


PRODUÇÃO ARTESANAL DE ETANOL COM *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* EM UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA PARA O ENSINO FUNDAMENTAL

ARTISANAL PRODUCTION OF ETHANOL WITH *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* IN AN INVESTIGATIVE APPROACH FOR ELEMENTARY EDUCATION

PRODUCCIÓN ARTESANAL DE ETANOL CON *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* EN UN ENFOQUE INVESTIGATIVO PARA LA EDUCACIÓN PRIMARIA

 <https://doi.org/10.56238/rcsv11n1-005>

Data de submissão: 01/06/2023

Data de aprovação: 01/07/2023

Maria José Cavalcante da Silva
E-mail: mariajosecs@yahoo.com.br

Kristian Bismarck Ferreira
E-mail: krisbismarck@gmail.com

Maria Luysa Leite de Oliveira
E-mail: l2ys4l2lu@gmail.com

Ruan Giovane da Silva Sabino
E-mail: ruangiovani04@gmail.com

Sabrina Rayane dos Santos
E-mail: sabrinarayane3105@gmail.com

Bruno do Nascimento Santos
E-mail: ccogumelos14@gmail.com

Aylla Aline Cipriano Firmino
E-mail: ayllaaline7@gmail.com

RESUMO

Foi realizado um estudo prático de produção artesanal de etanol com diferentes marcas de fermentos contendo *Saccharomyces cerevisiae*, que são utilizadas para uso doméstico e industrial, em uma abordagem investigativa para o ensino fundamental, observando e avaliando no fim dos processos fermentativos o desempenho de cada fermento na produção de etanol de forma justa e igualitária, levando em conta que todos os caldos fermentados passaram pelas mesmas condições de armazenamento, onde foi usado a mesma base inicial (caldo de cana) e receberam a mesma quantidade de alimentação diária, mudando apenas o fermento em cada um dos caldos, e também foi levado em consideração dois aspectos de grande importância para o uso em grande escala, que são o volume produzido (a quantidade ml de etanol que obtivemos no processamento do caldo) e pureza da amostra (a porcentagem % de etanol no volume produzido) demonstrando resultados positivos nas cinco fermentações, todas produzindo etanol de boa qualidade com um grau de pureza similar de 70% com resultados satisfatórios, tanto no caráter prático e científico quanto na pedagógica com os discentes do ensino fundamental, que foram capazes de entender o processo de um estudo científico, participando de cada etapa, tirando dúvidas e dando sugestões na elaboração metodológica do trabalho.

Palavras-chave: Etanol. Fermento. *Saccharomyces cerevisiae*. Caldo de cana.

ABSTRACT

A practical study of artisanal ethanol production was carried out with different brands of yeasts containing *Saccharomyces cerevisiae*, which are used for domestic and industrial use, in an investigative approach for elementary education, observing and evaluating at the end of the fermentation processes the performance of each yeast in the production of ethanol in a fair and equitable way, taking into account that all fermented broths went through the same storage conditions, where the same initial base (sugarcane juice) was used and received the same amount of daily feed, changing only the yeast in each of the broths. Also, two aspects of great importance for large-scale use were taken into consideration: the volume produced (the amount of ethanol obtained in the processing of the broth in ml) and purity of the sample (the percentage % of ethanol in the volume produced). Demonstrating positive results in the five fermentations, all producing good quality ethanol with a similar degree of purity of 70% with satisfactory results, both in the practical and scientific character as well as in the pedagogical with elementary school students, who were able to understand the process of a scientific study, participating at each stage, answering questions and offering suggestions for the methodological development of the work.

Keywords: Ethanol. Yeast. *Saccharomyces cerevisiae*. Sugarcane juice.

RESUMÉN

Se realizó un estudio práctico de producción artesanal de etanol con diferentes marcas de levaduras que contienen *Saccharomyces cerevisiae*, las cuales se utilizan para uso doméstico e industrial, en un enfoque investigativo para educación primaria, observando y evaluando al final de los procesos de fermentación el desempeño de cada levadura en la producción de etanol de manera justa y equitativa, teniendo en cuenta que todos los caldos fermentados pasaron por las mismas condiciones de almacenamiento, donde se utilizó la misma base inicial (jugo de caña de azúcar) y recibieron la misma cantidad de alimento diario, cambiando solo la levadura en cada uno de los caldos. Además, se tomaron en consideración dos aspectos de gran importancia para el uso a gran escala: el volumen producido (la cantidad de etanol obtenida en el procesamiento del caldo en ml) y la pureza de la muestra (el porcentaje % de etanol en el volumen producido). Se demostraron resultados positivos en las cinco fermentaciones, todas produciendo etanol de buena calidad con un grado de pureza similar al 70%, con resultados satisfactorios, tanto en el aspecto práctico y científico como en el pedagógico, con estudiantes de primaria, quienes comprendieron el proceso de un estudio científico, participando en cada etapa, respondiendo preguntas y ofreciendo sugerencias para el desarrollo metodológico del trabajo.

Palabras clave: Etanol. Levadura. *Saccharomyces cerevisiae*. Jugo de caña de azúcar.

1 INTRODUÇÃO

O etanol tem uma importância ambiental muito relevante, pois além de ser produzido a partir de uma matéria-prima renovável, gera empregos na cadeia sucroalcooleira e novas oportunidades de negócios, esse biocombustível também reduz a emissão de gases para a atmosfera, o que é uma preocupação mundial atualmente (SEBRAE, 2016).

A produção de etanol por meio da fermentação alcoólica da cana-de-açúcar é um dos processos mais conhecidos da humanidade devido ser usado como combustível, como aditivo para gasolina, como solvente em diversas aplicações na indústria e como desinfetante natural na formulação de produtos de limpeza.

A fermentação alcoólica é um processo anaeróbico que ocorre pela transformação de açúcares em álcool etílico (C_2H_6O), e dióxido de carbono (CO_2), catalisado por enzimas. Este processo é executado principalmente por leveduras, em nível citoplasmático, tendo como objetivo a produção de energia, na forma de ATP, que será empregada nas funções fisiológicas e ainda para o crescimento e reprodução do microorganismo (GÓES-FAVONI, S. P et al 2018).

Os microorganismos do gênero *Saccharomyces* constituem os mais empregados pelas usinas sucroalcooleiras no Brasil. As leveduras são micro-organismos facultativos, isto é, realizam respiração pelo metabolismo aeróbico resultando na transformação do açúcar em H_2O e CO_2 e também o metabolismo anaeróbico quando na ausência do oxigênio, produzindo etanol (C_2H_6O) e dióxido de carbono (CO_2), além de subprodutos como ácidos orgânicos e glicerol (VENTURINI FILHO, 2010).

Neste trabalho usamos como iniciadores na produção de etanol fermentos biológicos comuns, compostos de *Saccharomyces cerevisiae*, de três marcas vendidas nos supermercados e duas utilizadas nas indústrias locais: uma na indústria alimentícia, para produção de massa e a outra pela indústria de etanol, para avaliação do potencial de produção alcoólica de cada uma.

Como proposta de ensino de ciências foi realizado o estudo prático de produção artesanal de etanol com *Saccharomyces cerevisiae* em uma abordagem investigativa para o ensino fundamental, com objetivo dos alunos aprenderem determinados procedimentos como: observar, anotar, manipular, descrever, fazer perguntas e tentar encontrar respostas para as perguntas, no processo de produção de etanol de forma artesanal com *Saccharomyces cerevisiae* de diferentes marcas que são utilizadas para uso doméstico e industrial. Os objetivos específicos foram :Testar a eficácia dos fermentos que são vendidos em supermercados para uso doméstico, na produção de etanol; comparar a produção de etanol com os fermentos usado na indústria; do teor alcoólico de cada amostra após a fermentação e após a destilação.

2 METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa experimental, bibliográfica e descritiva, de natureza quantitativa e qualitativa, já que a análise se realizou em diversas fontes de pesquisas como conteúdo de livros, artigos científicos, sites, bibliográficas virtuais e experimentos, contemplando as propostas para estudos futuros.

Quadro 1 - Etapas da pesquisa bibliográfica e pesquisa experimental.

ETAPA	TÓPICOS DE CADA ETAPA	DETALHAMENTO DE CADA TÓPICO
1ª	Tema	PRODUÇÃO ARTESANAL DE ETANOL COM <i>Saccharomyces cerevisiae</i> EM UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA PARA O ENSINO FUNDAMENTAL
	Pergunta norteadora	Como fazer os alunos aprenderem determinados procedimentos metodológicos/científicos no processo de produção do etanol?
	Objetivo geral	Que os alunos aprendam determinados procedimentos como: observar, anotar, manipular, descrever, fazer perguntas e tentar encontrar respostas para as perguntas, no processo de produção de etanol de forma artesanal com <i>Saccharomyces cerevisiae</i> de diferentes marcas, que são utilizadas para uso doméstico e industrial.
2ª	Período de coleta dos dados	Agosto de 2023
	Crítérios de inclusão	3. Artigos Publicados
	Crítérios de exclusão	2. Artigos que não contemplam a temática.

Fonte: elaborada pelos autores.

A pesquisa foi realizada no Centro educacional de Pesquisa, Robótica e Inovação (CEPRI), no município de São Miguel dos Campos – AL, com alunos do 9º Ano do ensino fundamental de uma escola pública municipal (Figura 1)

Figura 1 – alunos realizando os experimentos do estudo.



Foram selecionadas leveduras de *Saccharomyces cerevisiae* de fermentos biológicos comercializados em supermercados para uso doméstico, como também, para comparação com os fermentos empregados na indústria, na produção de etanol, observando-se o teor alcoólico de cada amostra após a fermentação e após a destilação.

Foram utilizados para os procedimentos metodológicos da pesquisa os seguintes materiais:

- 5 garrafas pet de 500ml 5 garrafas pet de 1,5L 5 airlock caseiro
- 2 L de caldo de cana. 100g de açúcar
- Refratômetro Vortex VX032SG (Medidor de Brix)
- Alcoômetro 0-100 (Kit medidor de álcool)
- Termômetro de mercúrio Termômetro digital Manta térmica
- Balão volumétrico de 1000ml Becker de 100ml
- Becker de 50ml Destilador de vidro

Figura 2 - 5 diferentes fermentos enumerados de 1 a 5, 10g



Fermentos que foram usados e pesagem dos fermentos que foram adicionados no caldo de cana.

Figura 2.

Extração de caldo de cana.



Figura 3

Distribuição do caldo de cana.



A fermentação do caldo de cana foi realizado em duas etapas distintas: Na primeira etapa foi adicionado gradativamente o caldo de cana fresco para alimentar o processo em cada uma das cinco fermentações, até atingir 500ml, após isso começamos a segunda etapa com água com açúcar para evitar a proliferação de leveduras selvagens sob orientação do técnico em química, responsável pela produção de etanol da usina caetés.

Entre os fermentos usados temos 3 deles de marcas encontradas em qualquer supermercado, em nossa cidade, que são as seguintes: Dona Benta, Dr. Oketer e Fleishiman, os outros dois obtivemos em locais que trabalham com fermentação industrial: em uma padaria (Gold Pakymaya) e na usina Caeté, de produção de açúcar e etanol (Angest), situada no nosso município.

2.1 ETAPA 1

Em cinco garrafas pet de 500ml foi colocado 200ml de caldo de cana e acrescentado um fermento diferente em cada garrafa, as garrafas foram devidamente identificadas e fechada com airlock caseiro (Figura 4), e o sistema foi alimentado duas vezes por dia, o brix (Figura 4) foi medido antes de cada alimentação, conforme o Quadro 2. Seguindo as instruções do técnico em química da usina caeté, diluímos o caldo de cana com água para alimentar o sistema em uma mistura de 50% de cada. Dessa forma perdemos menos leveduras durante o processo.



Quadro 2

Alimentação	Brix	Quantidade de caldo	Fase anaeróbica
1º	16	50ml	6h
2º	16	50ml	12h
3º	16	50ml	15h
4º	15	75ml	6h
5º	14	75ml	15h

Fonte: elaborada pelos autores.

Ao atingir 300ml de fermentação dentro da garrafa mudamos para a garrafa de 1,5L e continuamos o processo de fermentação adicionando o caldo até chegar no volume de 500ml.

2.2 ETAPA 2

A partir desse volume iniciamos a segunda etapa foi adicionado água com açúcar branco, inicialmente foi adicionado 40g e medido o Brix e passamos a alimentar apenas uma vez por dia, aumentado para 60g na última alimentação para a fermentação no final de semana.

Quadro 3

Alimentação	Brix	Quantidade de caldo	Fase anaeróbica
1º	15	250ml	24h
2º	27,5	250ml	24h

Fonte: elaborada pelos autores.

Nas embalagens dos fermentos não foram especificadas as linhagens das leveduras em quatro das cinco que usamos, identificavam apenas como *Saccharomyces cerevisiae*, apenas no fermento Dona Benta especificava como *Saccharomyces cerevisiae* Meyer.

2.3 DESTILAÇÃO

Figura 5 – Destilação



Após uma semana de fermentação foi iniciado a etapa de destilação (Figura 5), com a medição alcoólica de cada caldo fermentado para termos os volumes iniciais e finais e comparar o desempenho de cada fermento, e obtivemos os seguintes resultados (Quadro 4).

Quadro 4

Fermento	Tabela de medição	Temperatura	Volume de álcool
Nº 1 (Angest)	7	24°C	6,3%
Nº 2 (Gold Pakymaya)	6	24°C	5,4%
Nº 3 (Dr. Oketer)	8	24°C	7,3%
Nº 4 (Fleshiman)	5	24°C	4,4%
Nº 5 (Dona Benta)	5	24°C	4,4%

Fonte: elaborada pelos autores.

Em cada uma das garrada tínhamos cerca de 1L de caldo, e foi dividido em duas amostras de 500ml para ser colocado no balão do destilador, cada etapa de destilação levava de 2h a 3h para ser concluída, por isso montamos um segundo destilador para acelerar o processamento de cada caldo para fazer duas amostras por dia, tendo os devidos cuidados de higienização das vidrarias entre um processamento de um caldo e outro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O corpo textual foi analisado por meio da frequência de palavras, que originou a nuvem de palavras (Figura 6) criada na Plataforma online WordArt. Esta ferramenta agrupa e organiza graficamente as palavras evidenciando as mais frequentes.

Figura 6 - Nuvem de palavras



Fonte: elaborada pelos autores.

Por meio da Figura 6, foi possível observar que as palavras em evidência na nuvem são pertencentes ao desenvolvimento do trabalho.

Frequência das palavras presentes nos textos publicados nas Plataformas Virtuais (Tabela 1).

Tabela 1

PALAVRAS	FREQUÊNCIA
Fermento	23
Etanol	21
Produção	20
Caldo	15
Processo	14
Volume	11

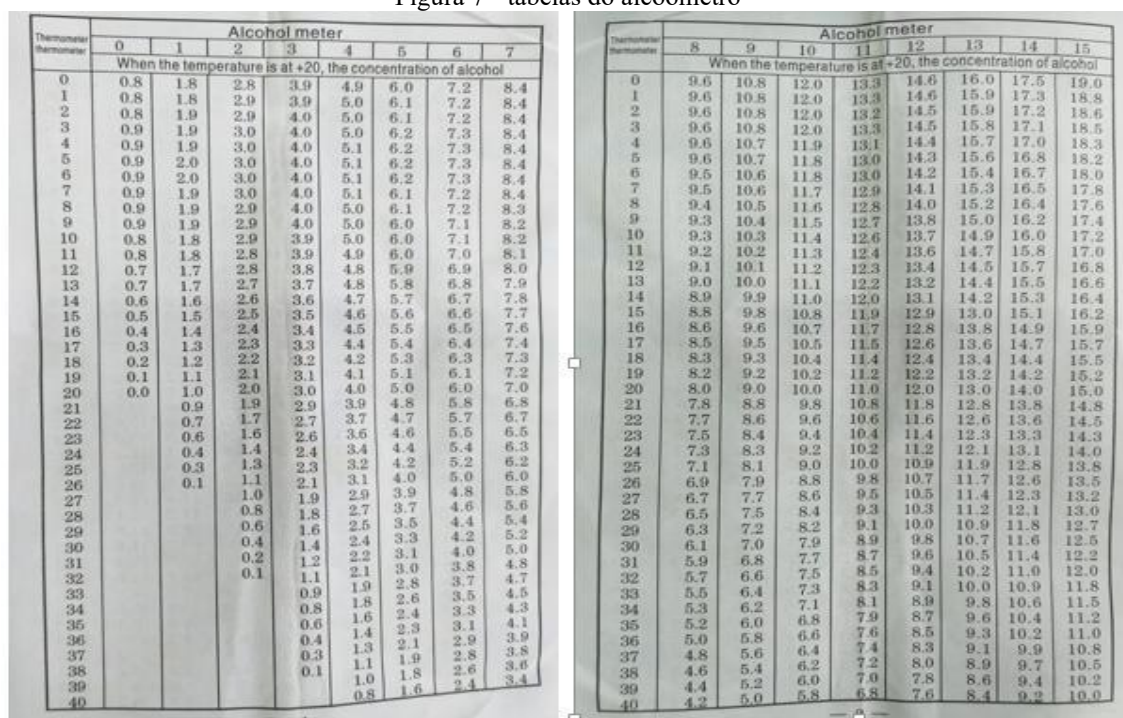
Saccharomyces Cerevisiae	9
Destilação	7

Fonte: elaborada pelos autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O alcoômetro acompanha uma tabela (Figura 7) para comparar os resultado e foi observado que há uma influência bem significativa da temperatura na amostra. Nessa primeira medição não tivemos variação na temperatura, mas antes de iniciar o processo de destilação de cada amostra tivemos resultados diferentes, notamos que em algumas garrafas ainda existia produção de gás o que mostra que o processo de fermentação continuou por mais alguns dias após a última alimentação e a destilação só teve início depois de 72h da última alimentação para ter certeza que o processo fermentativo havia encerrado.

Figura 7 - tabelas do alcoômetro



Quadro 5

Fermento	Tabela de medição	Temperatura	Volume de álcool
Nº 1 (Angest)	10	24°C	9,2%
Nº 2(Gold Pakymaya)	9	24°C	8,4%
Nº 3 (Dr. Oketer)	8	22°C	7,7%
Nº 4 (Fleshiman)	6	22°C	5,7%
Nº 5 (Dona Benta)	6	24°C	5,4%

Fonte: elaborada pelos autores de acordo com as informações das tabelas do alcoômetro da Figura 7

Após o fim dos processos fermentativos foi possível avaliar o desempenho de cada um dos fermentos na produção de etanol de forma justa e igualitária, levando em conta que todos passaram

pelas mesmas condições de armazenamento, usaram a mesma base inicial (caldo de cana), e receberam a mesma quantidade de alimentação diária, mudando apenas o fermento em cada um dos caldos.

Para avaliar a produção de etanol de cada fermento levamos em consideração dois aspectos de grande importância para o uso dele em grande escala, que são o volume produzido (a quantidade ml de etanol que obtivemos no processamento do caldo) e pureza da amostra (a porcentagem % de etanol no volume produzido). Para cada um dos fermentos, tivemos um resultado diferente nos dois aspectos como observado no Quadro abaixo:

Quadro 6

Fermento	Tabela de medição	Temperatura	Volume Produzido	Volume de álcool
Nº 1 (Angest)	72	20°C	88 ml	71,3%
Nº 2 (Gold Pakymaya)	73	20°C	95 ml	72,3%
Nº 3 (Dr. Oketer)	75	20°C	62 ml	75%
Nº 4 (Fleshiman)	74	22°C	52 ml	73,4%
Nº 5 (Dona Benta)	72	22°C	48 ml	71%

Fonte: elaborada pelos autores de acordo com as informações das tabelas do alcoômetro da Figura 7

5 CONCLUSÃO

Como demonstrado, obtivemos resultados positivos nas cinco fermentações, todas produzindo etanol de boa qualidade com um grau de pureza similar de 70%. Em relação ao volume produzido em 1 litro de caldo com fermentação alcoólica por cada fermento a variação foi de menor volume Dona Benta 48ml, e de maior volume Gold Pakymaya 95ml. A diferença foi relevante nesse parâmetro entre o de maior e menor produção de etanol que foi utilizado a mesma quantidade de matéria prima com a diferença de 47ml. Entre o fermento Gold Pakymaya e da Angest, a diferença foi de apenas 7ml. Todos os fermentos passaram pelas mesmas condições e tiveram a mesma alimentação durante todo o processo. Entre os cinco fermentos que usamos na pesquisa o que apresentou melhor resultado em nossos parâmetros foi o Gold Pakymaya.

Estes resultados nos surpreenderam, pois esperávamos que o fermento industrial Angest tivesse um desempenho bem acima dos demais, já que seu uso é aplicado diretamente na indústria para produção de etanol.

Usamos como referência de comparação esse fermento com base nessa aplicação, e seus resultados foram bem satisfatório sua pureza foi de 71,3% e o volume produzido de 88mls, ou seja ele gera a um produto com um bom teor alcoólico e um alto volume, Sabemos também que esse fermento possui características que não podemos contabilizar em nosso laboratório como parâmetro de comparação com os outros fermentos, como a resistência as mudanças de temperatura e a maior

tolerância ao álcool por parte das leveduras. Mas nos parâmetros estabelecido em nosso trabalho nessa amostra de referência ele foi superado pelo fermento de padaria (Gold Pakymaya).

Os resultados foram satisfatórios, tanto no caráter prático e científico, quanto na pedagógica com os discentes do ensino fundamental, que foram capazes de entender o processo de um estudo científico, participando de cada etapa, tirando dúvidas e dando sugestões na elaboração metodológica do trabalho.

As abordagens investigativas contidas nas situações-problemas foram de extrema importância para construção de alguns conceitos fundamentais da ciência, necessários para uma compreensão mais ampla dos problemas. A utilização dos experimentos também foi algo bastante importante, pois os mesmos deram condições ao professor de ser um mediador do conhecimento, construindo o conhecimento de forma reflexiva, evitando um roteiro e algumas conclusões predeterminadas.

REFERÊNCIAS

- AQUINO, A. F.; BIDÔ, E. S.; GALVÃO, M. L. M.; OLIVEIRA, V. N. O etanol da cana de açúcar: possibilidades energéticas da região de Ceará-Mirim-RN. *Holos*, [S.l.], v. 1, p. 105-125, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Produção Brasileira de Cana de Açúcar, Açúcar e Etanol*. Brasília: MAPA, 2016.
- GÓES-FAVONI, S. P.; MONTEIRO, A. C. C.; DORTA, C.; CRIPPA, M. G.; SHIGEMATSU, E. Fermentação alcoólica na produção de etanol e os fatores determinantes do rendimento. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, [S.l.], v. 9, n. 4, abr./mai. 2018. Disponível em: [file:///C:/Users/Notebook/Downloads/scientia,+Gerente+da+revista,+w+ARTIGO+2232+-+2019-08-14%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Notebook/Downloads/scientia,+Gerente+da+revista,+w+ARTIGO+2232+-+2019-08-14%20(1).pdf). Acesso em: 10 set. 2023.
- KNAUF, M.; KRAUS, K. Specific yeasts developed for modern ethanol production. *Sugar Industry*, [S.l.], v. 131, p. 753-758, 2006.
- OVIGLI, D. F. B. Prática de ensino de ciências: o museu como espaço formativo. *Revista Ensaio*, [S.l.], v. 13, n. 3, p. 133-149, 2011.
- SEBRAE. O que é etanol? 2023. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-que-e-etanol,ac3d438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD>. Acesso em: 20 set. 2023.
- SILVA, A. F. Caracterização genética de linhagens de *Saccharomyces cerevisiae* isoladas de fermentações espontâneas de cachaças de alambique da Bahia. 2009. Dissertação (Mestrado) – [Instituição não especificada], 2009.
- SOUSA, J. L. U.; MONTEIRO, R. A. B. Fatores interferentes na fermentação alcoólica para produção de etanol. *FAZU em Revista*, Uberaba, n. 8, p. 100-107, 2011.
- STEINLE, L. A. Fatores que interferem na fermentação alcoólica. 2013. Monografia (Graduação em Gestão do Setor Sucroenergético) – Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Agrárias, Sertãozinho, 2013.
- VENTURINI FILHO, W. G. *Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia*. São Paulo: Blucher, 2010.
- VIEIRA, M. C. A. *Setor sucroalcooleiro brasileiro: evolução e perspectivas*. Rio de Janeiro: BNDES, 2012.
- PRODUÇÃO de etanol por *S. cerevisiae*: o papel determinante dos transportadores de celobiose. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/208321>. Acesso em: 15 set. 2023.