DOI: http://dx.doi.org/10.5380/ef.v1i39.101695

Extensão universitária como meio para obtenção de etanol a partir de bebidas apreendidas

University extension for obtaining ethanol from seized beverages

REVISTA EXTENSÃO EM FOCO
ISSN 2358-7180

Mariana Aparecida de Carvalho Lima[1] , Patrícia Louise da Silva Ferreira[2], João Vitor da Silva Ferreira[3], Luis Fernando Souza Gomes[4], Joel Gustavo Teleken[5], Rodrigo Sequinel[6]

RESUMO

A Receita Federal do Brasil realiza operações ostensivas de apreensão de bebidas alcoólicas, principalmente em regiões de fronteira. Depois de aprendidas, as bebidas passam a ser um resíduo que tem potencial impacto ambiental e que deve ser processado para a destinação final. Este trabalho advém de um projeto de Extensão na Educação Superior, surgido durante a pandemia da COVID-19, voltado à produção de álcool e sabão líquido para higienização, a partir da transformação de bebidas apreendidas enviadas à UFPR, em parceria com a Receita Federal do Brasil. Passada a crise na saúde, o projeto foi redirecionado para estudar a viabilidade do processo de destilação para produzir etanol hidratado combustível (EHC) visando sua utilização nos veículos do campus universitário da UFPR, Setor Palotina. Foram selecionadas amostras antes e após a destilação, as quais foram submetidas a análises físico-químicas de rotina conforme as diretrizes da Resolução Nº 907/2022 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Os testes incluíram avaliação da cor, aspecto, condutividade elétrica, massa específica, potencial hidrogeniônico (pH), teor alcoólico e acidez total. As bebidas analisadas apresentaram características semelhantes à bebida do tipo vinho, enquanto o etanol produzido no processo de destilação atendeu, em grande parte, aos limites estabelecidos pela normativa vigente. A amostra de etanol E3 obtida a partir da amostra de bebida B3 destacou-se por estar próxima da especificação, necessitando de ajustes mínimos. O trabalho ganha importância ao propor uma solução para um problema real, considerando principalmente os casos de contrabando de bebidas e os casos de bebidas contendo metanol veiculadas no Brasil recentemente, no ano de 2025. Utilizando princípios de economia circular e sustentabilidade, este trabalho apresenta resultados concretos do atendimento de uma demanda da sociedade sobre o processamento de um resíduo potencialmente poluidor, de modo a promover sua transformação em um produto de valor agregado, que vem sendo aproveitado para abastecer veículos que são utilizados em outros projetos de extensão da Universidade.

Palavras chave: Aduana; Aproveitamento Energético; Destilação; Valorização de Resíduos.

1 Doutoranda em Bioquímica e biologia molecular. Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, Santa Catarina, Brasil. E-mail: m04carvalho@gmail.com. Orcid: https://orcid.org/0009-0001-4014-5373
2 Graduanda em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Palotina, Paraná, Brasil. E-mail: patricia.louise.ferreira06@ufpr.br. Orcid: https://orcid.org/0009-0008-7065-4102
3 Doutorando em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: joao.vitor.ferreira@ufpr.br Orcid:https://orcid.org/0009-0008-8627-3988
4 Doutor em Agronomia. Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Palotina, Paraná, Brasil. E-mail: luisfernado@ufpr.br. Orcid: https://orcid.org/0000-0002-5035-3563
5 Doutor em Engenharia Química. Docente do curso de Engenharia de Energia. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Palotina, Paraná, Brasil. E-mail: joel.teleken@ufpr.br. Orcid: https://orcid.org/0000-0002-1155-9390
6 Doutor em Química. Docente do curso de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Palotina, Paraná, Brasil. E-mail: rodrigosequinel@ufpr.br. Orcid: https://orcid.org/0000-0002-2112-5959

DOI: http://dx.doi.org/10.5380/ef.v1i39.101695

ABSTRACT

The Receita Federal do Brasil conducts ostensive operations to seize alcoholic beverages, primarily in border regions. After seizure, these beverages become a waste with potential environmental impact, which must be processed for correct final disposal. This work stems from an University Education Extension project that emerged during the COVID-19 pandemic, focused on producing alcohol and liquid soap for hygiene by transforming these beverages sent to UFPR, in partnership with the Receita Federal do Brasil. After the health crisis passed, the project was redirected to study the feasibility of the distillation process to produce hydrated fuel ethanol (EHC) for use in vehicles at the UFPR, Palotina Sector. Samples were selected before and after the distillation and submitted to routine physicochemical analyses according the parameters of Resolution Nº 907/2022 from the Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). The tests included assessments of color, appearance, electrical conductivity, specific mass, hydrogenionic potential (pH), alcohol content, and total acidity. The analyzed beverages exhibited characteristics similar to wine-type beverages, while the ethanol produced in the distillation process largely complied with the limits established by the current regulations. The E3 ethanol sample obtained from the B3 beverage sample stood out for being close to the specification, requiring minimal adjustments. The work gains importance by proposing a solution to a real problem, mainly considering cases of beverage smuggling and the cases of beverages containing methanol reported in Brazil recently, in the year 2025. Using principles of circular economy and sustainability, this work presents concrete results in meeting a societal demand for processing a potentially polluting residue, promoting its transformation into a value-added product, which has been used to fuel vehicles employed in other university extension projects.

Keywords: Customs; Energy Recovery; Distillation; Waste Valorization.

INTRODUÇÃO

As operações de apreensão de bebidas alcoólicas ocorrem principalmente para fiscalizar e inibir o contrabando e comercialização de produtos que não atendem os critérios de qualidade, com práticas de sonegação, falsificação ou adulteração. Nestas operações podem estar envolvidos vários órgãos de defesa do consumidor, agências reguladoras ou mesmo órgãos executivos do governo, a depender da finalidade.

O risco de falsificação ou adulteração é particularmente grave no caso de bebidas destiladas. Além da concorrência desleal, podem causar intoxicações graves e mortes envolvendo a presença de metanol, como ocorreu em 2025. Os casos de não conformidade que envolvem a qualidade da bebida exigem a ação de órgãos e agências reguladoras, como a Vigilância Sanitária, a Polícia Civil, os Procons e o Ministério da Agricultura e Pecuária. Os casos relacionados à fiscalização tributária envolvem a Receita Federal do Brasil (RFB) (BRASIL, 2025).

O metanol é extremamente tóxico quando consumido pelo corpo humano, pois é transformado em formaldeído pela enzima álcool desidrogenase, que por sua vez, é transformado pela enzima aldeído desidrogenase em ácido fórmico, substância extremamente tóxica que se acumula no organismo causando acidose metabólica e comprometendo o funcionamento dos órgãos, podendo levar a lesão do nervo óptico, danos no sistema nervoso

central, e até mesmo, a morte do paciente (Sociedade Brasileira de Química, 2025).

Apreensão de bebidas

A 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.

O art. 23, inciso I, da Instrução Normativa nº 2075, de 05 de julho de 2023, estabelece limites de restrição quantitativos para a entrada destes produtos no país, sendo o limite máximo permitido de 12 litros de bebida alcoólica por pessoa. Caso esse limite seja excedido, o portador fica sujeito a sanções e multas, e quando excedido exorbitantemente, configura-se descaminho, onde as mercadorias são apreendidas e destinadas à destruição ou "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).

Quando encontradas irregularidades, o procedimento principal é a apreensão e destruição do produto. Segundo o Balanço Aduaneiro (2025), no ano de 2024 foram apreendidas 937.251 unidades de bebidas alcoólicas pela Receita Federal do Brasil, totalizando mais de 66 milhões de reais em valor de produto. Entre 2018 e 2021, as apreensões de vinho aumentaram 32,06%, segundo o Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social de Fronteiras (IDESF, 2021).

Entre os tipos de bebidas, encontram-se tanto destiladas como fermentadas, apresentando uma grande variedade de álcool entre si. Quando destinadas a instituições de pesquisa, as bebidas são classificadas em destiladas e fermentadas, sendo transportadas em recipientes apropriados, tornando-as impróprias para consumo humano, conforme norma da Resolução ANP 907/2022.

O produto apreendido passa a ser considerado um resíduo potencialmente tóxico e poluidor. A melhor forma de eliminar o problema por completo, além da retirada do mercado, é o reaproveitamento para uma nova destinação. O processo de destilação emerge como uma alternativa viável para a disposição final destas bebidas apreendidas, visto que envolve o tratamento ou transformação do problema em um produto que pode ser reutilizado como combustível, agregando valor, mitigando possíveis impactos ambientais e favorecendo a economia circular.

Além da produção de etanol combustível, os insumos podem ser direcionados à fabricação de álcool em gel com finalidade asséptica (Pereira *et al.*, 2022). Outros

aproveitamentos incluem a utilização de vidro processado como aditivo em concreto, substituindo a areia (Bortolini; Breitenbach, 2022), e a incorporação da vinhaça obtida na destilação na formulação de sabonete líquido (Brandalise; Oliveira, 2022).

Etanol combustível

A produção de etanol no Brasil advém principalmente do processo fermentativo de açúcares provenientes da cana-de-açúcar ou do milho, com fácil transformação em um bioproduto que pode ser utilizado como fonte energética. No Brasil, a cana-de-açúcar é a fonte majoritária, já que o país é o maior produtor mundial desse insumo (Nachiluk, 2021).

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) dispõe da Resolução, N°907 de 18 de novembro de 2022, que estabelece critérios a serem adequados ao EHC para ser utilizado em veículos cujo motores realizam combustão interna com ignição por centelha (Ciclo Otto) e para o etanol anidro combustível (EAC), utilizado na mistura com a gasolina.

Zhang *et al.* (2017) traz o conceito de "*low input, high use, low emission*" como forma de princípio da economia circular para redução do impacto ambiental e sustentabilidade, dizendo que esse sistema é capaz de transformar o bioetanol em um combustível com características de redução dos insumos externos de energia e das emissões de poluentes. A utilização deste bioproduto pode resultar em emissões reduzidas de gases poluentes, com melhor desempenho dos motores, em comparação a outros combustíveis (Michellon; Santos; Rodrigues, 2008).

Produção de etanol como forma de extensão universitária

A Extensão na Educação Superior se forma de modo a levar o trabalho realizado na área acadêmica para impactar positivamente a sociedade, como também propiciar o contato da Universidade com os problemas complexos da sociedade (Gawlak Zampieri; Cerutti, 2025).

As universidades públicas possuem esta característica em seu alicerce e têm se destacado recentemente neste tipo de atuação, como nas ações de combate à pandemia da COVID-19, nas buscas por matrizes energéticas sustentáveis, na redução de impactos ambientais, culminando em ações de combate às mudanças climáticas.

O surgimento de demandas como a da Receita Federal, pela necessidade do processamento e da correta destinação final de um resíduo com alto potencial poluidor, como as bebidas alcoólicas apreendidas, vai de encontro aos princípios da Extensão da Educação Superior.

DOI: http://dx.doi.org/10.5380/ef.v1i39.101695

Objetivo

O objetivo deste trabalho foi caracterizar as misturas de bebidas apreendidas pela RFB, realizar a destilação e avaliar a qualidade do produto obtido na forma de Etanol Hidratado Combustível (EHC). Foram realizados ensaios físico-químicos simples e rápidos para determinar cor, aspecto visual, acidez total, condutividade elétrica, massa específica, potencial hidrogeniônico (pH) e teor alcoólico.

METODOLOGIA

A primeira etapa do projeto se resumiu à destilação das bebidas alcoólicas apreendidas, com o objetivo de produzir álcool em gel para a demanda interna universitária e posterior distribuição a secretarias de saúde e hospitais da cidade de Palotina e região. Alunos, técnicos e professores atuaram diretamente na área de saúde pública e nas ações de prevenção ao avanço da pandemia da COVID-19 (Machado, 2021).

Após a pandemia, a demanda por álcool em gel diminuiu acentuadamente, as operações de apreensão de bebidas continuaram e o foco do projeto de extensão foi alterado para produção de etanol combustível para o abastecimento de veículos automotivos da UFPR, Setor Palotina. Nesta fase, o projeto vem desenvolvendo ações de pesquisa, gerando conhecimento e qualificação profissional dos estudantes na área de tratamento de resíduos e aproveitamento energético, tendo como suporte um problema complexo da sociedade relacionado ao contrabando e à adulteração de bebidas alcoólicas (Gomes *et al.*, 2016; Sequinel *et al.*, 2020).

O trabalho conta com a participação de estudantes e professores vinculados aos cursos de Graduação em Engenharia de Bioprocesso e Biotecnologia, Engenharia de Energias, Licenciatura em Ciências Exatas e o curso de Mestrado em Biotecnologia.

Amostragem

Misturas de bebidas alcoólicas foram fornecidas pela Receita Federal do Brasil (RFB), subsede de Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. O fornecimento foi realizado por meio de objeto descrito em convênio assinado entre a RFB e a UFPR, destinado à Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina.

As amostras de bebidas apreendidas foram entregues na UFPR na forma de misturas (bebidas destiladas e fermentadas), armazenadas em reservatórios do tipo IBC. Para as análises físico-químicas, foram coletadas, três amostras de 1 L das misturas antes do processo de destilação (B1, B2 e B3) e três amostras de 1 L após a destilação (E1, E2

e E3). As destilações foram conduzidas em bateladas independentes, utilizando lotes distintos de misturas de bebidas. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise Instrumental e Controle de Qualidade do Bloco de Química, da UFPR, Setor Palotina.

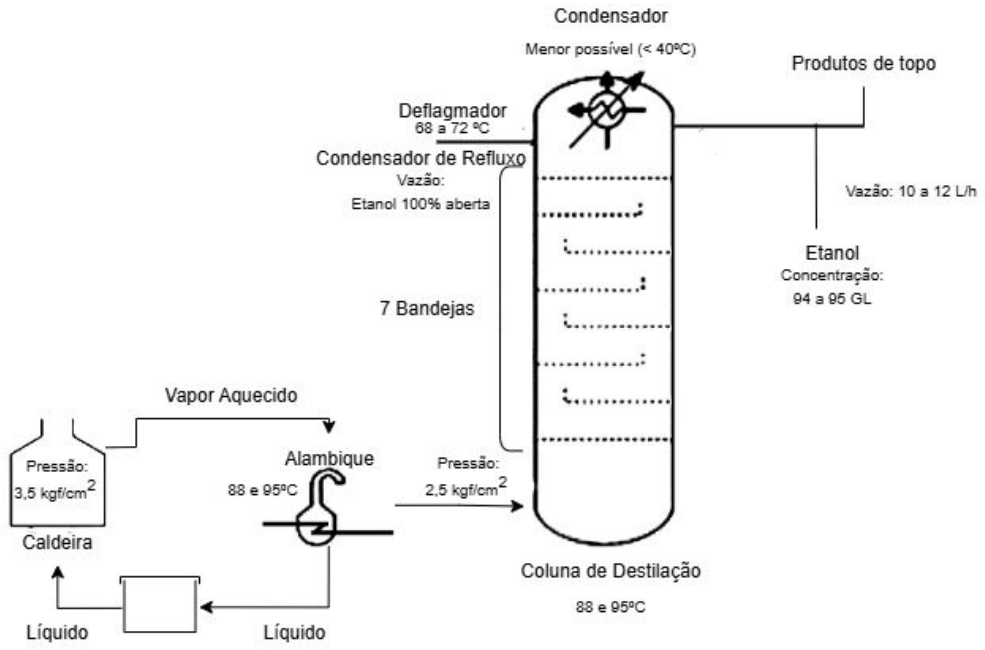
Processo de destilação

A obtenção do EHC foi realizada por destilação em batelada na Unidade de Destilação situada no Laboratório de Produção de Biocombustíveis da UFPR, Setor Palotina, conforme apresentado na Figura 1. A média de bebida destilada pela Unidade de Destilação, é de 19.950 L/ano, com rendimento em torno de 6,7% v/v, a depender do teor alcoólico da mistura de origem.

O processo de destilação foi conduzido em um destilador de cobre com capacidade de 500 L. As misturas foram transferidas para o equipamento por meio de uma bomba centrífuga. O aquecimento da caldeira promoveu a vaporização da mistura, cujo vapor foi direcionado à base da coluna de destilação.

A destilação foi realizada em regime permanente, com capacidade de atingir uma vazão de etanol de 15 L h^{-1}, controlada pela pressão e pela temperatura do vapor. Durante o processo, o vapor ascendeu por 19 bandejas até alcançar o deflegmador e, em seguida, o condensador, onde foi convertido novamente em fase líquida, constituída majoritariamente por etanol hidratado. O destilado obtido foi coletado para posterior realização das análises físico-químicas e para utilização em atividades do setor da universidade.

Figura 1 - Processo de destilação



Fonte: Os autores (2025).

DOI: http://dx.doi.org/10.5380/ef.v1i39.101695

Análises físico-químicas

Os ensaios físico-químicos foram realizados de acordo com as diretrizes e a metodologia descritas na Resolução ANP 907 de 18 de novembro de 2022, que trata do controle de qualidade de Etanol Combustível, conforme Tabela 1.

Característica	Limite do EHC*	Método NBR
Aspecto	Límpido e Isento de Impurezas (LII)	Visual
Cor	Transparente	Visual
Acidez total, máx. (em miligramas de ácido acético) - método colorimétrico	30 mg/L	9866
Acidez total, máx. (em miligramas de ácido acético) - método potenciométrico**	-	16047
Condutividade elétrica, máx.	105447 µS/m	10547
Massa específica a 20 ºC	805,2 a 811,2 kg/m³	5992 15639
Potencial hidrogeniônico (pH)	6,0 a 8,0	10891
Teor de etanol, mín (% volume)	94,5%	5992 15639

*Considerando os parâmetros do EHC, em razão do teor de etanol após a destilação.
**Método aplicado para determinação da acidez total em bebidas (devido à coloração).

Fonte: Adaptado da Resolução ANP nº 907/2022.

Os testes de aspecto e cor foram realizados por meio de análise visual, observando a presença ou ausência de impurezas e sujidades nas amostras.

O teste de acidez total da amostra destilada foi realizado por meio de titulação com hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 mol.L-1, calculada por meio da equação 1.

$$AT = \frac{C * 60{,}05 * 1000}{V1} * V2 \qquad (1)$$

Onde, AT é a acidez total, expressa em miligramas de ácido acético por litro de etanol ($mg.L^{-1}$), C é a concentração molar real da solução de hidróxido de sódio 0,02 $mol.L^{-1}$, expresso em mols por litro ($mol.L^{-1}$), 60,05 é a massa molecular do ácido acético, expresso em gramas por mol ($g.mol^{-1}$), V1 é o volume de etanol utilizado, expresso em mililitros (mL) e V2 é o volume de solução de hidróxido de sódio utilizado na titulação, expresso em mililitros (mL).

Para as bebidas alcoólicas, a acidez total foi quantificada por titulação potenciométrica. Uma alíquota de 5 mL de cada amostra foi diluída em 50 mL de água destilada e submetida a agitação magnética. O pH foi monitorado continuamente com um pHmetro durante a adição controlada da solução de NaOH, com volumes ajustados de acordo com a faixa de pH. A partir dos dados, foram calculadas as derivadas primeira e

segunda (equações 2 e 3) para determinar o ponto de viragem.

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

$$y'' = (\Delta pH^2/\Delta V^2) \qquad (3)$$

Onde, ΔpH é a variação do pH e ΔV, a variação do volume gasto de NaOH.

A condutividade elétrica, massa específica a 20 ºC e o pH passaram por testes utilizando, respectivamente, os equipamentos e marcas, condutivímetro (Tecnal), densímetro (Rivaterm) e pHmetro (Tecnopon).

Para o teor alcoólico utilizou-se um alcoolômetro da marca Incoterm, e seu resultado foi dado em graus Gay-Lussac (°GL), que foram passados para INPM por meio da equação 4, descrita por Sequinel *et al.* (2020). Já para as amostras de bebidas, foram determinadas por meio de um ebuliômetro em ºGL. O vapor gerado passou por um condensador resfriado com água até estabilizar o ponto de ebulição, indicando a completa evaporação do álcool. A graduação alcoólica foi calculada pela diferença entre o ponto de ebulição da amostra e o da água, em ºC.

$$INPM = ABV * Me * Mm \qquad (4)$$

Onde, INPM é o teor de etanol em m/m, ABV, o teor de etanol em % volume, Me, a massa específica do etanol absoluto (puro) na temperatura de referência, e Mm, a massa específica da amostra na temperatura de referência.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A resolução ANP 907/2022 estabelece critérios ao EHC, para ser utilizado em veículos cujo motores realizam combustão interna com ignição por centelha (Ciclo Otto) e para o EAC, utilizado na mistura com a gasolina. Entretanto, foram utilizados apenas os critérios para EHC em razão do teor alcoólico ser próximo das amostras deste trabalho.

Os resultados das análises químicas referentes à bebida apreendida e ao etanol destilado podem ser visualizados na Tabela 2 abaixo.

ID*	B1	B2	B3	E1	E2	E3
Aspecto	LII	LII	LII	LII	LII	LII
Cor	Vinho intenso	Vinho intenso	Vinho intenso	Amarelada	Transparente	Transparente
Acidez total (em miligramas de ácido acético)	2.452	732	952	17,21	10,32	13,77

DOI: http://dx.doi.org/10.5380/ef.v1i39.101695

Condutividade elétrica (µs/m à 25 °C)	3.105	3.105	3.105	2.103	643,2	409,6
Massa específica (kg/m3) a 20 °C	-	-	-	811,83	806,72	809,74
Massa específica (kg/m3) a 22 °C	995,00	990,00	985,00	-	-	-
Potencial hidrogeniônico (pH)	3,06	3,05	3,01	2,78	3,18	3,50
Teor alcoólico a 20 ºC (°INPM)	8,90	10,60	12,50	93,23	93,91	93,56

*B são amostras de antes da destilação e E depois da destilação.
**A acidez total foi determinada por titulação e expressa em $g \cdot L^{-1}$ de ácido tartárico, conforme convenção adotada para vinhos, justificada pela coloração e características semelhantes observadas nas amostras analisadas.

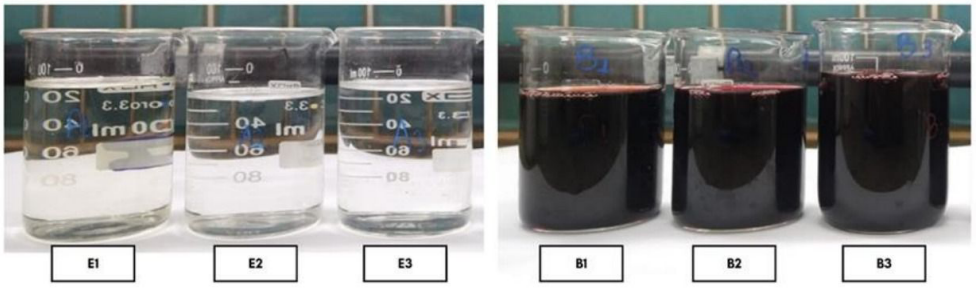
Fonte: Os autores (2025).

A cor do etanol é uma característica fundamental de identificação, sendo proibida a adição de corantes aos combustíveis do tipo EHC. Na análise visual das amostras destiladas, constatou-se uma sutil tonalidade amarelada na amostra E1, enquanto as demais mostraram-se completamente transparentes. A coloração amarelada pode ser um indício de presença de impurezas residuais, que, se presentes, podem comprometer a utilização como combustível. Já para as amostras de bebidas alcoólicas, todas apresentaram coloração escura, característica de misturas de bebidas diversas, remetendo a cor predominante de vinho tinto.

No aspecto visual, tanto as amostras de bebidas alcoólicas quanto as de etanol apresentavam-se límpidas e isentas de impureza, como o exigido pela Resolução ANP 907. A presença de impurezas sólidas ou líquidas, a depender do tipo, causa depósitos nas partes internas do motor, entupimentos e aumenta a corrosividade do combustível, tendo que o etanol atender à especificação para garantir qualidade suficiente quando utilizado em veículos, para ser ambientalmente amigável e não prejudicial a equipamentos do automóvel.

O resultado da cor e do aspecto visual estão apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Amostras de etanol destilado (E1 a E3) e bebida apreendida (B1 a B3)



Fonte: Os autores (2025).

Quanto à determinação da acidez total para o EHC, os valores encontrados para todas as amostras estavam dentro do limite admitido (30 mg/L de ácido acético). A acidez total é um quesito importante e que remete diretamente à qualidade do produto, visto que estes interferem na vida útil dos motores, em decorrência da corrosão das partes metálicas (Gonzaga; Sobral, 2012). Este parâmetro é importante em se tratando de um combustível obtido a partir de uma mistura de bebidas alcoólicas, visto que as bebidas apresentam valores de acidez originariamente mais altos.

Já as bebidas alcoólicas foram analisadas por titulação potenciométrica, devido à coloração intensa, que dificultaria a observação visual. Os resultados de acidez total, expressos em g/L de ácido tartárico, situam-se entre 3 e 9,75 g/L, valores superiores aos obtidos para o etanol destilado e compatíveis com os valores reportados na literatura para vinhos (Azevedo *et al.*, 2008).

A Resolução ANP Nº 907 (ANP, 2022) estabelece o valor máximo de condutividade elétrica para o EHC sendo de 300 µs/m. Para as amostras de etanol, todas se encontram fora desta faixa de condutividade elétrica delimitada, sendo a amostra E3 a que mais se aproximou do limite e a amostra E1 sendo a mais distante. No caso das bebidas alcoólicas, Lopes (2017) traz para vinhos tintos, valores que variaram de 142.900 µs/m a 285.000 µs/m, onde as amostras B1 e B2 se encontram dentro desta faixa e B3 fora da margem, com alto valor de condutividade elétrica, remetendo a uma alta concentração de íons presentes.

A metodologia descrita pela NBR 5992 (ABNT, 2016) e o limite estabelecido pela Resolução ANP Nº 907 (ANP, 2022), para massa específica, definem o intervalo de 805,2 a 811,2 kg/m3 a 20 °C para o EHC. A medição da densidade foi realizada em 22 °C, necessitando de conversão para 20 °C, que 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, 2025). Somente as amostras E2 e E3 de etanol estão dentro do intervalo estabelecido pela Resolução ANP N° 907 (ANP, 2022).

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.

Em relação ao potencial hidrogeniônico (pH), os limites estabelecidos para o EHC necessitam estar entre 6,0 e 8,0, conforme determina a Resolução ANP Nº907 (ANP,

2022) (Tabela 1). Todas as amostras se encontram abaixo da faixa tolerada, fator que pode acarretar diversos malefícios à integridade mecânica dos automóveis, principalmente corrosão dos motores e do tanque de combustível, levando este parâmetro a necessidade de readequação para a utilização como combustível. A origem desta acidez advém das bebidas alcoólicas que apresentaram pH ácido, variando de 2,8 a 3,8, podendo ser comparado com valores encontrados para vinhos (Alpuim, 1997) ou para cervejas, que apresentam pH próximos a 4,0 (Rosa; Afonso, 2015). O processo de destilação aplicado a estas amostras não foi suficiente para adequar o pH à faixa esperada entre 6,0 e 8,0.

Tais resultados para o pH e a condutividade elétrica sugerem uma relação inversamente proporcional entre esses parâmetros, indicando que a redução do pH está associada ao aumento da condutividade elétrica em soluções aquosas contendo sais inorgânicos ou espécies orgânicas ácidas que podem ter impacto no pH (Li *et al.*, 2019). Essa relação pode estar associada à natureza do insumo utilizado na produção da bebida, visto que, durante a fermentação, há formação e possível incorporação de sais e ácidos orgânicos no meio. Neste caso, o processo de destilação precisa ser otimizado para que o destilado final possa estar livre destes íons ou ácidos.

Os resultados obtidos para o teor alcoólico do etanol mostraram que todas as amostras de etanol estão dentro da faixa aceitável para esse parâmetro, onde foi considerado o EHC, pois entra na faixa de teor alcoólico desta especificação. O teor alcoólico determinado por alcoolômetro, com os resultados expressos em graus Gay-Lussac foram convertidos em porcentagem de massa, utilizando a Equação 1 (Sequinel *et al.*, 2020), considerando 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).

Para as bebidas alcoólicas, os teores alcoólicos variaram de 8,6% a 14%, valores compatíveis com os reportados por Azevedo *et al.* (2008) para vinhos.

Os conceitos discutidos neste trabalho possuem fundamentos teóricos e práticos disponibilizados aos alunos em disciplinas como Metodologia Científica, Termodinâmica, Separação e Purificação de Produtos Biotecnológicos, Instrumentação e Controle de Bioprocessos, Tecnologia de Bebidas Fermentadas e Destiladas, Gerenciamento de Resíduos, Biocombustíveis Líquidos, Química Analítica, Análise Instrumental, entre outras que fazem parte da formação da graduação e pós-graduação.

CONCLUSÃO

A destilação das amostras B1, B2 e B3 elevou o teor alcoólico para 93,23–93,91 °INPM, valor próximo ao mínimo de 94,5% exigido para etanol hidratado combustível (EHC) pela Resolução ANP nº 907/2022. A acidez total permaneceu dentro do limite máximo de 30 mg/L de ácido acético, enquanto a condutividade elétrica superou significativamente o limite máximo permitido (10.547 µS/m), evidenciando a presença de sais ou impurezas condutoras. Os valores de massa específica ficaram dentro do intervalo especificado, porém o pH esteve bem abaixo da faixa de 6,0 a 8,0.

As características iniciais das bebidas sugerem que se tratavam de produtos fermentados como vinho ou cerveja. A destilação apresentou-se como uma boa alternativa para o processamento das bebidas, visando a produção e utilização do etanol hidratado combustível.

Projetos como este são favorecidos pelo desafio de um caso real e abrem perspectivas para continuidade. Para que todo o potencial do etanol destilado seja realmente aproveitado, ajustes adicionais são necessários para enquadrar todos os parâmetros estudados às exigências normativas de qualidade do combustível. Neste caso, novos ajustes ao processo de destilação podem ser realizados em pesquisas futuras, visando melhorar a qualidade do produto. Estudos complementares também podem ser realizados a partir da eficiência de uso do combustível nos veículos, acompanhados de testes de desempenho no motor e emissão de gases de combustão. Ações de conscientização junto à comunidade externa à universidade também podem ser exploradas. A continuidade deste projeto pode ser monitorada neste sentido a fim de contribuir para o fortalecimento das áreas de ensino, pesquisa e extensão no ambiente universitário.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Resolução ANP nº 907, de 18.11.2022**. Disponível em: > https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-907-2022-dispoe-sobre-asespecificacoes-do-etanol-combustivel-e-suas-regras-de-comercializacao-em-todo-oterritorio-nacional?origin=instituicao<.

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<.

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< .

BRANDALISE, Polliany Parno; DE OLIVEIRA, Leonardo. Produção de sabonete líquido a partir de resíduos obtidos 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<.

BRASIL. **Ministério da Fazenda**. Não há correlação entre bebidas adulteradas com metanol e sistema desativado da Receita. Brasília, DF, 07 out. 2025. Disponível em: https://www.gov.br/fazenda/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/2025/outubro/nao-ha-correlacao-entre-bebidas-adulteradas-com-metanol-e-sistema-desativado-da-receita. Acesso em: 15 out. 2025.

BRASIL. **Ministério da Fazenda**. Portaria nº 282, de 15 de junho de 2011. Dispõe sobre a sistemática de controle e de movimentação de bens móveis no âmbito dos órgãos e das entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jun. 2011. Disponível em: https://www.gov.br/fazenda/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/legislacao/portarias-ministeriais/2011/arquivos/portaria282.pdf.

BRASIL. **Polícia Rodoviária Federal**. Quantidade de vinho apreendido pela PRF cresce mais de 30 vezes no Paraná. 1 fev. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/prf/pt-br/noticias/estaduais/parana/anteriores/fevereiro/quantidade-de-vinho-apreendido-pela-prf-cresce-mais-de-30-vezes-no-parana.

BRASIL. **Secretaria de Comunicação Social**. Governo do Brasil detalha plano de ação contra intoxicações por metanol. Brasília, DF, 16 set. 2025. Disponível em: https://www.gov.br/secom/pt-br/assuntos/noticias/2025/09/governo-do-brasil-detalha-plano-de-acao-contra-intoxicacoes-por-metanol. Acesso em: 15 out. 2025.

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

GAWLAK ZAMPIERI, A.; CERUTTI, M. L. M. N. Extensão ambiental: relato de experiência sobre o projeto Gestão, Avaliação e Tecnologia em Meio Ambiente – GATMA. **Extensão em Foco**, v. 1, n. 37, p. 66–81, 2025.

GOMES, M. A. B.; MELLO, R. M. Q. D.; MICARONI, L.; GUIMARÂES, J. L. Apresentação da metodologia científica a estudantes do ensino técnico através da experimentação em química. **Extensão em Foco**, , n. 11, 2016. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/extensao/article/view/34704>. Acesso em: 12/10/2025.

GONZAGA, Fabiano Barbieri; SOBRAL, Sidney Pereira. A new method for determining the acid number of biodiesel based on coulometric titration. **Talanta**, v. 97, p. 199-203, 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.talanta.2012.04.017.

INSTRUÇÃO NORMATIVA RFB Nº 2075, DE 05 DE JULHO DE 2023. 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< .

LI, Chongwei *et al.* Analysis of the tendency for the electronic conductivity to change during alcoholic fermentation. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 5512, 2019. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-019-41225-x

MACHADO, J. N. **A extensão da UFPR durante a pandemia**. Curitiba, PR: Universidade Federal do Paraná, 2021.

MICHELLON, Ednaldo; SANTOS, Ana Aracelly Lima; RODRIGUES, Juliano Ricardo Alves. Breve Descrição Do Proálcool E Perspectivas Futuras Para O Etanol Produzido No Brasil. In: 46th Congress, July 20-23, 2008, Rio Branco, Acre, Brazil. **Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER)**, 2008. DOI: 10.22004/ag.econ.109225

NACHILUK, Katia. 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, p. 1-5, 2021.

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

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<.

RIZZON, Luiz Antenor; MIELE, Alberto. Avaliação da cv. Merlot para elaboração de vinho tinto. **Food Science and Technology**, v. 23, p. 156-161, 2003. DOI: https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000400029

ROSA, Natasha Aguiar; AFONSO, Júlio Carlos. A química da cerveja. **Revista Química Nova**. São Paulo, v. 37, p. 98-105, 2015. DOI: http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20150030

SEQUINEL, R., *et al.* Soluções à 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**, 2020. DOI: https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170553

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

SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA. Por que o metanol é tão tóxico? **Boletim SBQ**, São Paulo, 24 fev. 2025. Disponível em: https://boletim.sbq.org.br/noticias/2025/n4300.php. Acesso em: 24 fev. 2025.

STOLF, R.; MATSUOKA, S. 1930–1990 - The intervention of the Brazilian state in the sugar-energy sector: IAA-PLANALSUCAR, PROÁLCOOL and the participation of Gilberto Miller Azzi. Did work? **Engenharia Agrícola**, v. 43, n. spe, p. e20220135, 2023. DOI: https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v43nepe20220135/2023

WONGSURAKUL, P., *et al.* Comprehensive Review on Potential Contamination in Fuel Ethanol Production with Proposed Specific Guideline Criteria. **Energies**, v. 15, n. 9, p. 2986, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/en15092986

ZHANG, J.; JIA, C.; WU, Y.; *et al.* Life cycle energy efficiency and environmental impact assessment of bioethanol production from sweet potato based on different production modes. (C. Du, Org.) **PLOS ONE**, v. 12, n. 7, p. e0180685, 2017. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180685

Recebido em: 16/10/2025
Aceito em: 22/04/2026