	0,981

Fonte: Autores (2022).

A graduação alcoólica encontrada foi semelhante ao valor de 14,33 e 14,37% (v\ v) encontrados por Almeida e Gherardi (2019) em duas formulações utilizando Jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) e próximos aos valores de 15,03 e 16,69% (v\ v) mencionados por Oliveira et al. (2019) em licor de graviola (*Annona muricata* L.). Em pesquisa utilizando amêndoas maceradas de cacau (*Theobroma cacao* L), Escobar et al., (2021), relataram uma perda de $71,19 \pm 1$ °GL durante o período de envelhecimento do licor, contudo Macedo et al. (2021) afirmaram que a variação do teor alcoólico foi insignificante durante o período de envelhecimento de licor de banana (*Musa* spp.). O período de envelhecimento do licor de capim-limão também pode ter sido influenciado por essa relação direta entre tempo e diminuição de °GL, contudo pode-se utilizar outra fonte de álcool com graduação alcoólica superior a utilizada nesta pesquisa, como o álcool de cereais, para que este parâmetro continue consoante o estabelecido pela legislação mesmo que permaneça por mais tempo de armazenamento.

Os parâmetros pH e acidez titulável, na atual legislação, não possuem valores estipulados de mínimo e máximo para formulações de licores, contudo a lucidez dessas informações pode garantir melhor qualidade no produto (ALMEIDA; GHERARDI, 2019). O pH do presente licor foi classificado como ligeiramente ácido (5,5), valores abaixo foram encontrados por Santos Neto et al. (2021) em licor feito com folhas de umbu (3,01) e valores médios entre 3,40 e 4,40 foram relatados por Feitosa et al. (2020) em licores utilizando resíduos de manga, acerola, abacaxi, goiaba e graviola. Oliveira et al. (2015) verificaram que o pH de licor de graviola (*Annona muricata* L.) teve seu valor reduzido em função do tempo de armazenagem, esse fato pode

também ter influenciado no valor do pH do capim-limão. Um valor de pH baixo associado a um alto teor alcoólico poderá aumentar o seu shelf time (Ribeiro et al. 2021), além de evitar a proliferação de microrganismos decompositores (ALMEIDA; GHERARDI, 2019).

Em relação aos teores de açúcares totais encontrados, foram aproximados aos reportados por Silva et al. (2017) em duas formulações com uso de cascas de tangerina Ponkan (*Citrus reclusa* Blanco), com 28,36 e 34,99% respectivamente. O °Brix é um método da físico-química mais adequado para averiguar o nível de açúcar do produto (Gomes; Mendes; Machado, 2018), o valor de °Brix ficou acima dos valores encontrados em outros trabalhos utilizando diferentes formulações de frutos de açai (*Euterpe oleracea* Mart.), folhas e frutos de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda), (ANDRADE et al., 2020; SANTOS NETO et al., 2021). Todavia foram encontrados na literatura valores semelhantes em frutos de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.) e em frutos de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda) (PEREIRA et al. 2012; SILVEIRA et al., 2021). Em estudo feito por Oliveira et al. (2015) com diferentes tempos de armazenagem de licor de graviola (*Annona muricata* L.) ficou verificado que este fator aumentou os teores de °Brix e açúcares totais.

No que se refere ao parâmetro densidade o licor de capim-limão apresentou valor semelhante ao encontrado por Teixeira et al. (2011) em trabalho realizado com licor de café (0,916) e inferior ao encontrado por Ribeiro et al. (2021), em avaliações com diferentes tratamentos, utilizando resíduos de maracujá (1,0612 - 1,1435). Esse parâmetro também não é estipulado em decreto, todavia esses dados servem como fonte para estabelecimento de uma futura adequação de licores que utilizarem o capim-limão como matéria prima principal ou em misturas com outros materiais.

CONCLUSÃO

A elaboração do licor de capim-limão utilizou tecnologia simples que poderá ser replicada pelo agricultor ou pela agricultora em ambiente rural e contribuir para a diversificação da produção familiar. O licor mostrou-se de acordo os parâmetros estabelecidos na norma brasileira quanto aos padrões físico-químicos de bebidas alcoólicas. Contudo a graduação alcoólica ficou próxima ao valor mínimo estipulado pelo Decreto N° 6.871, de 4 de Junho de 2009, necessitando então a diminuição do tempo de envelhecimento ou utilizar outra fonte de álcool diferente da utilizada nesta pesquisa. Desta maneira, a pesquisa se tornou uma boa ferramenta para disseminação de mais uma alternativa de aproveitamento do capim-limão como uma tecnologia inovadora viável, para a popularização e difusão da bebida.

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 30-41
Desenvolvimento e caracterização físico-química de um licor artesanal de capim-limão (cymbopogon citratus dc stapf): uma alternativa para agricultura familiar
VASCONCELOS, Osmar Luis Silva; SARAIVA, Wenner Vinicius Araújo; MARQUES, Georgiana Eurides de Carvalho

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVERK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BRASIL. *Decreto Nº 6.871, de 4 de Junho de 2009*. Regulamenta a Lei no 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, 2009.
- CARNEIRO, F. M. et al. Tendências dos estudos com plantas medicinais no Brasil. *Revista Sapiência: sociedade, saberes e práticas educacionais*, v. 3, n. 2, p. 44-75, 2014.
- CHECHI, L. A.; GLAUCO, S. Inovação, conhecimento e aprendizagem: um estudo sobre Arranjos Produtivos Locais de erva-mate no sul do Brasil. *Mundo agrário*, v. 20, n. 43, p. 108. e1-108. e2, 2019.
- ALMEIDA, J. C.; GHERARDI, Sandra Regina Marcolino. Elaboração, Caracterização Físico-química e Aceitabilidade de Licor de Jabuticaba. *Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana*, n. 10, p. 20-24, 2019.
- ANDRADE, D. M. et al. Estudo físico-químico, quimiométrico e sensorial de licor de açaí produzido em Belém do Pará. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p. 51353-51365, 2020.
- ESCOBAR, Á. O. F. et al. Elaboración de Licor Añejo con Almendras de Cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.) residual de la clasificación para exportación. *Revista Ingenio*, [S.L.], v. 4, n. 2, p. 37-48, 13 jul. 2021.
- FEITOSA, B. F. et al. Processamento de licores tipo creme como alternativa para o aproveitamento de resíduos agroindustriais. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 7, n. 16, p. 995-1010, 2020.
- FILGUEIRAS, T. S. *Cymbopogon*. In: *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. 2015. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB24285>. Acesso em: 8 maio 2022.
- GOMES, P. O. M.; MENDES, K.; MACHADO, M. Caracterização físico-química, determinação de minerais e avaliação do potencial antioxidante de licores produzidos artesanalmente. *Multi-Science Journal*, v. 1, n. 12, p. 54-61, 2018.
- GUIMARÃES, L. G. L. et al. Atividades antioxidante e fungitóxica do óleo essencial de capim-limão e do citral. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 42, n. 2, p. 464-472, 2011.
- INSTITUTO ADOLF LUTZ - IAL, *Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz, Métodos físicos e químicos para análise de alimentos*. 4º ed., v. 1, 2008.
- LA CERCA, A. *Licores de América*. Editorial Albatros, 2006.
- MACEDO, L. L. et al. Banana liqueur made with yacon syrup: evaluation of stability during maturation. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 24, 2021.
- NASCIMENTO, M. R. F. et al. Avaliação sensorial de licor artesanal de cravo e canela. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 4, p. 25795-25806, 2022.

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 30-41

Desenvolvimento e caracterização físico-química de um licor artesanal de capim-limão

(cymbopogon citratus dc stapf): uma alternativa para agricultura familiar

VASCONCELOS, Osmar Luis Silva; SARAIVA, Wenner Vinicius Araújo; MARQUES, Georgiana Eurides de Carvalho

OLADEJI, O. S. et al. Phytochemistry and pharmacological activities of *Cymbopogon citratus*: a review. *Scientific African*, [S.L.], v. 6, p. 1-11, nov. 2019.

OLIVEIRA, E. N. A. DE; SANTOS, D. DA C.; SANTOS, Y. M. G. DOS; OLIVEIRA, F. A. A. DE. Aproveitamento agroindustrial da graviola (*Annona muricata* L.) para produção de licores: avaliação sensorial. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v. 7, n. 2, p. 281-290, 1 jul. 2019.

OLIVEIRA, E. N. A. de et al. Estabilidade física e química de licores de graviola durante o armazenamento em condições ambientais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [S.L.], v. 19, n. 3, p. 245-251, mar. 2015.

PASSOS, F.R. et al. Avaliação físico-química e sensorial de licores mistos de cenoura com laranja e com maracujá. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, [S.L.], v. 15, n. 3, p. 211-218, 30 set. 2013.

PEREIRA, K. et al. Preparo, caracterização físico-química e aceitabilidade de licor de corte de *Spondias tuberosa*. *Enciclopédia Biosfera*, v. 8, n. 15, 2012.

RIBEIRO, G. A. F. et al. Caracterização de licor elaborado com resíduos do processamento do maracujá. *Ciência e Tecnologia de Alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas - Volume 2*, [S.L.], p. 284-302, 2021.

SANTOS, A. et al. Determinação do rendimento e atividade antimicrobiana do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf em função de sazonalidade e consorciamento. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 19, n. 2A, p. 436-441, 2009.

SANTOS NETO, J. P. et al. Licor funcional a base de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda) e microalga (*Spirulina* spp.). *Research, Society And Development*, [S.L.], v. 10, n. 3, p. 1-9, 21 mar. 2021.

SILVA, E. et al. Licores de frutas: importância, riquezas e símbolos para a região nordeste do Brasil. *Enciclopédia Biosfera*, v. 18, n. 35, 2021.

SILVA, R. C. et al. Licor fino de casca de tangerina: processamento e caracterização. *Arquivos Brasileiros de Alimentação*, [S.L.], v. 2, n. 3, p. 164-173, 1 dez. 2017.

SILVA, T. B.; MIRANDA, M. L. D. Medicinal plant trade as a business alternative in Araguari, MG, Brazil. *Revista Gestão, Inovação e Negócios*, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 52-60, 18 dez. 2019.

SILVEIRA, A. Á. et al. LICOR DE FRUTOS DE ORA-PRO-NÓBIS. *Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Volume 4*, [S.L.], p. 580-590, 2021.

STADNIK, P.; BORGES, S.; BORGES, D. Avaliação da qualidade do licor de maçã com hortelã (*Mentha* sp) elaborado com açúcar orgânico em substituição ao açúcar convencional. *Linha de Conexão-Revista Eletrônica Do Univag*, no. 12, 2015.

TEIXEIRA, L. J. et al. Comparação da cinética de extração em licores de café utilizando diferentes fontes alcoólicas: álcool de cereais e cachaça. *Enciclopédia Biosfera*, v. 7, n. 12, 2011.

1 VASCONCELOS, Osmar Luis Silva. Engenheiro Agrônomo graduado pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), especialista em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), especialista em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade de São Paulo (USP), atualmente é discente do Programa de Pós-Graduação em nível de mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

2 SARAIVA, Wenner Vinicius Araújo. Engenheiro Agrônomo graduado pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Mestre em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Federal do Ceará (UFC), atualmente é discente do Programa de Pós-Graduação em nível de doutorado em Agronomia (Fitotecnia) pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

3 MARQUES, Georgiana Eurides de Carvalho. Engenheira Agrônoma graduada pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Mestre em Agroecologia pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia (Rede Bionorte) pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), atualmente é professora D4 e diretora de pesquisa da PRPGI do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia.

Aplicações da glicerina no mercado e potencial energético

SANTOS, Jaqueline Jakchesk dos
MAZZONETTO, Alexandre Witier

Resumo

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de biodiesel, conseqüentemente de glicerina. De acordo com dados da **Agência Nacional do Petróleo** (ANP), em 2021 foi a maior produção de biodiesel. Foram fabricados quase 7 milhões de metros cúbicos no país. Produzindo assim 5% a mais que o volume de 2020. O biodiesel, pela via metílica ou etílica, além do biodiesel, gera glicerina; esse subproduto tem despertado o interesse do mercado para vários fins. Este trabalho analisou as opções de destinação e uso da glicerina, um subproduto da produção de biodiesel com crescente interesse do mercado. Realizou-se uma revisão de literatura para conhecer-se as principais destinações da glicerina no mercado brasileiro e o potencial energético. As pesquisas sobre as utilizações da glicerina apontaram para: desenvolvimento de outros compostos químicos a partir da glicerina; a produção de aditivos para gasolina e novos combustíveis, e a purificação de glicerina. E existe, ainda, um potencial para produção de energia renovável, mas é uma aplicação pouco explorada devido a rentabilidade das aplicações mais exploradas. Conclui-se de que o potencial energético encontrado para a glicerina foi positivo, viabilizando o uso da glicerina para produção Biogás, na indústria farmacêutica e com grande potencial na alimentação de animais. Há um grande potencial energético para a produção de energia renovável, mas pouco explorada devido a rentabilidade econômica das principais aplicações – novos produtos químicos, aditivos para gasolina e purificação da glicerina.

Palavras-chave: Subproduto biodiesel, suplemento animal, biogás, energia renovável, insumo cosmético.

Abstract

Brazil is one of the world's largest producers of biodiesel, and consequently of glycerin. According to data from the National Petroleum Agency (ANP), in 2021 it was the largest production of biodiesel. Almost 7 million cubic meters were manufactured in the country. Thus producing 5% more than the volume of 2020. Biodiesel, through the methyl or ethyl route, in addition to biodiesel, generates glycerin; this by-product has aroused the interest of the market for various purposes. This work analyzed the options for disposal and use of glycerin, a by-product of biodiesel production with growing interest in the market. A literature review was carried out to find out about the main uses of glycerin in the Brazilian market and its energy potential. Research on the uses of glycerin pointed to: the development of other chemical compounds from glycerin; the production of additives for gasoline and new fuels, and the purification of glycerin. And there is also a potential for renewable energy production, but it is a little explored application due to the profitability of the most explored applications. It is concluded that the energy potential found for glycerin was positive, enabling the use of glycerin for biogas production, in the pharmaceutical industry and with great potential in animal feed. There is a great energy potential for the production of renewable energy, but little explored due to the economic profitability of the main applications – new chemical products, gasoline additives and glycerin purification.

Keywords: Biodiesel by-product, animal supplement, biogas, renewable energy, cosmetic input.

Resumen

Brasil es uno de los mayores productores mundiales de biodiesel y, en consecuencia, de glicerina. Según datos de la Agencia Nacional del Petróleo (ANP), en 2021 fue la mayor producción de biodiesel. En el país se fabricaron casi 7 millones de metros cúbicos. Produciendo así un 5% más que el volumen de 2020. El biodiesel, por la vía del metilo o del etilo, además del biodiesel, genera glicerina; este subproducto ha despertado el interés del mercado con diversos fines. Este trabajo analizó las opciones de disposición y uso de la glicerina, un subproducto de la producción de biodiesel con creciente interés en el mercado. Se realizó una revisión de la literatura para conocer los principales usos de la glicerina en el mercado brasileño y su potencial energético. La investigación sobre los usos de la glicerina señaló: el desarrollo de otros compuestos químicos a partir de la glicerina; la producción de aditivos para gasolinas y nuevos combustibles, y la purificación de glicerina. Y también hay potencial para la producción de energía renovable, pero es una aplicación poco explorada debido a la rentabilidad de las aplicaciones más exploradas. Se concluye que el potencial energético encontrado para la glicerina fue positivo, posibilitando el uso de la glicerina para la producción de biogás, en la industria farmacéutica y con gran potencial en la alimentación animal. Existe un gran potencial energético para la producción de energía renovable, pero poco explorado debido a la rentabilidad económica de las principales aplicaciones: nuevos productos químicos, aditivos para gasolinas y purificación de glicerina.

Palabras-clave: Subproducto de biodiésel, suplemento animal, biogás, energías renovables, insumos cosméticos.

INTRODUÇÃO

O glicerol é um composto orgânico, pertencente ao grupo dos álcoois, cujos derivados possuem diversas aplicações em áreas e indústrias distintas, sendo em sua maioria indústrias de cosméticos e fármacos. Ele é um componente do metabolismo normal dos animais, sendo encontrado na circulação e nas células (Menten et al, 2008), e está presente em óleos e gorduras, tanto de origem animal, quanto vegetal, ligado a ácidos graxos formando uma molécula de triacilglicerol. É uma das mais versáteis e valiosas substâncias químicas conhecidas para o homem. Comercialmente, o glicerol recebe, o nome de glicerina (ARAÚJO et al, 2010).

De acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), foram gerados mais de 494,6 mil m³ de glicerina em 2019 e grande parte deste material foi exportado de forma bruta, que tem um baixo valor comercial. A glicerina bruta tem um valor de mercado muito baixo devido suas impurezas. A composição desta glicerina varia dependendo da família da matéria prima utilizada e as condições do processo de produção do biodiesel. A composição química das diferentes gorduras e óleos usados para fabricar o biodiesel tem algumas diferenças entre si (POSADA-DUQUE et al, 2010).

De acordo com Pinto et al (2012), as principais aplicações desta substância são: síntese de resina e ésteres com 18%, aplicações farmacêuticas com 7%, uso em cosméticos com 40%, uso alimentício 24% e outros 11% e que a Ásia é o maior consumidor e produtor de glicerina refinada, respondendo por 40% da produção em 2010. A glicerina bruta pode ser utilizada em construções civis, em defensivos agrícolas, destilações e nutrição animal. Já a bidestilada pode ser utilizada em setores como: de alimentos, têxteis, cosméticos, limpeza, explosivos, papéis, plásticos etc.

Segundo Karam et al (2016), a glicerina é utilizada para a conservação de peças anatômicas, como exemplo a glicerina semipurificada, que foi utilizada por Carvalho et. al (2013), e Hammer et al. (2012), para a preservação de órgãos humanos, utilizou uma solução constituída por etanol e glicerina. A técnica de preparação utilizando glicerina, com base nas descrições e os métodos utilizados em vários contextos, tem beneficiado a duração das peças anatômicas, nas quais se pode observar um efeito de durabilidade prolongada, sendo armazenadas por um longo período (MUÑETÓN GÓMEZ & ORTIZ 2013).

O RenovaBio é um programa que permite o aumento da produção de biocombustíveis e o estímulo da competitividade entre usinas. Tendo como objetivo a diminuição de emissão do CO₂ e contribuir com a diminuição do efeito estufa, o RenovaBio traz a proposta de gerar valor

em processos menos poluentes e mais eficientes. Existem vantagens sociais, políticas, tecnológicas e macroeconômicas na substituição de combustíveis, tais como nas máquinas agrícolas a substituição pelo biometano (gás de derivação do biogás). Em uma unidade de produtora de biocombustíveis, a implantação de uma biorrefinaria pode ter o aumento de produtos oferecidos. Assim como uma planta de biogás, com o uso de diversos substratos tal como a glicerina, tem a capacidade de gerar biogás com alto valor de CH_4 (cerca de 50% a 80%) e o seu digestato pode ser utilizado como fertilizante.

Devido ao crescimento do mercado da produção de Biodiesel, já que os altos volumes se tornaram um gargalo pois ela atende um mercado muito específico e restrito. Por conta desta restrição, tenta-se ser encontrar alternativas para a glicerina proveniente do biodiesel.

O presente artigo teve como objetivo apresentar e avaliar as aplicações do glicerol e identificar seu potencial energético; avaliar as rotas anaeróbicas e térmicas – para uso energético; quebra e refino da glicerina para uso farmacêutico e alimentício. E qual glicerina mais indicada para cada setor.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Mendes et al (2012), reforça com sua colocação, que a necessidade do aumento na investigação científico/tecnológica, referindo-se à utilização da glicerina, oriunda de processos de produção de biodiesel, faz-se necessária, podendo essa se tornar uma importante matéria-prima para a indústria química, ocupando parcela considerável da nafta petroquímica na produção de plásticos e outros derivados químicos de maior valor agregado. Algumas novas rotas de purificação e tratamento, usando a glicerina, estão sendo investigadas, para que a entrada do biodiesel no mercado nacional venha a ser efetiva e os preços desse combustível se mantenham estáveis, propiciando, também, o crescimento de uma nova linha de investigação, a chamada gliceroquímica. Todavia, faz-se necessário encontrar rotas mais viáveis e que apresentem alta eficiência na remoção de impurezas:

Após a reação de transesterificação, a massa reacional final é constituída de duas fases, separáveis por decantação ou centrifugação. Essa decantação pode ocorrer em tanques horizontais, onde a separação das fases ocorre com maior facilidade. A centrifugação também é uma forma eficiente e mais rápida de separar as fases no processo de produção de biodiesel. Para a glicerina atender as exigências das indústrias, necessita-se atingir um elevado grau de pureza. O grau de pureza da glicerina bruta proveniente do biodiesel só pode ser alcançado através de

processos complexos e caros como a destilação e, especialmente, no caso da glicerina, procedente da transesterificação de óleos e gorduras residuais. O processo é tecnicamente complexo e sua viabilidade econômica precisa ser muito bem avaliada (ROBRA, 2006; MENDES et al, 2012).

Biogás

Segundo Siqueira (2012), a glicerina possui propriedades físico-químicas que são convenientes a digestão anaeróbica, por ter uma composição rica de carbono com alta degradabilidade, que pode ser aproveitada junto de outros resíduos orgânicos. Siqueira et al (2012), menciona que a biodigestão anaeróbica de resíduos orgânicos proporciona o aproveitamento energético por meio da utilização do biogás gerado, podendo ser usado como fonte primária de energia para fonte de calor, e eletricidade em motores geradores, ou ainda ser purificado e usado em veículos automotores na forma de metano.

Côté et al (2006), apontam que a biodigestão anaeróbia pode ser definida como uma complexa interação de microrganismos que degradam os diversos componentes orgânicos presentes no resíduo até a forma final de metano e dióxido de carbono, principalmente. (SCHWINGEL et al, 2016). Nesse sentido, Robra et al (2010) afirmam que a glicerina bruta é uma fonte de carbono adequada para processos anaeróbios microbiológicos em biodigestores, sendo uma possível solução para a recuperação da glicerina bruta proveniente da produção de biodiesel no Brasil, constituindo uma fonte de energia renovável e versátil (KONRAD et al, 2010).

De acordo com Nagamani e Ramasamy (1999) e Robra (2006), em um biodigestor anaeróbio a decomposição do substrato e a formação do biogás ocorrem em etapas que podem ser divididas didaticamente para maior entendimento. Na Tabela 1 é possível visualizar estas etapas de maneira resumida (BERTOZZO, 2013).

Tabela 1. Resumo das etapas da biodigestão anaeróbia

Etapas	Processo químico	Produtos Intermediários	Tipo de bactérias
1	Hidrólise	açúcares simples aminoácidos ácidos graxos	Bactérias anaeróbias facultativas (Bactérias hidrolíticas)
2	Acidogênese	Ácidos graxos de cadeia curta CO ₂ H ₂ Álcoois	Bactérias formadoras de ácidos (Bactérias fermentativas)

3	Acetogênese	Ácido acético CO ₂ H ₂	Bactérias formadoras de ácido acético (Bactérias acetogênicas)
4	Metanogênese	CH ₄ CO ₂ H ₂ O H ₂ S N ₂	Bactérias formadoras de metano (Bactérias metanogênicas)

Fonte: Adaptado de Eder e Schulz (2007) apud Backes (2011); Bertozzo (2013).

Konrad et al (2012), concluiu em sua pesquisa que a adição de 6% de glicerina ao substrato bovino incrementou o potencial do biogás em 206,07%, o que evidenciou sua potencialidade como cossustrato na geração de biogás. E em relação ao potencial energético, afirmou que houve um incremento de 157,36% com relação à amostra controle. Pela Tabela 2, pode-se observar que a amostra com glicerina, houve um aumento da relação do carbono/nitrogênio de 49% e que houve um incremento de 38% DBO e uma pequena redução de sólidos totais em 12%. Acontecimentos ligados a carga orgânica da glicerina, que é consideravelmente alta.

Tabela 2. Resultados da experimentação com e sem glicerina

Análise base	pH	Sólidos Totais	Sólidos Voláteis	Sólidos Fixos	Relação C/N	DBO
Pré-Experimentação	7,62	5,52%	73%	26%	5,9:1	17000 mg/LO ₂
Pós-experimentação sem glicerina	7,4	5,55%	65,68%	43,31%	4,69:1	2000 mg/LO ₂
Pós-experimentação com 6% de Glicerina	5,12	4,06%	63,65%	36,34%	8,84:1	23500 mg/LO ₂

Fonte: Adaptado de Konrad (2012).

Já Pazuch et al (2017), concluiu em seu experimento que: a adição de 4% (mm⁻¹) resultou em uma produção de biogás significativamente maior, embora a eficiência na remoção de matéria orgânica tem sido seriamente comprometida. Se o objetivo for apenas a produção biogás, sem levar em consideração a qualidade do efluente gerado, o acima a concentração é a que melhor atende a esse requerimento. Ressaltando que a adição de 6% de glicerina causa instabilidade ao processo devido ao provável acúmulo de voláteis ácidos graxos, criando um ambiente tóxico para microrganismos metanogênicos e causando uma interrupção da produção de biogás.

Schwingel et al (2017), concluíram que a adição de 5 a 6% de glicerina bruta (com 39,3% de glicerol em sua composição) melhora a produção e o potencial de produção de biogás por litros de afluente adicionados, quando submetidos entre 17 e 24 dias de retenção nos biodigestores. As reduções de ST, FDN e FDA são favorecidas com o aumento do tempo de retenção e inclusão da glicerina bruta. Para biodigestores semi contínuos, manejados sob condições semelhantes a este trabalho, com TRH (tempo de retenção hidráulica) igual ou inferior a 10 dias, a utilização da glicerina bruta não é indicada.

Bertozzo (2013), teve como objetivo avaliar a co-digestão de dejetos de bovinos leiteiros e dois tipos de glicerina: bruta e bruta loira, em biodigestores anaeróbios operados em sistema semi-contínuo, sob delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições por tratamento, sendo DBL – dejetos de bovinos leiteiros + água; DBL+GB – dejetos de bovinos leiteiros + glicerina bruta + água; DBL+GL – dejetos de bovinos leiteiros + glicerina bruta loira + água. A Tabela 3 apresenta os resultados.

Tabela 3. Produção média de biogás (m³) com o respectivo teor de metano (CH₄), obtida da biodigestão anaeróbia, em sistema semi-contínuo, de dejetos de bovinos leiteiros (DBL), de dejetos de bovinos leiteiros e glicerina bruta (DBL+GB) e de dejetos de bovinos leiteiros e glicerina bruta loira (DBL+GL)

Tempo de experimento (dias)	Tratamentos →% de glicerina bruta adicionada	Média de Biogás (m ³)	CH ₄ (%)
30	DBL→0	0,0085 b	63,5
	DBL+GB→1,25	0,0234 a	64,8
	DBL+GL→1,25	0,0235 a	63,5
60	DBL→0	0,0127 b	63,0
	DBL+GB→2,25	0,0271 a	64,0
	DBL+GL→2,25	0,0270 a	62,6
90	DBL→0	0,0126 b	64,8
	DBL+GB→5	0,0257 a	65,9
	DBL+GL→5	0,0249 a	66,0
120	DBL→0	0,0127 b	65,5
	DBL+GB→7,5	0,0221 a	63,9
	DBL+GL→7,5	0,0220 a	64,8
150	DBL→0	0,0128 b	64,7
	DBL+GB→10	0,0210 a	64,5
	DBL+GL→10	0,0209 a	61,8

180	DBL→0	0,0125 b	64,1
	DBL+GB→15	0,0179 a	67,1
	DBL+GL→15	0,0188 a	59,6
210	DBL→0	0,0122 b	65,0
	DBL+GB→20	0,0173 a	66,6
	DBL+GL→20	0,0166 a	60,2
Total de 210 dias de experimento	DBL→0	2,5161 b	64,4
	DBL+GB→total	4,6369 a	65,3
	DBL+GL→total	4,6079 a	62,9

Fonte: Adaptado de Bertozzo (2013).

Uso Energético Térmico

Segundo Viana et al (2012), o biogás produzido em um sistema anaeróbio digerindo glicerol residual pode ser utilizado, por sua vez, para geração de energia térmica ou elétrica. O desempenho energético, bem como sua eficiência, depende de algumas variáveis importantes que estão intrinsecamente ligadas ao tipo de matéria-prima que passa pela transesterificação durante o processo de produção de biodiesel. Os parâmetros de biodegradação e de potencial de produção de metano (PPM) são ótimos julgadores do processo global da transformação de glicerol em biogás, pois variam de forma considerável de acordo com os grãos ou sementes utilizadas. Para fins paramétricos, utilizando alguns tipos diferentes de oleaginosas no processo de transesterificação e um processo único de digestão anaeróbica do glicerol, observou-se que existiu uma variação entre o PPM e a biodegradação total que foram justificados por algumas variáveis presentes na composição físico-química do glicerol, tais como: pH, porcentagem de cinzas, pureza, umidade e taxa de matéria orgânica não glicérica (NASCIMENTO et al, 2016).

Leitão et al (2011), utilizou-se um reator anaeróbico de manta de lodo e fluxo ascendente tipo UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), em escala laboratorial. Ao reator foram adicionadas uma carga orgânica volumétrica (COV) de 10 kg DQO/m³/dia, glicerol residual com 80% de pureza e outros insumos vitais para a biodegradação, resultando na produção de 61,5 L/dia de biogás com concentração média de 60% de metano. Empregando-se os parâmetros estabelecidos por Viana (2011), pode-se inferir que, nesse processo, foi possível produzir cerca de 0,300 m³ de CH₄/kg de glicerol, resultando, teoricamente, num retorno de 200 kW térmicos por tonelada de glicerol convertido em metano (NASCIMENTO et al., 2016).

A Tabela 4 apresenta os resultados citados por Maturana (2011), para a combustão de glicerol, diesel e propano em queimadores tipo vórtice.

Tabela 4 - Combustão de glicerol, Diesel e Propano em queimadores tipo vórtice

		Glicerol USP		Propano		Diesel		Glicerina Bruta	Glicerina Técnica
Carga (kW)	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4	7,3	7,3	80,5	53,9
Ração de equivalência ¹	0,444	0,392	0,37	0,562	0,488	0,645	0,488	0,63	0,77
Ração estequiométrica ¹	2,25	2,55	2,71	1,78	2,05	1,55	2,05	1,58	1,3
NOx (ppm)	3	3,5	3,6	60,2	62,8	74,7	62,5	146,5	118,3
NOx a 0% de O ₂ (ppm)	6,9	9,1	9,6	110,5	135,4	117,8	128,6	235,2	155,5
O ₂ (% v/v)	11,8	12,9	13,3	9,6	11,3	7,7	10,8	7,9	5,1
CO ₂ (% v/v)	7,3	6,7	6,3	6,8	5,9	7	6,2	12,5	15,4
CO (% v/v) ²	0	0,01	0	0,01	0	0	0	-	-
HCT (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	4,7	7,1
MP (g/m ³)	-	-	-	-	-	-	-	2,20	3,38
Temperatura saída (° C)	958	901	877	1001	974	986	946	1041	1075
Temperatura chama (° C) ³	1201	1103	1060	1359	1213	1628	1343	1782	1716

Fonte: Maturana (2011).

A conversão do glicerol em biogás acarreta perdas energéticas consideráveis, tanto para a geração de energia térmica quanto elétrica, quando comparada à queima direta do glicerol (MATURANA, 2011). É necessário considerar os aspectos ambientais de ambos os processos. Normalmente, a biodigestão do glicerol ocorre associada a algum outro material orgânico residual como forma de incrementar o processo anaeróbico de biodigestão. Assim, a biodigestão do glicerol residual pode servir para o tratamento complementar de outros tipos de resíduos orgânicos, tais como esgoto, dejetos agrícolas e domésticos ou ainda lodo industrial. O glicerol pode compor proporções 1:1 nos biodigestores, ou ainda ser empregado como um adjuvante indispensável para a geração de metano a partir de outros resíduos orgânicos em maior quantidade (NASCIMENTO et al, 2016).

Setor Farmacêutico

De acordo com Vieira (2008), a glicerina proveniente do Biodiesel, tem pequenas quantidades de impurezas e para a purificação, acaba sendo um processo caro, para que possa ser utilizada nos setores de cosméticos e de limpeza, que são os setores que mobilizam o mercado global da glicerina. As propriedades umectantes e lubrificantes, além de ser solvente, por haver mais substâncias que a própria água, tornam a glicerina um produto apreciado.

D'Arce (2008), prevê um incremento no uso da glicerina pela indústria de alimentos, acompanhando tendências de aplicação de novos ingredientes e novos métodos de conservação. Por se tratar de uma substância glucogênica, pode ser utilizada em formulações para alimentação

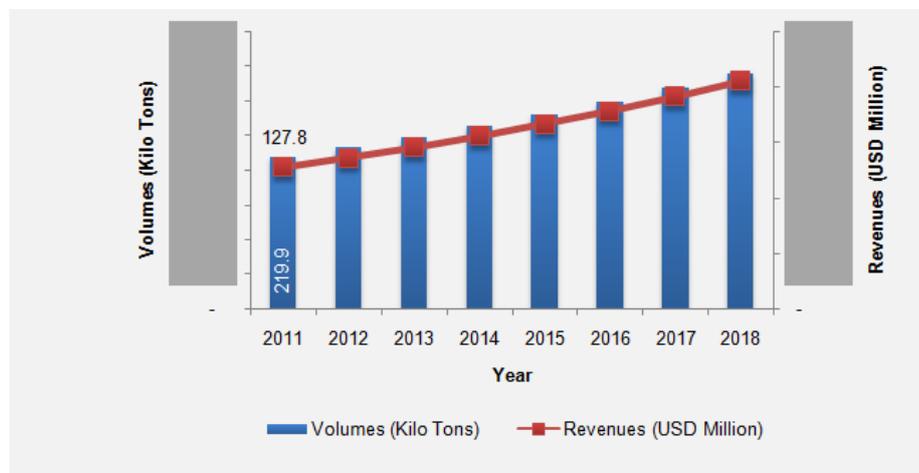
animal. Em vacas leiteiras de alta produção, é associada à prevenção da cetose. Estudos avaliam a adição de diferentes níveis de glicerina à ração, atingindo até 20% de concentração. De maneira geral, para ruminantes, conclui-se que a glicerina pode substituir parte dos carboidratos da dieta sem afetar a saúde e o desempenho dos animais.

Canesin et al (2014), concluiu que o processo de pré-purificação foi eficaz para remoção de ácidos graxos livres, sais e impurezas que conferem cor e odor à glicerina bruta, no caso da cor conseguiu-se redução de até 86,34 % (amostra proveniente do óleo de soja novo). Os processos de troca iônica foram eficientes na remoção de sais e de pigmentos que não foram removidos na pré-purificação. Além da excelente redução de cor das amostras e um grande aumento na quantidade de glicerol, comparando-se as amostras de glicerina bruta com as amostras de glicerina purificadas com as resinas de troca iônica.

Sena (2008), concluiu que os valores da concentração de glicerol que foram observados nos testes que os espectros UV das amostras com diferentes quantidades de carvão ativado demonstraram que ele é adsorvente de escolha em relação a argila esmectítica. O teor final obtido foi de 97,88% em massa de glicerol, com rendimento em relação à massa de óleo utilizada de 2,87%. O teor obtido do glicerol, e o baixo teor de sódio na forma de sais de 0,011%, possibilita sua classificação como glicerina grau técnico segundo a classificação de mercado. Sena 2008, sugere experimentos em coluna de adsorção para que se possa realizar uma comparação de suas capacidades de adsorção e a relação de custo-desempenho.

De acordo com o relatório do Transparency Market Research (2018), o maior consumidor no mercado global de glicerol por região é a Ásia-Pacífico. A região consumiu quase 36% do glicerol em volume em 2011. O principal fator que fez com que a região dominasse o mercado global são os estilos de vida dos indivíduos em rápida mudança, complementados pela melhoria das economias e pelo aumento da renda disponível por indivíduo. Explica o escopo do mercado global de glicerol em termos de seus segmentos de aplicação, que incluem instalações de armazenamento de alimentos e bebidas, saúde, higiene pessoal e produtos farmacêuticos. Em 2011, 37,0% do consumo total de glicerol foi feito em conjunto pelos segmentos de higiene pessoal e farmacêutico. O relatório também afirma que o glicerol tem sido cada vez mais usado como uma plataforma para intermediários químicos renováveis. Assim como demonstrado na Figura 1.

Figura 1- Demanda global por glicerol da indústria de poliéster



Fonte: <https://www.transparencymarketresearch.com>

Setor Alimentício

Huepa (2013), mostra que é necessária uma atenção aos fatores de qualidade relacionados com a produção da glicerina, pois os resíduos, provenientes dos reagentes utilizados durante a produção do biodiesel (sódio, potássio, metanol, umidade) podem acabar intoxicando os animais; porém que não foram observados sintomas de intoxicação (cegueira, vômito, depressão do sistema nervoso e alteração motora) nos animais que consumiram glicerina. Silva et al. (2012) demonstraram que só 4 de 16 usinas produtoras de biodiesel cumprem com os valores médios permitidos pelo MAPA, 13 indicando uma grande variação na composição das gliceras disponibilizadas pelas indústrias, tornando-se recomendável analisá-las quanto aos teores de umidade e glicerol se estas forem destinadas para o uso na alimentação animal.

Diferentes pesquisas realizadas anteriormente (KERR et al (2009); LAMMERS et al (2008b); SCHIECK et al (2010^a); SHIELDS et al (2011); BERENCHTEIN et al (2010); GALLEGO, (2012)) também não relataram lesões relacionadas à toxicidade do metanol nos diferentes órgãos dos suínos (olhos, rins, fígado). Embora existam, na atualidade, diferentes pesquisas com o uso da glicerina na alimentação animal, há pouca literatura com informações sobre o uso da glicerina semipurificada neutralizada na alimentação de leitões, especificamente (HUEPA, 2013). A Glicerina para produção de alimento animal deve ser totalmente isenta de metanol. Assim como descreve a Tabela 5, mostrando o padrão de qualidade exigido no Brasil.

Tabela 5. Padrão de qualidade da glicerina exigido no Brasil

Composto	Limite	Valor (base MN*)
Glicerol	Valor mínimo	800 g/kg
Umidade	Valor máximo	130 g/kg
Metanol	Valor máximo	150 g/kg
Sódio	Valor máximo garantido pelo fabricante e pode variar em função do processo produtivo	
Material Mineral	Valor máximo garantido pelo fabricante e pode variar em função do processo produtivo	

Fonte: Adaptado de Oliveira et al (2010); Dalmaso et al (2014).

O uso da glicerina na alimentação animal é uma saída, pois ela possui características interessantes como a alta energia disponível e o sabor adocicado, para o aumento da produção da mesma através do biodiesel, porém necessita-se de mais estudos quanto à toxicidade do metanol e teor de inclusão na dieta (DALMASO et al, 2014).

Lima et al 2014, concluíram em sua pesquisa com cães que a inclusão de glicerina aumenta a utilização da energia da dieta, demonstrando ser altamente metabolizável por cães (4190,8 kcal kg⁻¹). Entretanto, a inclusão de mais de 3% resulta em fezes menos consistentes.

O milho é o principal ingrediente energético da dieta de não ruminantes, compreendendo 60% a 70% da dieta. Porém, apresenta grande variação de preço devido para o período de entressafra, seca, etanol produção e seu uso na alimentação humana, que termina sobrecarregando a produção de gado (MIN et al, 2010; FERREIRA et al, 2014; ZAVARIZE et al, 2014; BROCK et al, 2020). A glicerina bruta (CG), subproduto da produção de biodiesel, é um desses possíveis substitutos aqueles comumente usados nas dietas, reduzindo assim os custos de produção e aumentando o fornecimento desses cereais para outros setores da indústria (BROCH et al, 2020).

Os valores de energia metabolizável dos ingredientes podem ser calculados por vários métodos, com as equações propostas por Matterson et al. (1965) sendo o mais utilizado. No entanto, os valores energéticos dos ingredientes podem ser influenciados por vários fatores, como níveis de inclusão, idade, o sexo dos pássaros, e a metodologia usada em ensaios de metabolismo (BERTELT e SCHNEIDER, 2002; KUNRATH et al, 2010; BROCH et al, 2020).

METODOLOGIA

Para a glicerina atender as exigências das indústrias, necessita-se atingir um elevado grau de pureza. O grau de pureza da glicerina bruta proveniente do biodiesel só pode ser alcançado através de processos complexos e caros como a destilação e, especialmente, no caso da glicerina,

procedente da transesterificação de óleos e gorduras residuais. O processo é tecnicamente complexo e sua viabilidade econômica precisa ser muito bem avaliada (ROBRA, 2006). A glicerina loira é destilada sob condição de alto vácuo (600-1330 Pa absoluto), numa temperatura superior a 190° C e inferior a 200° C, pela injeção de vapor vivo, pois, acima dessa temperatura, o glicerol pode polimerizar-se e até decompor-se. A separação do glicerol da água é feita através da condensação com temperatura controlada, possibilitando a separação destes dois componentes miscíveis (MENDES et al., 2012).

Além de alguns sais, o resíduo de metanol na glicerina bruta se constitui em um ponto importante quando se avalia o valor desse produto para a alimentação animal. O potencial efeito prejudicial do metanol incorporado às rações pode ser desprezado quando a ração for peletizada, uma vez que a temperatura atingida na peletização é mais alta que a temperatura de vaporização do metanol. Uma avaliação recente da toxicidade do metanol contido na glicerina bruta indicou que as quantidades consumidas, levando em conta a concentração na glicerina e a inclusão desta nas rações, parecem não afetar os animais, a glicerina tem seu uso seguro e reconhecido na alimentação animal, no entanto, o teor de metanol presente na glicerina deverá ser levado em consideração, não devendo ultrapassar 150 mg/kg (Code of Federal Regulations) (DALMASO et al, 2014).

Trabalhando com diferentes níveis de inclusão de glicerina semipurificada mista e bruta mista em codornas de corte, Pasquetti (2011) observou aumento linear na umidade da cama. Segundo Min et al. (2010), altos níveis de inclusão de glicerina na alimentação das aves ocasiona uma capacidade limitada de metabolização do glicerol, já que, o glicerol ingerido não é totalmente metabolizado, devido à saturação da enzima glicerol quinase que transforma o glicerol em glicerol-3-fosfato (HUEPA et al, 2013).

Analisando-se a bibliografia pesquisada foi possível encontrar as principais destinações comerciais ao subproduto da produção de biodiesel – glicerina; que de resíduo, passou à subproduto importante e rentável.

RESULTADOS e DISCUSSÃO

O grande volume de glicerina oriunda da produção de biodiesel, tanto no Brasil, como no mundo, será uma fonte abundante e barata de uma matéria-prima renovável nos próximos anos. Portanto, é necessário utilizar princípios criativos, e principalmente discernimento para realizar estudos e aplicações economicamente viáveis e que possam beneficiar toda a sociedade (MOTA

et al, 2009). A Tabela 6 demonstra apresenta a evolução da produção de biodiesel e, conseqüentemente, a de glicerina até 2010.

Tabela 6 - Evolução do Biodiesel da produção de Glicerina

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Biodiesel Produzido (m ³)	736	69.002	404.329	1.167.128	1.607.838	320.238
Glicerina Gerada (t)	74	6.900	40.433	116.713	160.784	32.024

Fonte: Adaptado de Pinheiro et al (2013).

Souza (2020), em seu trabalho fez três experimentos em batelada em escala laboratorial: os ensaios preliminares, para investigar as proporções dos três substratos que alcancem os melhores rendimentos de biogás; os ensaios de concentração ótima de glicerina, para identificar as concentrações ótimas do substrato para obter os melhores rendimentos de biogás; e o Potencial Bioquímico de Hidrogênio (PBH) e Metano (PBM), para comparar a mono-digestão anaeróbia (mono-DA) e a co-DA (Co-digestão Anaeróbia) em termos produção absoluta, rendimento e velocidade de produção de biogás, H₂ e CH₄. Com base nos resultados do PBH e PBM, foi feito um estudo energético e econômico para avaliar a possibilidade de produção e aplicação do biogás em um cenário real em uma usina de etanol. Os ensaios preliminares indicaram que elevadas concentrações de substrato (acima de 10 g SV L⁻¹) apresentam efeito inibitório para produção de biogás, e que o balanceamento de proporções de vinhaça e TF são benéficas para o processo. Os ensaios de concentração ótima de glicerina mostraram que concentrações acima de 30 g L⁻¹ não resultam em aumento da produção de CH₄. O PBH e o PBM mostraram que a co-DA traz melhorias em diversos parâmetros operacionais, como rendimento e velocidade de produção de biogás, e apontou vantagens do uso da glicerina para produção de H₂.

A co-DA (Co-digestão Anaeróbia) de vinhaça e glicerina resultou em 257,15 mL CH₄ g SV⁻¹ e 64,31 mL H₂ g SV⁻¹. A avaliação energética indicou que, dentro do cenário proposto, é possível alcançar produção de 20 mil Nm³ de biogás por dia e substituir 30% do diesel utilizado por máquinas agrícolas, considerando uma usina com capacidade de processamento de 3 Mt de cana ano⁻¹ (2,27 Nm³ t cana⁻¹). A avaliação econômica mostrou que é possível, a partir de investimento inicial de R\$ 17,5 milhões, obter receita anual de R\$ 9 milhões com biogás, com tempo de payback de 4,5 anos (SOUZA, 2020).

Estudos realizados por Neto (2011) e Lima et al (2010) com glicerina semipurificada na alimentação de cães concluíram que a inclusão de até 9% melhora a palatabilidade do alimento e

promove o aumento da digestibilidade energética. No entanto, níveis mais elevados podem ocasionar produção de fezes inconsistentes pelos animais (HUEPA et al, 2013).

Fernandes (2012), teve como resultados significantes conversões para a produção de hidrogênio e gás de síntese. A potência do laser de CO₂ foi a variável operacional mais importante. Uma conversão na faixa de 54 a 66 % foi obtida quando uma potência de 60 W foi aplicada.

Uma grande preocupação do segmento de biodiesel é encontrar soluções que melhor aproveitem a glicerina de biodiesel (CÉSAR e BATALHA, 2007). Alguns estudos para o aproveitamento da glicerina são apresentados no Quadro 1. No entanto, vale destacar que a maioria destes estudos está sendo realizado em laboratório e com o composto bruto (não com o composto em processo de fabricação de biodiesel). A glicerina sofre variações de propriedade física e química conforme processada e alguns desses resultados obtidos podem ser mais distantes das necessidades reais (MORITA, 2011).

Quadro 1 - Pesquisa sobre utilizações da Glicerina

Local	Pesquisas
EUA	Uso da glicerina bruta como suprimento na ração de galinhas, galetos e porcos.
Alemanha	Processo de obtenção de acroleína. Serve como gás teste para máscaras de gás. Em altas concentrações tem uso militar
EUA	Preparo de 1,3propanodiol a partir da glicerina por via microbiológica
Portugal	Produção de aditivos químicos para gasolina, transformando glicerina em éter.
Curitiba	Produção de aditivos plásticos a partir da glicerina pura.
Bahia	Biogás a partir da glicerina bruta na presença de microrganismos em ambiente anaeróbico.
Rio de Janeiro	Produção de aditivos para gasolina a partir da transformação da glicerina em etanol
	Transformação da glicerina em propeno para uso em plásticos, substituindo aditivos de petróleo.

Fonte: Adaptado de Morita (2011).

Pinheiro et al (2010), fizeram um levantamento tecnológico sobre o estado da arte da glicerina, neste trabalho, recolheram diversos dados de artigos e fontes relacionadas ao Biodiesel e fizeram uma tabela de distribuição de aplicações da glicerina entre os artigos e patentes pesquisados por eles. Na Tabela 7, pode-se observar as principais aplicações.

Tabela 7- Aplicações da glicerina de artigo e patentes

Aplicações	Total	%
Desenvolvimento de outros compostos químicos a partir da glicerina	36	25%
Produção de aditivos para gasolina e novos combustíveis	23	16%
Purificação de glicerina	18	13%
Controle de poeira e anticongelante	12	8%
Produção de Biogás	10	7%
Utilização como plastificante	9	6%
Extração de petróleo	6	4%
Uso da glicerina bruta como suprimento na ração de animais	6	4%
Combustão da glicerina como fonte energética em plantas de biodiesel	5	4%
Utilização da glicerina para produção de compostos polímeros	5	4%
Outros	3	2%
Utilização da glicerina na compostagem	3	2%
Comparação entre o glicerol puro e derivado de biodiesel	2	1%
Pelotização de minérios de ferro	2	1%
Identificação tecnológica para glicerina	1	1%
Produção de antioxidantes	1	1%
Total	142	100%

Fonte: Adaptado de Pinheiro et al (2010).

O Quadro 2 apresenta um resumo das principais aplicações da glicerina.

Quadro 2. Resultados das aplicações da glicerina

Análise base	Resultados a partir da Glicerina
Biogás	Adição de 5 a 6% de glicerina ao substrato bovino incrementou o potencial do biogás em 206,07%, mais que isso, inviabiliza seu uso. (Konrad et al,2012).
Indústria Alimentícia	Pesquisa com cães que a inclusão de glicerina aumenta a utilização da energia da dieta, demonstrando ser altamente metabolizável por cães (4190,8 kcal kg ⁻¹). E fez 3% menos resistentes (Lima et Al, 2014).

Indústria Farmacêutica	Valores da concentração de glicerol que foram observados nos testes preliminares bem como os espectros UV das amostras analisadas com diferentes quantidades de carvão ativado demonstraram que ele é adsorvente de escolha em relação a argila esmectítica. O teor final obtido foi de 97,88% em massa de glicerol, com rendimento em relação à massa de óleo utilizada de 2,87%. Esse teor obtido do glicerol, bem como baixo teor de sódio na forma de sais de 0,011% e possibilita sua classificação como glicerina grau técnico segundo a classificação de mercado (GERPEN, 2004; SENA, 2008).
Uso da glicerina bruta como suprimento na ração de galinhas, galetos e porcos.	Não foram observados sintomas de intoxicação (cegueira, vômito, depressão do sistema nervoso e alteração motora) nos animais que consumiram glicerina. Diferentes pesquisas realizadas anteriormente (KERR et al, 2009; LAMMERS et al, 2008b; SCHIECK et al, 2010a; SHIELDS et al, 2011; BERENCHTEIN et al, 2010; GALLEGO, 2012) também não relataram lesões relacionadas à toxicidade do metanol nos diferentes órgãos dos suínos (olhos, rins, fígado) (HUEPA, 2013).
Preparo de 1,3 propanodiol a partir da glicerina por via microbiológica	Esses resultados demonstram que as produtividades alcançadas pela espécie <i>Citrobacter freundii</i> são inferiores às das demais espécies capazes de produzir 1,3-PDO a partir de glicerol. Isso se deve principalmente à sua lenta metabolização de glicerol. Sendo assim, apesar da conversão de glicerol em 1,3-PDO ser elevada, essa conversão é lenta necessitando de um longo período para acontecer, o que acaba por reduzir muito a produtividade (FERREIRA, 2014).
Produção de aditivos químicos para gasolina, transformando glicerina em éter.	Os benefícios da conversão do glicerol são vários, como a diminuição do impacto ambiental, pois o glicerol não pode simplesmente ser descartado no meio ambiente; a possibilidade de melhorar os combustíveis fósseis, pois, os éteres de glicerol são bons aditivos para estes combustíveis, pelo fato de melhorarem as suas propriedades; os éteres de glicerol também podem ser usados para melhorar as propriedades do próprio biodiesel deixando-o um combustível cada vez mais limpo (SOUZA, 2015).
Produção de aditivos plásticos a partir da glicerina pura.	O ácido fórmico tem aplicação na indústria do couro e têxtil, como agente de tingimento, na indústria de pesticidas na produção do triadimefon, na indústria química como formamida ou dimetilformamida, antioxidante, na indústria médica na produção de aminoácidos t, cafeína, vitamina B1 e ainda na indústria da borracha com a coagulação do látex (TCHE QUIMICA, 2006; PEITER et al, 2016).
Biogás a partir da glicerina bruta na presença de microrganismos em ambiente anaeróbico.	A Adição de 4% (m/m) resultou numa produção de biogás significativamente maior, embora a eficiência na remoção de matéria orgânica tenha sido seriamente comprometida. Se o objetivo for somente a produção de biogás, sem dar a importância à qualidade do efluente gerado, essa concentração que é a que melhor atende esse requisito. Deve-se observar, entretanto, que a adição de 6% de glicerina, causou instabilidade no processo, decorrente do provável acúmulo de ácidos graxos voláteis, criando algum ambiente tóxico para as metanogênicas. (SIQUEIRA, 2012)
Produção de aditivos para gasolina a partir da transformação da glicerina em etanol	A eterificação do glicerol produz compostos de menor polaridade e viscosidade, conseqüentemente de maior volatilidade e afinidade com hidrocarbonetos. Isto faz com que os éteres do glicerol tenham inúmeras aplicações, sobretudo como aditivos para combustíveis e solventes. A reação de metilação do glicerol com cloreto e sulfato de metila, foi otimizada para o preparo do 1,2,3-trimetoxi-propano. O procedimento geral consistiu em reagir o glicerol com solução alcalina para remover os prótons ácidos ligados à hidroxila e, na seqüência, foi adicionado cloreto e/ou sulfato de metila, usando-se quantidades

	<p>molares para trimetilação. O uso da glicerina bruta, vinda da produção de biodiesel e sem qualquer tratamento prévio, levou a bons resultados, levando a formação de 1,2,3- trimetoxi-propano em cerca de 20 minutos de reação (MOTA,2017).</p>
Transformação da glicerina em propeno para uso em plásticos, substituindo aditivos de petróleo.	<p>A glicerina pode ser transformada em propeno, através de uma reação de hidrogenólise sobre catalisadores específicos. A produção de propeno inicia-se com a glicerina purificada (glicerina bidestilada) por um processo de adição de hidrogênio. A conversão é completa e o propeno é formado com seletividade de cerca de 90% (OLIVEIRA, 2008; PEITER et al, 2016).</p>
Poli glicerina	<p>Do ponto de vista de utilização efetiva para síntese de materiais poliméricos de interesse industrial, geralmente os éteres de glicerol são modificados através de reações de esterificação com ácidos carboxílicos, originando ésteres de oligogliceróis. Tais ésteres são largamente empregados na síntese de poliésteres de glicerol, materiais poliméricos atrativos por apresentarem como principais características, boa biodegradabilidade, elevada estabilidade térmica e excelente transparência. (UMPIERRE et. al, 2013).</p>
Resinas Alquílicas	<p>Resinas alquílicas podem ser obtidas de reações de policondensação entre polialcoóis e ácidos polibásicos ou ácidos graxos insaturados. Esta classe de resinas poliméricas é largamente empregada como tintas e revestimentos. Não é incomum também a preparação de resinas alquílicas via reações oxidativas, provenientes da substituição parcial de ácidos polibásicos por ácidos graxos como, por exemplo, o ácido linolênico (UMPIERRE et. al, 2013).</p>

Fonte: Autores.

Observando as Tabelas 7 e 8, é possível identificar que existem várias aplicações da glicerina sendo estudadas e que pouco se utiliza a glicerina em sua forma bruta nestes processos, pois ela precisa de purificação. Nota-se também que para a produção de biogás, em algumas pesquisas já se mantem o valor fixo de 6% de glicerina. Pode-se ver que os maiores índices de aplicações são para: desenvolvimento de outros compostos químicos a partir da glicerina; para a produção de aditivos para gasolina e novos combustíveis, e para a purificação de glicerina.

E existe um potencial para produção de energia renovável, mas ainda é uma aplicação pouco explorada devido a rentabilidade de aplicações mais exploradas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A glicerina nos setores de biogás e fármaco, já estão sendo estudadas novas viabilizações, ainda, pouco se tem pesquisas no setor alimentício animal. Pode-se ver também que a purificação da glicerina bruta no setor farmacêutico se torna inviável, por ser um processo caro e ainda não atingir o grau de pureza exigida pelo setor.

Há muita pesquisa sendo feita com a glicerina, o que ampliará as possibilidades de uso. O setor fármaco é o que tem dado a melhor remuneração, por tanto, ainda tem preferência na destinação da glicerina.

O potencial energético encontrado neste trabalho foi positivo, viabilizando o uso da glicerina o uso da glicerina no Biogás, na indústria farmacêutica e com grande potencial na alimentação de animais, potencial para a produção de energia renovável. E benefício para a conservação de peças anatômicas no setor médico.

REFERÊNCIAS

BEATRIZ, A. ARAÚJO, Y. J. K; LIMA, D. P. Glicerol: um breve histórico e aplicação em sínteses estéreo seletivas. *Química Nova*, v. 34, n. 2, p. 306-319; 2010. Disponível em: http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/Vol34No2_306_24-RV10298.pdf. Acesso em: 16 nov. 2021.

BERTOZZO, Fernanda. *CO-DIGESTÃO ANAERÓBIA DE DEJETOS DE BOVINOS E DOIS TIPOS DE GLICERINA BRUTA*. 2013. 108 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/101810/000751281.pdf;jsessionid=9C39615AAAD5844A068A95B50363599B?sequence=1>. Acesso em: 16 nov. 2021.

LOPES, A. P.; CANESIN, E. A.; SUZUKI, R. M; TONIN, L. T. D; PALIOTO, G. F; SEIXAS, F. L. Purificação de Glicerina Residual Obtida na Produção de Biodiesel a Partir de Óleos Residuais. *Revista Virtual Química*, Maringá, ano 6, v. 6, n. 6, p. 1564-1582, 3 out. 2014. Disponível em: <http://static.sites.sbq.org.br/rvq.sbq.org.br/pdf/v6n6a04.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2021.

CARVALHO Y. K., Zavarize K. C., Medeiros L. S. & Bombonato P. P. 2013. Avaliação do uso da glicerina proveniente da produção de biodiesel na conservação de peças anatômicas. *Pesq. Vet. Bras.* 33(1):115-118. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pvb/a/bs3PGJtvGrGhvW9TpjShd3N/?lang=pt&format=pdf> 06 dez. 2021.

DALMASO, Ana Carolina; FERREIRA, Veronica Bandeira; MOUSQUER, Claudio Jonasson; CASTRO, Wanderson José Rodrigues de; FILHO, Amorésio Souza Silva; SIMIONI, Tiago Adriano; HOFFMAN, Alvair; FERNANDES; Geferson Antonio. Glicerina Bruta de Biodiesel na alimentação de ruminantes. *PUBVET*, Cuiabá, ano 261, v. 8, n. 12, p. 1733, 1 jun. 2014.

EMBRAPA Agroenergia estuda transformação de glicerina em químicos. Embrapa: Biodieselbr, 20 maio 2013. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/glicerina/embrapa-agroenergia-transformacao-glicerina-quimicos-200513>. Acesso em 14 set. 2021.

FERREIRA, Tatiana Felix. *PRODUÇÃO DE 1,3-PROPANODIOL A PARTIR DE GLICERINA POR VIA BIOTECNOLÓGICA*. 2014. 151 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://tpqb.eq.ufrj.br/download/biossintese-de-1-3-propanodiol-a-partir-de-glicerina-por-via-biotecnologica.pdf> Acesso em 12 nov. 2021.

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 42-64

Aplicações da glicerina no mercado e potencial energético

SANTOS, Jaqueline Jakchesk dos; MAZZONETTO, Alexandre Witier

GERPEN, Jon Van. Business Management for Biodiesel Producers. Separata de: CIENCIA Rural. -. ed. rev. Iowa State University: *National Renewable Energy Laboratory*, 2005. v. 4-, cap. 2, p. 29-97. Disponível em: <https://afdc.energy.gov/files/pdfs/36242.pdf> Acesso em 02 nov. 2021.

GLICERINA- sub-produto do Biodiesel. Embrapa: Biodieselbr, 29 jan. 2006. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/biodiesel/glicerina/biodiesel-glicerina> Acesso em 14 set. 2021.

GLICERINA- Tudo sobre Glicerina.Gotaquimica, dez. 2021. Disponível em: <https://gotaquimica.com.br/noticias/tudo-sobre-glicerina/> Acesso em 06 dez. 2021.

HAMMER N.; LÖFFLER S.; FEJA C.; SANDROCK M.; SCHMIDT W.; BECHMANN I. & STEINKE H. 2012. Ethanol-glycerin fixation with thymol conservation: A potential alternative to formaldehyde and phenol embalming. *Anat.Sci. Educ.* 5:225-233.

HUEPA, Laura Marcela Diaz et al. *GLICERINA SEMIPURIFICADA NEUTRALIZADA NA ALIMENTAÇÃO DE LEITÕES NA FASE PRÉ-INICIAL (6 a 15 Kg)*. 2013. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

KARAM, Rafael Garcia; CURY, Fabio Sergio; AMBRÓSIO, Carlos Eduardo; MANÇANARES, Celina Almeida Furlanetto. Uso da glicerina para a substituição do formaldeído na conservação de peças anatômicas. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Rio de Janeiro, v. 36, n. 7, p. 671-675, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-736X2016000700019>. DOI: 10.1590/S0100-736X2016000700019. Acesso em: 16 nov. 2021.

KONRAD, Odorico; HEBERLE, Alan Nelson Arenhart; CASARIL; KAUFFMANN, Gustavo Vinicius; LUMI, Marluce; DALL' OGLIO, Michel; SCHMITZ, Michele. Avaliação da produção de biogás e geração de metano a partir de lodo de estação de tratamento de efluentes e glicerina residual. *Revista Destaques Acadêmicos*, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 49-55, jul. 2010. Disponível em: <http://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/89/0>. Acesso em 29 set. 2021.

KONRAD, Odorico; MACHADO, Cesar Augusto; BRIETZKE; Débora Tairini; SECCHI, Fabio Junior; NICHEL, Luana; MARDER, Munique. Avaliação da utilização de dejetos bovinos com e sem uso de glicerina em biodigestores operados em batelada. *Revista Destaques Acadêmicos*, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 59-65, jul. 2012. Disponível em: <http://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/244> Acesso em: 16 nov. 2021.

LIMA, Daniele Cristina de; NETTO, Marina Vonlanski; FELIX, Ananda Portella; BORTOLO, Marcelino; OLIVEIRA, Simone Gisele de; MAIORKA, Alex. Digestibilidade e energia metabolizável da glicerina em cães. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 44, n. 8, p. 1452-1456, 1 jun. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/GQPGNNvTc9jByrC5XNXHRtS/?lang=pt> Acesso em 29 set. 2021.

LINS, L. P.; MITO, J.Y.L.; FERNANDES, D. M. COMPOSIÇÃO MÉDIA DO BIOGÁS DE DIFERENTES TIPOS DE BIOMASSA. *IV Simpósio Internacional Sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais*, [s. l], v. 1, n. 1, p. 1-4, maio 2015. Disponível em: http://www.sbera.org.br/4sigera/files/4.28_JessicaYukiLimaMito.pdf Acesso em 29 set. 2021.

MATURANA, Aymer Yeferson. *Estudo da Combustão direta de Glicerina bruta e loira como alternativa de aproveitamento energético sustentável*. 2011. 270 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Disponível em:

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 42-64

Aplicações da glicerina no mercado e potencial energético

SANTOS, Jaqueline Jakchesk dos; MAZZONETTO, Alexandre Witier

<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18147/tde-21122011-191948/fr.php> Acesso em 21 dez. 2021.

MENDES, Danylo Bezerra; SERRA, Juan Carlos Valdes. Glicerina: uma abordagem sobre a produção e o tratamento. *Revista Liberato*, Palmas, v. 13, n. 20, p. 01-134, dez. 2012. Disponível em: <http://www.revista.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/186> Acesso em 29 set. 2021.

MENTEN, J. F. M.; MIYADA, V. S.; BERENCHTEIN, B. Glicerol na alimentação animal. In: Simpósio sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos, 2008, Campinas, SP. *Simpósio sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos*. Campinas, SP: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2008. p. 101-114. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/downloads/glicerol_2009-03-13.pdf Acesso em 16 out. 2021.

MOTA, C. J. A; SILVA, C. X. A; GONÇALVES, V. L. C. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. *Química Nova*, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 639-648, mar./2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422009000300008&script=sci_arttext . Acesso em: 17 set. 2021.

MOTA, C. J. A; PINTO, P. B. Transformações Catalíticas do Glicerol para Inovação na Indústria Química. *Revista Virtual Química*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 135-149, 6 dez. 2016. Disponível em: <http://rvq.s bq.org.br>. Acesso em: 16 nov. 2021.

MUÑETÓN GÓMEZ, C. A. & ORTIZ, J. A. 2013. Preparación en glicerina: una técnica para la conservación prolongada de cuerpos en anatomía veterinaria. *Rev. Med. Vet.* 26:115-122.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/291100585_Preparacion_en_glicerina_una_tecnica_para_la_conservacion_prolongada_de_cuerpos_en_anatomia_veterinaria Acesso em: 16 nov. 2021.

NASCIMENTO, F. A; VICENTE, P. N. A; NINK, R. A. *GLICEROL RESIDUAL DA USINA PILOTO DE BODIESEL DO IFBA – CAMPUS PAULO AFONSO: ANÁLISE DO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO MEDIANTE CONVERSÃO EM BIOGÁS E ETANOL*. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, [s. l], v. 1, n. 1, p. 1-14, out. 2015. Disponível em: https://scholar.google.com.br/citations?view_op=view_citation&hl=pt-BR&user=jRYYfBMAAA&citation_for_view=jRYYfBMAAA:d1gkVwhDpl0C Acesso em: 16 nov. 2021.

PEITER, Gabrielle Caroline, ALVES, Helton José; SEQUINEL, Rodrigo; BAUTITZ, Ivone Rossi. ALTERNATIVAS PARA O USO DO GLICEROL PRODUZIDO A PARTIR DO BODIESEL. *Revista Brasileira de Energia Renováveis*, Curitiba, v. 5, n. 4, p. 519-537, nov. 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/46501> Acesso em 16 out. 2021.

PINHEIRO, Rafael Sanaiotte; CÉSAR, Aldara da Silva; BATALHA, Mário Otávio, LEVANTAMENTO TECNOLÓGICO SOBRE O ESTADO DA ARTE DA GLICERINA: UM CO-PRODUTO DO BODIESEL. *Enegep*, São Carlos, v. 1, n. 1, p. 1-14, out. 2010. Disponível em: <https://docplayer.com.br/41866981-Levantamento-tecnologico-sobre-o-estado-da-arte-da-glicerina-um-co-produto-do-biodiesel.html> Acesso em 16 out. 2021.

POSADA-DUQUE, John Alexander; CARDONA-ALZATE, Carlos Ariel Análisis de la refinación de glicerina obtenida como coproducto en la producción de biodiesel. Universidad de

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 42-64

Aplicações da glicerina no mercado e potencial energético

SANTOS, Jaqueline Jakchesk dos; MAZZONETTO, Alexandre Witier

Bogotá, Bogotá, v. 1, n. 14, p. 9-27, jun. 2010. Disponível em:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47715438001> Acesso em 16 out. 2021.

RAMOS, L. P. Silva, F. R.; Mangrich, A. S.; Cordeiro, C. S. Tecnologias de Produção de Biodiesel. *Revista Virtual de Química*, Curitiba, v. 3, n. 5, p. 385-405, out./2011. Disponível em:

<https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/1285870/52/Tecnologiasdeproducaodebiodiesel.pdf>. Acesso em: 16 set. 2021.

SANTOS, Kenia Gabriela dos; ROSSI, Eduardo de; KUGELMEIER, Cristie Luis;

CREMONEZ, Paulo André; TIETZ, Caroline Monique. Glicerina: Utilidades e destinações. *Acta Iguazu*, Cascavel, v. 2, n. 4, p. 109-119, maio 2013. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/314104677_Glicerina_Utilidades_e_destinacoes
Acesso em 24 out. 2021.

SANTOS FILHO, D. A.; OLIVERIRA, L. R. G; SHIRMER, W. N; SOBRINHO, M. A. M; JUCÁ, J. F. T; VASCONSELOS, T. L. AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA CODIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS E GLICERINA RESIDUAL. *UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ BIOFIX Scientific Journal* [s. l], v. 3, n. 2, p. 260-266, jun. 2018. Disponível em:

<https://revistas.ufpr.br/biofix/article/view/59938> Acesso em 11 out. 2021.

SENA, Rosemary Dantas de. *Purificação adsortiva da glicerina proveniente da produção de Biodiesel*. Orientador: Cesar Augusto Moraes de Abreu. 2008. 63 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

SIQUEIRA, Jessé. *Co-Digestão de Glicerina Bruta Associada a esterco bovino na produção de Biogás*. 2012. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Bioenergia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2012.

SOUZA, Lucas Monteiro Galotti de. *APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE SUBPRODUTOS DAS INDÚSTRIAS DE ETANOL E BIODIESEL PARA A PRODUÇÃO DE METANO E HIDROGÊNIO EM SISTEMA DE DUAS ETAPAS*. 2020. 202 f. Tese (Doutorado) - Curso de Planejamento de Sistemas Energéticos., Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020.

SOUZA, Marcel Galdino de. *Levantamento teórico sobre a esterificação do glicerol*. 2015. 29 f. TCC (Graduação) - Curso de Química do Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

VIEIRA, T. M. F. S. & D'ARCE, M. A. B. R. Novos usos agregam valor à glicerina residual do biodiesel. *Visão Agrícola*, Piracicaba, v. 1, n. 8, p. 63-65, jun. 2008. Disponível em:

<https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA08-qualidade03.pdf> Acesso em 11 set. 2021.

1 SANTOS, Jaqueline Jakchesk dos. Possui graduação em Tecnologia em Biocombustíveis pela FATEC Piracicaba Dep. “Roque Trevisan”, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza” – CEETEPS.

2 MAZZONETTO, Alexandre Witier. Possui Graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas - FEAGRI/UNICAMP. Mestrado em Engenharia Agrônoma - Máquinas Agrícolas/Biomassa - Colheita Integral de Cana Crua, pela Universidade de São Paulo - ESALQ/USP. Doutorando pela Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas - Departamento de Energia - FEM/UNICAMP (Caracterização e potencial energético de biomassas residuais da região de Piracicaba - SP). Na Graduação envolveu-se em Pesquisa/Desenvolvimento de processos térmicos, desenvolvendo um secador rotativo de sementes e outro de leito fluidizado. Desde o Mestrado vem trabalhando com fontes renováveis de energia e biomassas residuais (tratamento e geração de energia); levando-o a cursar Química na Universidade Mackenzie (Bacharel, Licenciatura e Industrial). Processos térmicos para obtenção de biocombustíveis, gaseificação, pirólise e combustão/incineração, e combustíveis sustentáveis, gás de síntese (Syngas), produção e uso do biogás - biodigestão anaeróbia de diversas biomassas residuais. Professor na FATEC Piracicaba (Biocombustíveis e Gestão Empresarial).

Diferentes plataformas de biorrefinarias para produção de biocombustíveis e subprodutos

OLIVEIRA, Elaine Cristina Alves Martins
ROSA, Laina Pires
FERNANDES, Brenda Rodrigues

Resumo

Os recursos convencionais, principalmente os combustíveis fósseis, podem se tornar limitados devido ao acelerado aumento da demanda de energia, causando impactos socioambientais. A biomassa é um recurso renovável ecológico, de onde vários produtos químicos e combustíveis úteis podem ser produzidos, utilizando biorrefinarias. As biorrefinarias representam uma rota promissora para atender as atuais necessidades ambientais e econômicas, uma vez que se pode utilizar resíduos como base para produção de diversos produtos, juntamente com a alcoolquímica, obtendo vários produtos de alto valor agregado, com total aproveitamento.

Palavra-chave: energias renováveis, biomassa, alcoolquímica.

Abstract

Conventional resources, especially fossil fuels, can become limited due to the accelerated increase in energy demand, causing socio-environmental impacts. Biomass is an ecological renewable resource from which various useful chemicals and fuels can be produced using biorefineries. Biorefineries represent a promising route to meet the current environmental and economic needs, since it can use waste as a basis for the production of several products, together with alcohol chemistry, obtaining several products of high added value, with full use.

Key-words: renewable energies, biomass, alcohol chemistry.

Resumen

Los recursos convencionales, especialmente los combustibles fósiles, pueden verse limitados por el aumento acelerado de la demanda energética, provocando impactos socioambientales. La biomasa es un recurso renovable ecológico a partir del cual se pueden producir varios productos químicos y combustibles útiles mediante biorrefinerías. Las biorrefinerías representan una vía prometedora para atender las necesidades ambientales y económicas actuales, ya que los residuos pueden ser utilizados como base para la elaboración de diversos productos, junto con la química del alcohol, obteniendo diversos productos de alto valor agregado, con pleno aprovechamiento.

Palabras clave: energías renovables, biomasa, química del alcohol.

INTRODUÇÃO

O cenário energético mundial demonstra certa instabilidade, devido à dependência, o aumento e o custo dos combustíveis fósseis, juntamente com os efeitos poluidores causados por estes. Desta forma, buscam-se alternativas de fontes de energias que consigam suprir as necessidades da sociedade (IEA-World Energy Outlook, 2016).

Para reorganização de uma economia sustentável são necessárias abordagens completamente novas em pesquisa, desenvolvimento e produção, sendo necessários recursos seguros para a produção industrial (MENON e RAO, 2012).

As biorrefinarias combinam as tecnologias necessárias entre matérias-primas biológicas, intermediários industriais e produtos finais, através da combinação da conversão biotecnológica e química de substâncias presente na matéria-prima. O objetivo principal no desenvolvimento de biorrefinarias é a obtenção de diferentes produtos a partir do uso de biomassas, otimizando a utilização de recursos, minimizando os resíduos, maximizando assim os benefícios e a lucratividade (KAMM e KAMM, *et al.*, 2004, O'KEEFFE *et al.*, 2012).

As biorrefinarias representam uma rota promissora para atender as atuais necessidades ambientais e econômicas, devido aos seus conceitos multiproduto e integrador. Dentro desses conceitos, os blocos de construção de recursos da biomassa (madeira, grama, milho, etc.) são convertidos em produtos de valor agregado, como biocombustíveis, energia e produtos químicos.

Com base em diferentes matérias-primas, existem vários tipos de biorrefinarias. Sendo que os sistemas de biorrefinaria de cereais, ou de culturas, biorrefinação verde e biorrefinaria lignocelulósia, são os mais explorados em pesquisa e desenvolvimento (ECKER *et al.*, 2012).

O presente trabalho tem por objetivo fazer uma revisão sobre os conceitos de biorrefinarias, revisar os processos realizados e abordar os produtos passíveis de serem obtidos nas diferentes biorrefinarias.

2. BIORREFINARIAS

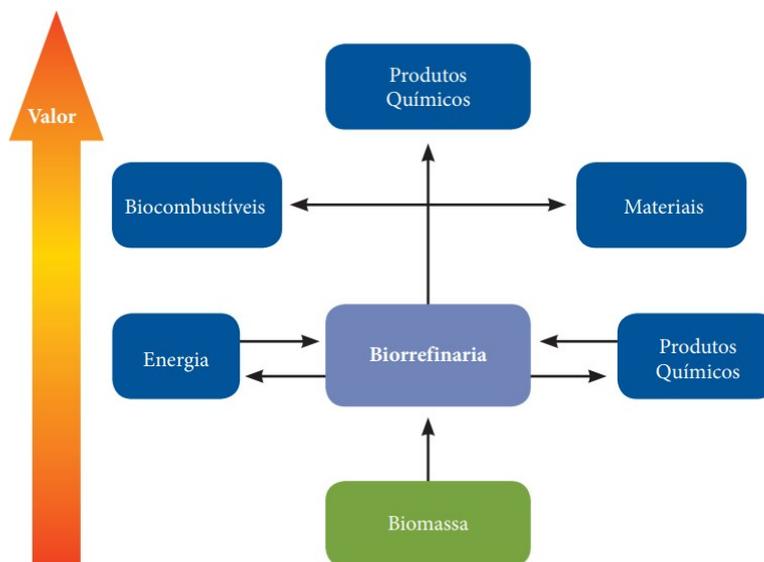
O conceito de biorrefinaria apareceu pela primeira vez na lei agrícola americana em 2002 (Farm Bill), incluindo unidades, equipamentos e processos para converter a biomassa em biocombustíveis, energias e químicos, em vez de simples unidades isoladas que produzem um único produto, mesmo que baseado em matéria-prima renovável (BASTOS, 2012).

Biorrefinaria é uma instalação que integra processos e equipamentos de conversão de biomassa para a obtenção de diferentes produtos como combustíveis, energia, calor e produtos químicos de valor agregado, provenientes da transformação da biomassa, através da combinação entre a conversão biotecnológica e química de substâncias presente na matéria-prima (CLARK *et al.*, 2012).

Segundo Demirbas (2009), o conceito de biorrefinarias é análogo à refinaria de petróleo, sendo considerado como um termo novo, ainda não difundido, possuindo várias definições, encontrando-se em pleno desenvolvimento (NASCIMENTO *et al.*, 2020). De acordo com a American National Renewable Energy Laboratory, departamento de energia dos Estados Unidos, biorrefinarias são todas as indústrias que convertam a biomassa e que a utilizem para produzir: combustíveis, energia ou produtos químicos (NREL, 2015). Para a Sociedade Ibero-Americana para o desenvolvimento das biorrefinarias (SIADEB) a biorrefinaria é uma instalação industrial que procura a utilização integral da biomassa de forma sustentável, para a produção concomitante de biocombustíveis, energia, materiais e produtos químicos, preferencialmente de valor acrescentado.

Fica evidente que a definição do termo biorrefinarias ainda é diversificado, uma vez que há várias definições de diferentes autores, entretanto, a IEA *Bioenergy Task 42* criou uma definição formal para a biorrefinaria como o processamento sustentável da biomassa para a produção de bioprodutos (alimentos, produtos químicos e/ou materiais) e bioenergia (biocombustíveis, energia e/ou calor). Isso mostra que uma biorrefinaria pode ser um conceito, uma instalação, um processo, uma planta ou mesmo um conjunto de instalações que, obviamente, exige a integração de muitas áreas de conhecimento (ENERGY AGENCY, 2012). A figura 1 destaca o potencial econômico dos produtos de uma biorrefinaria.

Figura 1. Diagrama do conceito de biorrefinaria apresentando o potencial de valor agregado dos produtos



Fonte: Sociedade Ibero-Americana para o desenvolvimento das biorrefinarias, 2011.

O setor energético, por meio da produção de biocombustíveis e da geração de energia elétrica, é o que melhor poderá aproveitar as possibilidades técnicas e econômicas das biorrefinarias, juntamente com o setor químico devido à obtenção de produtos com alto valor agregado (VAZ, 2011).

A biorrefinaria extrai produtos químicos e polímeros valiosos da biomassa. As principais tecnologias para esse fim são: (a) refino ou pré-tratamento de biomassa, (b) conversão termoquímica (gaseificação, pirólise, melhoramento hidrotérmico), (c) fermentação e bioconversão e (d) separação e atualização de produtos (DERMIBAS, 2009).

As biorrefinarias podem envolver um amplo conjunto de possíveis tecnologias, não havendo (ainda) uma rota dominante, com muitas oportunidades de inovação. Muitas tecnologias em desenvolvimento empregam conhecimento científico altamente sofisticado proveniente de diversas áreas, notadamente biotecnologia moderna (BASTOS, 2012). Atualmente, três sistemas de biorrefinaria são favorecidos em pesquisa e desenvolvimento. Sendo o primeiro, a biorrefinaria de cereais, que utiliza matérias-primas como cereais ou milho. Em segundo lugar, a biorrefinaria verde, que utiliza biomassa naturalmente úmida, pastagens, alfafa, algas ou cereais imaturos. Em terceiro lugar, a biorrefinaria de matérias-primas lignocelulósicas, que utiliza matérias-primas naturalmente secas e resíduos contendo celulose (KAMM e KAMM, 2004).

2. 1 Biorrefinarias de Cereais

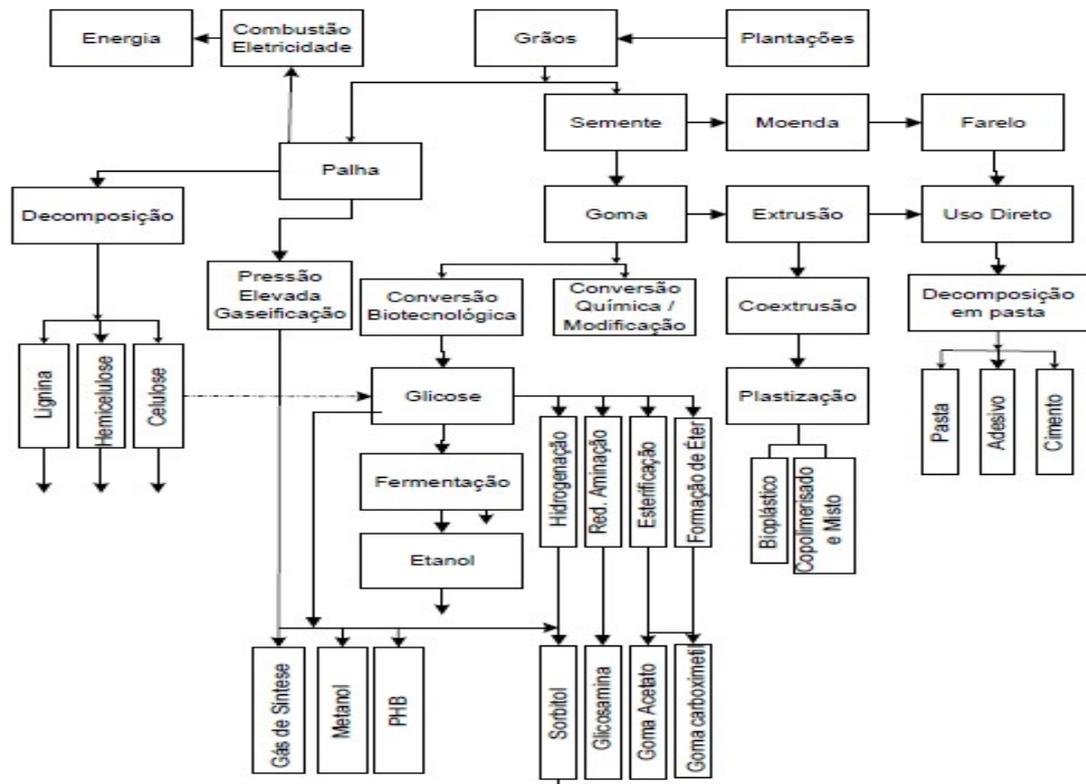
O conceito de biorrefinarias de cereais está ligado à utilização de culturas agrícolas, como centeio, trigo, soja e milho como matérias-primas. Os cereais pertencem a um dos grupos mais ricos quimicamente em energia e estão entre as culturas mais desenvolvidas, tendo sido progressivamente melhorada ao longo dos últimos 10000 anos. Eles foram otimizados continuamente em termos de rendimento, alcançando produções superiores a 10 toneladas por hectares (KOUTINAS *et al.*, 2006).

As biorrefinarias baseadas em cereais têm como objetivo explorar a vasta complexidade dos grãos de cereais, extraindo componentes macro e micro valiosos, a partir do biorrefino de cereais por separação mecânica em uma fração de grãos e palha, onde a porção de grão é aproximadamente 20% em peso e a porção de palha é de 80% em peso, convertendo a fração de amido em produtos da plataforma química como plásticos biodegradáveis e biocombustíveis, através de bioconversões por microrganismo. Esta abordagem visa a redução do desperdício e de custos e a criação de mais mercados (KOUTINAS *et al.*, 2006; KAMM e KAMM, 2004; REE, ANNEVELINK, 2007; GAETE *et al.*, 2020).

O termo macrocomponente incorpora qualquer composto de alto peso molecular (por exemplo, amido, proteína, celulose, hemicelulose, óleo, gomas), enquanto os microcomponentes são definidos como moléculas de peso molecular relativamente baixo (por exemplo, lipídios, vitaminas, minerais). Os processos atuais de fracionamento de cereais (do inglês *current cereal fractionation processes* - CFP) pode ser classificado em operações de moagem a seco e a úmido. A moagem a seco envolve o uso de sucessivas etapas de moagem e peneiração, visando à separação econômica máxima do farelo do endosperma. As operações de moagem a seco são relativamente baratas e resultam na separação incompleta de macrocomponentes. A CFP úmida pode ser geralmente categorizada em processos úmido-aquoso e úmido-não aquoso, resultando na separação seletiva de um ou mais componentes dos cereais (KOUTINAS *et al.*, 2006).

A palha representa uma fração lignocelulósica que pode ser processada separadamente. Espera-se que a biomassa rica em lignocelulose se torne a fonte de biomassa mais importante do futuro, porque se tornará amplamente disponível a custos moderados, onde seu cultivo e uso competem menos com alimentos (REE *et al.*, 2007). A figura 2 representa um esquema geral de uma biorrefinaria onde há o aproveitamento total da cultura.

Figura 2. Esquema de obtenção de produtos a partir de Biorrefinaria de Cereais



Fonte: adaptado de Kamm e Kamm, 2004.

2.2 Biorrefinaria Verde

As biorrefinarias verdes (do inglês *Green Biorefineries* - GBR's) são sistemas complexos de tecnologias sustentáveis, amigáveis ao meio ambiente e aos recursos, para um uso abrangente de materiais e energia ou recuperação de matérias-primas renováveis na forma de biomassa verde e de resíduos, tendo como alvo o uso sustentável da terra (KAMM et al., 2016; DIGMAN, et al., 2013), conforme apresentado na figura 3.

Figura 3. Sistema de biorrefinaria verde para fabricação de alimentos e produtos não alimentares



Fonte: adaptado de KAMM et al., 2016.

As GBR's submetem a biomassa à pressurização, resultando em uma torta prensada rica em fibras, e um caldo extraído rico em nutrientes. O conceito de GBR difere dos demais pelo processamento da biomassa fresca. Assim a implementação deste tipo de biorrefinarias exige que alguns pontos específicos sejam levados em conta como, por exemplo, um rápido processamento primário ou métodos de preservação para prevenir a degradação dos materiais colhidos (BORGES e TRIERWEILER, 2009).

Os resíduos gerados após o processamento das principais correntes da biorrefinaria verde também são aproveitados para a produção de biogás. Assim, os produtos de valor agregado podem ser produzidos de forma sustentável a partir de uma matéria-prima simples e ampla, que está se tornando cada vez mais um recurso excedente na reestruturação na agricultura (O'KEEFFE et al., 2012).

A principal vantagem da biorrefinaria verde é a utilização de pastagens como matéria-prima, pois estima-se que em todo o mundo 4,9 bilhões de hectares são utilizados para fins

agrícolas, dos quais dois terços são cobertos por biomassa verde, ou seja, aproximadamente 3,3 bilhões de hectares com rendimentos diferentes (FAOSTAT, 2012), tornando-se uma opção viável para a implementação de biorrefinarias em diversas partes do mundo.

A utilização de microalgas como matéria prima da biorrefinaria verde para a produção de biocombustíveis, principalmente biodiesel, tem sido alvo de diversas pesquisas e investimentos.

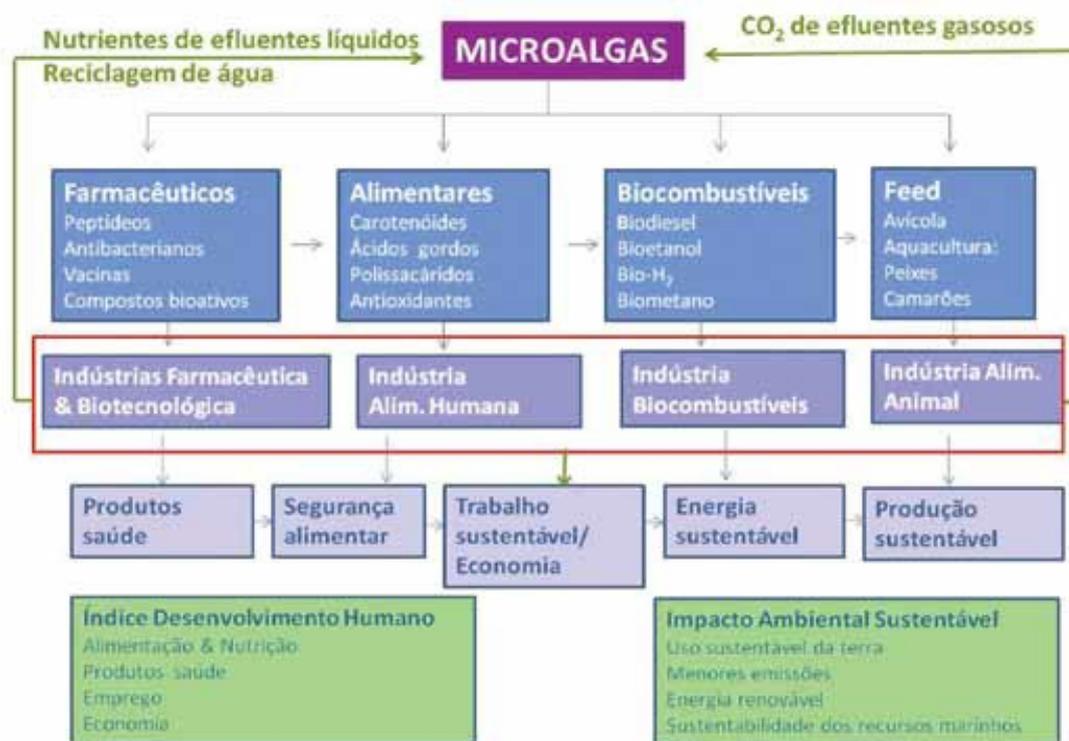
2.2.1 Utilização de microalgas como matéria-prima para a produção de biodiesel e subprodutos

A maioria das microalgas são microrganismos fotossintéticos unicelulares, que possuem uma alta taxa de crescimento celular e de fixação de CO₂, cerca de 10-50 vezes maior do que as plantas terrestres. A produtividade destes microrganismos fotossintéticos para converter dióxido de carbono em lipídios, matéria prima do biodiesel, excede em muito o de oleaginosas agrícolas (YEN et al., 2013; SUGANYA et al., 2016).

As microalgas são cultivadas em grandes volumes de água, desta forma não há competição por terra arável, minimizando o uso da terra em comparação com os biocombustíveis produzidos a partir de plantas terrestres. Elas também podem ser cultivadas em águas residuais, desta forma sendo usadas para o processo de biorremediação, pois são muito eficientes na remoção de nutrientes da água (HANNON, et al., 2010).

Um estudo feito por Stephens et al., 2010 mostrou que o custo de produção de biocombustíveis por microalgas é relativamente próximo de ser economicamente viável. Esse custo de produção pode ser ainda mais viável ao adotar biomassa de microalgas como matéria-prima para biorrefinaria verde, uma vez que ela pode ser convertida em uma variedade de bioprodutos, como pigmentos, cosméticos, produtos farmacêuticos, alimentos nutritivos e alimentos para animais (OLGUÍN, 2012). A figura 4 apresenta um sistema de biorrefinaria verde com o uso de microalgas.

Figura 4. Sistema de biorrefinaria verde para utilização de microalgas como matéria-prima



Fonte: REIS e GOUVEIA, 2013.

2.3 Biorrefinarias Lignocelulósicas

As matérias-primas lignocelulósicas são as fontes mais abundantes de biomassa, que podem ser agrupados em diferentes categorias, como resíduos de madeira, resíduos da indústria de alimentos e resíduos agrícolas (palha, espigas, talos, sementes, bagaço). (KATTYAR, 2015). Em geral, são constituídas em 40-50% de celulose, 25-30% de hemicelulose e 15-20% de lignina e outros componentes extraíveis (MENON e RAO, 2012). As biorrefinarias de lignocelulose são baseadas no fracionamento da biomassa rica em materiais lignocelulósicos, através de pré-tratamentos, como fonte para a produção de correntes intermediárias de celulose, hemicelulose e lignina (BORGES e TRIERWEILER, 2009).

Após os pré-tratamento da biomassa lignocelulósicas, que objetiva a separação da celulose, hemicelulose e lignina, são aplicadas técnicas para a obtenção de produtos com alto valor agregado. A hemicelulose, obtida através da hidrólise da celulose, é utilizada para a produção de xilose, matéria-prima usada para a obtenção de furfural, xilitol, gomas vegetais, ácidos orgânicos, dentre vários outros produtos ((MORAIS et al., 2010).

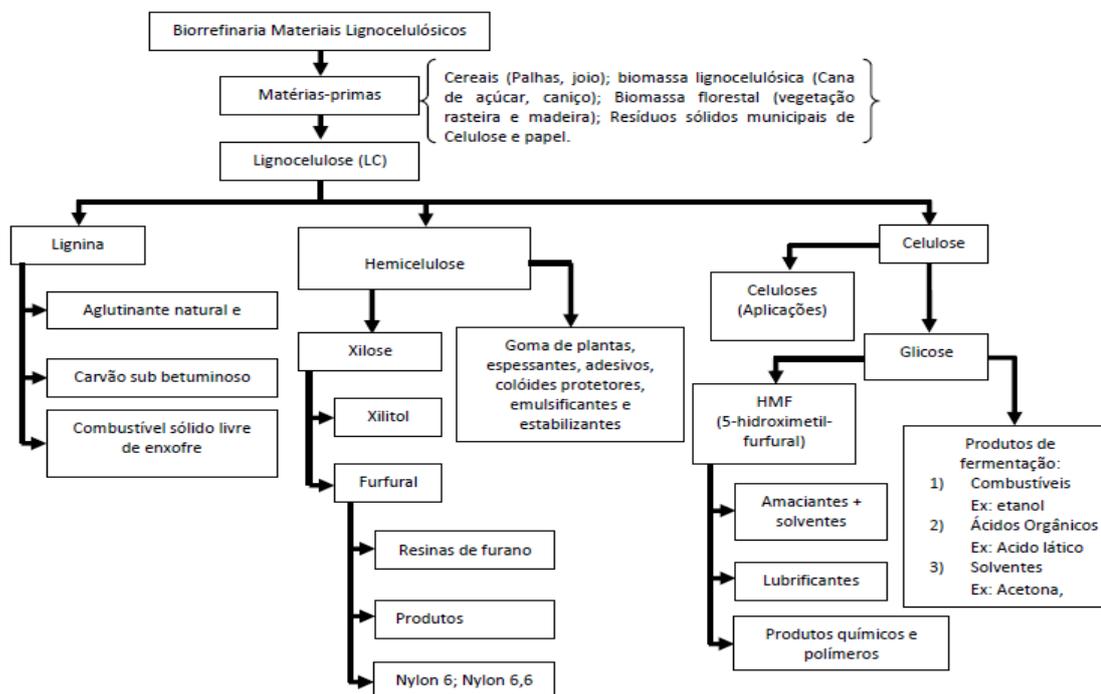
A indústria começou a utilizar a lignina primeiramente em banhos de tanagem para produção de couros em banhos de tintura. Desde então, a lignina vem sendo usada como matéria prima para diversos produtos da indústria, como emulsificantes e vanilina para aplicação em alimentos, em produtos farmacêuticos e perfumaria. Agentes dispersantes em tintas, pesticidas, inseticidas, aditivos para tintas e vernizes (OGATA, 2013).

A maior aplicação desse tipo de biorrefinaria é na produção de etanol celulósico. A vantagem da utilização das biorrefinarias para a produção de etanol celulósico está relacionado também a produção de etanol de segunda e terceira geração.

As biorrefinarias de lignocelulose, quando utilizam biomassa em frações de açúcares, também se classificam como biorrefinarias de dupla-plataforma, ou plataforma de açúcar, ou sucroquímicas, devido à produção de açúcar, para portfólio de potenciais bioprodutos, ao passo que a fração de lignina e os resíduos do processo bioquímico serão termoquimicamente convertidos a gás de síntese através da chamada Plataforma de Gás de Síntese, também conhecida como Termoquímica, produzindo uma gama de produtos originados de biomassas, incluindo calor e energia para satisfazer as demandas internas do processo (KAMM et al., 2016).

Apesar da maior produção de etanol ser destinado ao setor de combustíveis, o uso do etanol não se restringe somente como combustível, mas incorpora o etanol grau químico, a partir da alcoolquímica, convertendo o álcool etílico para a produção de diferentes produtos químicos, que são fontes de matérias-primas (químicas) utilizadas em diversos setores da indústria, desta forma, diversificando aplicação do etanol no mercado (DE PAUL et al., 2012). A figura 5 descreve produtos e coprodutos das biorrefinarias de materiais lignocelulósicos.

Figura 5. Produtos e coprodutos das biorrefinarias de materiais lignocelulósicos



Fonte: DEMIRBAS, 2009.

2.3.1 Alcoolquímica

A alcoolquímica é o segmento da indústria química que utiliza de etanol/álcool etílico como matéria-prima para fabricação de diversos produtos químicos, surgindo como alternativa à petroquímica e também à gasoquímica (KAMM et al., 2016).

Boa parte dos produtos químicos derivados do petróleo (petroquímica), pode ser obtida também do etanol/álcool etílico, em particular o eteno, matéria-prima para resinas, além dos acetatos e do éter etílico, diminuindo o impacto gerado por fontes não renováveis e poluentes ao meio ambiente (RODRIGUES et al., 2017).

A alcoolquímica se manteve forte por muitas décadas, mas devido aos baixos preços do petróleo e consolidação da petroquímica, a alcoolquímica acabou perdendo espaço no mercado. Entretanto, as constantes flutuações do preço do petróleo e a preocupação com a poluição e o aquecimento global, aumentam a procura por processos industriais mais eficientes e menos impactantes, incentivando a indústria química a diversificar as suas fontes de matérias primas (SZWARC, 2011).

Dessa forma, alcoolquímica voltou a ser implementada, devido à grande valorização dos produtos químicos produzidos a partir de recursos renováveis. Mesmo que, em nível mundial, 90% das sínteses de moléculas orgânicas ainda sejam à base de petróleo, a alcoolquímica poderá exercer o mesmo papel como fonte de matéria-prima para a indústria química através do etanol (CGEE, 2010).

Na tabela 1 é apresentado um resumo dos compostos químicos obtidos a partir do etanol como matéria-prima.

Tabela 1 – Principais compostos químicos obtidos por alcoolquímica utilizando etanol

Composto	Descrição	Uso
Eteno ou etileno	Gás incolor, odor etéreo, levemente adocicado que liquefaz a -103°C e solidifica a -169°C.	Plástico verde e anestésico. Derivados obtidos a partir dele: Cloreto de etileno, epóxido de etileno, etileno glicol.
Acetato de metila	Líquido claro e inflamável, com solubilidade de 25% em água.	Vernizes, colas, adesivos, tintas e esmaltes.
Acetato de etila	Éster simples, incolor e inflamável, que possui alta aplicação industrial, por ser um ótimo solvente e relativamente pouco volátil.	Tintas, vernizes, adesivos, explosivos, produtos farmacêuticos.
Acetaldeído	Líquido incolor, que ferve na temperatura ambiente, possui odor frutífero.	Corantes de anilina, aromatizantes de alimentos, plásticos, borracha sintética, desinfetantes, medicamentos, explosivos, vernizes, resinas fenólicas e de ureias.

Fonte: BARROS, 2017.

3. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA

O EIA (*Energy Information Administration*) estima que a produção de biocombustíveis possa variar de 3,5 a 6,2 milhões de barris dia⁻¹ em 2035. A biorrefinaria surge a partir deste ponto. Somente a sinergia entre a produção de bioprodutos e biocombustíveis poderá garantir a viabilidade para alcançar estes números (COUTINHO 2011). Especialistas acreditam que as biorrefinarias irão constituir uma indústria-chave do século XXI, responsável até mesmo por uma nova revolução industrial, em virtude da importância das tecnologias que empregam e dos efeitos sobre o paradigma industrial para produções integradas (BORGES e TRIERWEILER, 2009).

A combinação de uma abordagem interdisciplinar para valorização de resíduos com novas tecnologias tem potencial para provocar um impacto global sobre a gestão de resíduos e indústrias de biotecnologia, alimentos e química (CLARK, et al., 2012). A instalação de biorrefinarias traz vantagens econômicas, pois o aproveitamento total da matéria-prima e a

diversificação de produtos, pode gerar uma diminuição nos custos de produção e conseqüentemente o aumento dos lucros (ALVIM *et al*, 2014).

O Brasil tem presença relevante na produção mundial de biomassa – solo, água, sol e natureza compõem a base de um grande potencial para a produção de bioenergia e bioprodutos, que ganham importância nesse cenário. Reconhecido mundialmente pelo pioneirismo na introdução do etanol em sua matriz energética, tornando-se um dos maiores produtores de álcool a partir da biomassa, "...sendo que 48,4% da matriz energética nacional provêm do uso de recursos renováveis" (EPE, 2021). Foi após a criação do Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL) em 1974 pelo Governo Federal, que o etanol passou a receber atenção dos usineiros como mais um produto além do açúcar. O etanol é uma necessidade para a usina já que não é econômico extrair todo o açúcar contido no caldo de cana (RODRIGUES, 2011).

Cada vez mais investimentos e pesquisas em biorrefinarias estão sendo feitos em setores públicos e privados. A Embrapa Agroenergia, com a implantação de projetos nas plataformas temáticas do Plano Nacional de Agroenergia 2006 - 2011 (Cana-de-açúcar e Etanol; Biodiesel; Florestas Energéticas; Coprodutos e Resíduos) promoveu o desenvolvimento sustentável e a competitividade do agronegócio com a visão integrada de processos, para aplicação em biorrefinarias (OLIVEIRA, 2006).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As biorrefinarias vêm abrangendo a utilização de várias fontes de biomassa, com potencial para produção de bicompostíveis e vários produtos de alto valor agregado. Apesar do conceito de biorrefinaria ser relativamente novo, muitos países estão apostando e investindo em pesquisas para melhorar vários sistemas de biorrefinarias, além das políticas governamentais em todo o mundo, que estão evoluindo para orientar e incentivar os produtores para buscar fontes de produções mais sustentáveis e se engajar em processos mais limpos. Alguns sistemas de biorrefinarias já estão bem consolidados, como é o caso de biorrefinarias lignocelulósicas, entretanto outras ainda precisam de mais pesquisa de adaptações, para uma maior produção de aproveitamento das matérias-primas.

REFERÊNCIAS

- ALVIM, J. C., ALVIM, F. A. L. S., SALES, V. H. G., SALES, P. V. G., OLIVEIRA, E. M., COSTA, A. C. R. Biorrefinarias: Conceitos, classificação, matérias primas e produtos. *Journal of Bioenergy and Food Science*, vol.1(3), p.61-77, 2014.
- BARROS, T. D. B. *Alcoolquímica*. AGAITCE. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vn102wx5eo0sawqe333t7wt4.html>. Acesso dia 02 de junho, 2017.
- BASTOS, V. D. Biorrefinarias, biocombustíveis e química renovável: revolução tecnológica e financiamento. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, n. 38, dezembro 2012.
- BORGES, F. C., TRIERWEILER, J. O. *Revisão de biorrefinarias e proposta de modelo com estrutura descentralizada*. Seminário do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (8.: 2009 out. 20-23: Porto Alegre, RS. Porto Alegre, RS: UFRGS/PPGEQ, 2009.
- CLARK, J. H., LUQUE, R., MATHARU, A. S. Green chemistry, biofuels, and biorefinery. *Annual review of chemical and biomolecular engineering*, vol. 3, p. 183-207, 2012.
- CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Doutores 2010: estudos da demografia da base técnico-científica brasileira - Brasília. Brasília, DF: CGEE, 2010.
- DEMIRBAS, A. Biorefineries: Current activities and future developments. *Energy Conversion and Management*, vol. 50, p. 2782-2801, 2009.
- DE PAUL, N. M., FUCK, M. P., DALCIN, R. B. *Trajetórias Tecnológicas do Etanol: do Proálcool à Alcoolquímica*, 2012. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a12v33n09/12330907.html>. Acesso em 29 de julho de 2017.
- ECKER, J.; SCHAFFENBERGER, M.; KOSCHUH, W.; MANDL, M.; BÖCHZELT, H. G., SCHNITZER, H., STEINMÜLLER, H. Green biorefinery upper Austria–pilot plant operation. *Separation and purification technology*, vol. 96, p. 237-247, 2012.
- ENERGY AGENCY 2012. Task 42 biorefinery. Definition biorefinery. Disponível em: http://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/upload_mm/9/2/4/b08adfdb-8a37-47d3-a58eb7606a5200c6_NEWSLETTER%20IEA%20Task%2042%20May%202016.pdf. Acesso em 02 de junho de 2017.
- EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional – BEN 2021. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>. Acesso em 05.10.2022.
- FAOSTAT. Farm Structure Survey, 2012. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acesso em 01 de julho de 2017.
- GAETE, A. V; DE SOUZA TEODORO, C. E; MARTINAZZO, A. P. Utilização de resíduos agroindustriais para produção de celulase: uma revisão. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 8, p. e567985785-e567985785, 2020.
- HANNON, M., GIMPEL, J., TRAN, M., RASALA, B., MAYFIELD, S. Biofuels from algae: challenges and potential. *Biofuels*, vol.1(5), p.763-784, 2010.

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 65-81

Diferentes plataformas de biorrefinarias para produção de biocombustíveis e subprodutos

OLIVEIRA, Elaine Cristina Alves Martins; ROSA, Laina Pires; FERNANDES, Brenda Rodrigues

IEA – World Energy Outlook 2016. Disponível em:

<https://www.iea.org/media/publications/weo/WEO2016Chapter1.pdf>. Acesso em: 29 de junho de 2017.

KAMM, B.; KAMM, M. Principles of biorefineries. *Applied microbiology and biotechnology*, vol. 64.2, p.137-145, 2004.

KAMM, B., SCHOENICKE, P., HILLE, C. Green biorefinery–Industrial implementation. *Food chemistry*, vol. 197, p. 1341-1345, 2016.

KATTIYAR, P. Modified fractionation process via organic solvents for wheat straw and groundnut shells. *J Fundam Renewable Energy and Appl*, vol. 5(5), p.1-6, 2015.

KOUTINAS, A. A., WANG, R., CAMPBELL, G. M., WEBB, C. A Whole Crop Biorefinery System: A Closed System for the Manufacture of Non-food Products from Cereals. *Biorefineries-Industrial Processes and Products: Status Quo and Future Directions*, p. 165-191, 2006.

MENON, V., RAO, M. Trends in bioconversion of lignocellulose: biofuels, platform chemicals & biorefinery concept. *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 38.4, p. 522-550, 2012.

MORAIS, J. P. S.; ROSA, M. F.; MARCONCINI, J. M. Procedimentos para análise lignocelulósica. Campina Grande: *Embrapa Algodão*, p. 54, 2010.

NASCIMENTO, K. S. do et al. Análise exegética de biorrefinaria de cana-de-açúcar em paralelo a usina sucroalcooleira tradicional. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 9, p. 70293-70310, 2020.

NREL. NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. *What is biorefinery?* 2015. Disponível em: <http://www.nrel.gov/biomass/biorefinary.html>. Acesso em 29 de Junho de 2017.

O'KEEFFE, S., SCHULTE, R. P. O., SANDERS, J. P. M., STRUIK, P. C. II Economic assessment for first generation green biorefinery (GBR): Scenarios for an Irish GBR blueprint. *Biomass and bioenergy*, vol. 41, p.1-13, 2012.

OGATA, B. H. *Caracterização das frações celulose, hemicelulose e lignina de diferentes genótipos de cana-de-açúcar e potencial de uso em biorrefinarias*. 2013. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, 2013.

OLGUÍN, E. J. Dual purpose microalgae–bacteria-based systems that treat wastewater and produce biodiesel and chemical products within a Biorefinery. *Biotechnology advances*, vol. 30.5, p. 1031-1046, 2012.

OLIVEIRA, A.J. de; RAMALHO, J. *Plano Nacional de Agroenergia: 2006-2011*. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

REE, R. V; ANNEVELINK, B. Status report biorefinery 2007. *Agrotechnology & Food Sciences Group*, No. 847, 2007.

REIS, A., GOUVEIA, L. Biorrefinarias de microalgas. *Boletim de Biotecnologia*, vol. 3, p.28-29, 2013.

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 65-81

Diferentes plataformas de biorrefinarias para produção de biocombustíveis e subprodutos

OLIVEIRA, Elainy Cristina Alves Martins; ROSA, Laina Pires; FERNANDES, Brenda Rodrigues

RODRIGUES, J. A. R. Do engenho à biorrefinaria. A usina de açúcar como empreendimento industrial para a geração de produtos bioquímicos e biocombustíveis. *Química Nova*, Vol. 34, No. 7, 1242-1254, 2011.

RODRIGUES, M. G.; DA COSTA, F. JOSÉ P. A Alcoolquímica no Contexto da Terceira Revolução Industrial e Tecnológica. *Ciência Atual—Revista Científica Multidisciplinar das Faculdades São José*, vol. 9.1, 2017.

SOCIEDADE IBERO-AMERICANA PARA O DESENVOLVIMENTO DAS BIORREFINARIAS. SIADEB. Disponível em: <http://www.siadeb.org/pt/BrochuraSIADEB-PT.pdf>. Acesso em 29 de junho de 2017.

SUGANYA, T., VARMAN, M., MASJUKI, H. H., RENGANATHAN, S. Macroalgae and microalgae as a potential source for commercial applications along with biofuels production: a biorefinery approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 55, p. 909-941, 2016.

STEPHENS E., ROSS I. L., KING Z., MUSSGNUM, J.H., KRUSE, O. POSTEN, C. BOROWITZKA, M. A., HANKAMER, B. An economic and technical evaluation of microalgal biofuels. *Biotechnol Bioeng.*, vol. 8, p. 666 – 672, 2010.

SZWARC A. *Alcoolquímica no cenário futuro da cana-de-açúcar*. Relatório de Qualidade Ambiental 2011 – Governo do Estado de São Paulo, p. 224-228, 2011. Disponível em: arquivos.ambiente.sp.gov.br/portalnovomedia/2013/01/cpla-RQA_20111.pdf. Acesso em 03 julho de 2017.

VAZ JR, S. *Biorrefinarias: cenários e perspectivas*. Embrapa Agroenergia, 2011, 176. Disponível em: http://www.sifloresta.ufv.br/bitstream/handle/123456789/10778/EMBRAPA_Biorrefinarias-Cen%C3%A1rios-e-Perspectivas.pdf?sequence=1&isAllowed=y%3E. Acesso em: 02 de junho de 2017.

YEN, H. W., HU, I. C., CHEN, C. Y., HO, S. H., LEE, D. J., CHANG, J. S. Microalgae-based biorefinery—from biofuels to natural products. *Bioresource technology*, 135, 166-174, 2013.

1 OLIVEIRA, Elainy Cristina Alves Martins Graduada em Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado) pela Universidade Federal do Tocantins. É Mestre em Agroenergia pela mesma instituição. Tem Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia (Rede BIONORTE). Atua no programa de Pós-Graduação em Agroenergia. Possui experiência nas áreas de: Biocombustíveis, trabalhando no melhoramento de culturas energéticas; Genética, com ênfase em Genética molecular, incluindo estudos em Biodiversidade e Conservação Vegetal; Microbiologia do Solo, com ênfase na diversidade da comunidade microbiana utilizando técnicas independentes de cultivo; Educação e inovação pedagógica. É Professora Adjunta na Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi, atuando como orientadora de alunos monitores (PIP), no PIBIC e no mestrado em Agroenergia. Atuou como membro do Núcleo Docente Estruturante (NDE) de 2012 a 2017. É membro da Comissão Setorial de Avaliação - CSA, do Campus de Gurupi. Está como gerente do Laboratório de Bioquímica e Genética - Gurupi, UFT e como coordenadora do Projeto de Inovação Pedagógica (PIP) no curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia - Gurupi, UFT.

2 ROSA, Laina Pires. Doutoranda em Biotecnologia e Biodiversidade pela Universidade Federal do Tocantins rede BIONORTE. Mestre em Biotecnologia pela Universidade Federal do Tocantins - UFT. Possui graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia - UFT. Experiência em docência no ensino superior, durante o mestrado e doutorado na disciplina de Cálculo Diferencial em R, atuando como professor convidado na Universidade Federal do Tocantins. Durante a graduação atuou como monitor nas disciplinas de Geometria Analítica e Álgebra Linear. Durante a graduação teve a oportunidade de participar do programa de iniciação científica PIBIC - CNPq, atuando na área de modelagem matemática. Foi bolsista do programa de iniciação e extensão (PIBEX) com o projeto intitulado Palco RU. Possui Curso de Licenciatura Formação de Docente para a educação básica - em Matemática (2019).

3 FERNANDES, Brenda Rodrigues. Possui graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia pela Universidade Federal do Tocantins (2017). Tem experiência na área de bioquímica, atuando principalmente nos seguintes temas: baculovírus, células de mamífero, viabilidade celular, citotoxicidade e iRNA. Atualmente trabalha como analista de laboratório na empresa Mérieux Nutrisciences Brasil e como professora de Química Analítica e Inorgânica na Faculdade FADESA.

Análise da qualidade do carvão vegetal para uso doméstico produzido em sistema artesanal

PINCELLI, Ana Lúcia Piedade Sodero Martins
MINEIRO, Vanessa Aparecida

Resumo

Considerando a importância do carvão vegetal como fonte de energia, vale destacar que o Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de carvão vegetal do mundo. Dentre os principais consumidores de carvão vegetal no país, destaca-se a indústria siderúrgica, que consome mais de 90% de toda a produção nacional. O setor residencial ocupa a segunda posição com a comercialização para uso doméstico, principalmente na região sul do país, empregado geralmente no preparo do churrasco. Neste estudo foram analisadas amostras de carvão vegetal destinado ao uso doméstico, comercializados na região de Capão Bonito/SP, com o intuito de verificar a qualidade do produto em relação às suas propriedades físicas (teor de umidade e massa específica - densidade a granel) e energéticas (teores de materiais voláteis, de cinzas e de carbono fixo), e comparar com os padrões exigidos pelo Carvão Vegetal Qualidade São Paulo. Os valores médios determinados estão abaixo dos requisitos do Selo Premium, promulgado pela Resolução nº 40 SAA, de 14 de dezembro de 2015, no Estado de São Paulo. O teor de umidade variou entre 4,5 e 6,35%, a massa específica variou na faixa de 159 a 245 Kg.m⁻³, e os teores de materiais voláteis, de cinzas e de carbono fixo apresentaram valores entre 28,18 e 43,30%, 0,44 e 2,76%, e 53,94 e 69,87%, respectivamente. Os resultados obtidos neste estudo estão condizentes com valores encontrados por outros autores, e traduzem a realidade de processos de carbonização e seleção de matéria-prima abaixo do desejado, para obtenção de um carvão vegetal de boa qualidade.

Palavras-chave: silvicultura, eucalipto, energia, análise imediata

Abstract

Considering the importance of charcoal as an energy source, it is worth noting that Brazil is one of the largest producers and consumers of charcoal in the world. Among the main consumers of charcoal in the country, the steel industry stands out, which consumes more than 90% of all national production. The residential sector occupies the second position with commercialization for domestic use, mainly in the southern region of the country, generally used in the preparation of barbecue. In this study, samples of charcoal for domestic use, sold in the region of Capão Bonito/SP, were analyzed in order to verify the quality of the product in relation to its physical properties (moisture content and specific mass - bulk density) and energetic (contents of volatile materials, ash and fixed carbon), and compare with the standards required by the São Paulo Quality Vegetable Charcoal. The average values determined are below the requirements of the Premium Seal, enacted by Resolution No. 40 SAA, of December 14, 2015, in the State of São Paulo. The moisture content ranged between 4.5 and 6.35%, the specific mass ranged from 159 to 245 Kg.m⁻³, and the volatile material, ash and fixed carbon contents presented values between 28.18 and 43.30%, 0.44 and 2.76%, and 53.94 and 69.87%, respectively. The results obtained in this study are consistent with values found by other authors, and reflect the reality of carbonization processes and selection of raw material below the desired level, in order to obtain a good quality charcoal.

Keywords: forestry, eucalyptus, energy, immediate analysis

Resumen

Considerando la importancia del carbón vegetal como fuente de energía, cabe señalar que Brasil es uno de los mayores productores y consumidores de carbón vegetal del mundo. Entre los principales consumidores de carbón vegetal del país se destaca la industria siderúrgica, que consume más del 90% de toda la producción nacional. El sector residencial ocupa la segunda posición con comercialización para uso doméstico, principalmente en la región sur del país, generalmente utilizado en la preparación de asados. En este estudio, fueron analizadas muestras de carbón vegetal de uso doméstico, comercializadas en la región de Capão Bonito/SP, con el fin de verificar la calidad del producto en relación a sus propiedades físicas (contenido de humedad y masa específica - densidad aparente) y energéticas (contenido de materiales volátiles, cenizas y carbón fijo), y comparar con los estándares exigidos por el Carbón Vegetal de Calidad de São Paulo. Los valores medios determinados están por debajo de los requisitos del Sello Premium, promulgado por Resolución nº 40 SAA, de 14 de diciembre de 2015, en el Estado de São Paulo. El contenido de humedad osciló entre 4,5 y 6,35%, la masa específica osciló entre 159 y 245 Kg.m⁻³, y los contenidos de materia volátil, cenizas y carbono fijo presentaron valores entre 28,18 y 43,30%, 0,44 y 2,76%, y 53,94 y 69,87%, respectivamente. Los resultados obtenidos en este estudio son consistentes con valores encontrados por otros autores, y reflejan la realidad de los procesos de carbonización y selección de materia prima por debajo del nivel deseado, con el fin de obtener un carbón vegetal de buena calidad.

Palabras clave: silvicultura, eucalipto, energía, análisis inmediato.

INTRODUÇÃO

Considerando a importância de estudos relacionados com a produção de carvão vegetal, vale destacar que o Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de carvão vegetal do mundo. Segundo o Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional (BEN, 2021), a lenha e o carvão vegetal representam 8,9% das fontes renováveis presentes da matriz energética brasileira.

O Brasil possui, aproximadamente, 9 milhões de hectares de florestas plantadas, e 12,6% desse total é destinado à siderurgia a carvão vegetal. Em 2020, foram produzidas mais de 6 milhões de toneladas de carvão vegetal, sendo 94% oriundas de madeira de florestas de eucalipto. Estima-se que mais de 60% dessa produção provém de pequenos e médios produtores, e o restante produzido pelas empresas integradas. Os principais consumidores são os produtores de ferro-gusa e aço (73,52%), ferro-ligas e silício metálico (10,95%) e os setores residencial e comercial (12,26%), sendo os outros 3,27% destinados a outros usos (PEREIRA e CARNEIRO, 2021).

O setor residencial ocupa a segunda posição com a comercialização para uso doméstico, utilizado para aquecimento e conforto térmico e, principalmente, como fonte de calor para o preparo de alimentos como churrasco, alimento de grande importância cultural do país (DIAS JÚNIOR et al., 2015).

A carbonização da madeira consiste no seu aquecimento a temperatura entre 350 e 500 °C, na presença controlada de oxigênio, aumentando o teor de carbono a partir de modificações de seus componentes. Para a produção de carvão vegetal, a madeira deve conter maior teor de lignina e menor teor de holoceluloses, bem como maior densidade (PALUDZYSYN FILHO, 2008; VITAL et al., 2013). Fatores como impurezas, temperatura de carbonização, taxa de aquecimento e pressão, afetam o rendimento e qualidade do carvão produzido (CARNEIRO et al., 2013).

Cerca de 80% do carvão vegetal usado comercialmente no Brasil é produzida em fornos “rabo quente” feitos de tijolos, que têm eficiências de conversão entre 25 e 30%. Alguns fornos modernos têm eficiências de até 40%, mas os métodos de carbonização mais comumente usados para carvão não industrial em países em desenvolvimento são os fornos tradicionais de terra com eficiências de 10 a 22% (BAILIS et al., 2013). De acordo com Rodrigues e Junior (2019), os fornos de carbonização variam em relação à dimensão e capacidade de produção, materiais de construção (alvenaria, metal, uma mistura de ambos), forma, número de chaminés, mecanização, níveis de controle do processo e fonte de calor (fonte de energia) necessária para aquecer a madeira.

Pode-se citar que a qualidade é o maior problema associado ao uso doméstico do carvão vegetal. A baixa qualidade do produto, além de causar prejuízos financeiros ao consumidor, poderá trazer prejuízos à saúde deste.

Segundo Rosa (2010), um carvão vegetal proveniente de madeira muito heterogênea pode possuir partes não carbonizadas, que por sua vez, podem emitir mais de 130 substâncias tóxicas, contaminando assim alimentos e pessoas. Por esse motivo, é necessário o investimento na boa qualidade do carvão vegetal produzido, principalmente para uso doméstico, onde o consumidor não costuma utilizar métodos que minimizem a inalação desses gases tóxicos.

O carvão vegetal para ser considerado de boa qualidade para o uso doméstico, deve reunir algumas características como: alta densidade relativa aparente; alto teor de carbono fixo; alto poder calorífico; baixa umidade; baixo teor de materiais voláteis e baixo teor de cinzas (BRITO, 2002; RIBEIRO e VALE, 2006; ROSA et al., 2012).

Essas características influenciam diretamente a posterior queima do carvão vegetal em relação à quantidade de energia a ser liberada e a emissão ou não de fumaça. Contudo, não há leis que regulamentem a produção com qualidade satisfatória mínima, tão pouco regulamentação que avalie se o carvão produzido está ou não dentro dos padrões de qualidade.

Como não existe uma norma nacional estabelecida para determinar a qualidade do carvão vegetal para uso doméstico, o Estado de São Paulo criou, em 2003, o Selo Premium atribuído para Carvão Vegetal Premium regido pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA), com o objetivo de padronizar características de qualidade, conforme Oliveira et al. (2015). Para receber este selo o carvão vegetal deve ser oriundo de madeira de florestas plantadas, submetida ao processo de carbonização em fornos especialmente construídos para este fim e apresentar valores abaixo de determinados parâmetros.

A Resolução nº 10 SAA, de 11 de julho de 2003, define padrões mínimos de qualidade para carvão vegetal como base para certificação de produtos pelo Sistema de Qualidade de Produtos Agrícolas, Pecuários e Agroindustriais do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2003). Essa Resolução foi revisada e atualmente vigora a Resolução nº 40 SAA, de 14 de dezembro de 2015, com algumas alterações em relação a do ano de 2003.

Quanto à Resolução SAA nº 40/2015, além de estabelecer níveis para as características físico-químicas do carvão, define procedimento para amostragem e ensaio, bem como adentra em questões de boas práticas de processamento do carvão; condições de conservação, manuseio,

armazenamento, embalagem e expedição; aspectos de segurança do trabalho e preservação ambiental; e expressa de vedação ao uso de mão-de-obra infantil (SÃO PAULO, 2015). O teor da Resolução SAA nº 40/2015 denota a preocupação do agente estadual em disciplinar um segmento que, notoriamente e em sua maioria, é caracterizado pela precariedade nas relações produtivas e de trabalho.

São considerados valores satisfatórios para um carvão vegetal de boa qualidade aqueles que se encontram acima de 73% para o teor de carbono fixo, abaixo de 1,5 e 5,0% para os teores de cinzas e de umidade, respectivamente, e acima de 200 Kg.m⁻³ para a densidade a granel (SÃO PAULO, 2015).

As propriedades físicas, químicas, mecânicas e anatômicas do carvão vegetal são sensivelmente afetadas pelas características intrínsecas à madeira e pelos parâmetros de 24 carbonização utilizados (ASSIS et al., 2016; COSTA et al., 2017; KAN; STREZOV; EVANS, 2016). A temperatura final de carbonização, taxa de aquecimento, tempo de residência e pressão são parâmetros do processo que mais influenciam a qualidade do carvão vegetal.

O controle da qualidade é o primeiro passo para melhorar a eficiência do processo de carbonização e, conseqüentemente, as características do produto. O Carvão Vegetal Qualidade São Paulo é uma iniciativa relevante para garantir a qualidade do carvão vegetal destinado à cocção de alimentos e esse tipo de estudo permite a definição de parâmetros mínimos de qualidade específicos, de acordo com as características da matéria-prima utilizada, agregando valor ao produto, diferenciando-o e beneficiando a cadeia produtiva.

Este estudo teve como objetivo realizar uma análise sobre os aspectos de qualidade do carvão vegetal destinado ao uso doméstico, comercializado na região de Capão Bonito/SP, através dos principais parâmetros físicos e energéticos (teor de umidade, densidade a granel - massa específica, e teores de materiais voláteis, de cinzas e de carbono fixo), e comparar com os padrões exigidos pelo Selo Premium para Carvão Vegetal Qualidade São Paulo.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

O estudo foi realizado com madeiras de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) compradas na região de Capão Bonito/SP (Figura 1), submetidas ao processo de carbonização para uso doméstico no

sistema artesanal. O forno utilizado na carbonização possuía medidas de 2,90 m de largura na base e 1,80 m de altura na parte central, feito de tijolo e barro (Figura 2).

Figura 1. Madeiras de eucalipto para uso no processo de carbonização adquiridas na região de Capão Bonito/SP



Fonte: Autores.

Foram realizadas para o estudo quatro carbonizações, que decorreram, cada uma delas, de três dias carbonizando e mais um dia resfriando, levando, em média, uma semana para cada uma das quatro carbonizações (Figura 3). É importante ressaltar que a condução dos processos de carbonização foi realizado de forma empírica, ou seja, sem o controle de temperatura e sem nenhum mecanismo de controle das emissões.

Figura 2. Forno de alvenaria utilizado para a carbonização artesanal, na região de Capão Bonito/SP



Fonte: Autores.

Figura 3. Carvão vegetal inteiro obtido em forno de alvenaria artesanal de uma das carbonizações



Fonte: Autores.

No final dos processos, foi coletado aleatoriamente, de cada uma das quatro carbonizações, um saco de carvão vegetal inteiro de aproximadamente 10 kg (Figura 4). O carvão vegetal produzido nestas condições é normalmente comercializado na região de Capão Bonito/SP e Sorocaba/SP.

Figura 4. Embalagem do carvão vegetal inteiro em saco de 10 kg após a finalização de uma das carbonizações



Fonte: Autores.

Métodos

As análises das propriedades físicas (teor de umidade e densidade a granel - massa específica) foram realizadas no Laboratório de Bioquímica da Fatec Capão Bonito, e as análises energéticas (teores de materiais voláteis, de carbono fixo e de cinzas) foram realizadas no Laboratório de Química da Fatec Piracicaba - Deputado Roque Trevisan.

Para os ensaios dos quatro sacos de 10 Kg cada de carvão (um saco correspondente a cada carbonização), as amostras foram identificadas pelas letras A, B, C e D, aleatoriamente.

Para a determinação do teor de umidade, as amostras selecionadas para tal, de cada um dos quatro sacos de carvão, foram inicialmente pesadas para obtenção da massa inicial úmida corrente e em seguida colocadas em estufa a 103 ± 2 °C, até atingirem peso constante, quando então foram novamente pesadas até que este atingisse um valor constante. Desse modo, calculou-se o teor médio de umidade das amostras, o qual foi realizado em triplicata, expresso em porcentagem, como mostra a Equação 1.

$$U = [(P_u - P_s) / P_u] * 100 \quad (1)$$

onde:

U = teor de umidade, em %
P_u = peso úmido, em g

P_s = peso seco, em g

Na determinação da densidade a granel - massa específica das quatro amostras de carvão, foram utilizados béqueres com volumes aferidos com trena, calculados pela fórmula do cilindro, sendo a análise em triplicata. No preenchimento dos béqueres com as amostras de carvão, seguiu-se as orientações de acordo com a norma ABNT NBR 6922/81: a) Inclinação da queda do carvão inferior a 45°; b) Altura da queda de cerca de 50 mm acima do topo do recipiente; c) Ponto de queda ao mais próximo do centro; d) Preenchimento até o vértice da pirâmide atingir o nível do béquer; e) Não manipulação ou organização dos carvões no béquer, sendo apenas o carvão despejado até o preenchimento; f) Aferição da massa realizada em balança com precisão de 0,01g.

A massa específica foi determinada por meio da Equação (2):

$$D = (M_2 - M_1) / V \quad (2)$$

onde:

D = massa específica, em Kg.m⁻³

M₂ = massa do recipiente preenchido com carvão, em Kg
M₁ = massa do recipiente vazio, em kg

V = volume do recipiente, em m³

Com relação às propriedades energéticas, através da análise imediata, as amostras dos quatro carvões foram moídas e as partículas obtidas foram passadas em peneiras. As partículas utilizadas para o ensaio, foram as que ficaram retidas entre as peneiras de 40 e 60 mesh. Desse modo, as amostras de partículas foram submetidas à análise conforme os procedimentos descritos baseados na ABNT NBR 8112/86, realizada em triplicata.

Para a determinação dos materiais voláteis, pesou-se 1,0000 g das amostras em cadinho de porcelana, os quais foram levados à estufa aquecida a 900 °C, sob os procedimentos descritos a seguir: a) Deixados por três minutos na entrada do forno mufla (marca Quimis) ainda com a porta aberta (≅ 500 °C); b) Deixados por 7 minutos no fundo da mufla, com a porta fechada (≅

900 °C); c) Deixados por 3 minutos na parte externa da mufla sobre a porta (\cong 300 °C); d) Em seguida, levados ao dessecador por aproximadamente 30 minutos para que atingissem a temperatura ambiente; e) Por fim, a pesagem em balança com precisão de 0,001 g.

O teor de materiais voláteis foi determinado por meio da Equação (3):

$$MV (\%) = [(M_2 - M_3) / M] * 100 \quad (3)$$

onde:

MV = teor de materiais voláteis, em %

M_2 = massa inicial do cadinho + amostra, em g M_3 = massa final do cadinho + amostra, em g
M = massa da amostra, em g

Dando continuidade ao experimento para a determinação do teor de cinzas, os cadinhos voltaram novamente à mufla para incineração total à temperatura de 900 °C, por 4 horas. Terminada a incineração, as amostras foram acondicionadas no dessecador por aproximadamente 30 minutos a fim de que atingissem a temperatura ambiente.

O teor de cinzas foi determinado por meio da Equação (4):

$$Z (\%) = [(M_4 - M_5) / M] * 100 \quad (4)$$

onde:

Z = teor de cinzas, em %

M_4 = massa cadinho + massa das cinzas, em g M_5 = massa do cadinho, em g

M = massa da amostra, em g

A determinação do teor de carbono fixo é uma medida indireta, obtida através do cálculo da Equação (4) utilizando os parâmetros previamente determinados:

$$CF (\%) = 100 - (MV + Z) \quad (4)$$

onde:

CF = teor de carbono fixo, em %

MV = teor de materiais voláteis, em % Z = teor de cinzas, em %

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos do teor de umidade e massa específica (densidade a granel) dos carvões vegetais analisados, se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios e desvios padrões dos teores de umidade e massa específica (densidade a granel) dos carvões vegetais de *Eucalyptus* spp. das quatro carbonizações (A, B, C e D)

Amostras de Carvão Vegetal	Teor de Umidade (%)		Massa Específica (Kg.m ⁻³)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
A	5,38	0,662	171,1	3,60
B	6,35	0,850	245,1	9,40
C	4,50	0,154	198,8	9,82
D	4,79	0,151	159,4	14,58

Fonte: Autores

Os valores médios do teor de umidade encontrados mantiveram-se entre 4,50 e 6,35% e são condizentes com valores encontrados por outros autores, visto que Rosa et al. (2012) encontraram valores de umidade de 4,05 a 5,99%, enquanto Oliveira et al. (2015) obtiveram teores entre 4,02 e 7,7%. Segundo a exigência do Selo Premium - SP, são considerados valores satisfatórios para um carvão vegetal de boa qualidade aqueles que se encontram abaixo de 5,0% para umidade.

A umidade possui uma relação inversamente proporcional com a qualidade do carvão vegetal, devido sua interferência no rendimento em energia. Quanto maior a quantidade de água presente no material, maior será o volume de fumaça, o que prejudica sua qualidade para cocção, pois pode influenciar no sabor do alimento. Além disso, aumenta o consumo de energia para a remoção da umidade inicial do carvão, retardando a ignição e sua combustibilidade (DIAS JÚNIOR et al., 2016).

Na determinação da massa específica (densidade a granel) dos carvões, os valores médios obtidos variaram de 159 a 245 Kg.m⁻³, o que se assemelha aos resultados encontrados na literatura, onde o valor normalmente varia entre 160 a 300 Kg.m⁻³ (CARNEIRO et al., 2011).

A densidade é um dos parâmetros mais importantes para determinar a qualidade do carvão. Por exemplo, para a siderurgia de acordo com Latorre (2014), o carvão deve possuir a maior densidade a granel possível (> 250 kg.m⁻³), de forma que o mesmo (agente redutor) ocupe o menor

volume possível no alto forno. Pela exigência do Selo Premium - SP, pedaços sólidos, os quais, quando depositados a granel, devem apresentar densidade acima de 200 kg.m⁻³.

Em relação aos resultados dos teores de materiais voláteis, de cinzas e de carbono fixo, os valores determinados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios e desvios padrões dos teores de materiais voláteis, de cinzas e de carbono fixo dos carvões vegetais de *Eucalyptus* spp. das quatro carbonizações (A, B, C e D)

Amostras de Carvão Vegetal	Teor de Mater. Voláteis (%)		Teor de Cinzas (%)		Teor de Carbono Fixo (%)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
A	43,30	0,90	2,76	0,04	53,94	0,86
B	34,59	0,56	4,58	0,21	60,82	0,71
C	32,59	0,06	0,44	0,03	66,97	0,08
D	28,18	1,02	1,95	0,12	69,87	0,91

Fonte: Autores

Todas as amostras de carvão vegetal apresentaram índices altos para o teor de materiais voláteis, entre 28,18 e 43,30%, e para o teor de cinzas (exceto a amostra C), entre 0,44 e 4,58%, acarretando baixos valores para o teor de carbono fixo, com resultados entre 53,94 e 69,87 %. O Selo Premium - SP destaca que o teor de cinzas deve ser inferior a 1,5% e o teor de carbono fixo deve ser superior a 73%.

Sobre o teor de carbono fixo, os resultados médios encontrados foram próximos aos observados por Costa et al. (2014), estudando cinco espécies de ocorrência no Cerrado, assim como Assis et al. (2012), avaliando o clone de um híbrido de *Eucalyptus* em diferentes idades e locais.

Para uma melhor eficiência energética do carvão vegetal é desejado que o material possua um elevado teor de carbono fixo, e baixos teores de materiais voláteis e cinzas, uma vez que essas variáveis apresentam significativas correlações com o poder calorífico do carvão. Além disso, combustíveis com essas características tendem a queimar mais lentamente, com uma chama mais estável até a queima total (NEVES et al., 2011).

Como citado anteriormente, o Selo Premium - SP destaca que o teor de umidade deve ser abaixo de 5,0%, densidade a granel acima de 200 kg.m⁻³, teor de cinzas deve ser abaixo de 1,5% e o teor de carbono fixo deve ser superior a 73% (SÃO PAULO, 2015). Assim, comparando os resultados obtidos neste trabalho, somente quatro valores médios estariam dentro dos padrões exigidos no selo entre todas as médias de análises determinadas (Tabela 3), sendo que apenas as

umidades das amostras dos carvões C e D atendem o requisito do selo, assim como a densidade a granel do carvão B e o teor de cinzas do carvão C. Portanto, todas as demais características não atendem as exigências necessárias resultando em produtos de qualidade abaixo do esperado, embora nenhum produto possua o selo, o que justifica tais valores obtidos sem que se possa exigir algo do fabricante.

Tabela 3. Síntese das médias dos resultados das análises físicas e energéticas dos carvões vegetais, sendo os itens em cinza claro os que atendem o Selo Premium - SP e os em cinza escuro os que não atendem

Amostras de Carvão Vegetal	Teor de Umidade (%)	Massa Específica (Kg.m ⁻³)	Teor de Cinzas (%)	Teor de Carbono Fixo (%)
A	5,38	171,1	2,76	53,94
B	6,35	245,1	4,58	60,82
C	4,50	198,8	0,44	66,97
D	4,79	159,4	1,95	69,87
Selo São Paulo Premium	< 5 %	> 200 Kg.m ⁻³	< 1,5 %	> 73 %

Fonte: Autores

De modo geral, os resultados são condizentes com processos de carbonização ineficazes. Quando submetidas ao processo de carbonização controlado em laboratório, carvão de diferentes materiais genéticos apresentam melhores resultados. Santos (2010) obteve valores para o teor de carbono fixo variando entre 85,33 e 87,52%, para o teor de materiais voláteis entre 11,74 e 14,27%, e o teor de cinzas entre 0,39 e 0,76%. Todos atendem os padrões de qualidade citados anteriormente.

CONCLUSÃO

Quanto à análise do teor de umidade, as médias variaram entre 4,5 e 6,35%; os valores médios para a densidade a granel - massa específica variaram de 159 a 245 Kg.m⁻³; em relação ao teor de materiais voláteis, as médias foram entre 28,18 e 43,30%; o teor de cinzas, as médias variaram entre 0,44 e 2,76% e os valores médios do teor de carbono fixo na faixa de 53,94 a 69,87%. Os resultados alcançados neste trabalho estão condizentes com valores encontrados por experimentos realizados por outros autores, embora estejam aquém de valores consideráveis.

Com relação aos requisitos do Selo Premium, promulgado pela Resolução n.º 10 SAA, de 11 de julho de 2003, alterada pela Resolução n.º 40 SAA, de 14 de dezembro de 2015 - emitida pela SAA/SP, nenhum carvão vegetal das carbonizações realizadas se enquadraria nas exigências

mínimas estipuladas, o que representa a baixa qualidade dos produtos analisados, frente às condições desejadas em um carvão vegetal de qualidade.

Conclui-se que, além da seleção de matéria-prima abaixo do desejado, um dos grandes fatores de influência nos baixos resultados, é justamente o processo de carbonização que são precários, de baixa eficiência e controle por parte dos produtores, pois resultados laboratoriais com controle precisos alcançam valores muito superiores aos encontrados em produtos à venda no mercado.

REFERÊNCIAS

ASSIS, M. R.; BRANCHERIAU, L.; NAPOLI, A.; TRUGILHO, P. F. Factors affecting the mechanics of carbonized wood: literature review. *Wood Science and Technology*, New York, v. 50, p. 519-536, Mar. 2016.

ASSIS, M. R. DE; PROTÁSIO, T. DE P.; ASSIS, C. O. DE; TRUGILHO, P. F.; SANTANA, W. M. S. Qualidade e rendimento do carvão vegetal de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 2, n. 71, p. 291-302, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6922: carvão vegetal - ensaios físicos - *determinação da massa específica (densidade a granel)*. Rio de Janeiro, 1981. 2 p.

_____. NBR 8112: carvão vegetal - *análise imediata*. Rio de Janeiro, 1986. 5 p.

BAILIS, R., RUJANAVECH, C., DWIVEDI, P., DE OLIVEIRA VILELA, A., CHANG, H., DE MIRANDA, R. C. Innovation in charcoal production: a comparative life-cycle assessment of two kiln technologies in Brazil. *Energy for Sustainable Development*, v. 17, n. 2, p. 189–200, 2013. DOI: 10.1016/j.esd.2012.10.008.

BRITO, J. O. A escolha certa do carvão. *Revista Churrasco e Churrascarias*, v. 5, n. 24, p. 16, 2002.

CARNEIRO, A. C. O.; BARCELLOS, D. C.; SANTOS, R. C. *Treino carvão vegetal: apostila teórica e prática*. Viçosa-MG, 2011. 129p.

CARNEIRO, A. C. O., VITAL, B. R., OLIVEIRA, A. C., PEREIRA, B. L. C. Pirólise lenta da madeira para produção de carvão vegetal. In: SANTOS, F.; COLODETE, J.; QUEIROZ, J. H. *Bioenergia & Biorrefinaria: Cana-de-Açúcar & Espécies Florestais*. Viçosa, MG: Os Editores, 2013. p. 429-457.

COSTA, L. J.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; SIMETTI, R.; BASTOS, T. A. Caracterização mecânica do carvão vegetal de clones de *Corymbia*. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 45, n. 116, p. 629-639, dez. 2017.

COSTA, T. G.; BIANCHI, M. L.; PROTÁSIO, T. DE P.; TRUGILHO, P. F.; PEREIRA, A. J. Qualidade da madeira de cinco espécies de ocorrência no cerrado para produção de carvão vegetal. *Cerne*, Lavras, MG, v. 20, 2014.

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 82-99

Análise da qualidade do carvão vegetal para uso doméstico produzido em sistema artesanal

PINCELLI, Ana Lúcia Piedade Sodero Martins; MINEIRO, Vanessa Aparecida

DIAS JÚNIOR, A. F.; ANDRADE, C. R.; BRITO, J. O.; MILAN, M. Desdobramento da Função Qualidade na avaliação da qualidade do carvão vegetal comercializado para cocção de alimentos. *Floresta & Ambiente*, Seropédica, RJ, v. 22, n. 2, p. 262-270, 2015.

DIAS JÚNIOR, A. F.; PIROLA, L. P.; TAKESHITA, S.; LANA, A. Q.; BRITO, J. O.; ANDRADE, A. M. Higrscopicity of charcoal produced in different temperatures. *Cerne*, Lavras, v. 22, n. 4, p. 423-430, 2016.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética) *Balço Energético Nacional (BEN) 2021 Balço Energético Nacional (BEN) 2021: Ano base 2020, 2021*. Disponível em <https://ben.epe.gov.br>. Acesso em mar/2021.

KAN, T.; STREZOV, V.; EVANS, T. J. Lignocellulosic biomass pyrolysis: a review of product properties and effects of pyrolysis parameters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Oxford, v. 57, p. 1126-1140, May 2016.

LATORRE, F. L. *Qualidade do Carvão Vegetal Siderúrgico*. Fórum Nacional sobre Carvão Vegetal. Belo Horizonte, MG: Sociedade de Investigações Florestais (SIF). 2014.

NEVES, T. A.; PROTÁSIO, T. DE P.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V. O.; VIEIRA, C. M. M. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. *Revista Pesquisa Florestal Brasileira*. Colombo, v. 31, n. 68, p. 319-330, out/2011.

OLIVEIRA, A. F.; BAVARESCO, A.; PESSUTI, C. A. A.; MIYASHIRO, C. S.; FRANK, J. Análise da qualidade do carvão para consumo doméstico de quatro municípios do estado do Paraná. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*. v. 4, p. 102-111, set/2015.

PALUDZYSYN FILHO, E., Melhoria do eucalipto para a produção de energia. *Revista Opiniões*, Ribeirão Preto, n. 15, jun./ago. 2008.

PEREIRA, B. L. C.; CARNEIRO, A. DE C. O. O impacto da densidade na qualidade do carvão vegetal. *Revista Opiniões*, Ribeirão Preto, n. 65, set./nov. 2021.

RIBEIRO, P. G.; VALE, A. T. Qualidade do carvão vegetal de resíduos de serraria para o uso doméstico. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Florianópolis. *Anais*. Belém: Universidade Federal do Paraná. 2006.

RODRIGUES, T.; JUNIOR, A. B. Charcoal: A discussion on carbonization kilns. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, v. 143, Outubro 2019 a. ISSN <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2019.104670>.

ROSA, R. A. *Qualidade do carvão vegetal, para uso doméstico, comercializado em três municípios do estado do Espírito Santo*. 55f. Monografia (Graduação), Universidade Federal do Espírito Santo, 2010.

ROSA, R. A.; ARANTES, M. D. C.; PAES, J. B.; ANDRADE, W. S. P.; MOULIN, J. C. Qualidade do carvão vegetal para o consumo doméstico. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, Gurupi, v. 3, n. 2, p. 41-48, 2012.

SANTOS, R. C. DOS. *Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto*. 2010. 122 f. Tese (Doutorado em Ciências e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 82-99

Análise da qualidade do carvão vegetal para uso doméstico produzido em sistema artesanal
PINCELLI, Ana Lúcia Piedade Sodero Martins; MINEIRO, Vanessa Aparecida

SÃO PAULO: Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução no 40 SAA, de 14 de dezembro de 2015. *Diário Oficial do Poder Executivo*, São Paulo, SP (2015 dez).

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Resolução no 10 SAA, de 11 de julho de 2003. *Diário Oficial do Poder Executivo*, São Paulo, SP (2003 jul).

VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. DE C. O.; PEREIRA, B. L. C., Qualidade da madeira para fins energéticos. In: SANTOS, F.; COLODETE, J.; QUEIROZ, J. H. *Bioenergia & Biorrefinaria: Cana-de-Açúcar & Espécies Florestais*. Viçosa, MG: Os Editores, 2013. p. 321-354.

1 PINCELLI, Ana Lúcia Piedade Sodero Martins. Possui graduação em Engenharia Florestal pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ/USP (1995), Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras - ESALQ/USP (1999) e Doutorado em Ciências (Programa: Recursos Florestais) - ESALQ/USP (2011). Tem experiência na área de Recursos Florestais, com ênfase em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais, atuando principalmente nos seguintes temas: caracterização química, física e energética da madeira, torrefação, termorretificação, energia da biomassa, resíduos florestais, eucalipto e pinus. Foi Professora Substituta dos Cursos de Engenharia Florestal e Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar (2011). É Professora Associada dos Cursos Superiores de Tecnologia em Silvicultura e em Agroindústria, da Faculdade de Tecnologia de Capão Bonito - FATEC CB, e de Tecnologia em Biocombustíveis, da FATEC Piracicaba - Dep. Roque Trevisan. Atualmente é Coordenadora do Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis da FATEC Piracicaba. Pesquisadora nos grupos de pesquisa Bioenergia e Bioprodutos de Base Florestal no CNPq, vinculados aos Laboratórios Integrados de Química, Celulose e Energia (LQCE) do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, e ao Laboratório de Energia da Biomassa (LEB) do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM/CCAE/UFES). Integra as Comissões de Iniciação Científica e de Gestão de Resíduos (Professora Responsável) da Fatec Piracicaba. Foi Coordenadora dos Laboratórios de Química e Física da Fatec Piracicaba (2018 a 2021). Atuou como Professora Responsável (Coordenadora) pelos Cursos de Qualificação Profissional do Novotec Expresso na FATEC Piracicaba (2º Sem de 2019 a 2020) e na FATEC Capão Bonito (1º Sem de 2021), programa da Secretaria Estadual de Desenvolvimento Econômico (SDE) e do Centro Paula Souza (CPS). Atuou, em Julho/2021, como Monitora do Programa Minha Chance do CPS, em parceria com a Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Governo do Estado de São Paulo, na tecnologia K2 University&Salesforce no curso ADMINISTRADOR (ADMIN).

2 MINEIRO, Vanessa Aparecida. Graduanda em Tecnologia em Silvicultura pela FATEC de Capão Bonito-SP. Tem experiência na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em Silvicultura.

Uma análise da biomassa como fonte de energia elétrica e investigação de suas tecnologias

COSTA, Bruno Perpétuo
ALTOÉ, Leandra

Resumo

No decorrer do século XX, tornaram-se cada vez mais evidentes os impactos do uso desenfreado de recursos naturais para a produção de energia. Com a crescente preocupação com o meio-ambiente, surgiram discussões sobre a necessidade de se desenvolver novas formas de geração, que sejam sustentáveis, mais limpas e que auxiliem na diversificação da matriz energética dos países. Assim, propôs-se investigar as rotas de conversão e as tecnologias empregadas para geração de energia elétrica a partir da biomassa. Foram apresentados os principais processos para geração de eletricidade, em especial, aqueles empregados nos setores sucroalcooleiro e de papel e celulose, os quais são os dois setores que mais se beneficiem da bioenergia no Brasil. Verificou-se que há notável variedade de tecnologias para transformação da biomassa, desde processos mais simples, como a queima direta e a pirólise, até tecnologias mais complexas, como a gaseificação, esta última superior as demais em termos de eficiência. Ainda assim, há dificuldades para aumentar a utilização dos processos de gaseificação em ciclos combinados, seja para a indústria de papel e celulose ou para a indústria sucroalcooleira, dadas as incertezas sobre os custos atrelados a esta tecnologia, ainda que comprovada sua eficácia.

Palavras-chave: Fontes renováveis de energia; Biomassa; Rotas tecnológicas; Indústria de papel e celulose; Indústria sucroalcooleira.

Abstract

During the 20th century, the impacts of the unbridled use of natural resources for energy production became increasingly evident. With the growing concern with the environment, discussions arose about the need to develop new forms of generation, which are sustainable, cleaner and which help to diversify the energy matrix of countries. Thus, it was proposed to investigate the conversion routes and technologies used to generate electricity from biomass. The main processes for generating electricity were presented, especially those employed in the sugar-alcohol and paper and cellulose sectors, which are the two sectors that most benefit from bioenergy in Brazil. It was found that there is a remarkable variety of technologies for transforming of biomass, from simpler processes, such as direct burning and pyrolysis, to more complex technologies, such as gasification, the latter superior to the others in terms of efficiency. Even so, there are difficulties in increasing the use of gasification processes in combined cycles, whether for the pulp and paper industry or for the sugar and alcohol industry, given the uncertainties about the costs associated with this technology, even though its effectiveness has been proven.

Keywords: Renewable sources of energy; Biomass; Technological routes; Pulp and paper industry; Sugar and alcohol industry.

Resumen

Durante el siglo XX, los impactos del uso desenfrenado de los recursos naturales para la producción de energía se hicieron cada vez más evidentes. Con la creciente preocupación por el medio ambiente, surgieron discusiones sobre la necesidad de desarrollar nuevas formas de generación, que sean sostenibles, más limpias y que ayuden a diversificar la matriz energética de los países. Por lo tanto, se propuso

investigar las rutas de conversión y las tecnologías utilizadas para generar electricidad a partir de biomasa. Se presentaron los principales procesos para la generación de energía eléctrica, especialmente los utilizados en los sectores azúcar y alcohol y papel y celulosa, que son los dos sectores que más se benefician de la bioenergía en Brasil. Se encontró que existe una notable variedad de tecnologías para la transformación de biomasa, desde procesos más simples, como la quema directa y el pirólisis, hasta tecnologías más complejas, como la gasificación, esta última superior a las demás en términos de eficiencia. Todavía así, existen dificultades para aumentar el uso de procesos de gasificación en ciclos combinados, ya sea para la industria de la celulosa y el papel o para la industria del azúcar y el alcohol, dadas las incertidumbres sobre los costos asociados a esta tecnología, aunque su eficacia está demostrada.

Palabras clave: Fuentes renovables de energía; Biomasa; Rutas tecnológicas; Industria de la pulpa y el papel; Industria del azúcar y alcohol.

INTRODUÇÃO

Historicamente, a evolução humana sempre esteve atrelada ao dispêndio de diversas formas de energia. Desde a primeira revolução industrial, com a invenção de máquinas a vapor, as transformações de uma forma de energia em outra guiaram o curso do desenvolvimento mundial. Nos anos seguintes, a geração de vapor foi integrada à geração de movimento que, posteriormente, foi empregada na produção de uma nova forma de energia, a energia elétrica. A partir desse momento, o uso de eletricidade se expandiu e, com isso, gerou avanços e melhorias expressivas para a qualidade de vida da população mundial, aprimorando necessidades básicas como as de alimentação, segurança e movimentação.

Com o passar do tempo, tornaram-se cada vez mais evidentes os impactos do consumo acelerado dos recursos naturais para produção de energia, uma vez que a maior parte das matérias-primas empregadas na produção em grande escala são provenientes de reservas finitas. Essas limitações, assim como o surgimento de legislações ambientais restritivas e a preocupação crescente com o meio-ambiente, evidenciaram a discussão sobre a necessidade de se desenvolver novas formas de geração, que sejam sustentáveis, mais limpas e que auxiliem na diversificação da matriz energética de um país, evitando, também, a dependência de uma só forma de produção (SHAHBAZ et al., 2020).

Dentre as fontes de energia renovável, pode-se destacar a solar, a eólica e da biomassa. Neste âmbito, a biomassa vem despontando como uma alternativa viável para produção de energia por diferentes rotas de conversão energética, sendo essa flexível o suficiente para ser empregada energeticamente tanto na geração de energia elétrica e térmica, quanto para alimentar o setor de transportes (CORTEZ et al., 2008). Uma denominação utilizada para englobar toda a biomassa energética lignocelulósica e seus subprodutos, de modo geral, é a dendroenergia (SANTOS et al., 2016).

Segundo Fardin et al. (2018), dentro do contexto de transformação em eletricidade, a biomassa deve passar por processos de conversão adequados, sejam eles físico-químicos, bioquímicos ou termoquímicos e há diversas tecnologias para esse fim. A depender da rota tecnológica utilizada, a biomassa pode ser inserida em ciclos de geração de energia elétrica, como os ciclos a vapor ou os de turbina a gás. Se considerado ainda que a biomassa passível de conversão é, muitas vezes, resíduo de processos industriais, o seu emprego como fonte de energia elétrica torna-se ainda mais atrativo. Neste sentido, destacam-se as indústrias de papel e celulose e

a sucroalcooleira, cujos resíduos licor negro e bagaço de cana, respectivamente, apresentam notório potencial energético.

O presente trabalho tem por objetivo estudar as principais formas de biomassa passíveis de uso para geração de energia elétrica e as tecnologias empregadas para este fim. Para tanto, foi realizado um levantamento sobre a utilização da biomassa na geração de dendroenergia, de modo geral, contendo seus conceitos fundamentais, seus principais processos de conversão e seu emprego na produção de bioeletricidade. Posteriormente, foram analisados processos e sistemas industriais que usufruem deste tipo de geração, baseando-se nas indústrias de papel e celulose e sucroalcooleira.

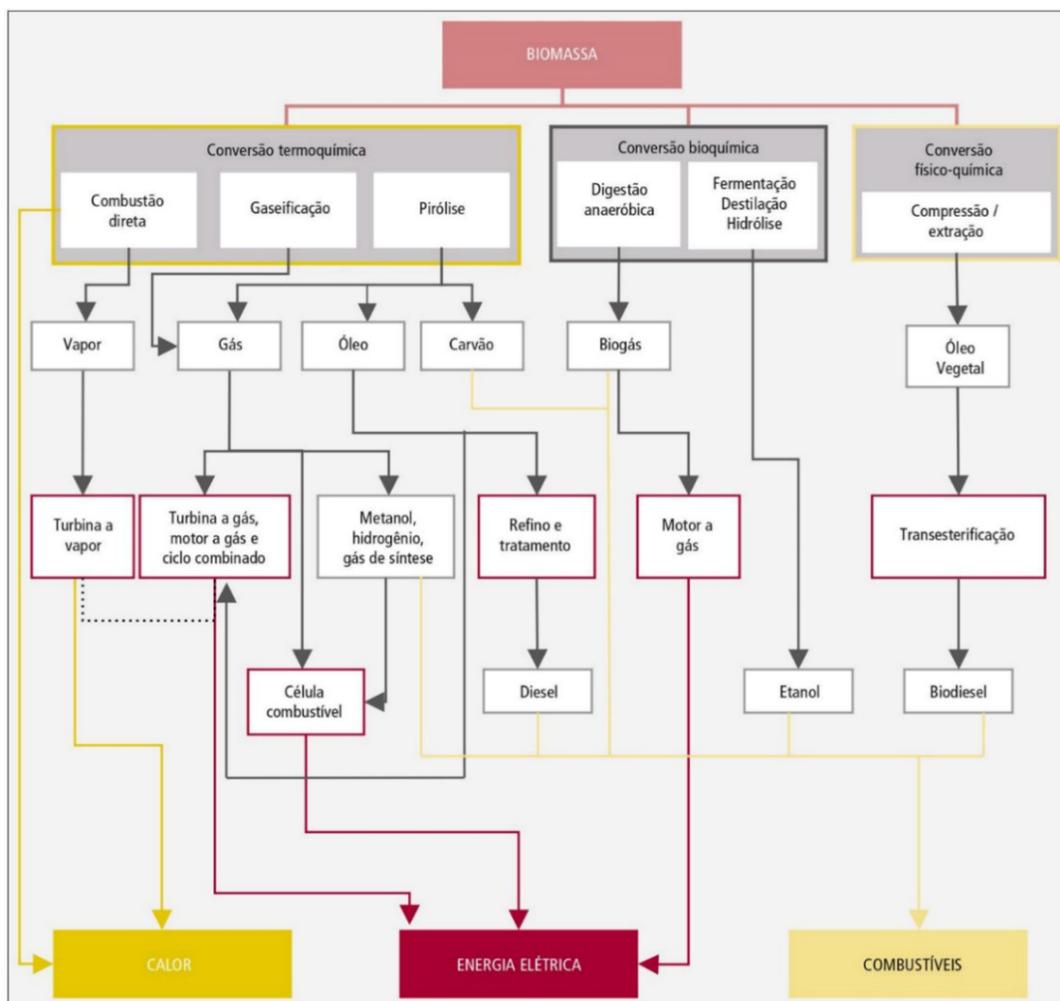
ROTAS DE CONVERSÃO ENERGÉTICA DA BIOMASSA

O termo biomassa é aquele empregado para caracterizar todo tipo de matéria orgânica, seja de origem vegetal ou animal, passível de transformação em energia (ANEEL, 2008). Seu processo de conversão é diversificado e, além da produção de energia (elétrica ou em forma de calor), é capaz de produzir outros subprodutos de valor comercial, tais como o etanol e o biodiesel. Essa fonte de energia pode ser obtida por meio da decomposição de diversos recursos vegetais, resíduos agrícolas e até mesmo urbanos (CHOUDHARY et al., 2020).

De acordo com Rodrigues et al. (2011), “a biomassa é um material bastante heterogêneo, em geral com alto teor de umidade, baixo poder calorífico e teor de carbono fixo, além da granulometria diversa. Para torná-la um combustível eficiente e competitivo, foram desenvolvidos vários processos para a homogeneização e a melhoria de suas propriedades energéticas”.

Uma vez conhecido o tipo de biomassa, é possível inseri-la em uma vasta gama de processos de conversão, estes capazes de gerar diversos produtos de valor comercial em rotas tecnológicas variadas. Alguns destes procedimentos já são consagrados e encontram ampla aplicação no cenário energético atual, enquanto outros ainda são objetos de estudo, sendo gradativamente estudada a sua viabilidade técnica e econômica. A fim de ser utilizada na geração de eletricidade, a biomassa deve ser transformada em um produto intermediário, após ser submetida a processos de conversão que podem ser termoquímicos, bioquímicos e físico-químicos (FARDIN et al., 2018), conforme indicado pela Figura 1.

Figura 1 – Rotas para conversão da biomassa



Fonte: Larkin et al. (2004) apud EPE (2007).

Dentre as principais rotas de conversão existentes, a mais amplamente empregada é a termoquímica, sendo esta composta pelos processos de gaseificação, pirólise e combustão direta (ZANONI; SCHAITZA, 2017), ou seja, neste tipo de conversão, a biomassa é transformada em calor por meio de procedimentos combustivos.

Na combustão direta, a biomassa é queimada em fornos, caldeiras ou fogões sendo a fonte de carbono necessária para reagir com o oxigênio fornecido gerando, assim, calor. Embora seja prático e/ou conveniente, tal processo é normalmente ineficiente (ANEEL, 2008). A combustão direta da madeira, por exemplo, é ainda amplamente empregada em países em desenvolvimento. Os vapores produzidos por esta técnica, ou pelo calor proveniente dela, é então utilizado em turbinas apropriadas para sua conversão em energia elétrica.

A pirólise, por sua vez, é a decomposição termoquímica da mesma na ausência de oxigênio, onde são produzidos sólidos (carvão vegetal), óleos e gases pirolíticos, sendo a fração destes produtos dependentes do tipo de biomassa, da temperatura de operação, assim como da taxa de aquecimento e do tempo de residência (PANG, 2019). O processo de pirólise mais comum, a carbonização, nada mais é que a transformação da biomassa em um produto intermediário com valor energético maior, neste caso, o carvão. Para este, a densidade energética é duas vezes maior que o material de origem, além de sua queima atingir temperaturas mais elevadas. Subprodutos de interesse também incluem gás combustível, alcatrão e ácido pirolenhoso (ANEEL, 2008). Como resultado desse processo, os produtos são obtidos em duas formas: sólida e gasosa. Uma parte da fração gasosa é condensada, formando, então, o alcatrão. Entretanto, algumas literaturas mencionam apenas os produtos voláteis (gasosos) e o carvão, denominando esse procedimento como desvolatilização de biomassa. De todo modo, a distinção dos produtos em três grupos é predominante (KACZOR et al., 2020).

Já a gaseificação é o nome dado às tecnologias nas quais biomassas sólidas são transformadas em gasosas em reações que envolvem quantidades de oxigênio ou ar inferiores ao mínimo necessário para que haja combustão. A conversão térmica da biomassa em gás combustível ocorre em altas temperaturas e o gás gerado no gaseificador – também chamada de gás de síntese ou *syngas* (*synthesis gas*), pode então ser queimado ou usado como combustível (SALES, 2007), seja em motores ou turbinas.

Para fins de geração de energia, as três rotas termoquímicas citadas mostram-se interessantes, uma vez que geram produtos passíveis de queima e consequente geração de vapor, usado na produção de energia ao serem inseridas em ciclos a vapor, havendo ainda uma gama de opções a serem consideradas no escopo da geração de eletricidade e seus rendimentos (TOLMASQUIM et al., 2016).

TECNOLOGIAS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA BIOMASSA

Da utilização da biomassa para geração de energia elétrica, as rotas tecnológicas de melhor aproveitamento incluem sistemas em ciclos a vapor (nos quais são normalmente empregados combustíveis sólidos) e em turbinas a gás (sistemas estes que requerem combustíveis em fase líquida ou gasosos, com especificações físico-químicas adequadas) (CORTEZ et al., 2008).

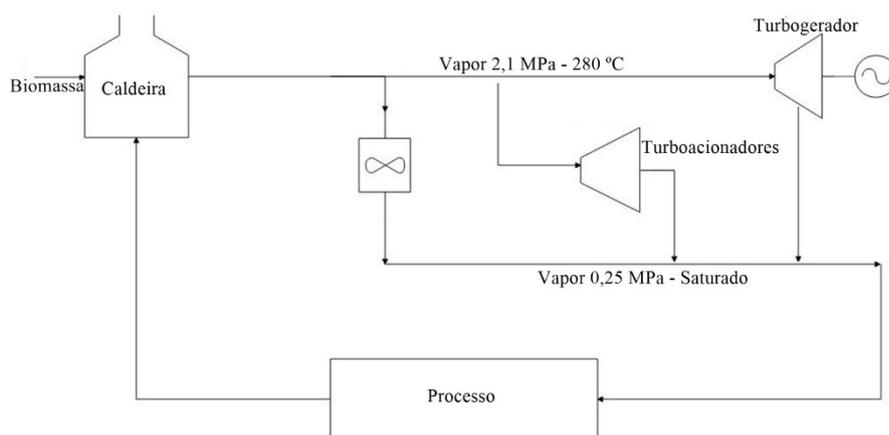
Atualmente, a rota de geração de energia elétrica de maior viabilidade é fundamentada em ciclos de vapor, onde a biomassa é queimada de modo a gerar calor e, este, é utilizado para

formação de vapor (FARDIN et al., 2018). Para esse tipo de transformação, utiliza-se geralmente biomassa em estado sólido, ainda que possam ser utilizados resíduos líquidos, tal como a lixívia negra, produto de importância para o setor de papel de celulose (CORTEZ et al., 2008). Sua viabilidade econômica, entretanto, é fortemente influenciada por fatores como a proximidade da fonte de biomassa com a planta de geração, custos de transporte e mão-de-obra, assim como os teores de umidade da matéria-prima a ser empregada (EPE, 2007).

O vapor pode ser utilizado em processos industriais para aquecimento e trabalho mecânico, assim como nos processos de geração termoelétrica, sendo que, para melhor rendimento e eficiência, é realizada a combinação de ambos em unidades de cogeração. As alternativas para geração de energia em ciclos a vapor são: o ciclo com turbinas de contrapressão (em sistemas de cogeração) e o ciclo com turbinas de condensação e extração (que podem ser empregados em sistemas de cogeração ou isoladamente) (TOLMASQUIM, 2004).

Nos ciclos a vapor com turbinas de contrapressão, a biomassa é primeiramente queimada em caldeiras e, em seguida, o vapor produzido é enviado para acionar turbinas de geração, conforme indicado na Figura 2. Características marcantes deste tipo de produção são o baixo desempenho energético e uma baixa capacidade de produção.

Figura 2 – Esquema de geração de energia elétrica por meio de ciclo de cogeração a vapor em contrapressão

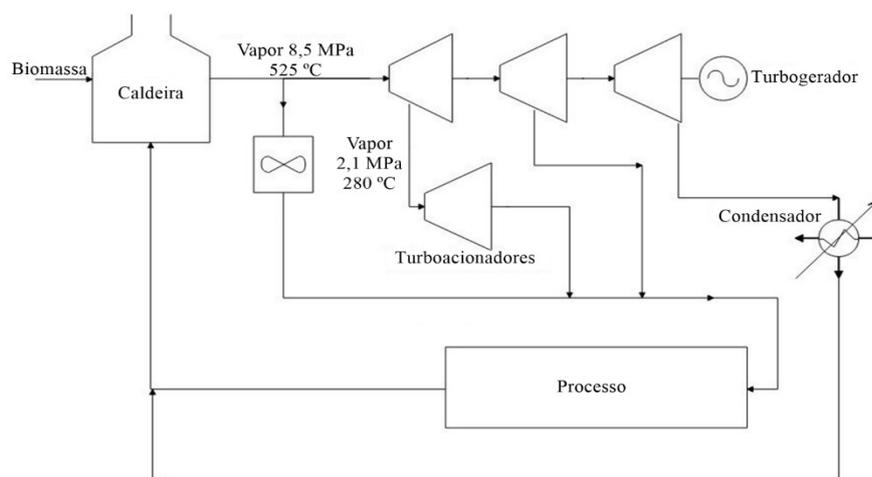


Fonte: Tolmasquim (2004) adaptado.

Já nos ciclos com turbinas de condensação e extração, como apresentado na Figura 3, o vapor que sai das turbinas é enviado a um condensador. O vapor quente a ser enviado ao processo produtivo (cogeração) é removido a um ponto intermediário da expansão, dentro da

própria turbina. Em contraste às turbinas de contrapressão, esse tipo de geração apresenta um ganho notável de eficiência e capacidade de produção (TOLMASQUIM, 2004).

Figura 3 – Esquema de geração de energia elétrica por meio de ciclo de cogeração em condensação e extração



Fonte: Tolmasquim (2004) adaptado.

Ainda é possível gerar energia elétrica a partir de turbinas a gás integradas à gaseificação. Mesmo que viável, as vias de gaseificação de biomassa ainda enfrentam alguns obstáculos como a falta de equipamentos que produzam gases com boa qualidade e que sejam versáteis em face aos vários combustíveis passíveis de serem utilizados no processo. Tais empecilhos dificultam a competitividade comercial dessa tecnologia (SALES, 2007). Para produção de energia elétrica, a partir dos gases do processo de gaseificação, são empregadas as chamadas turbinas a gás em ciclo aberto, ou turbinas de combustão. Tais equipamentos são máquinas movidas por reações de combustão interna, nelas a energia liberada pelo combustível é transferida ao fluido de trabalho de forma direta (sem necessidade do emprego de trocadores de calor), sendo os gases de exaustão despejados na atmosfera (EPE, 2007).

Assim como nos sistemas de geração elétrica em ciclos a vapor, de modo a engendrar real produtividade e eficiência ao processo de produção, os sistemas de geração compostos pela gaseificação da biomassa e sua inserção em turbinas a gás também são integrados a sistemas de cogeração. Como apresentado por Sales (2007), estes sistemas de cogeração são denominados de ciclos combinados e estão entre as tecnologias de maior rendimento térmico nas usinas termelétricas. Os procedimentos de cogeração em que se emprega a biomassa como fonte de

combustível são também tratados pela sigla BIG (*Biomass Integrated Gasification*), havendo ainda diferentes sistemas para sua utilização.

É possível ainda explicitar os quatro sistemas mais relevantes passíveis de aplicação na geração de energia por intermédio da gaseificação, são eles: BIG-GT (*Biomass Integrated Gasification Gas Turbine*), BIG-STIG (*Biomass Integrated Gasification Steam Injected Gas Turbine*), BIG-ISTIG (*Biomass Integrated Gasification Intercooled Steam Injected Gas Turbine*) e BIG-GTCC (*Biomass Integrated Gasification Gas Turbine Combined Cycle*) (SALES, 2007; PEDROSO et al., 2017). No Quadro 1, são apresentadas as principais características e os processos de geração inerentes a cada um dos procedimentos supracitados.

Quadro 1 - Características dos diferentes processos de geração de energia por turbinas a gás

Tipo	Características
BIG-GT	Trata-se de um sistema em ciclo simples, de menor eficiência e menor custo dentre os demais arranjos. O gás proveniente da biomassa gaseificada aciona uma turbina a gás para gerar energia elétrica. Quando empregado em processos de cogeração, faz-se necessário a utilização de um gerador de vapor (caldeira) para atender às necessidades térmicas.
BIG-STIG	É um aprimoramento dos processos de geração em ciclo simples, consiste na utilização de turbinas a gás aero derivativas, na qual emprega-se injeção de vapor no fluxo do fluido de trabalho e ainda resfriamento do ar na compressão, de modo a aumentar a potência da máquina e reduzir impactos ambientais. Em comparação ao ciclo simples, há um acréscimo de 52% de eficiência global e 30% de potência. Entretanto, nesta configuração, há degradação da turbina, caso não haja um complexo tratamento de água. Na ausência deste, pode-se inviabilizar a utilização deste sistema.
BIG-ISTIG	Em contraste ao BIG-STIG, neste há inserção de um resfriador para reduzir a temperatura do ar que está sendo comprimido para alimentar a combustão. Assim, ocorre uma redução da potência requerida para compressão, elevando a potência disponível na turbina e proporcionando o aumento da eficiência termodinâmica do ciclo. Esta configuração possui a mesma desvantagem que a BIG-STIG, pois necessidade de água de alta qualidade para operar.
BIG-GTCC	Se dá pela combinação de turbinas a gás e turbinas a vapor, ou seja, um ciclo combinado. A energia dos gases quentes, vindos da turbina a gás, seguem para uma caldeira para produzir o vapor utilizado como fluido de acionamento de uma turbina a vapor de condensação, para gerar trabalho adicional. Alcança altas eficiências globais para geração de energia elétrica.

Fonte: Prado (2007) adaptado.

Segundo Corrêa Neto (2001), “o acréscimo de potência alcançado em um ciclo combinado é, em geral, da ordem de 50% da potência da turbina a gás e a eficiência global passa da média de 30% do ciclo simples, e atinge valores em torno de 55% a 60% em ciclos combinados comerciais”. Desta forma, mostra-se como uma interessante configuração para geração de energia elétrica. Um esquema simplificado deste sistema é disposto na Figura 4.

geração termelétrica	Geração pura (%)	-	20	42
	Potência instalada (MW)	50	100	150

Fonte: EPE (2007) adaptado.

Ao comparar os processos de geração em ciclos a vapor, é notável a superioridade das turbinas de condensação/extração. Nestas, além de uma maior produção de vapor por quantidade de biomassa inserida (benéfico, uma vez que o vapor ainda será enviado ao processo), ele também se mostra mais adaptável às necessidades individuais de geração, sendo que é capaz de gerar energia isoladamente, sem estar atrelado a cogeração. Contudo, a geração de energia em plantas com turbinas a gás integradas a ciclos de gaseificação se mostra ainda mais vantajosa, produzindo pouco mais que o triplo de KWh/(ton. de biomassa) em relação ao ciclo de vapor em condensação/extração em sistema de cogeração e pouco mais que o dobro em relação a mesma produzindo isoladamente.

Tais inferências podem ser confirmadas ao analisar dados da geração de bioeletricidade de setores específicos. Na indústria sucroalcooleira, a cogeração empregada na geração de vapor e eletricidade era geralmente baseada em ciclos com turbinas a contrapressão, nesta configuração, entretanto, não se produzia excedentes de energia elétrica para comercialização. Para que isso se tornasse possível, então, introduziram-se turbinas de condensação nos ciclos do vapor, permitindo-se, assim, um maior rendimento na geração (TOLMASQUIM et al., 2016). O bagaço de cana-de-açúcar, após secagem, também pode ser encaminhado à processos de gaseificação e este, por sua vez, integrado a turbinas a gás para produção de energia. Os parâmetros de geração de uma usina sucroalcooleira encontram-se dispostos no Quadro 3.

Quadro 3 – Comparação entre os parâmetros técnicos de geração em ciclos de vapor e BIG-GTCC em uma usina sucroalcooleira

Parâmetro	Ciclos de vapor com condensação e extração	Parâmetro	BIG-GTCC	
			Safra	Entressafra ¹
Produção de vapor	840 kg vapor / t cana	Consumo de combustível	0,93 82 t bagaço 50% / MWh	0,82 t bagaço 50% / MWh
Eficiência das turbinas	75%	Energia Excedente	254 kWh / t cana	343 kWh / t cana
Geração elétrica	150 kWh /t cana	Geração elétrica	302 kWh / t cana	343 kWh / t cana
Eficiência da geração elétrica	20%	Eficiência da geração elétrica	30%	34%

¹ Período em que não há a colheita da cana e a usina não produz açúcar e etanol.

Fonte: Tolmasquim et al. (2016) adaptado.

Os dados do Quadro 3 corroboram com as discussões anteriores, em que é possível visualizar que a geração elétrica, bem como a eficiência desta, é maior em rotas tecnológicas nas quais há a integração de turbinas a gás nos ciclos de gaseificação, mostrando-se uma via vantajosa no aspecto da geração de energia elétrica.

Em um panorama geral, a eletricidade gerada a partir da combustão direta da biomassa possui baixa eficiência, enquanto a geração por meio de turbinas a gás, em contraste, atinge eficiências mais altas. Entretanto, para se usufruir dessa vantagem, deve-se utilizar processos de gaseificação da biomassa (DANTAS et al., 2013).

Numerosos estudos sobre a integração da gaseificação da biomassa em ampla escala mostram que o calor do BIG-CC, junto a da produção de biocombustíveis, pode ser competitiva no futuro em sistemas de cogeração. Embora as emissões de dióxido de carbono possam ser reduzidas por meio da integração da biomassa a processos de gaseificação, ressalta-se que o custo ideal de investimento é altamente ligado aos preços dos combustíveis e da eletricidade comercializados no mercado (WETTERLUND et al., 2011).

É ainda possível salientar que a aplicação dos produtos de gaseificação na geração de energia são menos aplicados que a geração baseada em ciclos a vapor (que empregam combustão direta da biomassa ou dos produtos de pirólise) não por conta do rendimento das rotas, uma vez que essa se mostra maior, mas puramente atrelada a outros empecilhos, como: o custeio de um processo de gaseificação ser maior (procedimento mais sofisticado que requer instalação e manuseio adequado) e a falta de equipamentos que produzam gases com boa qualidade e com boa adaptabilidade aos diversos combustíveis que podem ser utilizados neste processo.

O USO DA BIOMASSA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA NOS SETORES DE PAPEL E CELULOSE E SUCROALCOOLEIRO

Dada às grandes produções agrícolas, pecuárias e florestais, o Brasil mostra-se um protagonista no âmbito da bioenergia. Segundo dados do Balanço Energético Nacional, a oferta interna de energia apresentou participação de aproximadamente 33,7% de biomassa em 2020, com destaque para derivados da cana de açúcar (19,1%) e lenha e carvão vegetal (8,9%), mas, ainda, lúxvia (3,3%), entre outros produtos (EPE, 2021).

A indústria de papel e celulose possui notável potencial para produção de energia elétrica por meio dos resíduos da própria planta química, por intermédio de processos de cogeração. Após adequação da matéria-prima lenhosa à granulometria requerida para processo, os cavacos de

madeira (biomassa florestal) são inseridos em um digestor sendo que, uma das saídas deste, é uma corrente residual chamada de licor ou líxivia negra. Esse rejeito processual é passível de conversão em um número amplo de produtos energéticos, tais como o gás natural sintético (GNS), dimetil éter, gás hidrogênio e metanol. Dentre as opções, o GNS mostra-se uma alternativa relevante para produção de eletricidade (NAQVI et al., 2017).

Com relação a indústria sucroalcooleira, a matéria-prima energética encontra-se na forma do bagaço de cana, tradicionalmente utilizado como combustível também em sistemas de cogeração, produzindo juntos eletricidade e vapor (energia térmica) a serem utilizados nos processos industriais da própria planta. Após serem adotadas medidas de redução do consumo de energia dentro dos próprios processos produtivos, assim como a implementação de tecnologias de cogeração mais eficientes, a quantidade de bioenergia produzida a partir do bagaço em indústrias de açúcar e álcool aumentou consideravelmente, a ponto de ser o suficiente para o uso interno e com excedente para comercialização (DANTAS et al., 2013).

De acordo com Machin (2015), durante a moagem de uma tonelada de cana-de-açúcar, são produzidos, em média, de 240 a 250 kg de bagaço de cana e, por meio da queima de 6,5 toneladas de bagaço, 1 MWh de energia são gerados em sistemas de cogeração. O emprego deste subproduto como combustível nas usinas sucroalcooleiras permite que essas sejam autossuficientes em termos de energia térmica e elétrica, algo pouco comum em outros setores industriais. E, segundo Moraes et al. (2017), nas usinas produtoras de álcool e açúcar, 90% do bagaço disponível é utilizado para este fim, sendo mais recentemente descoberta também a possibilidade do emprego do bagaço na produção de álcool de segunda geração, mesmo que esta utilização ainda esteja um pouco limitada.

Outro fator atrativo para as indústrias do setor sucroalcooleiro, que incentivam a cogeração a partir do bagaço, são os preços volúveis do açúcar e do etanol, o que faz com que a venda da energia elétrica excedente produzida nas plantas gere um lucro adicional para estes empreendimentos (HOFSETZ; SILVA, 2012).

No Brasil, a geração de energia elétrica a partir do bagaço de cana tem ganhado espaço ao longo dos anos. Em 2010, havia 314 plantas que geravam juntas 6.022 MW, já em 2021, esse número aumentou para 410 plantas, capazes de gerar 11.963 MW de energia elétrica. Ainda hoje, o panorama para o crescimento deste setor é favorável, uma vez que o país é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, sendo a quantidade produzida aumentada anualmente (LOPES SILVA et al., 2014; ANEEL, 2021).

As tecnologias de gaseificação da biomassa integrada a ciclos combinados, ou BIG-CC (*Biomass Integrated Gasification Combined Cycle*), são consideradas tanto no setor de produção de papel e celulose, quanto no sucroalcooleiro. A primeira planta que empregou o BIG-CC em seus processos foi construída na Suécia, em 1993, e o coeficiente geral de eficiência (com energia elétrica e térmica combinadas) foi de aproximadamente 83% (CIFERNO; MARANO, 2002).

A indústria de papel de celulose é uma das cinco mais intensivas no consumo de energia, em termos mundiais (ANDERSSON; THOLLANDER, 2019), sendo que na produção de celulose, há a opção de utilizar tanto a biomassa florestal, quanto o licor negro, em processos de gaseificação, ambos passíveis de emprego nos ciclos de gaseificação combinados. Geralmente, a gaseificação da biomassa é mais cara que a da lixívia, sendo que esta é ainda capaz de aumentar a recuperação da energia do processo de produção de celulose em 10%, bem como aumentar a produção de energia de duas a três vezes (KONG et al., 2016).

Já para o setor sucroalcooleiro, para a geração de energia, há as opções de queima direta do bagaço de cana, sua utilização em processos de gaseificação e como insumo para produção do álcool de segunda geração. Dos processos de gaseificação e produção de álcool extraem-se o gás de síntese e o etanol de segunda geração, respectivamente, combustíveis estes também passíveis de utilização para geração de energia elétrica em sistemas adequados. Neste âmbito, é interessante perceber que o emprego do bagaço da cana tem também importante papel ambiental, uma vez que já são conhecidos os benefícios da utilização de biocombustíveis ao invés de combustíveis fósseis.

Ainda assim, apesar do seu grande potencial, há um empecilho econômico que impede a adoção de tecnologias para o uso de biocombustíveis sólidos em aplicações industriais. Nesse escopo, é necessário desenvolver uma visão técnico-econômica e ambiental para entender os problemas existentes e melhorar as operações industriais por meio de processos não somente sustentáveis como também eficientes. Deve-se considerar que o emprego desses biocombustíveis é uma competição direta com um mercado já dominado por combustíveis fósseis (AMEZCUA-ALLIERI et al., 2019).

Se levado em consideração a quantidade de matéria-prima energética residual dos processos produtivos das indústrias Sucroalcooleira e de Papel e Celulose, torna-se evidente a vantagem dessas linhas de produção com relação a geração de energia elétrica. Esta que pode ser utilizada dentro da própria planta química, assim como na comercialização deste bem para terceiros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo de todo o trajeto da evolução dos processos de geração de energia, a biomassa esteve presente. É notável a variedade de rotas de conversão dessa matéria-prima, incluindo as de caráter termoquímico, bioquímico e físico-químico. A rota termoquímica é a mais empregada atualmente e contempla os processos de combustão direta, pirólise e gaseificação. Vale ressaltar a superioridade da gaseificação, com relação a eficiência global do processo de cogeração, despontando como uma alternativa oportuna e promissora.

Mesmo assim, ainda há dificuldades para se escalar os processos de gaseificação da biomassa em ciclos combinados comercialmente, dadas as consideráveis incertezas sobre os custos atrelados a esta tecnologia, ainda que comprovada sua eficácia. Embora tecnologias avançadas ainda não tenham encontrado ampla aplicação, os setores sucroalcooleiro e de papel e celulose tem se mostrado sólidos na produção de bioenergia, devido a seus benefícios energéticos, econômicos e ambientais.

O campo de estudos da biomassa e suas consequentes transformações cresce a cada dia. O que antes era visto como uma forma rudimentar e pouco eficiente para geração de energia, hoje mostra-se como uma alternativa viável em muitos segmentos. Ainda, dada a descoberta contínua de novas tecnologias, esta revela-se uma possibilidade atrativa no campo da produção de eletricidade. Espera-se que a biomassa ganhe cada vez mais espaço dentro da matriz energética, sendo uma fonte renovável e menos impactante em termos ambientais, comparada aos combustíveis fósseis, como petróleo e carvão mineral.

REFERÊNCIAS

- AMEZCUA-ALLIERI, M. A. et al. Techno-economic analysis and life cycle assessment for energy generation from sugarcane bagasse: Case study for a sugar mill in Mexico. *Food and Bioproducts Processing*, v. 118, p. 281–292, 2019.
- ANDERSSON, E.; THOLLANDER, P. Key performance indicators for energy management in the Swedish pulp and paper industry. *Energy Strategy Reviews*, v. 24, p. 229–235, 2019.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. *Parte II: Fontes Renováveis - Biomassa*. 3. ed. Atlas de Energia Elétrica do Brasil, p. 233, 2008.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. *Sistema de informações de Geração da ANEEL*. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/siga>. Acesso em: 08 mar. 2021.

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 100-117
Uma análise da biomassa como fonte de energia elétrica e investigação de suas tecnologias
COSTA, Bruno Perpétuo; ALTOÉ, Leandra

CHOUDHARY, P. et al. A review of biochemical and thermochemical energy conversion routes of wastewater grown algal biomass. *Science of the Total Environment*, v. 726, n. 271, p. 137961, 2020.

CIFERNO, J. P.; MARANO, J. J. *Benchmarking biomass gasification technologies for fuels, chemicals and hydrogen production*. US Department of Energy. National Energy, n. June, p. 58, 2002.

CORRÊA NETO, V. *Análise de viabilidade da cogeração de energia elétrica em ciclo combinado com gaseificação de biomassa de cana-de-açúcar e gás natural*. 2001. 174 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. *Biomassa para energia*. 1. ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 29 p., 2008.

DANTAS, G. A.; LEGEY, L. F. L.; MAZZONE, A. Energy from sugarcane bagasse in Brazil: An assessment of the productivity and cost of different technological routes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 21, p. 356–364, 2013.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. *Plano Nacional de Energia 2030: Geração termelétrica - Biomassa*. Rio de Janeiro: EPE, 250 p., 2007.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. *Balço Energético Nacional 2021: ano base 2020*. Rio de Janeiro: EPE, 295 p., 2020.

FARDIN, J. F.; DE BARROS, O.; DIAS, A. P. F. Biomass: Some Basics and Biogas. *Advances in Renewable Energies and Power Technologies*, v. 2, p. 1-13, 2018.

HOFSETZ, K.; SILVA, M. A. Brazilian sugarcane bagasse: Energy and non-energy consumption. *Biomass and Bioenergy*, v. 46, p. 564–573, 2012.

KACZOR, Z.; BULIŃSKI, Z.; WERLE, S. Modelling approaches to waste biomass pyrolysis: a review. *Renewable Energy*, v. 159, p. 427–443, 2020.

KONG, L.; HASANBEIGI, A.; PRICE, L. Assessment of emerging energy-efficiency technologies for the pulp and paper industry: a technical review. *Journal of Cleaner Production*, v. 122, p. 5–28, 2016.

LOPES SILVA, D. A. et al. Life cycle assessment of the sugarcane bagasse electricity generation in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 32, p. 532–547, 2014.

MACHIN, E. B. *Análise técnica, econômica e ecológica da incorporação de sistemas de gaseificação de bagaço de cana-de-açúcar no setor sucroalcooleiro: uso de ciclos combinados para o aumento da oferta de eletricidade*. 2015. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá/SP, 2015.

MORAES, S. L. DE et al. Cenário brasileiro da geração e uso de biomassa adensada. *Revista IPT Tecnologia e Inovação*, v. 1, n. 4, p. 58–73, 2017.

NAQVI, M. et al. Gasification Integrated with Small Chemical Pulp Mills for Fuel and Energy Production. *Energy Procedia*, v. 142, p. 977–983, 2017.

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 100-117

Uma análise da biomassa como fonte de energia elétrica e investigação de suas tecnologias

COSTA, Bruno Perpétuo; ALTOÉ, Leandra

PANG, S. Advances in thermochemical conversion of woody biomass to energy, fuels and chemicals. *Biotechnology Advances*, v. 37, n. 4, p. 589–597, 2019.

PEDROSO, D. T. et al. Technical assessment of the Biomass Integrated Gasification/Gas Turbine Combined Cycle (BIG/GTCC) incorporation in the sugarcane industry. *Renewable Energy*, v. 114, p. 464–479, 2017.

PRADO, T. G. F. *Externalidades do ciclo produtivo da cana-de-açúcar com ênfase na produção de energia elétrica*. 2007. 236 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

RODRIGUES, T. O.; ROUSSET, P.; RÁPIDA, P. Bioóleo: Uma Alternativa para Valorização Energética da Biomassa. *Revista Brasileira de Energia*, v. 17, p. 39–56, 2011.

SALES, C. A. V. B. DE. *Avaliação Técnico Econômica da Conversão da Biomassa em Eletricidade Utilizando Tecnologias de Gaseificação*. 2007. 188 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia da Energia) - Programa de Pós-graduação em Engenharia da Energia, Universidade de Itajubá, Itajubá/MG, 2007.

SANTOS, F. A. et al. Dendroenergy. *Nucleus*, v. 13, n. 1, p. 131–142, 2016.

SHAHBAZ, M. et al. The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from the renewable energy country attractive index. *Energy*, v. 207, p. 118162, 2020.

TOLMASQUIM, M. T. *Alternativas energéticas sustentáveis no Brasil*. 1. ed. Rio de Janeiro: Relume-Dumará, 488 p., 2004.

TOLMASQUIM, M. T. et al. *Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear*. 1. ed. Rio de Janeiro: EPE, p. 417, 2016.

WETTERLUND, E.; PETERSSON, K.; HARVEY, S. Systems analysis of integrating biomass gasification with pulp and paper production - Effects on economic performance, CO₂ emissions and energy use. *Energy*, v. 36, n. 2, p. 932–941, 2011.

ZANONI, P. R. S.; SCHAITZA, E. G. Processos termoquímicos. *Revista Opiniões*, n. 49, p. 22-23, 2017.

1 COSTA, Bruno Perpétuo é estudante de graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Espírito Santo e, atualmente, presidente do Centro Acadêmico de Engenharia Química - CAEnQ. brunoperpetuocosta@gmail.com

2 ALTOÉ, Leandra. Possui graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (2010), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2012) e doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2016), com período sanduíche e acordo de cotutela com a Universidad de Valladolid - Espanha (2016), pelo programa de doutorado em Ciencia e Ingeniería Agroalimentaria y de Biosistemas (2016). Atualmente, é Professora do Departamento de Engenharias e Tecnologia da Universidade Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus. Tem experiência nas áreas de Mecânica dos Sólidos, Fontes Renováveis de Energia e Eficiência Energética. leandra.altoe@ufes.br

A influência da mídia na dieta infantil

SANTOS, Camila Tabai dos
HARDER, Márcia Nalesso Costa

Resumo

O *marketing* sozinho não tem a capacidade de influenciar a criança em suas escolhas, as demais influências as acompanham e, a partir disto, pode-se perceber que a presença dos pais é fundamental para o seu desenvolvimento. Desta maneira, tudo o que é aprendido nesta fase será absorvido e acompanhado até a vida adulta. Uma boa relação entre pais e filhos é essencial para que o *marketing* que tem um forte apelo emocional, não seja capaz de prejudicar a criança perante os demais, já que a mesma sofre as consequências da ausência dos pais que é causada pela vida moderna onde ambos trabalham e deixam os pequenos em grande parte do tempo sozinhos ou a mercê dos meios midiáticos, o que muitas vezes influencia negativamente o modo como a criança entende as coisas ao seu redor. O presente artigo realizou um levantamento bibliográfico a fim de verificar a influência da mídia nas escolhas alimentares das crianças. A fonte de dados foi realizada por meio de artigos periódicos, demonstrando através de vários estudos, a visão de autores sobre como a mídia pode ser prejudicial à criança se não acompanhada de perto.

Palavras-chave: *marketing*, *marketing* infantil, publicidade infantil, obesidade, infância

Abstract

Marketing alone does not have the ability to influence children in their choices, other influences accompany them, and from this it can be seen that the presence of parents is essential for their development. In this way, everything learned at this stage will be absorbed and followed through into adulthood. A good relationship between parents and children is essential so that marketing, which has a strong emotional appeal, is not capable of harming the child in front of others, since it suffers the consequences of the absence of the parents that is caused by modern life where both they work and leave the little ones most of the time alone or at the mercy of the media, which often negatively influences the way the child understands things around him. The present work carried out a bibliographic survey in order to verify the influence of the media on children's food choices. The data source was carried out through periodical articles, demonstrating through several studies the authors' view on how the media can be harmful to children if not closely monitored.

Keywords: marketing, children's marketing, children's advertising, obesity, childhood

Resumen

El marketing por sí solo no tiene la capacidad de influir en los niños en sus elecciones, otras influencias los acompañan, y de ahí se desprende que la presencia de los padres es fundamental para su desarrollo. De esta manera, todo lo aprendido en esta etapa será absorbido y seguido hasta la edad adulta. Una buena relación entre padres e hijos es fundamental para que el marketing, que tiene un fuerte atractivo emocional, no sea capaz de perjudicar al niño frente a los demás, ya que sufre las consecuencias de la ausencia de los padres que provoca la vida moderna en la que tanto trabajan como dejan a los pequeños la mayor parte del tiempo solos o a merced de los medios de comunicación, lo que muchas veces influye negativamente en la forma en que el niño entiende las cosas a su alrededor. El presente trabajo realizó un levantamiento bibliográfico con el fin de verificar la influencia de los medios de comunicación en las elecciones alimentarias de los niños. La fuente de datos se realizó a través de artículos periódicos, demostrando a través de varios estudios la visión de los autores sobre cómo los medios de comunicación pueden ser perjudiciales para los niños si no se controlan de cerca.

Palabras clave: marketing, marketing infantil, publicidad infantil, obesidad, infancia

INTRODUÇÃO

Ao longo da história as crianças foram ganhando seu espaço no mundo. Antes, tida como um ser insignificante, a criança era tratada como um adulto de baixa estatura. Até seus trajés e comportamentos eram iguais (SCHRAMM; MACEDO; COSTA, 2019).

No entanto, a partir de meados do século XIX, a criança passou a ser observada com maior atenção e carinho em relação às suas especificidades, chamando a atenção para o fato de que todo dano causado nesta fase da vida infantil poderá ser compreendido mais tarde. Já no século seguinte, a criança torna-se o centro das atenções sendo possível compreender o fato de seus pais passarem horas duras e sofridas em seus trabalhos, e com o objetivo de fornecer o melhor aos seus filhos, eles os agradam com mimos e para passar mais tempo com eles, o pouco tempo disponível que ambos têm, a oferta de uma alimentação rápida se torna mais compreensível (CARVALHO, 2003).

A ingestão de alimentos saudáveis não é unicamente uma escolha do consumidor. Portanto, a criança sendo pequena precisa da orientação e vigília de seus pais, que devem lhes ofertar uma variedade de alimentos que incentivem e despertem a adoção de bons hábitos (BRASIL, 2019).

Em 2014 foi elaborado no Brasil um Guia Alimentar que tem como objetivo apresentar informações confiáveis sobre a relação entre alimentos e doenças crônicas como obesidade e diabetes, que cada vez mais têm atingido o público infantil exposto à oferta explícita de alimentos pouco nutritivos e nada saudáveis, justamente num momento do desenvolvimento em que não estão aptos a perceber o que futuramente isso lhes trará, pois os danos causados na infância serão perceptíveis apenas na vida adulta (BRASIL, 2014).

Percebe-se contemporaneamente um aumento significativo na quantidade de crianças obesas e com sobrepeso, e os dados são alarmantes: estima-se que em 2025 as crianças nestas condições cheguem a 75 milhões. O sistema de vigilância alimentar revelou em 2019 que 16,33% das crianças brasileiras entre os cinco e dez anos estão com sobrepeso. 9,38% estão em obesidade e 5,22 dessas crianças em obesidade em grau grave. Já em relação aos adolescentes, 18% apresentam sobrepeso. 9,53% estão obesos e 3,978% estão com obesidade grave (SEGO, 2019).

A rotina de brincadeiras e as práticas alimentares foram se adequando aos novos costumes das famílias, que voltadas às facilidades e as predisposições inseriram em suas vidas os alimentos mais rápidos, mais fáceis e mais imediatos, abrindo um universo de novas opções que nem sempre

são apropriadas às necessidades do desenvolvimento infantil, pois nem tudo o é que saboroso é, obrigatoriamente, sadio (CARVALHO, 2016). Desta maneira, é de extrema importância se atentar ao que está sendo inserido na criança, pois os meios de comunicação influenciam de diversas formas podendo até interferir no comportamento e personalidade das mesmas.

O presente artigo buscou apresentar estudos que procuram compreender o processo de formar os hábitos alimentares que são adquiridos na infância, com atenção especial ao papel que o *marketing* desempenha e influencia fundamentalmente a preferência infantil por produtos industrializados e pouco nutritivos, causando danos à saúde que se não acompanhados poderão chegar à vida adulta.

1 METODOLOGIA

Ao presente artigo realizou-se uma revisão bibliográfica sistemática da literatura científica sobre o assunto, reunindo dados, estudos e soluções para um dos obstáculos que afetam diretamente a relação entre a mídia e os hábitos alimentares infantis.

Para a coleta utilizou-se as bases de dados *Scientific Eletronic Library Online* (SCIELO), Periódicos CAPES, *Multi-Science Journal*, *PubMed* entre outras plataformas relevantes. Definiu-se como critério de inclusão: artigos publicados entre os anos de 2000 a 2020, porém artigos anteriores que foram considerados relevantes foram incluídos no estudo.

Não foi limitado idioma na tentativa de obter quantidade e qualidade relevante de referências teóricas, contudo, foi detectado que as publicações em português eram as que mais continham informações relevantes ao estudo.

Após a seleção dos artigos conforme os critérios de inclusão previamente definidos, seguiu-se nesta ordem, os seguintes passos orientados por Gil (2016): leitura exploratória; leitura seletiva e escolha do material que se adequam aos objetivos e tema deste estudo; leitura de forma analítica e análise dos textos, encerrando com a realização da leitura interpretativa e redação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com Santos e Grossi (2007), a mídia divulga imagens em tempo real e tem o poder de unir à sociedade global e despertar as desigualdades sociais através das diferentes formas de divergência nos diversos planos culturais, econômicos e sociais. Vive-se em uma sociedade midiocrática que impõe os padrões de consumo. Desta forma, a mídia passou a ser tão poderosa ao transmitir verdades, que muitas vezes não são questionadas apenas são tomadas como certezas e

são incorporadas ao nosso discurso de senso-comum. Assim, a mídia geralmente impõe seus padrões e suas influências que muitas vezes são negativas, pois muitos indivíduos se esforçam e se submetem para serem enquadrados nesses padrões impostos pela indústria cultural; devido aos avanços tecnológicos que fazem com que as informações veiculem de forma imediata, o domínio da mídia cresce de forma acelerada (MOURA 2013).

Assim a criança que é um ser em constante transformação busca se encaixar nos padrões estabelecidos pela sociedade, se tornando necessário observá-la para que toda e qualquer alteração seja perceptível. As relações devem ser de afeto e carinho para que a criança tenha um desenvolvimento saudável. É necessário que ela se sinta segura, protegida e acolhida. Tal ambiente deverá proporcionar relações positivas sendo possível enxergar a criança em sua totalidade. Portanto é na infância que os hábitos alimentares são criados e uma criança que se alimenta de forma saudável, carrega consigo esses hábitos (BRASIL, 2014), conhecimentos e experiências, desta maneira se tornam capazes de utilizar esse aprendizado em sua formação e princípios introduzidos e levados ao futuro (VILAÇA et al., 2016). Nessa perspectiva,

Quanto menor a criança, mais ela precisa de adultos que interpretem o significado de seus movimentos e expressões, auxiliando-a na satisfação de suas necessidades. À medida que a criança cresce, o desenvolvimento de novas capacidades possibilita que ela atue de maneira cada vez mais independente sobre o mundo à sua volta, ganhando maior autonomia em relação aos adultos (BRASIL, 1998, p. 18).

No entanto, com a vida moderna as crianças passam grande parte de seu dia absorvendo informações e conhecimento através dos meios de comunicação e seus pais têm pouco controle sobre isso, pois trabalham e dão preferência pelo mais rápido, o que contribui para a substituição de alimentos *in natura* ou minimamente processados abrindo espaço aos alimentos ultra processados e/ou refeições fora de casa, devido à sua praticidade e economia de tempo (NOVO 2022).

Entretanto, as crianças são expostas cada vez mais cedo a uma alimentação desequilibrada, pobre em nutrientes e excessivas em calorias (BRASIL, 2014). Além disso, na era instantânea, os meios de comunicação tornaram-se os companheiros das crianças, exercendo papel socializador e influenciando, entre outras coisas, nas práticas alimentares. Enquanto os pais trabalham as crianças ficam expostas ao que a mídia fala, exhibe e ensina (LIMA, 2010). Desta forma, as empresas investem no *marketing* para atingir as crianças, pois elas são fortes consumidores e também influenciadores na compra de seus pais (RODRIGUES et al., 2011), devido ao seu considerável poder de importunação (HENRIQUES et al., 2012).

3 ATUAÇÃO DA MÍDIA E INFLUÊNCIA NO MERCADO

A mídia atua diretamente no inconsciente da criança e o faz de forma assertiva, as crianças por sua vez, atuam como agentes influenciadoras sobre os pais, desta forma, o influenciador é aquele capaz de influenciar na decisão de compra podendo ser qualquer fonte que possua credibilidade, principalmente se for considerada uma pessoa experiente na área de interesse da compra (LAS CASAS, 2006).

A criança desenvolve um comportamento consumista com base no que observam no comportamento de seus pais, de outras crianças com quem convive ou mesmo nas mensagens que a mídia fornece, pois, a educação da criança sofreu diversas mudanças significativas acompanhando o novo perfil dos pais.

Atualmente, em grande parte das famílias ambos os pais trabalham e a educação da criança muitas vezes é administrada por outras pessoas ou ela fica sozinha, tendo como companhia as mídias que estimulam cada vez mais seus desejos de consumo. A criança relaciona-se com o dinheiro a partir do momento em que os pais proporcionam experiências de compra com seu próprio dinheiro para a criança, através de mesada, o que dá à criança noções econômicas.

Karsaklian (2004) considera que para as crianças, existem somente duas alternativas para uso do dinheiro: ou gasta-se tudo de uma vez ou guarda-se o dinheiro que se tem, pois, as crianças não conseguem ver o ato de economizar como forma de investimento para uma compra futura.

Há um crescimento constante na promoção de alimentos industrializados, o que tem influenciado negativamente a alimentação e a saúde das crianças (Moura, 2010), que não tem conhecimento do que lhes trará malefícios no futuro. Além disso, a divulgação de alimentos *fast food* domina os anúncios comerciais, propagando muitas vezes informações incompletas ou incorretas sobre alimentação (BRASIL, 2014).

As mudanças nos padrões alimentares seguem uma tendência global na direção de uma alimentação cada vez mais rica em fontes de carboidratos e calorias (Rodrigues; Fiates, 2012), e o elevado consumo de alimentos deste tipo faz com que as crianças comecem cada vez mais cedo um hábito alimentar incorreto, que pode acarretar, entre outros problemas, na obesidade infantil (PORTO; PIRES; COELHO, 2013).

Os alimentos estão ficando cada vez mais caros e com a pandemia isto acabou se tornando mais visível. De um lado os consumidores culpam os donos de supermercados pelo grande aumento nos preços e os supermercados culpam os produtores gerando desconforto para todos (FREITAS, 2020).

Estima-se que até 2026 a alimentação saudável fique mais cara que a considerada como “porcaria” o que pode impactar negativamente nos casos de crianças que já não possuem hábitos saudáveis. Embora seja possível realizar uma alimentação balanceada e saudável, as pessoas optam por consumir lanches ao invés de comida, e mesmo o Brasil tendo uma composição alimentar barata como o arroz, feijão, batata, consideradas comidas do cotidiano, isto pode inverter nos anos seguintes se medidas preventivas não forem tomadas (ZOCCHIO, 2020). Ou seja, é de extrema importância se atentar ao que está sendo ingerido pelas crianças neste momento em que estão em fase de desenvolvimento para não acarretar em problemas crônicos futuros.

3.1 Comportamentos do Consumidor e a Criança

O consumidor tem seu comportamento definido, por meio de estudos individuais ou em grupos pré-selecionados, para que sejam determinadas suas tendências de consumo, tanto de bens tangíveis como de bens intangíveis (SOLOMON, 2004). Giglio (2005) afirma que o processo de compra é realizado por etapas, sendo influenciado por costumes, valores e influências sociais, “[...] a etapa da compra é definida como um jogo de negociação no qual algumas variáveis, tais como o tempo disponível e o conhecimento das partes envolvidas, moldam a dinâmica da negociação [...]” (GIGLIO, 2005, p. 172). A etapa do uso é o momento em que a operação adequada do produto leva aos resultados esperados.

Como afirma Karsaklian (2000), cada consumidor possui suas singularidades na hora das compras, pois a variadas formas de consumo determinam um comportamento diferente no que se deseja adquirir.

Além disso, o perfil da criança consumidora é formado por vários fatores, dentre eles aquisição de habilidades, conhecimentos e atitudes relevantes no que se diz respeito a atuação do mercado (SOLOMON, 2011).

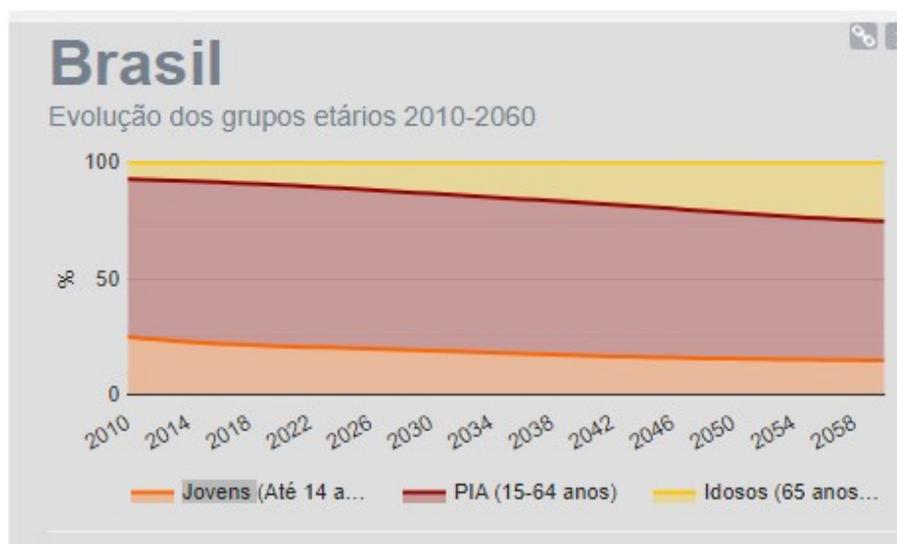
3.2 As Diferentes Fases no Processo de Desenvolvimento da Criança

Para Santos (2000), uma das fases pelas quais a criança passa é de 0 a 2 anos: Universo das Observações. A criança começa a conhecer o que é comprar sendo acompanhada pelos pais,

mesmo sem distinguir as marcas ou produtos. Dos 3 aos 5 anos dá-se a fase do “eu quero”. Nesta fase a criança passa a ter o desejo pelas compras e já consegue distinguir diferentes marcas e produtos. Já na fase dos 6 aos 12 anos, as crianças assumem uma postura mais ativa e seletiva em relação ao que quer. Nesta fase elas passam a imitar os pais e amigos. Já possuem o conhecimento sobre valores e escolhas e são grandes consumidoras de determinadas classes de produtos.

No censo de 2021, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), crianças de 0 a 14 anos representavam mais de 42 milhões de brasileiros, quase 20% da população do país. Destes, 78% vive nas cidades, portanto mais próximas aos bens de consumo industrializados, isto representa um mercado significativo para a economia nacional, representado na Figura 1, a seguir.

Figura 1: Indicadores básicos para a saúde no Brasil



Fonte: (IBGE, 2022).

4 **MARKETING**

Marketing é uma ciência do consumo que estuda o público alvo afim de que se tornem clientes fiéis a marca (REZ, 2020). É a área que se baseia em identificar todas as necessidades mercadológicas como uma referência, visando entender e atender as necessidades dos clientes. Desta maneira, pode-se dizer que é uma área que envolve todo o processo desde o produto final até o consumidor tendo por principais atividades, estabelecer o valor, criar a configuração do produto, como será a apresentação do mesmo e desenvolver a melhor maneira para realizar a

distribuição. As empresas ofertam aos clientes o que procuram, assim há uma relação de conquista onde todos se beneficiam (GIANNETTI, 2020).

O *Marketing* faz uso de ferramentas importantes para captar o consumidor e torná-lo um cliente. Desta forma, quando uma pessoa quer realizar uma compra, ela está tomando uma decisão que muitas vezes chega de acordo com as mensagens por trás de cada campanha publicitária (RODRIGUES, 2020). Muitas vezes a compra é desnecessária, mas a simpatia com o produto faz com que a aquisição seja realizada.

4.1 Marketing na Infância

De acordo com Neilpatel (2021), “a publicidade infantil é caracterizada por qualquer tipo de comunicação mercadológica que tem a intenção de persuadir a criança a consumir um produto ou serviço”. Independentemente de a criança ser capaz de compreender a finalidade do produto ou não; a intenção é lucrar com a ingenuidade dos pequenos.

Para que uma criança seja influenciada por uma marca, são necessários apenas 30 segundos, desta maneira, o principal alvo das campanhas publicitárias é de fato o público infantil, que têm influência nas decisões de compras de uma casa que gira em torno de 80%. Muitas vezes para suprir a carência causada pela ausência dos pais, os mesmos sedem aos apelos dos filhos não se dando conta do que isso acarretará futuramente (CRIANÇA, 2008). Em vista disso, o mercado alimentício, reconhece a influência das crianças na hora das compras; desta maneira, diariamente é direcionada ao público infantil uma avalanche de campanhas publicitárias com o intuito de vender produtos.

Grandes são os investimentos direcionados às campanhas publicitárias voltadas ao público infantil que se torna cada vez mais exigente e a preferência de grande parte dos meios de comunicação favorece a divulgação das marcas conhecidas pela população que têm forte impacto no que se diz respeito ao consciente e inconsciente do consumidor de alimentos. Os produtos anunciados muitas vezes possuem carência nutricional e altos índices de açúcares e gorduras, substâncias que se consumidas em excesso podem resultar no desenvolvimento de sérios transtornos do comportamento alimentar, como obesidade e outras doenças crônicas associadas, como diabetes e hipertensão (INFANTIL, 2013).

Muitas vezes a criança não compreende o motivo de querer determinado produto, mas a embalagem é chamativa tornando mais atrativo aos olhos. A visual causa efeitos que interagem com o emocional, como *slogans* e *jingles* repetitivos (SILVA, 2007).

A estratégia que muitas marcas utilizam ao apresentarem seus produtos através dos meios de comunicação se baseia em cativar a atenção do público-alvo com comerciais coloridos e ilustrativos, com histórias que aguçam a fantasia infantil, nas quais os produtos são os principais personagens. Os consumidores infantis modificaram seus interesses de consumo que eram baseados em bonecas, carrinhos, correr na rua e hoje a tecnologia toma conta de seus desejos (MOREIRA, et al. 2013).

Um estudo realizado pela Associação Brasileira de Licenciamento (ABRAL) revela que 80% dos produtos licenciados são voltados ao público infantil e 20% desses produtos tem maior chance de venda por conter figuras conhecidas pelas crianças. O setor de brinquedos possui rendimento anual de R\$ 10 bilhões e a estratégia utilizada pelas empresas é acompanhar o desenvolvimento do consumidor/criança, pois este segmento voltado ao público infantil cresce 14% ano. Em vista disto, a briga por produtos licenciados segue de forma cada vez mais acirrada (TERRA, 2017).

4.2 Publicidade Infantil

Toda publicidade voltada ao público infantil é ilegal no país. A criança está assegurada por lei para que tais práticas não ocorram, pois, as estratégias publicitárias têm influência nas decisões de consumo e muitas vezes promovem consequências negativas nos hábitos e valores de crianças, cuja fase é de desenvolvimento (CONSUMO, 2020).

O artigo 227 da Constituição Federal estabelece a obrigação compartilhada entre toda a sociedade de assegurar que o direito das crianças é de absoluta prioridade (BRASIL, 1988). O Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA (Lei nº 8.069), por sua vez reconhece a criança como pessoa em fase de desenvolvimento físico, social e emocional e busca garantir o seu melhor interesse em todo tipo de relação (BRASIL, 1990a). Já o Código de Defesa do Consumidor define que a publicidade dirigida a crianças se aproveita da carência de julgamento e experiência desse público, portanto, é abusiva e ilegal (BRASIL, 1990b).

O Marco Legal da Primeira Infância (Lei nº 13.257) determina a proteção da criança contra toda forma de violência e pressão consumista e adoção de medidas que evitem a exposição prematura à comunicação mercadológica (BRASIL, 2016).

A Resolução nº 163 do Conselho Nacional dos Direitos da Criança e do Adolescente (Conanda) reforça o CDC ao detalhar o abuso de toda e qualquer publicidade dirigida ao público infantil, com o intuito de persuadi-lo ao consumo de produtos e serviços. Além disso, a

ilegalidade da publicidade infantil vem sendo reconhecida por órgãos públicos de proteção e defesa dos direitos das crianças e também de consumidores (BRASIL, 2014).

Quando uma criança assiste a uma campanha publicitária, imagina que um determinado produto é o que ela precisa, pois, os meios de comunicação influenciam de forma quase definitiva na escolha da criança porque consegue despertar uma camada profunda dos seus desejos o que causa impacto 'real' na vida dos pequenos (SOUZA, et al 2021).

De acordo com Basílio (2021), nesta fase de desenvolvimento chamada de raciocínio abstrato, a criança passa a ignorar o objeto em si e o transforma naquilo que deseja. De acordo com a influência da mídia, as crianças relacionam as campanhas com seus desejos e vontades, o que nem sempre está de acordo com a realidade em que se vive. Desta maneira, os pequenos projetam nos produtos oferecidos ideias falsas sobre felicidade e autoafirmação. As consequências desse processo podem ser gravíssimas, como o consumismo exacerbado e problemas relacionados principalmente à obesidade infantil e distúrbios alimentares.

No Brasil, a publicidade na TV e na *internet* são as principais ferramentas utilizadas para induzir o público infantil, que é chamado a participar do universo adulto cada vez mais cedo quando é diretamente exposto às dificuldades das relações de consumo sem que esteja de fato preparado para isto (VALE, 2018).

As crianças são um alvo de extrema importância, não apenas porque escolhem o que seus pais compram e são tratadas como consumidores mirins, mas também porque impactadas desde muito jovens tendem a serem fiéis as marcas e ao próprio hábito consumista que lhes é praticamente imposto. No meio publicitário nada é determinado sem estudo detalhado, sendo assim, as campanhas visam lucrar com cada investimento. A publicidade não se dirige às crianças apenas para vender produtos infantis, elas são assediadas pelo mercado como eficientes promotoras de vendas de produtos direcionados também aos adultos (CONSUMO, 2021).

Algumas marcas se responsabilizam pelos impactos causados relacionados ao consumo infantil. Desta maneira, foi estabelecido um pacto entre algumas empresas (Coca-Cola, Ferrero, *General Mills*, Grupo Bimbo, *Kellogg*, *Mars*, *McDonald's*, *Mondelez*, Nestlé, *Pepsico* e *Unilever*), onde só poderão ser anunciados produtos para crianças com idade inferior a 12 anos somente se atenderem aos critérios nutricionais estabelecidos. Este movimento faz parte de um reconhecimento das empresas de que a publicidade veiculada por elas é parcialmente responsável pelo aumento mundial de obesidade infantil (STRANO, 2018).

A obesidade infantil sofre forte influência dos meios midiáticos voltados a publicidade de alimentos e os principais vilões são os comportamentos sedentários, consumo excessivo de *fast food* e longas horas em frente à TV (NEILPATEL, 2021).

4.3 Obesidade Infantil

A obesidade é uma doença caracterizada pelo excesso de gordura corporal e as causas como predisposição genética, condição financeira da família, maus hábitos alimentares, carência de nutrientes, refeições descontroladas, sedentarismo e a influência da mídia contribuem para o ganho de peso (ROSSI et al., 2008).

A redução dos índices de obesidade infantil é tida como um desafio visto que a intervenção precoce é fundamental, pois crianças obesas têm maior tendência a se tornarem adultos obesos. Entretanto, é necessária uma contribuição dos pais que são os provedores de uma alimentação saudável e balanceada. Crianças em fase escolar passam maior parte de seu dia em frente à TV que é um meio de comunicação com grande impacto nas decisões de consumo e alimentar (ADOLESCENTE, 2018).

A obesidade infantil não é só um problema nutricional, mas também pode ser um reflexo do baixo poder aquisitivo dos pais, motivo pelo qual muitos permitem que seus filhos fiquem horas expostos na frente da TV, e conectados a outras formas de entretenimento como computador, celular, jogos eletrônicos, entre outros (MIOTTO et al, 2006).

Por passarem grande parte de seu dia em frente à televisão, meio de comunicação mais utilizado pelas crianças, há uma exposição muito grande aos apelos da mídia, sobretudo no que diz respeito à alimentação. O meio midiático tem grande responsabilidade pela incidência da obesidade infantil, pois incentivam o sedentarismo e contribuem para a formação de hábitos alimentares inapropriados para as crianças (ESPER et al., 2021).

4.4 Pesquisa de Autores

Vários trabalhos apontam que a influência da mídia muitas vezes tem impacto negativo nas mensagens enviadas às crianças, e alguns estudos de caso ilustram a dinâmica que o mau hábito alimentar causa influenciando tanto na mudança de consumo quanto na adaptação do ritmo da sociedade que opta por alimentos ultra processados considerados não saudáveis. Desta maneira, este tema é abordado em vários trabalhos científicos. O Quadro 1 a seguir apresenta alguns autores que abordam estes estudos.

Quadro 1: Autores e trabalhos acerca do mau hábito alimentar infantil

PIMENTA, D. V. 2011	Conforme abordado no trabalho, foram apresentados alguns estudos de caso que ilustram melhor a dinâmica que o mau hábito alimentar causa na sociedade, e como o <i>marketing</i> atua, influenciando assim a mudança de consumo e se adaptando a mudança de ritmo da sociedade, optando por alimentos ultra processados. Desta maneira, este tema é abordado em vários trabalhos científicos, mostrando como esta mudança é muito prejudicial principalmente nas primeiras fases da infância.
COSTA, S. M. M. 2012	Cerca de 60% dos participantes da pesquisa passavam mais de 3 horas em frente à televisão, assim foi observado que as escolhas alimentares são influenciadas pelas propagandas, mudando muitos hábitos alimentares, sendo também apurado que 25% dos mesmos estavam acima do peso por conta de péssimos hábitos alimentares.
HENRIQUES, P. 2016	A má alimentação no Brasil na infância, aumenta o risco de doenças ligadas a obesidade, elevando ainda mais o nível na fase adulta, pois nos últimos anos vem se registrando um excesso de peso em crianças acima de cinco anos, sendo predominantemente nas áreas urbanas devido a mudanças hábitos.
GIMÉNEZ, A. 2017	A maioria dos produtos expostos em supermercados em Montevideú (Uruguai) são de produtos altamente processados e com baixa qualidade nutricional, também foram identificados novos métodos de <i>marketing</i> em embalagens de guloseimas para atrair a atenção de crianças incluindo nos pacotes com cores vibrantes e personagens de desenhos animados adorados pelas crianças
KASSAHARA, A. 2017	Foram identificadas algumas transgressões éticas nas propagandas relacionadas a alimentos destinados a crianças e adolescentes, isto necessitaria de uma regularização, adicionando assim penalidades para quem a cometer e buscando incentivar hábitos saudáveis buscando a melhora da saúde da população.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nem sempre se consegue acompanhar todas as coisas que a criança faz, assiste, come, mas é importante se atentar ao que está sendo inserido na rotina da mesma. Por sentirem culpa de não estarem acompanhando seus filhos, os pais cedem aos seus caprichos.

O *marketing* sozinho não tem a capacidade de influenciá-los. Tudo vem acompanhado das demais influências, seja dos amigos, da escola, das campanhas publicitárias, etc. O fator principal é acompanhar de perto todo o crescimento e desenvolvimento das crianças já que isto é carregado de informações absorvidas ao longo da vida.

Ao fazer o estudo pode-se concluir que é fundamental ter um cuidado especial a tudo relacionada às crianças, pois quando repleta de atenção e cuidados, as influências adquiridas ao longo da vida não causarão tantos impactos negativos aos seus hábitos alimentares.

REFERÊNCIAS

- ADOLESCENTE, Observatório da Saúde da Criança e do Adolescente. *Obesidade infantil*. 2018. Disponível em: <https://www.medicina.ufmg.br/observaped/obesidade-infantil/#:~:text=Obesidade%20infantil%20%C3%A9%20uma%20doen%C3%A7a,de%20fatores%20gen%C3%A9ticos%20e%20hormonais>. Acesso em: 24 mar. 2021.
- BASILIO, Gamaliel. *O guia definitivo sobre a publicidade infantil*. 2021. Disponível em: <https://hubcriacao.com.br/2020/05/22/publicidade-infantil/>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- BRASIL, Opas/oms. *Folha informativa – Alimentação saudável*. 2019. Disponível em: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5964:folha-informativa-alimentacao-saudavel&Itemid=839. Acesso em: 02 mar. 2021.
- BRASIL. Diário Oficial da União. Secretaria de Direitos Humanos, Conselho Nacional dos Direitos da Criança e do Adolescente. *Resolução nº 163*, de 13 de março de 2014. Brasília, DF: Secretaria de Direitos Humanos, 2014b. Disponível em: Acesso em: 10 abri. 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. *Guia alimentar para a população brasileira*. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. *Saúde da criança: crescimento e desenvolvimento / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica*. – 1. ed., 2. reimp. – Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 272 p.: il. – (Cadernos de Atenção Básica, n. 33)
- BRASIL. *Referencial Curricular Nacional para a Educação Infantil*. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- CENTURIÓN, Marília et al. *Jogos, projetos e oficinas para a Educação Infantil*. São Paulo: pg. 177.
- BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil, 1988*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 20 mar. 2021.
- CARVALHO, Eronilda Maria Góis. *Educação infantil: percurso, dilemas e perspectivas*. Ilhéus: Editus, 2003.
- CARVALHO, Marianne da Cruz de. *A IMPORTÂNCIA DO BRINCAR NA CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS DE CRIANÇAS NA PRÉ-ESCOLA*. 2016. Disponível em: https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/6928/1/DM_Marianne%20de%20Carvalho.pdf. Acesso em: 25 mar. 2021.
- CÓDIGO de Defesa do Consumidor. *Lei nº 8.078*, de 11 de setembro de 1990a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8078.htm. Acesso em: 20 mar. 2021.
- CONSUMO, Criança e. *Desvendando a publicidade infantil*. 2020. Disponível em: <https://criancaconsumo.org.br/noticias/desvendando-a-publicidade-infantil/>. Acesso em: 14 mai 2021.
- CONSUMO, Criança e. *Heineken assume compromisso e admite impacto da publicidade em crianças*. 2018. Disponível em: <https://criancaconsumo.org.br/noticias/heineken-impacto-publicidade/>. Acesso em: 22 mar. 2021.
- COSTA, Suzane Mota Marques; HORTA, Paula Martins; SANTOS, Luana Caroline dos. Food advertising and television exposure: influence on eating behavior and nutritional status of children and adolescents. *Archivos latino-americanos de nutrición*. 2012.

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 118-135

A influência da mídia na dieta infantil

SANTOS, Camila Tabai dos; HARDER, Márcia Nalesso Costa

CRIANÇA, a Alma do Negócio. Roteiro: Estela Renner e Renata Ursaia. [S.I]: Marcos Nisti, 2008. P&B. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ur9IIf4RaZ4>. Acesso em: 11 abr. 2021.

ESPER, Andréia da Silva Ribeiro et al. *OBESIDADE INFANTIL E INFLUÊNCIA DA MÍDIA NO PERÍODO PRÉ-ESCOLAR*. 2021. Disponível em:

http://www.atenas.edu.br/uniatenas/assets/files/magazines/OBESIDADE_INFANTIL_E_INFLUENCIA_DA_MIDIA_NO_PERIODO_PRE_ESCOLAR_.pdf. Acesso em: 24 mar. 2021.

FREITAS, Caroline. *Alimentos estão mais caros e supermercados culpam indústria*. 2020. Disponível em: <https://www.agazeta.com.br/es/economia/alimentos-estao-mais-caros-e-supermercados-culpam-industria-0920>. Acesso em: 01 maio 2021.

GIANNETTI, Enzo Domarco. *Marketing: O que é? Para que serve?* 2020. Disponível em: https://www.juniorfea.com.br/marketing-o-que-e-para-que-serve/?gclid=Cj0KCQiA-aGCBhCwARIsAHD15x-Dzw8cWVG0Ile8oubqodknrV7VK46A8bnI6aPrVltnrmXqiQhct8aAvI_EALw_wcB. Acesso em: 08 mar. 2021.

GIGLIO, Ernesto Michelangelo. *O Comportamento do Consumidor*. 3. ed. São Paulo: Thomson, 2005.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. Ed. São Paulo: Atlas; 2016.

GIMÉNEZ, Ana; SALDAMANDO, Luis; CURUTCHET, Maria Rosa; ARES, Gastón. Package desing and nutritional profile of foods targeted t children in supermarkets in Montevideo, Uruguay. *Cadernos de Saúde Pública*. 2017.

GOIÁS, Secretaria de Estado de Saúde do Estado de. *Obesidade infantil desafia pais e gestores*. 2019. Disponível em: <https://www.saude.go.gov.br/noticias/81-obesidade-infantil-desafia-pais-e-gestores#:~:text=As%20notifica%C3%A7%C3%B5es%20do%20Sistema%20de,%2C98%25%20t%C3%AAm%20obesidade%20grave>. Acesso em: 15 abr. 2022.

HENRIQUES, P. et al. Regulamentação da propaganda de alimentos infantis como estratégia para a promoção da saúde. *Revista Ciência e Saúde Coletiva*, v. 17, n. 2, p. 481-490, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csc/v17n2/a21v17n2.pdf>. Acesso em: 21 Fev. 2021.

HENRIQUES, Patrícia; O'DWYER, Gisele; DIAS, Patrícia Camacho; BARBOSA, Roseane Moreira Sampaio; BUSLANDY, Luciane. Políticas de Saúde e Segurança Alimentar e Nutricional: desafios para o controle da obesidade infantil. *Ciência & Saúde Coletiva*, 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação*. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>. Acesso em: 03 abr. 2022.

INFANTIL, APCOI – Associação Portuguesa Contra A Obesidade. *Obesidade infantil*. 2013. Disponível em:

https://criancaconsumo.org.br/wp-content/uploads/2014/05/Carta_APCOI_Consulta-sobre-Projetos-de-Lei-193.XII-e-195.XII_4.2013.pdf. Acesso em: 04 abr. 2021.

KARSAKLIAN, E. *Comportamento do consumidor*. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2004.

KARSAKLIAN, Eliane. *Comportamento do consumidor*. São Paulo: Atlas, 2000.

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 118-135

A influência da mídia na dieta infantil

SANTOS, Camila Tabai dos; HARDER, Márcia Nalesso Costa

KASSAHARA, Patrícia. *Concepções em disputa sobre ações do Estado para prevenção e controle da obesidade infantil*. 2017. Tese de Doutorado. Fundação Oswaldo Cruz - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Rio de Janeiro, 2017.

LAS CASAS, Alexandre Luiz. *Administração de Marketing: Conceitos, Planejamento e Aplicações a Realidade Brasileira*. São Paulo: Atlas. 2006.

LIMA, B. R. *A influência da mídia no comportamento infantil*. Brasília: UNICEUB, 2010. Disponível em: [MONOGRAFIA - A influência da mídia no comportamento infantil \(uniceub.br\)](http://monografia.uniceub.br). Acesso em: 15 fev. 2021.

MIOOTTO, Ana Cristina; OLIVEIRA, Ana Flávia. A influência da mídia nos hábitos alimentares de crianças de baixa renda do projeto Nutrir. *Revista Paul Pediatría*, v. 24, n. 2, p. 115-120, 2006.

MOREIRA, Anieli Galvão et al. *MARKETING E SUA RELAÇÃO COM O PÚBLICO INFANTIL*. 2013. Disponível em: <http://www.fatecguaratingueta.edu.br/revista/index.php/rcotgh/article/view/39/33>. Acesso em: 15 mar. 2021.

MOURA, José Aparecido Vidal; PASCHOAL, Jeani Delgado. *OS DESAFIOS DA ESCOLA PÚBLICA PARANAENSE NA PERSPECTIVA DO PROFESSOR PDE*. 2013. Disponível em: diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_uel_geo_artigo_jose_aparecido_vidal.pdf. Acesso em: 19 nov. 2021.

MOURA, N. C. Influência da mídia no comportamento alimentar de crianças e adolescentes. *Revista Segurança Alimentar e Nutricional*, v. 17, n. 1, p. 113-122, 2010. Disponível em: http://www.unicamp.br/nepa/publicacoes/san/2010/XVII_1/docs/influencia-da-midia-no-comportamento-alimentar-de-criancas-e-adolescentes.pdf. Acesso em: 21 Fev. 2021.

NEILPATEL. *Publicidade Infantil: entenda o que é os problemas e a lei no Brasil. Entenda O Que É, os Problemas e a Lei no Brasil*. 2021. Disponível em: <https://neilpatel.com/br/blog/publicidade-infantil/>. Acesso em: 05 abr. 2021.

NOVO, Benigno Núñez. *A importância da relação família e escola: Análise sobre a relação família e escola*. 2022. Disponível em: meuartigo.brasilecola.uol.br/a-importancia-da-relacao-familia-e-escola.htm. Acesso em: 20 abri. 2022.

PIMENTA, Dênia Velloso; MASSON, Daniela Fagioli; BUENO, Milena Baptista. Análise das propagandas de alimentos veiculadas na televisão durante a programação voltada ao público infantil. *Revista J Health Sci Inst*. 2011.

PORTO, A. C. V.; PIRES, B. A. B.; COELHO, S. C. Frequência de consumo de fast food em crianças de uma escola pública e uma escola privada do município de Nova Iguaçu no Rio de Janeiro e sua influência no perfil nutricional. *Acta Pediatr Port*, v. 44, n. 6, p. 301-305, 2013. Disponível em: <http://actapediatrica.spp.pt/article/view/2582>. Acesso em: 30 set. 2015.

REZ, Rafael. *Marketing: O Guia Completo*. 2020. Disponível em: <https://novaescolademarketing.com.br/marketing-guia-completo/>. Acesso em: 03 mar. 2021.

RODRIGUES, A. S. et al. Associação entre o marketing de produtos alimentares de elevada densidade energética e a obesidade infantil. *Rev. Port Saúde Pública*, v. 29, n. 2, p. 180-187, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/pdf/rpsp/v29n2/v29n2a11.pdf>. Acesso em: 20 Fev. 2021.

RODRIGUES, Julia. *7 gatilhos mentais poderosos para aumentar suas vendas*. 2020. Disponível em: <https://www.paulistajr.com.br/7-gatilhos-mentais-poderosos-para-aumentar-suas-vendas/>

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 118-135

A influência da mídia na dieta infantil

SANTOS, Camila Tabai dos; HARDER, Márcia Nalesso Costa

gclid=Cj0KCQIA-

aGCBhCwARIsAHDl5x_ZXoaGeDfYTrwWsb1810p1hdzsCD_XJTLKARhSFRP2ubfjwB6PE
T0aAqHrEALw_wcB. Acesso em: 14 mar. 2021.

RODRIGUES, V. M.; FIATES, G. M. R. Hábitos alimentares e comportamento de consumo infantil: influência da renda familiar e do hábito de assistir à televisão. *Revista de Nutrição*, v. 25, n. 3, mai./jun.2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-52732012000300005. Acesso em: 21 Fev. 2021.

ROSSI, Alessandra et al. *Determinantes do comportamento alimentar: uma revisão com enfoque na família*. 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-52732008000600012&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 24 mar. 2021.

SANTOS, A. M.; GROSSI, Patricia Krieger. Infância comprada: hábitos de consumo na sociedade contemporânea. *Revista Textos & Contextos*, Porto Alegre, v. 6, n. 2 p. 443-454, jul/dez, 2007.

SANTOS, L. C. S. dos. A tevê como meio de comunicação de massa de modelar crianças. *Movendo Idéias*. Belém, U.S, n. 8, p. 62-66, dez. 2000.

SCHRAMM, Sandra Maria de Oliveira; MACEDO, Sheyla Maria Fontenele; COSTA Expedito Wellington Chaves. *Fundamentos da Educação Infantil*. Fortaleza: Uece, 2019. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/432873/2/Livro%20Pedagogia%20Fundamentos%20da%20Educac%C3%A3o%20Infantil.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2021.

SECRETARIA-GERAL, Presidência da República. *LEI Nº 13.257, DE 8 DE MARÇO DE 2016*. 2016. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13257.htm. Acesso em: 22 mar. 2021.

SEGO. Secretaria de Saúde do Estado de Goiás. 2019. Disponível em <https://saude.go.gov.br/noticias/81-obesidade-infantil-desafia-pais-e-gestores>. Acesso em: 20 mar. 2021.

SILVA, Viviane Costa da. *A linguagem publicitária voltada para o público infantil: o mundo mágico do fast-food*. 2007. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/1174/1/VSilva.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2021.

SOLOMON, M. R. *Comportamento do consumidor*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

SOLOMON, Michael R. *O Comportamento do Consumidor*. Comprando, Possuindo e Sendo. 9. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

SOUZA, Rainy Golfetti de et al. *Consumo Infantil: a influência da mídia no desejo de compra das crianças*. 2021. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos17/18825214.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2021.

STRANO, Salvador. *Publicidade infantil marcas fazem balanço de revisão de normas: compromisso pela publicidade responsável para crianças restringiu anúncios de alimentos que não atinjam critérios nutritivos suficientes*. 2018. Disponível em: <https://www.meioemensagem.com.br/home/marketing/2018/03/20/publicidade-infantil-marcas-fazem-balanco-de-revisao-de-normas.html>. Acesso em: 23 mar. 2021.

TERRA. De acordo com estudo, 80% dos produtos licenciados tem o público infantil como alvo. 2017. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/dino/de-acordo-com-estudo-80-dos-produtos-licenciados-tem-o-publico-infantil-como-alvo,792bf5f50063a430f19269487761d14ekofqa4pt.html>. Acesso em: 03 abr. 2021.

Bioenergia em revista: diálogos. ano/vol. 12, n. 2, jul./dez. 2022. P. 118-135

A influência da mídia na dieta infantil

SANTOS, Camila Tabai dos; HARDER, Márcia Nalesso Costa

VALE, Renata do. *Influência da mídia na promoção do consumo infantil*. 2018. Disponível em: <http://petpedagogia.ufba.br/influencia-da-midia-na-promocao-do-consumo-infantil>. Acesso em: 31 mar. 2021.

VILAÇA, Márcio Luiz Corrêa et al (org.). *TECNOLOGIA, SOCIEDADE E EDUCAÇÃO NA ERA DIGITAL*. 2016. Disponível em:

http://www.pgcl.uenf.br/arquivos/tecnologia,sociedadeeducacaonaeradigital_011120181554.pdf. Acesso em: 13 mar. 2021.

ZOCCHIO, Guilherme. Alimentação saudável será mais cara do que a não saudável a partir de 2026... - Veja mais em

<https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2020/01/29/alimentacao-saudavel-sera-mais-cara-do-que-a-nao-saudavel-a-partir-de-2026.htm?cmpid=copiaecola>. 2020. Disponível em: <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2020/01/29/alimentacao-saudavel-sera-mais-cara-do-que-a-nao-saudavel-a-partir-de-2026.htm>. Acesso em: 01 maio 2021.

1 SANTOS, Camila Tabai dos. Possui graduação em Tecnologia de Alimentos pela FATEC Piracicaba Dep. “Roque Trevisan”. É graduanda no curso de Tecnologia em Gestão Empresarial pela FATEC Piracicaba Dep. “Roque Trevisan”.

2 Harder, Marcia Nalesso Costa. Possui graduação em Engenharia Agrônômica pelo Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal (2002), mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade de São Paulo (2005) e doutorado em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura) pela Universidade de São Paulo (2009). Atualmente é coordenadora da Faculdade de Tecnologia de Piracicaba e professor de ensino superior PIII do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. Tem experiência na área de Agronomia, Ciência e Tecnologia de Alimentos, Análise Sensorial, Técnicas de Conservação e Processamento de Alimentos, Operações Unitárias, Aplicações Industriais de Radioisótopos, Biocombustíveis, atuando principalmente nos seguintes temas: biocombustíveis, bioetanol/açúcar, análise sensorial e suas aplicações, irradiação de alimentos, processamento e conservação de alimentos, operações unitárias, plantas medicinais e alimentos funcionais, ecossustentabilidade, aplicação do uso de energias ionizantes e não ionizantes. Atua também como mentora de programas de mentorias de incubadora.