

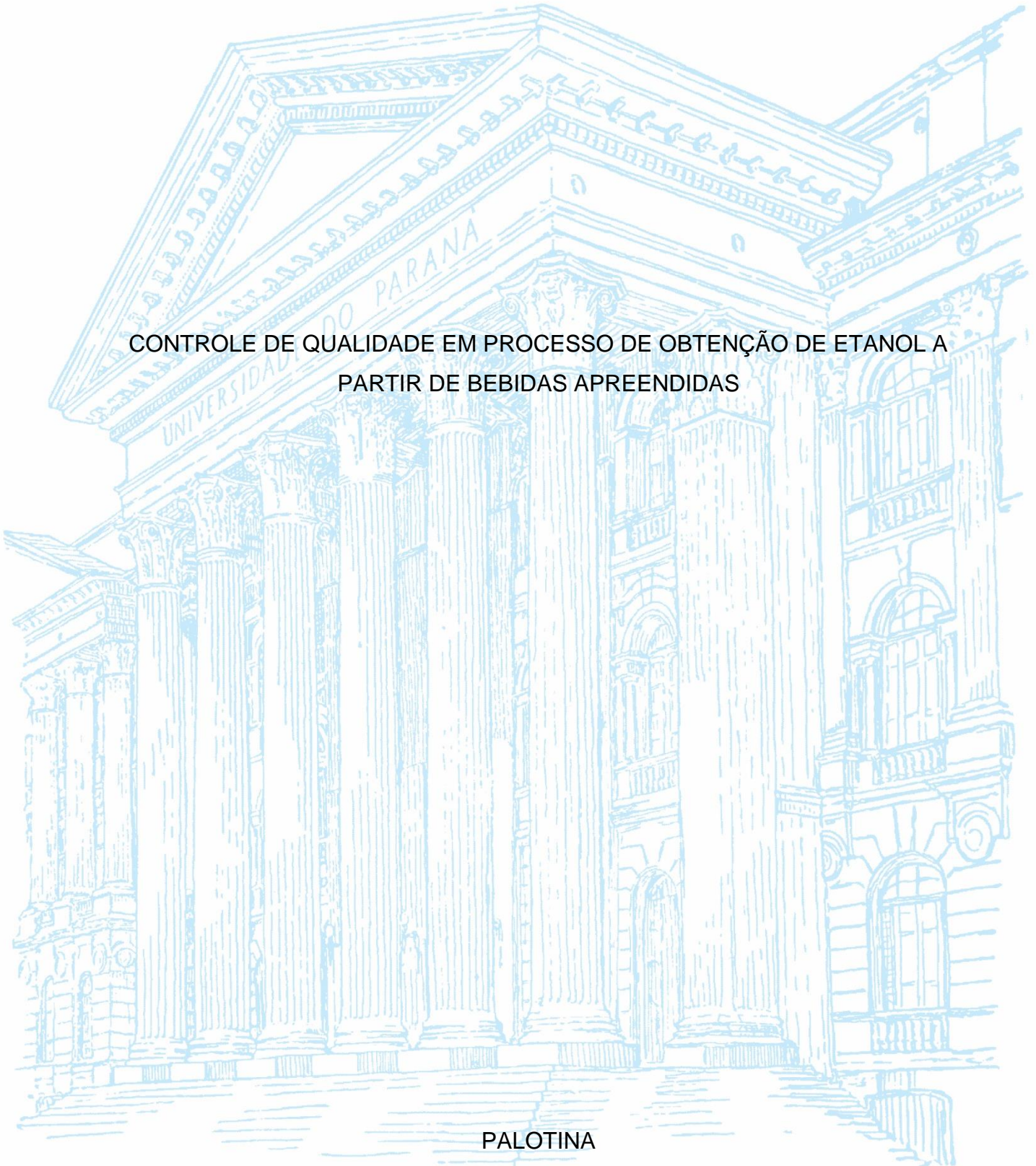
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARIANA APARECIDA DE CARVALHO LIMA

CONTROLE DE QUALIDADE EM PROCESSO DE OBTENÇÃO DE ETANOL A
PARTIR DE BEBIDAS APREENDIDAS

PALOTINA

2023



MARIANA APARECIDA DE CARVALHO LIMA

CONTROLE DE QUALIDADE EM PROCESSO DE OBTENÇÃO DE ETANOL A
PARTIR DE BEBIDAS APREENDIDAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, Setor de Palotina, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Sequinel

PALOTINA

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E EXATAS
Rua Pioneiro, 2153, - - Bairro Jardim Dallas, Palotina/PR, CEP 85950-000
Telefone: 3360-5000 - <http://www.ufpr.br/>

ATA DE REUNIÃO

Aos vinte e seis dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte e três, às dezoito horas e trinta minutos, na Sala Virtual <https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3a2d8955e908c84279ab74ce2b403394b6%40thread.tacv2/1687797719389?context=%7b%22Tid%22%3a%22c37b37a3-e9e2-42f9-bc67-4b9b738e1df0%22%2c%22Oid%22%3a%22f89e20d1-e5da-4d00-bbb3-fe21963c7c73%22%7d>, da Plataforma Microsoft Teams, Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, realizou-se a Defesa Pública e Oral do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "Controle de Qualidade em Processo de Obtenção de Etanol a partir de Bebidas Apreendidas" apresentado pela discente Mariana Aparecida de Carvalho Lima, orientada pelo Prof. Dr. Rodrigo Sequinel, como um dos requisitos obrigatórios para conclusão do curso de graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Iniciados os trabalhos, o orientador e Presidente da Banca concedeu a palavra à discente, para exposição do seu trabalho. A seguir, foi concedida a palavra em ordem sucessiva aos membros da Banca de Exame, os quais passaram a arguir a discente. Ultimada a defesa, que se desenvolveu nos termos normativos, a Banca de Exame, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo atribuído à discente as seguintes notas: **Profa. Dra. Raquel Stroher, 95 (noventa e cinco), Profa. Dra. Tania Sila Campioni Magon, nota: 95 (noventa e cinco), e Prof. Dr. Rodrigo Sequinel, nota: 95 (noventa e cinco). A nota final da discente, após a média aritmética dos três membros da banca de exame, foi 95 (noventa e cinco).** As considerações e sugestões feitas pela Banca de Exame deverão ser atendidas pela discente sob acompanhamento de seu orientador. Nada mais havendo a tratar foi lavrada a presente ata, que, lida e aprovada, vai por todos assinada eletronicamente.



Documento assinado eletronicamente por **RODRIGO SEQUINEL, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 27/06/2023, às 17:18, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **TANIA SILA CAMPIONI MAGON, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 27/06/2023, às 17:28, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **RAQUEL STROHER, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 27/06/2023, às 18:37, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **5678587** e o código CRC **CFB4CB09**.

Dedico todo o esforço, empenho e aprendizado durante todos estes anos à minha Mãe, e à minha amiga Jéssica, que este ano deixou de estar entre nós.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao Prof. Dr. Rodrigo Sequinel, pela oportunidade de participar de um projeto, e por ter aceitado ser meu orientador nesta etapa da graduação.

Às pessoas que de alguma forma torceram por mim e me apoiaram nesta jornada, principalmente meus dois irmãos.

Aos amigos que adquiri durante essa fase da minha vida, em especial, Heloísa Machado.

À todos os professores pelo ensinamento, em especial Prof. Dr^a Raquel Stroher e Prof. Dr^a Tania Magon, que sempre estiveram à disposição em ajudar os alunos.

Viver é arriscar tudo. Caso contrário você é apenas um pedaço inerte de moléculas montadas aleatoriamente à deriva onde o universo te sopra. (RICK AND MORTY)

RESUMO

Diante das preocupações relacionadas ao uso do petróleo como combustível e das questões ambientais ligadas à sustentabilidade, a sociedade busca alternativas a partir do uso de combustíveis renováveis. Este trabalho traz contribuições para o processo de produção de etanol biocombustível a partir de bebidas alcoólicas apreendidas em regiões fronteiriças pela Receita Federal do Brasil. O objetivo do trabalho é avaliar a qualidade das bebidas antes e após o processo de destilação quando se obtém o etanol hidratado combustível e apresentar dados que possam ser utilizados para atestar a qualidade do processo ou para sua melhoria. Para atingir esse propósito, foram realizados ensaios físico-químicos abrangendo diferentes parâmetros, como cor, aspecto, condutividade elétrica, massa específica, potencial hidrogeniônico (pH), teor alcoólico e acidez total, tanto nas bebidas quanto no etanol resultante da destilação das bebidas. Foram coletadas três amostras de etanol e três amostras de bebidas alcoólicas para realização de ensaios físico-químicos, esses ensaios seguiram os valores limites e metodologia descrita na Resolução ANP N° 907/2022 (ANP, 2022). Após a conclusão dos ensaios, constatou-se que as amostras de bebidas apreendidas se assemelham com bebidas fermentadas do tipo vinho. Após a destilação e obtenção do etanol, os ensaios físico-químicos revelaram que as amostras atenderam a alguns valores estabelecidos pela normativa em vigor, ou se aproximaram destes. Dentre as amostras analisadas, todas satisfizeram o parâmetro fundamental para o uso de etanol como combustível: o teor alcoólico. Destaque para a B3, que atende a diversos parâmetros estabelecidos, sendo que outros parâmetros precisam de poucos ajustes para se adequar aos valores limites. Portanto, os resultados desse estudo indicam que as bebidas alcoólicas apreendidas em regiões fronteiriças podem ser transformadas em etanol hidratado combustível. No entanto, é importante garantir que o etanol produzido atenda aos requisitos de qualidade estabelecidos pelas regulamentações vigentes, a fim de garantir sua utilização segura e eficiente como uma fonte de energia renovável.

Palavras-chave: Etanol combustível. Bebidas alcoólicas apreendidas. Destilação. Controle de qualidade.

ABSTRACT

Given concerns related to the use of petroleum as fuel and environmental issues linked to sustainability, society seeks alternatives through the use of renewable fuels. This study provides contributions to the production process of biofuel ethanol from alcoholic beverages seized in border regions by the Brazilian Federal Revenue Service. The objective of this work is to evaluate the quality of the beverages before and after the distillation process, which yields hydrated fuel ethanol, and present data that can be used to certify the quality of the process or for its improvement. To achieve this purpose, physical-chemical tests were conducted, encompassing different parameters such as color, appearance, electrical conductivity, specific mass, hydrogenionic potential (pH), alcohol content, and total acidity, both in the beverages and in the ethanol resulting from the distillation of the beverages. Three samples of ethanol and three samples of alcoholic beverages were collected for physical-chemical testing, following the limit values and methodology described in Resolution ANP N° 907/2022 (ANP, 2022). After the completion of the tests, it was found that the seized beverage samples resemble fermented wine-type beverages. After distillation and obtaining ethanol, the physical-chemical tests revealed that the samples met some values established by the current regulations or came close to them. Among the analyzed samples, all satisfied the fundamental parameter for the use of ethanol as fuel: alcohol content. Particularly noteworthy is sample B3, which meets several established parameters, although a few adjustments are needed to comply with limit values. Therefore, the results of this study indicate that alcoholic beverages seized in border regions can be transformed into hydrated fuel ethanol. However, it is important to ensure that the produced ethanol meets the quality requirements established by current regulations in order to guarantee its safe and efficient use as a renewable energy source.

Keywords: Fuel ethanol. Seized alcoholic beverages. Distillation. Quality control.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESQUEMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE DESTILAÇÃO	28
FIGURA 2 - ALAMBIQUE DE COBRE	29
FIGURA 3 – CALDEIRA.....	29
FIGURA 4 - COLUNA DE DESTILAÇÃO	30
FIGURA 5 - CONDUTIVÍMETRO.....	32
FIGURA 6 – DENSÍMETRO	33
FIGURA 7 - pHMETRO	33
FIGURA 8 - ALCOOLÔMETRO.	34
FIGURA 9 - EBULIÔMETRO.....	35
FIGURA 10 - RÉGUA PARA DETERMINAÇÃO DO TEOR ALCOÓLICO	36
FIGURA 11 - ANÁLISE VISUAL DAS AMOSTRAS DE ETANOL	39
FIGURA 12 - ANÁLISE VISUAL DAS AMOSTRAS DE BEBIDAS	40
FIGURA 13 – AMOSTRAS DE ETANOL APÓS PONTO DE VIRAGEM	44

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - APREENSÕES DE VINHO FEITAS PELA PRF/PR DE 2018 A 2021, EM GARRAFAS	20
GRÁFICO 2 - CURVA DO VOLUME DE NaOH GASTO NA TITULAÇÃO (B1).....	45
GRÁFICO 3 - DERIVADA PRIMEIRA (B1).....	46
GRÁFICO 4 - DERIVADA SEGUNDA (B1)	46
GRÁFICO 5 - CURVA DO VOLUME DE NaOH GASTO NA TITULAÇÃO (B2).....	47
GRÁFICO 6 - DERIVADA PRIMEIRA (B2).....	47
GRÁFICO 7 - DERIVADA SEGUNDA (B2)	48
GRÁFICO 8 - CURVA DO VOLUME DE NaOH GASTO NA TITULAÇÃO (B3).....	48
GRÁFICO 9 - DERIVADA PRIMEIRA (B3).....	49
GRÁFICO 10 - DERIVADA SEGUNDA (B3)	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ESPECIFICAÇÕES DO EAC, DO EHC E DO EHC.	22
TABELA 2 - DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	40
TABELA 3 - MASSA ESPECÍFICA DAS AMOSTRAS	41
TABELA 4 - DETERMINAÇÃO DO pH DAS AMOSTRAS	42
TABELA 5 - TEOR ALCOÓLICO DAS AMOSTRAS DE ETANOL	43
TABELA 6 - TEOR ALCOÓLICO DAS AMOSTRAS DE BEBIDAS ALCOÓLICAS ...	43
TABELA 7 - PADRONIZAÇÃO DE TITULANTE COM BIFTALATO DE POTÁSSIO	44
TABELA 8 - DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ TOTAL DO ETANOL	44
TABELA 9 - ACIDEZ TOTAL DAS AMOSTRAS DE BEBIDAS ALCOÓLICAS	50
TABELA 10 - RESULTADOS DAS AMOSTRAS DE ETANOL.....	50
TABELA 11 – RESULTADOS DAS AMOSTRAS DE BEBIDAS ALCOÓLICAS.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ASTM	- American Society for Testing and Materials
B1	- Amostra 1 de bebida
B2	- Amostra 2 de bebida
B3	- Amostra 3 de bebida
E1	- Amostra 1 de etanol
E2	- Amostra 2 de etanol
E3	- Amostra 3 de etanol
EM	- European Norms
ISO	- International Organization for Standardization
NBR	- Normativa Brasileira
RON	- Research Octane Number

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 JUSTIFICATIVA	17
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo geral	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 BEBIDAS ALCOÓLICAS APREENDIDAS PELA RECEITA FEDERAL DO BRASIL	19
2.2 ETANOL.....	20
2.3 CONTROLE DE QUALIDADE	22
2.4 APARATO DE DESTILAÇÃO.....	25
3 MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1 PROCESSO DE DESTILAÇÃO	27
3.2 AMOSTRAGEM	30
3.3 ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS	31
3.3.1 Cor.....	31
3.3.2 Aspecto	31
3.3.3 Condutividade elétrica	31
3.3.4 Massa específica.....	32
3.3.5 Potencial hidrogeniônico (pH)	33
3.3.6 Teor alcoólico	34
3.3.7 Acidez total.....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 COR	39
4.2 ASPECTO	40
4.3 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	40
4.4 MASSA ESPECÍFICA.....	41
4.5 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH).....	42
4.6 TEOR ALCOÓLICO	42
4.7 ACIDEZ TOTAL.....	43
4.8 REAPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	50
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	51
APÊNDICE 1 – EQUAÇÕES	53
REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

A biotecnologia por definição é um conjunto de tecnologias que “utilizam sistemas biológicos, organismos vivos ou seus derivados para a produção ou modificação de produtos e processos para uso específico”, em consonância com o Decreto nº 6.041/2007. O seu uso é amplo em diversos segmentos, por exemplo: indústria, saúde humana e animal, pecuária, agricultura e dentre outros. Tendo em vista a amplitude da aplicabilidade da biotecnologia, o seu uso na indústria é de grande interesse e utilidade.

Dentre os alvos estratégicos da biotecnologia, o uso de biomassa como alternativa ao uso de combustível fóssil apresenta grande importância, visto que, segundo a International Energy Agency (IEA), no ano de 2020 a matriz energética mundial apresentou uma porcentagem de 29,5% para o uso de petróleo e seus derivados e 9,8% para o uso de biomassa como fonte energética.

Em 14 de dezembro de 1975, o governo federal brasileiro incentivou o uso de biomassa para produção de etanol combustível através do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), que tinha por objetivo diminuir a dependência de petróleo como matéria-prima para combustíveis. O programa foi uma resposta à crise do petróleo na década de 1970 e buscava reduzir a dependência do Brasil em relação ao petróleo importado (MICHELLON et al., 2008).

A obtenção do etanol se dá através da fermentação de açúcares, em que são utilizadas matérias-primas como o sorgo sacarino, mandioca, milho, dentre outros. No Brasil, a matéria-prima utilizada de modo majoritário é a cana-de-açúcar, principalmente pelo fato do Brasil se configurar como o maior produtor de cana de açúcar do mundo, conforme Nachiluk (2021).

Dentro dos alvos estratégicos da biotecnologia, a gestão de resíduos e redução dos impactos ambientais se enquadram como um de seus objetivos, que por sua vez, pode ser uma alternativa para a destinação adequada de bebidas impróprias para consumo, que é o caso de bebidas apreendidas pela Receita Federal do Brasil (RFB). A obtenção de etanol combustível a partir de bebidas traz vantagens do ponto de vista energético e ambiental, a partir do processamento deste resíduo de apreensão.

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2022) dispõe da Resolução, nº907 de 18 de novembro de 2022 que estabelece critérios a

serem adequados ao etanol hidratado combustível para ser utilizado em veículos cujo motores realizam combustão interna com ignição por centelha (Ciclo Otto) e para o etanol anidro, utilizado na mistura com a gasolina (ANP, 2022).

1.1 JUSTIFICATIVA

No atual contexto de busca por utilizar rotas alternativas ao uso de combustíveis fósseis para a obtenção de combustíveis automotivos, o bioproduto etanol surge como uma opção promissora e sustentável, desde que todas as etapas adotem práticas que minimizem os impactos ambientais. A queima dos combustíveis fósseis, emite gases poluentes que contribuem significativamente para o aquecimento global e poluição do ar, enquanto a utilização do bioproduto etanol pode resultar em emissões reduzidas de gases poluentes, além de apresentar melhor desempenho dos motores se comparados a outros combustíveis em decorrência do número de octanagem (RON) superior.

Em consonância com o propósito de mitigar os impactos ambientais, a produção de etanol por meio da destilação de bebidas apreendidas pela RFB emerge como uma alternativa viável de destinação, visto que a disposição final destas bebidas pode apresentar potencial poluente, a depender do método empregado para sua destruição.

Por conseguinte, ao direcionar essas bebidas alcoólicas apreendidas para o processo de destilação, para obtenção do etanol combustível ou do álcool na forma de gel utilizado para fins de assepsia, tem como finalidade a valorização dessas bebidas e, de forma concomitante, a prevenção de potencial contaminação de corpos hídricos e ecossistemas.

O uso de etanol como combustível contribui com o aumento da segurança energética do país, pois diminui a dependência de importação, e com isso, fomenta a economia do local, por meio da geração de empregos durante o processo de obtenção da biomassa utilizada como matéria-prima e o seu processamento, especialmente próximo às regiões fronteiriças, que são distantes das principais refinarias e indústrias de combustíveis nacionais.

A venda de etanol como combustível requer estrita observância do padrão normativo estabelecido pela Resolução ANP N°907 (ANP, 2022), sob pena de se verificar prejuízos significativos, tanto em relação à eficiência e à integridade mecânica

dos veículos, quanto aos impactos ambientais associados. O monitoramento da qualidade do etanol é um elemento crítico na fase de comercialização.

Sob essa perspectiva, é essencial garantir a devida qualidade do etanol produzido por meio da destilação de bebidas apreendidas, não só para avaliar a eficiência do processo de destilação em si, mas também para atestar a adequação do produto para uso em veículos ou outras aplicações.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Realizar o controle de qualidade das misturas de bebidas apreendidas pela Receita Federal do Brasil e avaliar a qualidade do produto obtido das destilações destas bebidas que visa a produção de Etanol Hidratado Combustível.

1.2.2 Objetivos específicos

Realizar ensaios físico-químicos para caracterizar tanto as misturas apreendidas quanto o produto resultante da destilação dessas misturas quanto aos parâmetros:

- I. Cor;
- II. Aspecto;
- III. Condutividade elétrica;
- IV. Massa específica;
- V. Potencial hidrogeniônico (pH);
- VI. Teor alcoólico;
- VII. Acidez total.

2 REVISÃO DE LITERATURA

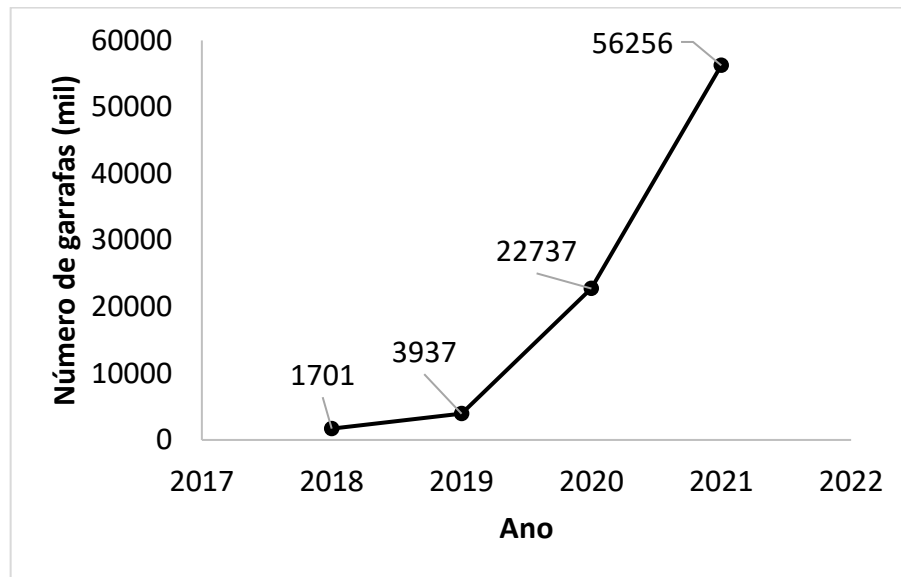
2.1 BEBIDAS ALCOÓLICAS APREENDIDAS PELA RECEITA FEDERAL DO BRASIL

A Receita Federal do Brasil (RFB) é um órgão responsável pela administração dos tributos federais e pelo controle aduaneiro, entre outras atribuições relacionadas à fiscalização e arrecadação de impostos no país.

Entre as atribuições da RFB, encontra-se a fiscalização da entrada de bebidas alcoólicas e outros itens no país. Conforme disposto no art.23º, inciso I da Instrução normativa nº 2075, datada de 23 de março de 2023, a RFB estabelece limites de restrição quantitativos para a entrada destes produtos, sendo o limite máximo permitido entrar no país de 12 litros de bebida alcoólicas. Caso esse limite seja excedido, o portador fica sujeito a sanções e multas, sendo que, quando este limite é excedido exorbitantemente, configura-se contrabando ou descaminho, onde as mercadorias são apreendidas e destinadas a destruição ou a “doação a entidades sem fins lucrativos declaradas de utilidade pública federal”, conforme descrito no art. 2º da Portaria MF nº 282/2011 (MF, 2011; RECEITA FEDERAL, 2016).

Segundo o Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social de Fronteiras (IDESF) (2021), entre os anos de 2018 e 2021, houve um aumento de 3.206% na apreensão apenas de vinho, conforme apresenta o GRÁFICO 1.

GRÁFICO 1 - APREENSÕES DE VINHO FEITAS PELA PRF/PR DE 2018 A 2021, EM GARRAFAS



FONTE: A autora (2023).

As bebidas alcoólicas, independentemente de terem sido destiladas ou fermentadas, antes de serem destinadas às instituições de pesquisa, são cuidadosamente misturadas e transportadas em recipientes apropriados, como barris ou galões. A mistura e o transporte dessas bebidas são realizados de forma a torná-las impróprias para consumo humano, visando atender às normas e padrões de segurança exigidos pela Resolução ANP N° 907 (ANP, 2022), para o seu uso em pesquisas científicas. Posteriormente, essas bebidas são processadas de acordo com os objetivos específicos do estudo em questão.

Dentre as possíveis destinações atribuíveis a bebidas alcoólicas apreendidas, é possível agregar valor à estas e corroborar com uma destinação sustentável a estes resíduos. Além da obtenção do etanol combustível, é possível direcionar tais insumos para a produção de álcool em gel para finalidades assépticas (PEREIRA et al., 2022).

Quanto aos recipientes em que as bebidas se encontram acondicionadas no momento de apreensão, é possível utilizar o vidro processado como aditivo ao concreto, substituindo a areia (BORTOLINI; BREITENBACH, 2022). Adicionalmente, outro produto resultante é a incorporação da vinhaça obtida pela destilação de bebidas apreendidas na formulação de sabonete líquido (BRANDALISE; OLIVEIRA, 2022).

2.2 ETANOL

O etanol é um álcool pertencente ao grupo dos compostos orgânicos, caracterizado pela presença de um grupo hidroxila (OH) ligado a um átomo de carbono (BASTOS, 2007). Apresenta um ponto de fusão de -117°C , um ponto de ebulição de $78,3^{\circ}\text{C}$ e uma densidade de $0,789\text{ g/mL}$ (SOLOMONS E FRYHLE, 2001).

A perspectiva de escassez futura de petróleo, principal fonte de energia global em diversos segmentos, aliado com as crescentes preocupações da sociedade em relação aos impactos ambientais, tem impulsionado o interesse na utilização do etanol como combustível, visto que a sua obtenção pode se dar através do uso de matérias-primas renováveis, o que torna sua utilização atrativa sob o ponto de vista econômico (CORTEZ, 2010). De acordo com Cortez (2010) há redução de aproximadamente 2 a 2,4 toneladas de dióxido de carbono (CO_2) para cada metro cúbico de etanol usado como combustível.

Conforme destacado por Cortez (2018), um marco na história do etanol ocorreu em 1908 com a criação do primeiro modelo de carro movido a etanol e gasolina, introduzido por Henry Ford no icônico Ford T, nos Estados Unidos. Em 1931, o uso de etanol como aditivo obrigatório à gasolina foi estabelecido, e o primeiro veículo com essa tecnologia foi apresentado no Brasil em 2002, pela Ford, no modelo Ford Fiesta. No entanto, foi apenas em 2003 que o primeiro carro bicombustível, o modelo Gol, da Volkswagen, foi introduzido no mercado brasileiro.

Essa inovação, conhecida como Flex-Fuel Vehicle (FFV), permitia aos motoristas escolherem entre etanol e gasolina como combustível, proporcionando maior flexibilidade e autonomia em face das oscilações nos preços dos combustíveis. Essa iniciativa pioneira estimulou outras montadoras a adotarem motores FFV em seus veículos, consolidando o etanol como uma alternativa viável e sustentável para o setor automotivo no Brasil (CORTEZ, 2018).

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) é uma instituição que presta serviços especializados de análises técnicas, econômica e ambientais para subsidiar o planejamento do setor energético ao Ministério de Minas e Energia (MME) no Brasil. No ano de 2023, a EPE realizou um levantamento da demanda de biocombustível etanol hidratado, onde constatou-se aumento de 8,9% (18,1 bilhões de litros) nos primeiros meses do ano, em comparação ao ano anterior. Na mesma projeção, estima-se que tal demanda seja de 13,1% (20,5 bilhões de litros) para o mesmo período em 2024. No entanto, é importante ressaltar que a demanda de etanol anidro é influenciada por fatores externos, como políticas públicas e tributos federais. A MP

nº 1163/2023 o tributo em R\$ 0,02/litro a partir de março de 2023, enquanto a cobrança de ICMS (Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de comunicação) varia de acordo com cada estado.

2.3 CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade de um produto é o processo de monitoramento e avaliação sistemática dos produtos, serviço ou processos de uma organização, a fim de garantir que eles atendam aos requisitos estabelecidos de qualidade, incluindo a identificação de problemas e implementação de medidas corretivas para garantir que os produtos estejam em conformidade com as especificações desejadas, de acordo com as regulamentações e normas aplicáveis (CARPINETTI et al., 2012).

A produção, utilização e comercialização do etanol combustível, que inclui o etanol anidro combustível (EAC), o etanol hidratado combustível (EHC) e o etanol hidratado combustível premium (EHCP), está sujeita a especificações definidas pela Resolução ANP nº 907, datada de 18 de novembro de 2022 (ANP, 2022). Conforme disposto na resolução referida, a TABELA 1 apresenta as características do etanol e os parâmetros que devem ser seguidos, a unidade de medida das quantidades limites, quando aplicáveis, e os métodos utilizados para realização dos testes:

TABELA 1 - ESPECIFICAÇÕES DO EAC, DO EHC E DO EHC.

(continua)

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE			MÉTODO	
		EAC	EHC	EHCP	NBR	ASTM/EN/ISO
Aspecto	-	Límpido e Isento de Impurezas (LII)			Visual	
Cor	-	Laranja	Transparente		Visual	
Acidez total, máx. (em miligramas de ácido acético)	mg/L		30		9866 16047	ISO 17315

TABELA 1 - ESPECIFICAÇÕES DO EAC, DO EHC E DO EHC

(conclusão)

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE			MÉTODO	
		EAC	EHC	EHCP	NBR	ASTM/EN/ISO
Condutividade elétrica, máx.	µS/m	300	10547	ISO 17308		
Massa específica a 20°C	kg/m ³	791,5 máx.	805,2 a 811,2	799,7 a 802,8	5992 15639	D 4052
Potencial hidrogeniônico (pH)	-	-	6,0 a 8,0		10891	-
Teor de etanol, mín.	% volume	98,0	94,5	96,3	16041	D5501
Teor de água, máx.	% massa	0,7	7,5	4,5	15531 15888	E203 E1064
Resíduo por evaporação, máx.	mg/100mL	5			8644	-
Teor de hidrocarbonetos, máx.	% volume	3			13993	-
Teor de cloreto, máx.	mg/kg	1			10894	D7328 D7319
Teor de sulfato, máx.	mg/kg	4			10894	D7328 D7319
Teor de ferro, máx.	mg/kg	5			11331	-
Teor de sódio, máx.	mg/kg	2			10422	-
Teor de cobre, máx.	mg/kg	0,07		-	11331	-
Teor de enxofre, máx.	mg/kg	Anotar				D5453 EN15485 EN15486 EN15837
Teor de metanol, máx.	% volume	0,5		1388-8	16041 16943	1388-8

FONTE: Adaptado da Resolução ANP nº 907 datada de 18 de novembro de 2022

A qualidade do etanol é um fator importante para garantir o bom funcionamento dos motores e a preservação do meio ambiente. Dentre os parâmetros a serem analisados, a cor e o aspecto do etanol devem estar livres de sujidades e impurezas, sendo verificados por inspeção visual, com uso restrito de corante apenas no EAC.

Quanto a determinação da acidez total (mg/L), a NBR 9866 (ABNT, 2012) estabelece o procedimento para quantificação de ácidos tituláveis presentes, visto que estes interferem na vida útil dos motores, em decorrência da corrosão das partes metálicas.

Outro parâmetro importante a ser controlado na qualidade do etanol, é a condutividade elétrica ($\mu\text{S/m}$), que assim como os ácidos presentes no etanol, também ocasiona deterioramento das componentes dos motores, o procedimento de medição deste parâmetro é descrito pela NBR 10547 (ABNT, 2016). A determinação do potencial de hidrogênio (pH) no EHC e EHCP pode resultar na corrosão dos motores e tanque, conforme descrito pela NBR 10891 (ABNT, 2018).

A NBR 5992 (ABNT, 2016) estabelece o uso de um densímetro para determinar a massa específica (kg/m^3) e o teor alcoólico (% massa) do etanol, a mensuração da densidade permite avaliar a pureza do etanol, bem como ter uma breve noção do teor de água (% massa) presente no etanol.

A NBR 16041 (ABNT, 2015) descreve o procedimento capaz de quantificar o teor de etanol (% volume) e o teor de metanol (% volume) presente no etanol através do uso do equipamento de cromatografia gasosa, no entanto, tais teores são determinados em casos específicos, sendo estes, em caso de importação ou suspeita de contaminação.

A quantificação dos resíduos gerados através da evaporação (mg/100mL) é determinada pela NBR 8644 (ABNT, 2021), pois fora de conformidade, os compostos presentes após a evaporação podem danificar os motores. A NBR 13993 (ABNT, 2018) estabelece a metodologia adequada para quantificar o teor de hidrocarbonetos no etanol, já que estes podem interferir na combustão e na formação de poluentes atmosféricos. Ambos os parâmetros são obrigatórios em casos de produto importado ou em casos em que o transporte tenha sido através de modal dutoviário ou aquaviário.

Alguns íons que podem estar presentes no etanol são capazes de oxidar, afetando o material de construção dos veículos, para tanto, a NBR 10894 (ABNT, 2012) determina os procedimentos necessários para a quantificação dos teores de cloreto (mg/kg) e sulfato (mg/kg), sendo que a análise do cloreto é solicitada apenas em casos em que o modal utilizado para transportar for aquaviário por navegação marítima. Neste sentido o método descrito pela NBR 11331 (ABNT, 2007) tem por objetivo quantificar os teores de ferro (mg/kg) e cobre (mg/kg), sendo que no caso do

cobre, é obrigatório a análise em casos em que o produto pode ter contato com ligas metálicas compostas por cobre, seja em equipamentos ou linhas de transporte. A NBR 10422 (ABNT, 2013) descreve o método necessário para quantificar o teor de sódio (mg/kg). A determinação dos teores de sulfato, ferro e sódio, é obrigatória em produtos importados, e para os produtos nacionais a quantificação é feita mensalmente, e é utilizada apenas para o EHC e EHCP.

Já o teor de enxofre (mg/kg) deve ser quantificado e anotado trimestralmente conforme a Resolução ANP n°907, pois a sua presença pode ocasionar na emissão de gases poluentes.

2.4 APARATO DE DESTILAÇÃO

De acordo com Lima et al. (2001), a destilação é uma operação unitária que envolve a vaporização de um líquido por meio de aquecimento e a sua subsequente condensação por meio de resfriamento. Em misturas de líquidos imiscíveis, o destilado é composto pelo líquido que possui o ponto de ebulição mais baixo. Já em misturas de líquidos miscíveis, os vapores destilados são compostos por uma mistura dos líquidos, com a predominância daquele que possui menor volatilidade (Lima et al., 2001).

De acordo com Cortez et al. (2008), em misturas que contenham água, os álcoois de cadeia carbônica curta como o etanol, apresentam maior volatilidade em decorrência dos valores maiores para a pressão de vapor destes compostos, já para os compostos de cadeia carbônica maiores, como o butanol, álcoois isoamílico e amílico a pressão de vapor é menor que o valor desta propriedade para a água; no entanto, ao tê-los diluídos sua volatilidade é aumentada proporcionando melhor separação destes composto ao longo da coluna.

A destilação é iniciada através da alimentação da coluna com a mistura a ser separada, e a energia necessária para que ocorra o aquecimento que acarreta a separação dos compostos pode ser fornecida através da base da coluna, de forma direta ou indireta (CORTEZ et al., 2008).

De acordo com Cortez et al. (2008), a coluna pode apresentar duas seções principais, sendo uma delas a de esgotamento e a outra a seção de enriquecimento ou retificação. A seção de enriquecimento é onde se concentra o composto mais volátil no estado de vapor, localizado na parte superior da coluna formando o produto de

topo, já a seção de esgotamento é onde o líquido menos volátil forma o produto de fundo.

Na coluna de destilação ocorre a transferência de massa e calor, e no caso do processo de destilação fracionada, a coluna é estruturada com a presença de bandejas, ou comumente chamadas de pratos, por onde passam o líquido e o vapor, em fluxo contracorrente, sendo que a permanência das misturas em cada bandeja depende do tempo que esta demora para entrar em equilíbrio físico-químico, que ao atingir, avança de bandeja (NASCIMENTO, 2013).

Conforme descreve Dutra (2017), a função dos condensadores em colunas de destilação é condensar o vapor gerado na seção de enriquecimento no topo, gerando um refluxo do líquido para a coluna e gerando o produto de topo, já os refeedores servem como aquecedores do sistema, onde o líquido do fundo é vaporizado e retorna ao processo na forma de vapor, que é condensado e utilizado para a alimentação do gerador de vapor, que podem ser caldeiras alimentadas com energia vegetal.

De acordo com Schneider et al. (2013), a presença de um deflegmador em uma coluna de destilação permite o controle da temperatura do topo em uma coluna de destilação, evitando que a temperatura ultrapasse o ponto de ebulição do etanol, corroborando, desta forma, com a concentração do teor alcoólico do etanol destilado.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 PROCESSO DE DESTILAÇÃO

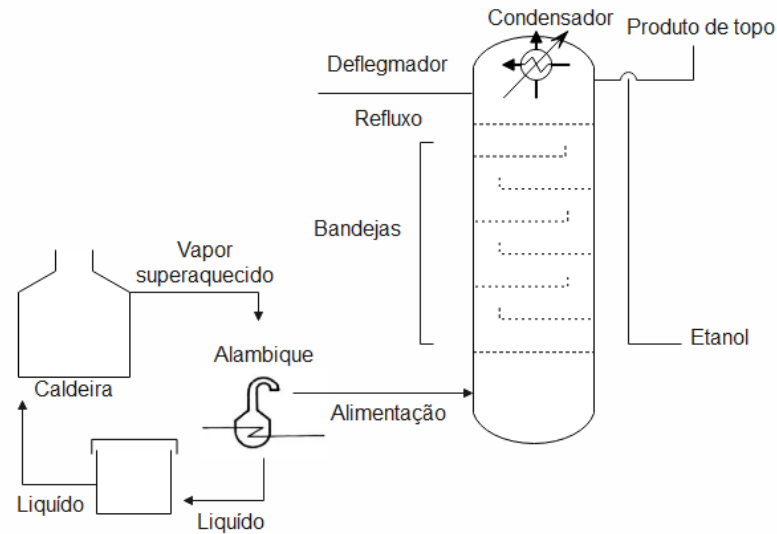
O processo de destilação (FIGURA 1) foi executado em batelada nas instalações do Laboratório de Produção de Biocombustíveis, na Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina.

A força motriz do processo de destilação reside na diferença de volatilidade entre os componentes presentes na mistura a ser destilada. Durante a etapa de destilação de bebidas alcoólicas, a aplicação de calor resulta em modificações do estado físico da matéria, iniciando-se com a transformação do líquido em vapor.

Inicialmente, as bebidas apreendidas foram conduzidas por meio de uma bomba centrífuga para um alambique de cobre, aquecido pelo calor gerado na caldeira. A passagem do vapor gerado no alambique é direcionado para a coluna de destilação pela sua base. À medida que ocorre o processo de destilação, o vapor sobe de bandeja até chegar ao deflegmador, e posteriormente até o condensador, onde o vapor se torna líquido e se obtém o etanol, que é coletado através de tubulações que o leva até recipientes adequados.

O tempo necessário para obter o produto pode variar de acordo com o volume de bebidas processadas e a concentração alcoólica destas. Por outro lado, a vazão volumétrica de etanol alcança aproximadamente 15 L/h quando o processo atinge o regime permanente.

FIGURA 1 - ESQUEMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE DESTILAÇÃO



FONTE: EdrawMax (2023).

O alambique (FIGURA 2) possui capacidade de suportar até 500L de líquido, ele é composto por 5 bandejas de destilação e uma serpentina interna, na qual ocorre a passagem do vapor gerado na caldeira por meio da queima de material vegetal, com o objetivo de aquecer a mistura de bebida. À medida que a bebida se volatiliza, ela passa de uma bandeja para outra até que a mistura volatilizada seja direcionada para a coluna de destilação. As trocas de calor que ocorrem dentro do alambique permitem que o vapor superaquecido produzido pela caldeira condense, resultando em líquido que é armazenado em um tanque. Esse líquido retorna para a caldeira, onde novamente se transforma em vapor.

FIGURA 2 - ALAMBIQUE DE COBRE



FONTE: A autora (2023).

O funcionamento da caldeira (FIGURA 3) se dá pelo calor gerado através da queima de material vegetal para gerar o vapor necessário para o aquecimento do alambique. O vapor é controlado através de uma válvula que regula a pressão, interna e de saída da caldeira, que implica diretamente no estado em que os componentes se encontram dentro da coluna de destilação.

FIGURA 3 – CALDEIRA



FONTE: A autora (2023).

A coluna de destilação (FIGURA 4) é composta por 19 bandejas, no topo se encontra o condensador, e logo abaixo o deflegmador. Após a mistura de bebidas ser volatilizada no alambique, e dar entrada na coluna de destilação, essa mistura percorre pelas bandejas até chegar ao deflegmador, onde a temperatura é controlada para que não ultrapasse o ponto de ebulição do etanol. Após concentrar o etanol, ele vai para o condensador, onde é transformado em líquido, em decorrência do resfriamento que ocorre através do equipamento. O líquido condensado é o produto.

FIGURA 4 - COLUNA DE DESTILAÇÃO



FONTE: A autora (2023).

3.2 AMOSTRAGEM

O fornecimento das bebidas alcoólicas destinado à Universidade Federal do Paraná foi realizado através da Receita Federal do Brasil, situada na cidade de Foz do Iguaçu, localizada na região oeste do estado do Paraná, município adjacente a duas nações fronteiriças, a Argentina e o Paraguai.

No presente trabalho, foram coletadas um total de 3 amostras de 1L cada de etanol, e 3 amostras de 1L cada de bebida apreendida misturada. Cada coleta foi realizada em bateladas distintas, e de lotes diferentes de bebidas alcoólicas, as amostras de etanol correspondem ao lote de bebida em cada batelada. Após a coleta das amostras, estas foram submetidas as análises para controle de qualidade adotando como referência os parâmetros especificados pela Resolução ANP nº 907 (ANP, 2022), conforme a TABELA 1.

A coleta das amostras de etanol foi realizada após o processo de destilação, já a coleta das amostras de bebidas misturadas foi através de amostragem diretamente no recipiente de acondicionamento destas amostras.

3.3 ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS

Os ensaios físico-químicos seguiram a metodologia descrita pela Resolução ANP Nº 907 (ANP, 2022) e foram realizados no Laboratório de Análise Instrumental e Controle de Qualidade, localizado no bloco de Química da UFPR, Setor Palotina.

3.3.1 Cor

A determinação da coloração das bebidas misturadas e do etanol foi realizada através de avaliação visual das amostras dispostas em béqueres de vidro transparente.

3.3.2 Aspecto

A análise do aspecto das amostras consistiu na observação da presença de sujidades e impurezas nas mesmas, contidas em béqueres de vidro transparente.

3.3.3 Condutividade elétrica

A condutividade das amostras foi medida através de um instrumento denominado condutímetro (FIGURA 5), que possui como funcionamento básico de aplicação de uma corrente elétrica que resulta em condutância elétrica em decorrência do fluxo de elétrons gerado, que é convertida em um valor de condutividade a ser lido

no visor do instrumento. Para utilizar o equipamento, primeiramente foi selecionado o valor da constante da célula K, sendo 1,0 e em seguida foi realizada a calibração do equipamento utilizando uma solução padrão de $146,9 \mu\text{S}/\text{cm} \pm 2,5\%$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

FIGURA 5 - CONDUTIVÍMETRO



FONTE: Tecnal (2023).

Para tanto, as amostras foram alocadas em béqueres de 100 mL, onde foram inseridos os eletrodos do equipamento, sendo eles, o termômetro e o outro constituído de um metal condutor.

3.3.4 Massa específica

A massa específica é quantidade de massa contida em um determinado volume. A sua determinação é feita através de um densímetro (FIGURA 6) e um termômetro. Para determinar o valor da massa específica do etanol e da bebida alcoólica, foi utilizado uma proveta, onde o instrumento foi mergulhado na amostra, e medida a temperatura para posterior conversão à $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

FIGURA 6 – DENSÍMETRO

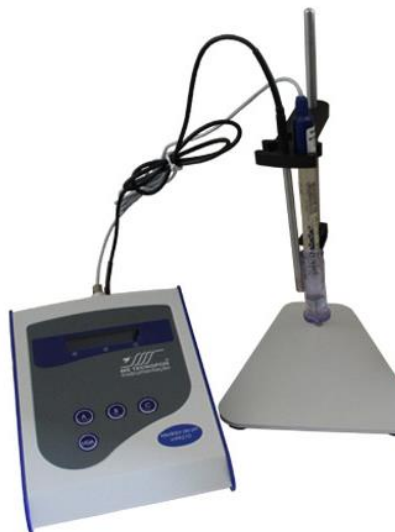


FONTE: Rivaterm (2023).

3.3.5 Potencial hidrogeniônico (pH)

A medição do potencial hidrogeniônico foi realizada por meio de um pHmetro (FIGURA 7). Para utilizar o instrumento, é realizada a sua calibração, onde foram utilizadas duas soluções tamponantes preparadas, de pH 7,00 e pH 4,00. Após calibrar o equipamento, as amostras foram colocadas em béqueres de 100mL, e submetidas a inserção dos eletrodos de referência e de vidro.

FIGURA 7 - pHMETRO



FONTE: Tecnopon (2023)

3.3.6 Teor alcoólico

A medição do teor alcoólico foi realizada de forma diferente para o etanol e para a bebida alcoólica. O teor alcoólico do etanol foi mensurado através de um alcoolômetro (FIGURA 8), que flutua quando imerso na amostra indicando o teor alcoólico da amostra.

FIGURA 8 - ALCOOLÔMETRO.



FONTE: Incoterm (2023).

O teor alcoólico das amostras foi expresso em graus Gay-Lussac. Para convertê-lo em porcentagem de massa, utilizou-se a equação (1), descrita por Sequinel et al. (2020). O teor de etanol expresso em °INPM é calculado pela razão entre o produto do etanol medido em °GL e a massa específica do etanol anidro à 20°C, pela massa específica encontrada para a amostra.

(1)

$$INPM = \frac{(ABV * Me)}{(Mm)}$$

Onde:

INPM = Teor de etanol em % m/m

ABV = Teor de etanol em % volume

Me = Massa específica do etanol absoluto (puro) à 20°C

M_m = Massa específica da amostra à 20 °C

Já para as bebidas, o teor alcoólico foi determinado através de um ebuliômetro (FIGURA 9), onde a amostra é colocada em uma caldeira aquecida através de chama de uma lamparina, há também um condensador acoplado a caldeira, juntamente com um termômetro.

Ao inserir 25 mL da amostra na caldeira, o vapor gerado se direciona para um condensador, que é preenchido com água em temperatura ambiente, até que a amostra adquira um valor constante para o ponto de ebulição, que indica que o álcool presente foi evaporado completamente. A visualização da estabilidade do ponto de ebulição é feita através do tremor gerado no termômetro. A diferença entre o ponto de ebulição da amostra e o ponto de ebulição da água servem como parâmetros para determinação de tal teor.

FIGURA 9 - EBULIÔMETRO



FONTE: A autora (2023).

A determinação da graduação alcoólica foi baseada no uso de uma régua (FIGURA 10) que possui uma escala graduada que é usada para determinar a graduação alcoólica de uma amostra líquida. A escala começa a partir do ponto de

referência da temperatura de ebulição da água pura e é marcada em unidades de temperatura, como graus Celsius. Durante o processo de medição, a amostra líquida é aquecida e a temperatura é monitorada. Quando a amostra atinge o ponto de ebulição, o cursor da régua é posicionado na marca correspondente à temperatura alcançada. Essa marca indica a graduação alcoólica da amostra.

FIGURA 10 - RÉGUA PARA DETERMINAÇÃO DO TEOR ALCOÓLICO



FONTE: A autora (2023).

3.3.7 Acidez total

A determinação da acidez total das amostras foi conduzida de formas diferentes. Para ambas, foi preparado 1L de solução de hidróxido de sódio (NaOH) de 0,1 mol. Para preparar a solução, foi pesado 4g de NaOH e para padronizar foi pesado em triplicata 1g de biftalato de potássio ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$). Posteriormente, foi feita a diluição do $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ em 50mL de água destilada em béqueres. Após a diluição, foi adicionado 10 gotas de fenolftaleína e realizada a titulação, onde a bureta foi completada de NaOH, e aberta até o momento em que houve mudança na coloração, para rosa. A determinação da molaridade da solução preparada foi calculada conforme a equação (2):

(2)

$$\left[\text{NaOH} \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \right] = \frac{\text{Mbf} * \text{VNaOH}}{\text{mm} * \text{Vgasto}}$$

Onde:

Mbf = Massa de biftalato de potássio

VNaOH = Volume de NaOH da solução

mm = Massa molar do biftalato de potássio

Vgasto = volume gasto durante a titulação.

Após a padronização da solução, foi realizada a titulação das amostras de etanol, onde foram adicionadas 10 gotas de fenolftaleína em 50 mL de amostra,

contidas em béqueres, que foram submetidas ao gotejamento da solução de NaOH, até mudar a coloração da amostra para a cor rosa. Após realizar triplicata da titulação de cada amostra, a equação (3) foi utilizada para determinar a acidez total:

(3)

$$\text{Acidez total (g\% em ácido acético)} = \frac{(n * M * PM)}{10 * V} * 1000$$

Onde:

n = Volume de NaOH em mL

M = Molaridade da solução de NaOH

PM = Peso molecular do ácido acético

V = Volume da amostra em mL

Para a determinar a acidez total das bebidas, foi utilizado o método de titulação potenciométrica, que consistiu na titulação utilizando o pHmetro. Foram diluídas 5 mL de amostra em 50 mL de água destilada, a diluição foi feita em um béquer e posta sobre um agitador magnético em velocidade baixa. Para executar o ensaio, foi ainda, adicionado ao béquer uma barra magnética. Foi introduzido o pHmetro na amostra, e foram anotados os valores de pH a cada adição da solução de NaOH. Os volumes de NaOH foram determinados conforme a mudança de pH, sendo que, enquanto o pH esteve abaixo de 5,00 foi adicionado 1 mL, quando o pH estava entre 5,00 e 6,00, foi adicionado 0,5 mL, quando o pH estava entre 6,00 e 10,50, foi adicionado 0,2 mL. Para determinar a acidez total das amostras de bebidas alcoólicas, foi calculado o volume médio entre cada adição de NaOH e a adição anterior, a derivada primeira pela equação (4) e a derivada segunda pela equação (5).

(4)

$$y' = \Delta pH / \Delta V$$

Onde:

ΔpH = Variação do pH

ΔV = Variação do volume gasto de NaOH

(5)

$$y'' = (\Delta^2 pH / \Delta V^2)$$

Após obter os valores médios dos dados, foram gerados os gráficos correspondentes, incluindo gráficos aproximados para facilitar a visualização do volume utilizado na identificação do ponto de viragem. Uma vez encontrado o volume,

esse valor foi inserido na equação (6) para determinar a acidez total das amostras de bebidas alcoólicas.

(6)

$$\text{Acidez total (g\% em ácido tartárico)} = \frac{(n * M * PM)}{V}$$

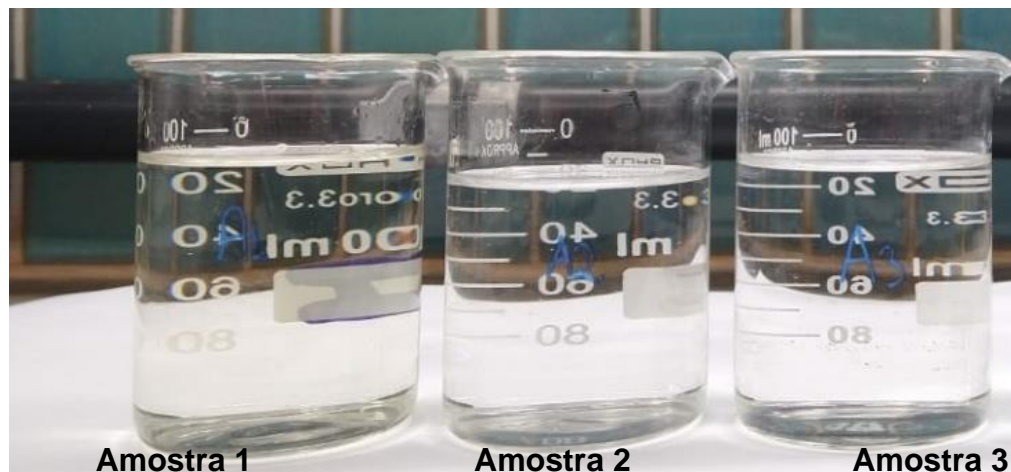
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COR

De acordo com a metodologia estabelecida na Resolução ANP N°907 (ANP, 2022), a avaliação da coloração das amostras de etanol foi realizada por meio de uma minuciosa inspeção visual, com a finalidade de constatar a inexistência de pigmentação aparente. Durante a análise das três amostras, constatou-se que a amostra E1 exibiu uma sutil tonalidade amarelada, enquanto as demais mostraram-se completamente transparentes (FIGURA 11).

A cor do etanol é um elemento fundamental de identificação, no caso do etanol hidratado combustível, é proibida a adição de corantes, e a coloração amarelada pode ser um indício de presença de impurezas, como por exemplo, resíduos da matéria-prima, que, se presentes, podem comprometer a utilização do líquido como combustível.

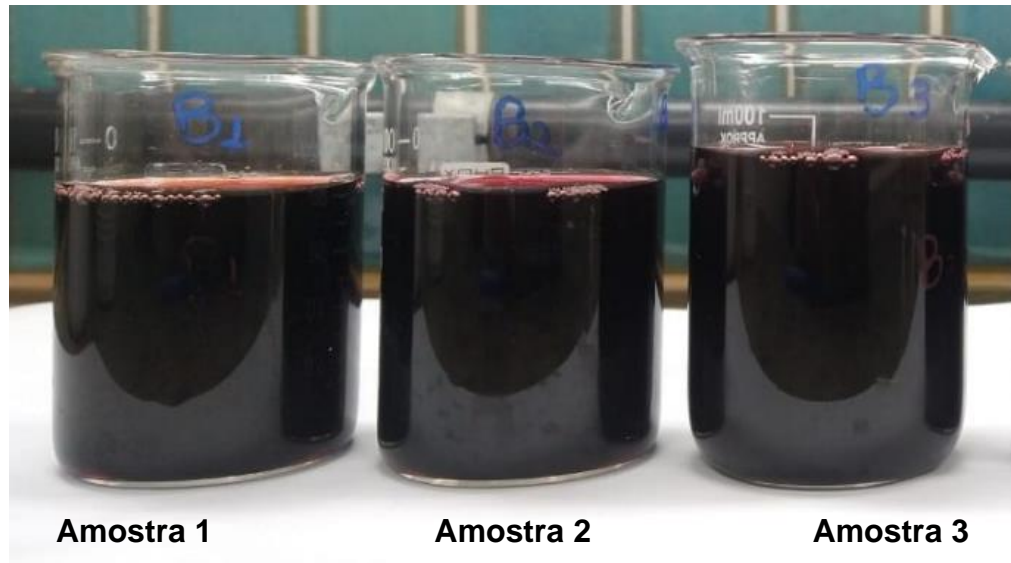
FIGURA 11 - ANÁLISE VISUAL DAS AMOSTRAS DE ETANOL



FONTE: A autora (2023).

Já para as amostras de bebidas alcoólicas, todas apresentaram coloração escura, remetendo a cor de vinho tinto (FIGURA 12).

FIGURA 12 - ANÁLISE VISUAL DAS AMOSTRAS DE BEBIDAS



FONTE: A autora (2023).

4.2 ASPECTO

A avaliação do aspecto das amostras foi realizada por meio de uma inspeção visual, constatando-se que tanto as amostras de bebidas alcoólicas quanto as de etanol apresentavam-se límpidas, sem a presença de quaisquer impurezas.

4.3 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Conforme a metodologia, a determinação da condutividade elétrica foi feita através de um condutímetro.

A TABELA 2 demonstra os valores encontrados para as bebidas alcoólicas e para o etanol:

TABELA 2 - DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Amostra	Condutividade elétrica ($\mu\text{s/m}$ à 25°C)
E1	1.612
E2	643,2
E3	409,6
B1	325.800
B2	279.600
B3	281.200

FONTE: A autora (2023).

A NBR 10547 (ABNT, 2016) estabelece que o valor máximo para o etanol hidratado combustível é de 300 $\mu\text{s}/\text{m}$, portanto, para as amostras de etanol, todas se encontraram fora desta faixa de condutividade elétrica delimitada, sendo que a amostra E3 foi a que mais se aproximou do limite e a amostra E1 teve o maior valor.

Já para as bebidas alcoólicas, onde não se tem conhecimento do seu tipo, apenas que são separadas entre destiladas e fermentadas, os valores encontrados são correspondes a bebidas como vinho, como retrata os valores encontrados por Lopes (2017) para vinhos tintos, que variaram de 142.900 $\mu\text{s}/\text{m}$ a 285.000 $\mu\text{s}/\text{m}$, onde as amostras B1 e B2 se encontram dentro desta faixa, já a amostra 3 de bebida alcoólica apresentou alto valor de condutividade elétrica, que remete a uma alta concentração de íons presentes.

4.4 MASSA ESPECÍFICA

Conforme a metodologia descrita pela NBR 5992 (ABNT, 2016) e o limite estabelecido pela Resolução ANP N°907 (ANP, 2022), que define o intervalo de 805,2 a 811,2 kg/m^3 a 20 °C para o etanol hidratado combustível, as amostras de etanol foram submetidas a medição com o auxílio de um densímetro e de um termômetro para aferir a temperatura para posterior conversão. Conforme a TABELA 3 demonstra, a medição em laboratório foi de 22 °C, a conversão para 20 °C foi realizada através de interpolação de dados encontrados na tabela disponibilizada pelo Sindicato do Comércio Varejista de Derivados de Petróleo de Campinas e Região (RECAP, 20??).

TABELA 3 - MASSA ESPECÍFICA DAS AMOSTRAS

Amostra	Massa específica (kg/m^3) a 22 °C	Massa específica (kg/m^3) a 20 °C
E1	810,00	811,83
E2	805,00	806,72
E3	808,00	809,74
B1	995,00	-
B2	990,00	-
B3	985,00	-

FONTE: A autora (2023).

Em conformidade com os limites aceitos para o uso de etanol hidratado combustível, observa-se que somente as amostras E2 e E3 de etanol estão dentro do intervalo estabelecido pela Resolução ANP N° 907 (ANP, 2022), enquanto a amostra E1 apresenta uma pequena discrepância em relação a esse intervalo. No entanto, no

caso das amostras de bebidas, não foi realizada a conversão de valores, uma vez que a tabela utilizada para essa conversão é específica para o etanol. Os valores encontrados para a densidade das bebidas, se aproximam dos valores relatados por Rizzon e Miele (2003), que variam de 925 kg/m³ a 20°C a 960 kg/m³ a 20°C para vinhos produzidos a partir de uvas Merlot.

4.5 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)

Conforme metodologia descrita pela NBR 10891 (ABNT, 2018) e os limites estabelecidos entre 6,0 e 8,0, nos resultados obtidos expostos na TABELA 4, todas as amostras de etanol se encontram longe da faixa tolerada. Tal índice, é um fator de extrema importância, pois, baixo pH do etanol pode acarretar diversos malefícios a integridade mecânica dos automóveis, principalmente corrosão dos motores e o tanque de combustível. O pH das amostras de bebidas demonstram uma relação inversamente proporcional às amostras de etanol. Para Alpuim (1997) os vinhos possuem pH ácidos, variando de 2,8 a 3,8, o que delimita que as amostras de bebidas alcoólicas se encontram dentro desta faixa, assim como se aproximam dos valores de pH encontrados em cervejas, que são em torno de 4,00 (ROSA, AFONSO, 2015).

TABELA 4 - DETERMINAÇÃO DO pH DAS AMOSTRAS

Amostra	pH
E1	2,78
E2	3,18
E3	3,50
B1	3,06
B2	3,05
B3	3,01

FONTE: A autora (2023).

4.6 TEOR ALCOÓLICO

A determinação do teor alcoólico para as amostras de etanol fora realizada utilizando um alcoolômetro que retorna o valor em unidade de Gay-Lussac, e os valores encontrados para tais amostras são demonstrados na TABELA 5. No entanto, como a Resolução ANP N°907 (ANP, 2022) estabelece os limites de 92,5 a 94,6 em porcentagem de massa, para fins de comparação, os valores devem ser expressos

em porcentagem de massa. Para tanto, foi utilizada a equação (1) onde foi considerado a massa específica do etanol anidro de 789,24 kg/m³ a 20 °C, conforme demonstrado na tabela I da recomendação R22 da OIML (Organization Internationale de Métrologie Légale) (OIML, 1973).

TABELA 5 - TEOR ALCOÓLICO DAS AMOSTRAS DE ETANOL

Amostra	Teor alcoólico (°GL)	Teor alcoólico (°INPM)
E1	95,90	93,23
E2	96,00	93,91
E3	96,00	93,56

FONTE: A autora (2023).

Os resultados obtidos para o teor alcoólico do etanol mostraram que todas as amostras estão dentro da faixa aceitável para esse parâmetro. Isso é um indicativo positivo, uma vez que o teor alcoólico é um dos principais fatores a ser considerado para o uso do etanol como combustível.

Já para as bebidas, através do ebuliômetro foram determinados os teores alcoólicos com base no ponto de ebulição de cada amostra, conforme apresenta a TABELA 6:

TABELA 6 - TEOR ALCOÓLICO DAS AMOSTRAS DE BEBIDAS ALCOÓLICAS

Amostra	Temperatura de ebulição (°C)	Teor alcoólico (°GL)
B1	93	8,9
B2	92	10,6
B3	91	12,5

FONTE: A autora (2023).

De acordo com Azevedo et al. (2008) bebidas como o vinho, seja ele tinto ou fino, apresentam teor alcoólico de e 8,6% a 14%, intervalo este correspondente aos valores encontrados para as amostras de bebidas alcoólicas.

4.7 ACIDEZ TOTAL

Para a determinação da acidez total foi preparada uma solução de NaOH, cuja concentração molar objetivo era de 0,1 mol/L. Para tanto, foram pesados em triplicata, aproximadamente 1,00g de biftalato de potássio, após realizar a metodologia de

diluição, o cálculo da concentração de 1 litro de solução foi realizado após determinação do volume gasto de titulante, conforme apresenta a TABELA 7.

TABELA 7 - PADRONIZAÇÃO DE TITULANTE COM BIFTALATO DE POTÁSSIO

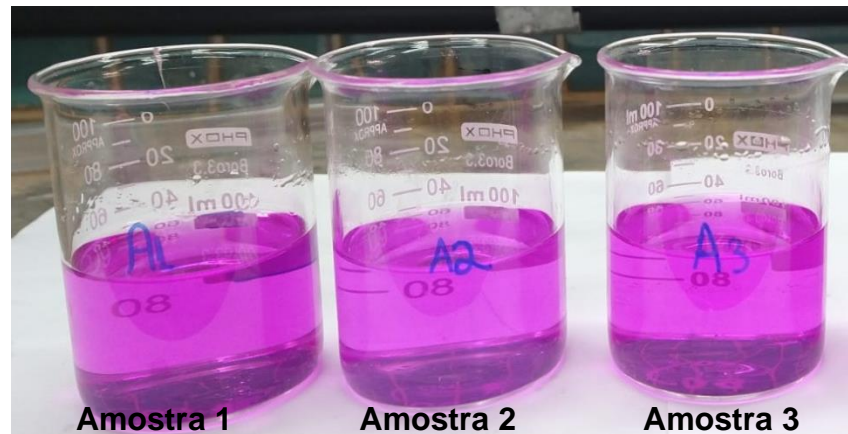
Biftalato de potássio	Peso (g)	Média do volume de titulante gasto (mL)
1	0,9999	51
2	1,0040	51,5
3	1,0034	51,8

FONTE: A autora (2023).

Aplicando-se os valores obtidos à equação (2), obtém-se o valor de 0,09556 mol/L de solução titulante.

A determinação da acidez total para o etanol (FIGURA 14) foi realizada em triplicada para cada amostra através da titulação utilizando como titulante a solução calculada acima.

FIGURA 13 – AMOSTRAS DE ETANOL APÓS PONTO DE VIRAGEM



FONTE: A autora (2023).

A TABELA 8 apresenta os valores encontrados para a média do volume total gasto de titulante em cada amostra, bem como o valor encontrado através da equação (4) para a acidez total.

TABELA 8 - DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ TOTAL DO ETANOL

Amostra	Média de volume gasto de titulante (mL)	Acidez total (mg/L de ácido acético)
E1	1,5	17,21
E2	0,9	10,32
E3	1,2	13,77

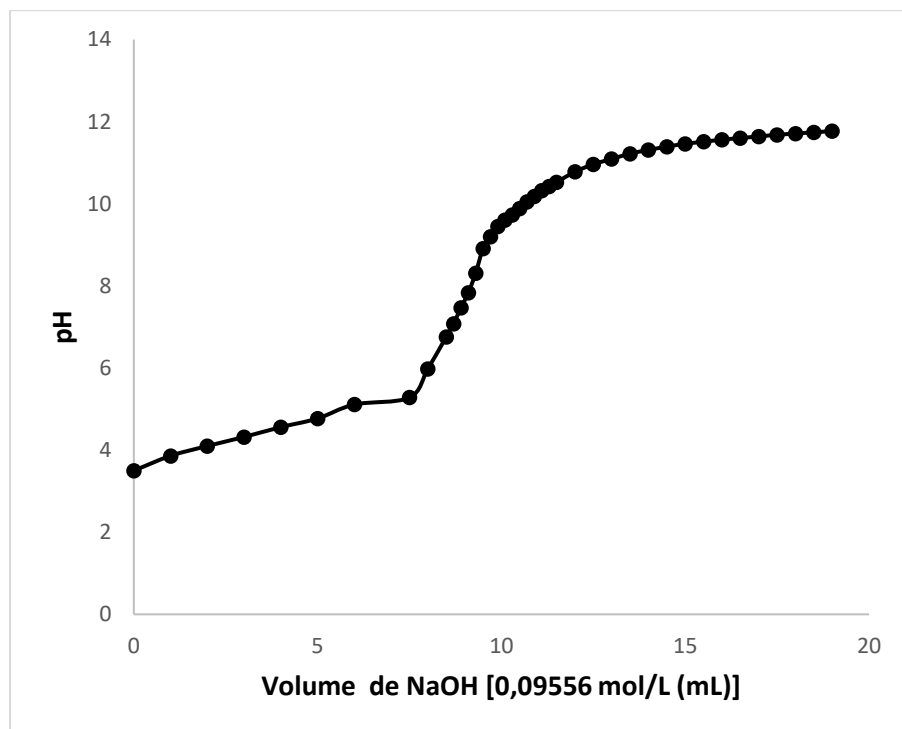
FONTE: A autora (2023).

Com base nos resultados obtidos para cada amostra de etanol e considerando o limite estabelecido de 30 mg/L de ácido acético, todas as amostras encontram-se dentro do valor permitido, demonstrando conformidade com as especificações regulatórias.

Já para as amostras de bebidas alcoólicas, a titulação potenciométrica foi utilizada em decorrência da coloração escura das amostras, que impossibilitam a verificação do corante atuando.

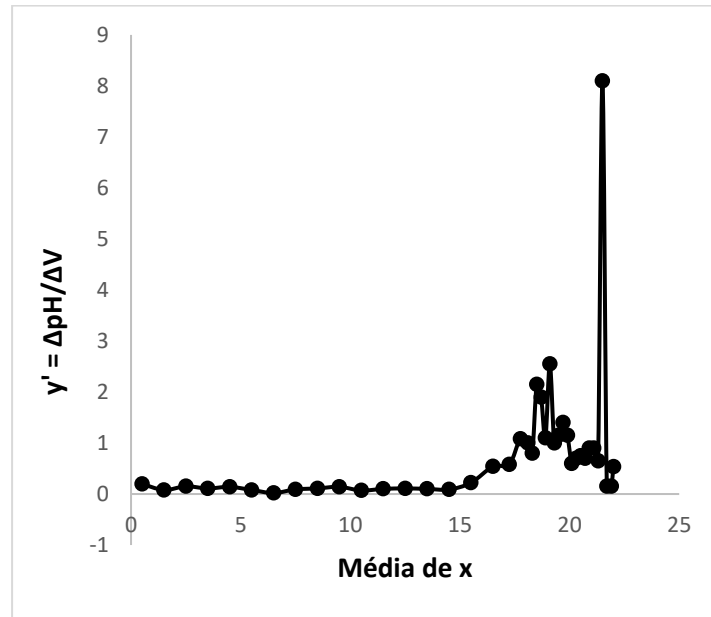
Conforme a metodologia descrita, para a amostra B1 o volume de titulante (GRÁFICO 2) gasto foi demonstrado através dos cálculos da derivada primeira pela equação (4) (GRÁFICO 3) e segunda pela equação (5) (GRÁFICO 4).

GRÁFICO 2 - CURVA DO VOLUME DE NaOH GASTO NA TITULAÇÃO (B1)



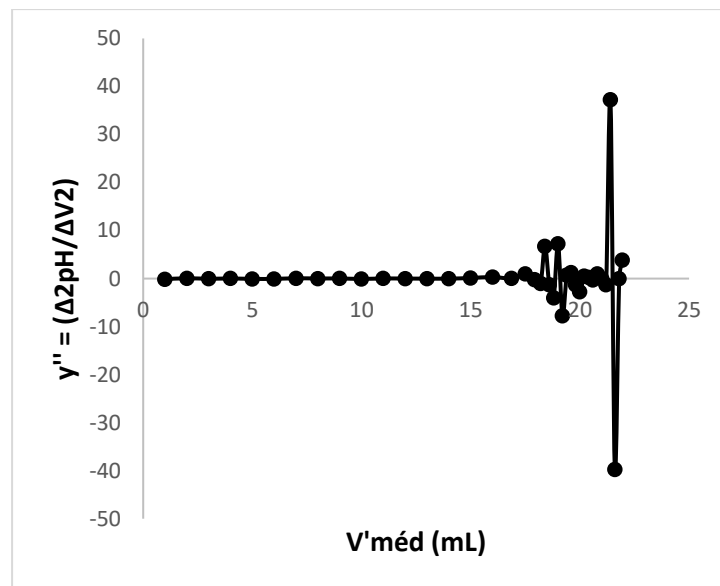
FONTE: A autora (2023).

GRÁFICO 3 - DERIVADA PRIMEIRA (B1)



FONTE: A autora (2023).

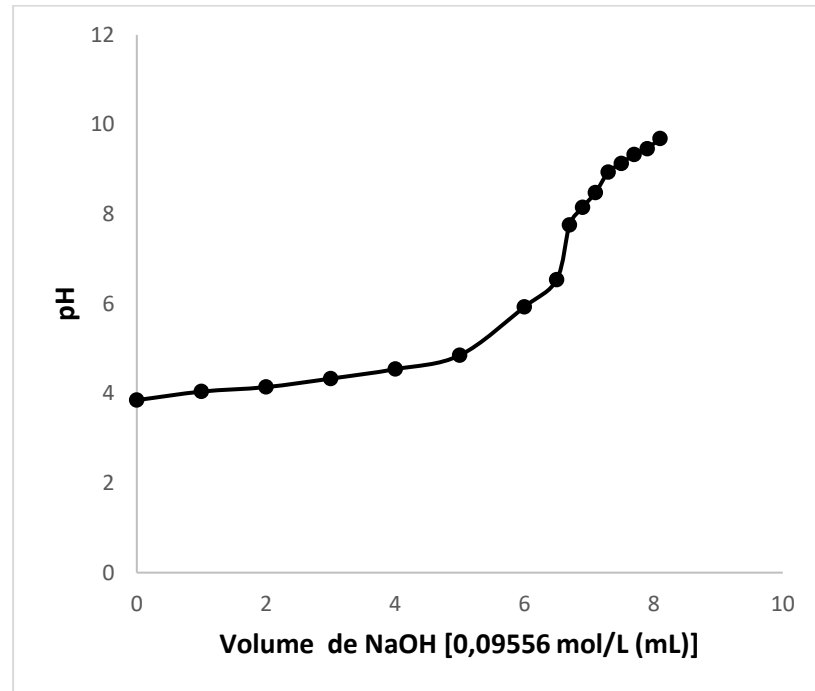
GRÁFICO 4 - DERIVADA SEGUNDA (B1)



FONTE: A autora (2023).

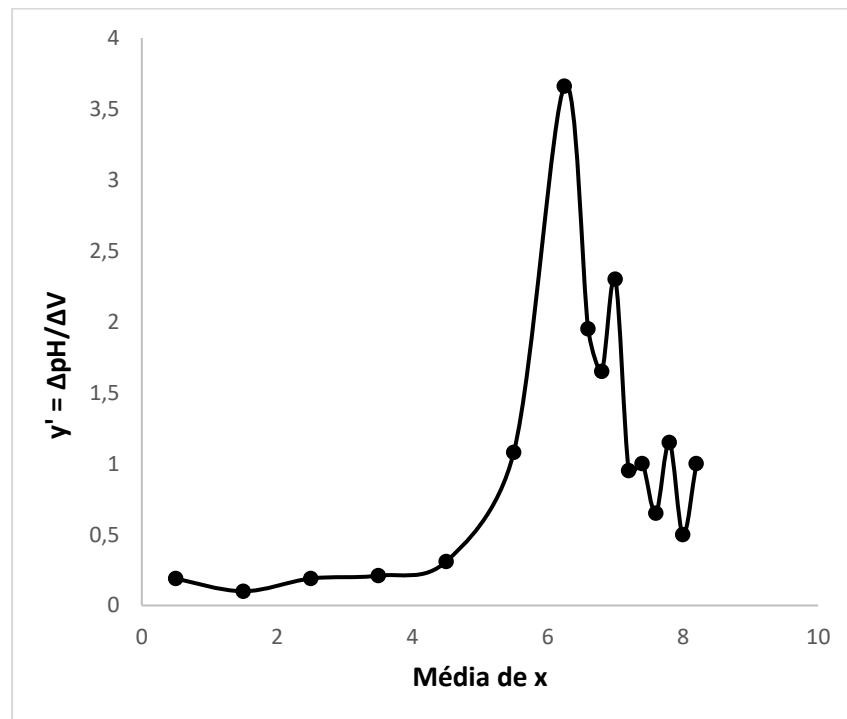
Já para a amostra B2, os mesmos cálculos foram realizados, conforme GRÁFICO 5, que representa a curva do volume de NaOH gasto na titulação, bem como a derivada primeira (GRÁFICO 6) e segunda (GRÁFICO 7).

GRÁFICO 5 - CURVA DO VOLUME DE NaOH GASTO NA TITULAÇÃO (B2)



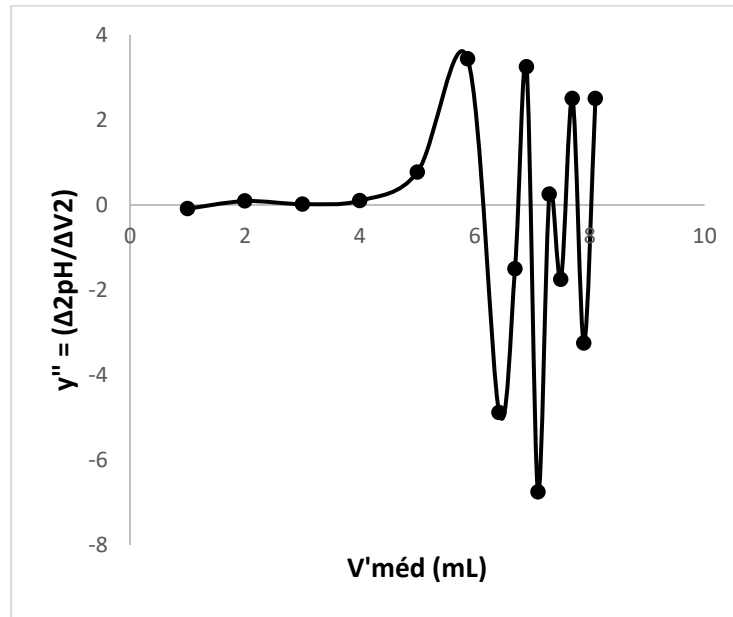
FONTE: A autora (2023).

GRÁFICO 6 - DERIVADA PRIMEIRA (B2)



FONTE: A autora (2023).

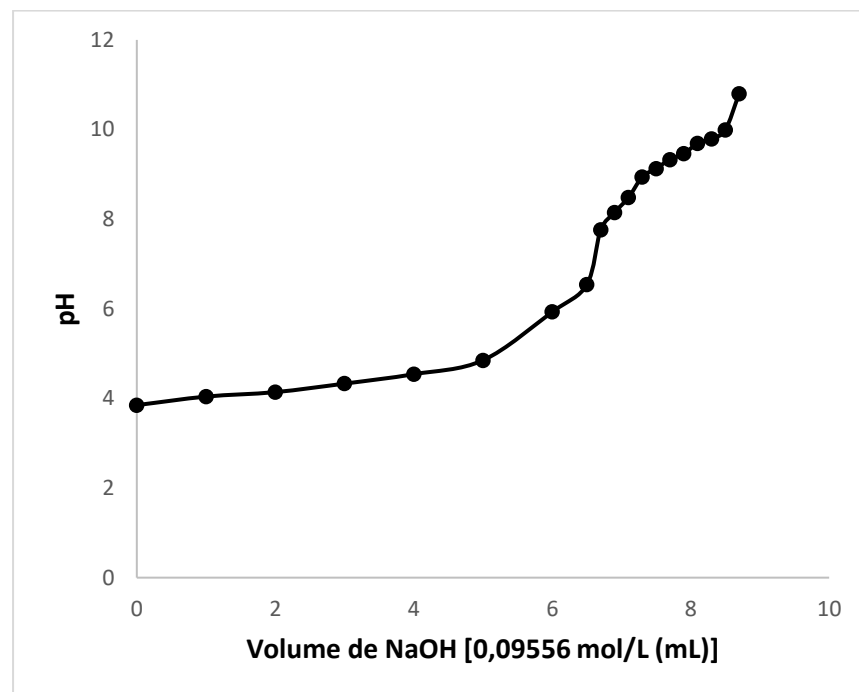
GRÁFICO 7 - DERIVADA SEGUNDA (B2)



FONTE: A autora (2023).

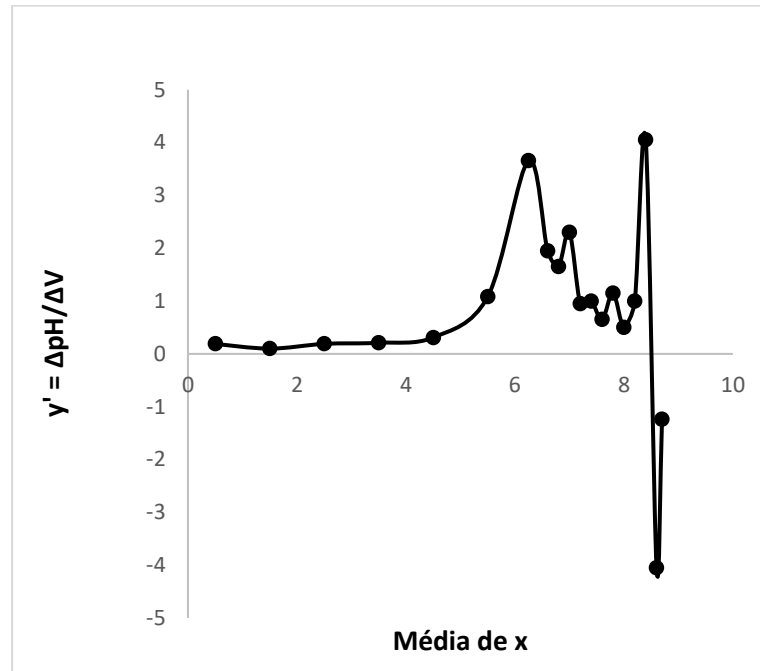
Conforme segue a metodologia, a amostra B3 foi submetida aos mesmos procedimentos, conforme apresentando no GRÁFICO 8, GRÁFICO 9 e GRÁFICO 10.

GRÁFICO 8 - CURVA DO VOLUME DE NaOH GASTO NA TITULAÇÃO (B3)



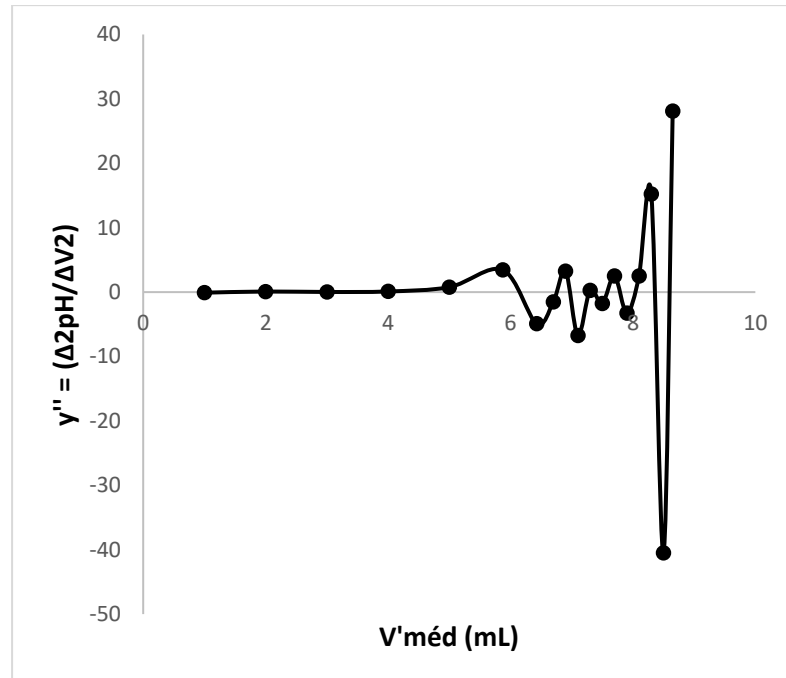
FONTE: A autora (2023).

GRÁFICO 9 - DERIVADA PRIMEIRA (B3)



FONTE: A autora (2023).

GRÁFICO 10 - DERIVADA SEGUNDA (B3)



FONTE: A autora (2023).

A TABELA 9 apresenta de forma objetiva os valores de NaOH gastos para titular cada amostra de bebida alcoólica e a sua acidez total calculadas através da equação (6).

TABELA 9 - ACIDEZ TOTAL DAS AMOSTRAS DE BEBIDAS ALCOÓLICAS

Amostra	Volume de NaOH gasto (mL)	Acidez total (g/L ácido tartárico)
B1	21,4	6,13
B2	6,4	1,83
B3	8,3	2,38

FONTE: A autora (2023).

De acordo com Azevedo et al. (2008), bebidas como o vinho, apresentam valores de acidez total em g/L de ácido tartárico entre 3 e 9,75, portanto, os valores obtidos se encontram dentro dos limites estabelecidos para vinhos.

4.8 REAPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A TABELA 10 apresenta de forma geral os resultados obtidos para cada amostra de etanol, bem como os limites estabelecidos pela Resolução ANP N° 907/2022 (ANP, 2022):

TABELA 10 - RESULTADOS DAS AMOSTRAS DE ETANOL

Parâmetros	E1	E2	E3	Resolução ANP N° 907/2022
Cor	Amarelada	Transparente	Transparente	Transparente
Aspecto	Límpida	Límpida	Límpida	Límpida
Condutividade elétrica ($\mu\text{s}/\text{m}$ a 25°C)	1.1612	643,2	409,6	300
Massa específica (kg/m^3 a 20 °C)	811,83	806,72	809,74	805,2 a 811,2
Ph	2,78	3,18	3,50	6,00 a 8,00
Teor alcoólico(°INPM)	93,23	93,91	93,56	92,5 a 94,6
Acidez total (mg/L de ácido acético)	17,21	10,32	13,77	30

FONTE: A autora (2023.)

Já a TABELA 11, apresenta de forma geral os valores obtidos para os ensaios físico-químicos encontrados para as amostras de bebidas alcoólicas apreendidas:

TABELA 11 – RESULTADOS DAS AMOSTRAS DE BEBIDAS ALCOÓLICAS

Parâmetros	B1	B2	B3
Cor	Vinho	Vinho	Vinho
Aspecto	Límpida	Límpida	Límpida
Condutividade elétrica ($\mu\text{s}/\text{m}$ a 25°C)	325.800	279.600	281.200
Massa específica (kg/m^3 a 20 °C)	995,00	990,00	985,00
pH	3,06	3,05	3,01
Teor alcoólico(°INPM)	8,9	10,6	12,5
Acidez total (mg/L de ácido acético)	6,13	1,83	2,38

FONTE: A autora (2023.)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os resultados obtidos para as três amostras de bebidas apreendidas, é possível concluir que o processo realizado na mini-planta de destilação proporcionou considerável aumento de teor alcoólico nas misturas, de modo a obter um produto com teor coerente aos limites que classificam o etanol como Etanol Hidratado Combustível.

A amostra de E3 foi a que mais se enquadrou dentro dos parâmetros exigidos pela Resolução ANP N°907/2022 (ANP, 2022), estando isenta de cor e impurezas e dentro dos limites da acidez total e massa específica. Foi a que apresentou pH menos ácido, também apresentou o valor mais próximo de condutividade elétrica exigida. A amostra E1 foi a que apresentou os resultados mais discrepantes dos valores delimitados, tanto para o pH, condutividade elétrica e massa específica.

Referente as amostras de bebidas, os valores obtidos estão próximos da literatura, indicam que sua composição seja uma mistura de bebidas majoritariamente semelhante ao vinho.

Dessa forma, o presente trabalho evidencia a importância da destilação de bebidas alcoólicas apreendidas como uma alternativa promissora para a produção de etanol combustível, contribuindo para a redução dos impactos ambientais e para a busca por fontes de energia mais sustentáveis. No entanto, é fundamental ressaltar que além dos ensaios físico-químicos, outros fatores devem ser considerados para garantir a viabilidade e eficiência do uso dessas bebidas como fonte de etanol combustível.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como recomendação para trabalhos futuros, a investigação e otimização do processo de destilação, explorando diferentes condições de destilação para aprimorar a qualidade e o rendimento do etanol obtido a partir das bebidas alcoólicas apreendidas. Isso poderia envolver o estudo do efeito de variações de temperatura, pressão, relação de refluxo e as condições em que as bebidas apreendidas alimentam a coluna de destilação.

Ainda, avaliar o impacto ambiental para quantificar os benefícios ambientais gerais da conversão das bebidas alcoólicas apreendidas em etanol combustível,

comparando-as na pegada de carbono e as emissões de gases de efeito estufa associadas à produção de etanol com as dos combustíveis tradicionais à base de petróleo.

APÊNDICE 1 – EQUAÇÕES

- Cálculo do teor alcoólico (°INPM) do etanol:

Amostra 1:

$$INPM = \frac{(95,00 * 789,24)}{(811,83)} = 93,23$$

Amostra 2:

$$INPM = \frac{(95,00 * 789,24)}{(806,72)} = 93,91$$

Amostra 3:

$$NPM = \frac{(95,00 * 789,24)}{(809,74)} = 93,56$$

- Cálculo da concentração de NaOH:

$$\left[NaOH \left(\frac{mol}{L} \right) \right] = \frac{1,0024 * 1000}{204,22 * 51,43} = 0,09556$$

- Cálculo da acidez total:

Amostra de etanol 1:

$$Acidez\ total\ (g\% \text{ em ácido acético}) = \frac{(1,5 * 0,09556 * 60)}{10 * 50} * 1000 = 17,21$$

Amostra de etanol 2:

$$Acidez\ total\ (g\% \text{ em ácido acético}) = \frac{(0,9 * 0,09556 * 60)}{10 * 50} * 1000 = 10,32$$

Amostra de etanol 3:

$$Acidez\ total\ (g\% \text{ em ácido acético}) = \frac{(1,2 * 0,09556 * 60)}{10 * 50} * 1000 = 13,77$$

Amostra de bebida 1:

$$\text{Acidez total (g\% em ácido tartárico)} = \frac{(21,4 * 0,09556 * 150,087)}{50} = 6,13$$

Amostra de bebida 2:

$$\text{Acidez total (g\% em ácido tartárico)} = \frac{(6,4 * 0,09556 * 150,087)}{50} = 1,83$$

Amostra de bebida 3:

$$\text{Acidez total (g\% em ácido tartárico)} = \frac{(8,3 * 0,09556 * 150,087)}{50} = 2,38$$

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS.

Resolução ANP nº907, de 14.04.2022. Disponível em:>

<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-907-2022-dispoe-sobre-as-especificacoes-do-etanol-combustivel-e-suas-regras-de-comercializacao-em-todo-o-territorio-nacional?origin=instituicao><. Acesso em: 23 abr. 2023.

ALPUIM, João Pedro. **Aprendendo a química do vinho**. Boletim da Sociedade Portuguesa de Química, v. 65, p. 13-27, 1997. Disponível em:

><https://scholar.archive.org/work/npgdavpulnhz5oqucarirfosg4/access/wayback/https://b-quimica.spq.pt/magazines/BSPQuimica/589/article/3000791/pdf>< . Acesso em: 08 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10422**: Etanol combustível - Determinação da concentração de sódio - Método da fotometria de chama. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10547**: Etanol combustível - Determinação da condutividade elétrica. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10891**: Etanol hidratado combustível - Determinação do pH - Método potenciométrico. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10894**: Etanol combustível - Determinação da concentração de cloreto e sulfato - Método da cromatografia de íons. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11331**: Álcool etílico - Determinação da concentração de ferro e cobre - Método da espectrofotometria de absorção atômica. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13993**: Etanol combustível - Determinação do teor de hidrocarbonetos - Método volumétrico. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16041**: Etanol combustível - Determinação dos teores de metanol e etanol por cromatografia gasosa. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5992**: Etanol combustível - Determinação da massa específica e do teor alcoólico por densímetro de vidro. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8644**: Etanol combustível - Determinação do teor de resíduo por evaporação. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9866**: Etanol combustível - Determinação da acidez total por titulação colorimétrica. Rio de Janeiro, 2012.

AZEVEDO, Rose Mary Maduro Camboim de et al. **Programa de análise de produtos: relatório de vinho**, 2008. Disponível em: ><http://repositorio.bom.org.br:8080/jspui/handle/123456789/1345><. Acesso em: 08 jun. 2023.

BASTOS, Valéria Delgado. **Etanol, álcoolquímica e biorrefinarias**. 2007. Disponível em: ><https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2527>< . Acesso em: 29 abr. 2023.

BORTOLINI, Eduardo; BREITENBACH, Jeferson Douglas. **ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE VIDRO DE GARRAFAS DE BEBIDAS APREENDIDAS PELA RECEITA FEDERAL**. Seminário de Iniciação Científica e Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão, p. e32075-e32075, 2022. Disponível em: ><https://periodicos.unoesc.edu.br/siepe/article/download/32075/18247>< . Acesso em: 04 jun. 2023.

BRANDALISE, Polliany Parno; DE OLIVEIRA, Leonardo. **PRODUÇÃO DE SABONETE LÍQUIDO A PARTIR DE RESÍDUO OBTIDO DA DESTILAÇÃO DE VINHOS APREENDIDOS**. Seminário de Iniciação Científica e Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão, p. e31427-e31427, 2022. Disponível em: ><https://periodicos.unoesc.edu.br/siepe/article/view/31427>< . Acesso em: 04 jun. 2023.

BRASIL, **Decreto Nº 6.041/2007** de 8 de fevereiro de 2007. Dispõe a instituição da Política de Desenvolvimento da Biotecnologia e cria o Comitê Nacional de Biotecnologia. Disponível em: >https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6041.htm< . Acesso em: 23 abr. 2023.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro et al. **Gestão da qualidade**. EDa Atlas SA, 2012.

CORTEZ, L. A. B. et al. **Biomassa para energia**. Campinas: Editora Unicamp, 2008.

CORTEZ, Luís Augusto Barbosa (Ed.). **Proálcool 40 anos: Universidades e empresas: 40 anos de ciência e tecnologia para o etanol brasileiro**. Editora Blucher, 2018.

CORTEZ, Luís Augusto Barbosa. **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade**, 2010.

DUTRA, Marina de Souza. **Destilação de mostos da fermentação alcoólica para produção de etanol hidratado**. 2017. Disponível em: ><https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/36513>< . Acesso em: 29 abr. 2023

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Perspectivas para o mercado brasileiro de combustíveis no curto prazo**, 2023. Disponível em:

><https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/epe-publica-a-edicao-de-abril-de-2023-das-perspectivas-para-o-mercado-brasileiro-de-combustiveis-no-curto-prazo>< . Acesso em: 23 abr. 2023.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL DE FRONTEIRAS (IDESF). **Quantidade de vinho apreendido pela PRF cresce mais de 30 vezes no Paraná, 2022**. Disponível em: ><https://www.idesf.org.br/2022/02/03/quantidade-de-vinho-apreendido-pela-prf-cresce-mais-de-30-vezes-no-parana/>< . Acesso em: 29 abr. 2023.

INSTRUÇÃO NORMATIVA RFB Nº 2075, DE 23 DE MARÇO DE 2022. **Declaração de Ajuste Anual do Imposto sobre a Renda da Pessoa Física referente ao exercício de 2022, ano-calendário de 2021, e sobre a multa por atraso na entrega ou por entrega com informações inexatas ou incompletas**. Disponível em: ><http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?idAto=123368#2331122>< . Acesso em: 29 abr. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Data & Statistics - Energy Statistics Data Browser**, 2022. Disponível em: ><https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TESbySource>< . Acesso em: 29 abr. 2023.

LIMA, U. A. et al. **Biotecnologia Industrial**, Volume 3, Fundamentos. São Paulo: Blücher, 2001.

LOPES, Rodrigo Vieira Santos. **Análise de parâmetros físico-químicos de vinhos tintos brasileiros**. 2017. 59 f. Monografia (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo dos Goytacazes, 2017. Disponível em: >https://ead.uenf.br/moodle/pluginfile.php/14225/mod_resource/content/3/MONOGR_AFIA%20-%20Rodrigo%20Vieira%20Santos%20Lopes%20-%20LQ116114125.pdf< . Acesso em: 08 jun. 2023.

MICHELLON, Ednaldo; SANTOS, Ana Aracelly Lima; RODRIGUES, Juliano Ricardo Alves. **Breve descrição do Proálcool e perspectivas futuras para o etanol produzido no Brasil**. 2008. (MICHELLON et al., 2008) Disponível em: ><https://ageconsearch.umn.edu/record/109225/>< . Acesso em: 04 jun. 2023.

MORAES, Bruna et al. Uni Explorer Turismo-Plano de Marketing. **Revista Práxis-Teoria e prática publicitária**, v. 2, n. 1, p. 56-82. Disponível em: ><https://www.metodista.br/revistas/revistas-ipa/index.php/praxis/article/view/744>< . Acesso em: 23 abr. 2023.

NACHILUK, K. **Alta na Produção e Exportações de Açúcar Marcam a Safra 2020/21 de Cana**. Análises e Indicadores do Agronegócio, São Paulo, v. 16, n. 6, jun. 2021, p. 1-5. Disponível em: ><http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/AIA/AIA-21-2021.pdf>< . Acesso em: 23 abr. 2023.

NASCIMENTO, Antonio José Valleriote. **Análise de modelos reduzidos de colunas de destilação para aplicações em tempo real**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: >http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_m/AntonioJoseVallerioteNascimento.pdf< . Acesso em: 29 abr. 2023.

ORGANIZATION INTERNATIONALE DE MÉTROLOGIE LÉGALE. (1973). **International alcoholometric tables**. Disponível em: >https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r022-e75.pdf<. Acesso em: 17 jun. 2023.

PEREIRA, Gabriela et al. **Transformação de bebidas alcoólicas apreendidas em álcool 70%. Uma contribuição da Universidade para a sociedade**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 3, n. 14, 2022. Disponível em: ><https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/113118>< . Acesso em: 04 jun. 2023.

RIZZON, Luiz Antenor; MIELE, Alberto. **Avaliação da cv. Merlot para elaboração de vinho tinto**. Food Science and Technology, v. 23, p. 156-161, 2003. Disponível em: ><https://www.scielo.br/j/cta/a/584mQxgtKymtxrRYP53J6pB/abstract/?lang=pt><. Acesso em: 08 jun. 2023.

ROSA, Natasha Aguiar; AFONSO, Júlio Carlos. **A química da cerveja**. Revista Química Nova. São Paulo, v. 37, p. 98-105, 2015 Disponível em: >https://www.academia.edu/download/61384814/A_quimica_da_cerveja_QNESC20191130-67465-11f6cyo.pdf< . Acesso em: 08 jun. 2023.

SCHNEIDER, Lara Talita et al. **INFLUÊNCIA DA TAXA DE REFLUXO NO PROCESSO DE DESTILAÇÃO PARA OBTENÇÃO DE ETANOL HIDRATADO¹**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 3, p. 13-24, 2013. Disponível em: ><https://core.ac.uk/download/pdf/328077677.pdf>< . Acesso em: 04 jun. 2023.

SEQUINEL, Rodrigo et al. **Soluções a base de álcool para higienização das mãos e superfícies na prevenção da covid-19: compêndio informativo sob o ponto de vista da química envolvida**. Química Nova, v. 43, p. 679-684, 2020. Disponível em: > <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170553><. Acesso em: 15 jun. 2023.

SINDICATO DO COMÉRCIO VAREJISTA DE DERIVADOS DE PETRÓLEO DE CAMPINAS E REGIÃO (RECAP).20??. **Tabela de conversão**. Disponível em:><https://recap.org.br/pdf/etanol.pdf>< . Acesso em: 17 jun. 2023.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**, Volume 1. Rio de Janeiro: LTC, 2001.