

## ACOMPANHAMENTO DA QUALIDADE DA GASOLINA DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS DE LAVRAS/MINAS GERAIS – TRIÊNIO 2018-2020

Irineu Petri Junior<sup>1</sup>  
Cristiane Alves Pereira<sup>1</sup>  
Lucas Renato de Oliveira Mourão<sup>1</sup>  
Yasmin Fernandes Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Lavras*

DOI: 10.47168/rbe.v28i1.627

### RESUMO

A gasolina tipo “C” é o combustível comercializado como um complexo contendo solventes, nafta e etanol anidro. O etanol anidro existente na gasolina deve obter a conformidade de  $27\% \pm 1$ , em volume, segundo a ANP. Diante disso, o objetivo deste artigo foi analisar a taxa volumétrica de etanol anidro existente na gasolina tipo C de quinze estabelecimentos de Lavras (Minas Gerais) no triênio 2018-2020 e acompanhar o atendimento às especificações regulamentadas. Para a avaliação do teor deste álcool foi utilizado o método da proveta, regulamentado pela Norma Brasileira (NBR) 13992/2005. Os resultados mostraram a transição positiva no triênio 2018-2020, em que inicialmente 73,33% dos postos estavam fora da especificação, e, em 2020, 13,33% excederam a faixa permitida. Por fim, infere-se que houve uma melhoria na qualidade do combustível nos anos analisados.

Palavras-chave: Gasolina Tipo C; Combustível; Etanol Anidro; Teor; Adulteração.

### ABSTRACT

Gasoline type “C” is the fuel marketed as a blend containing solvents, naphtha, and anhydrous ethanol. The anhydrous ethanol in gasoline must be  $27\% \pm 1$ , by volume, according to the ANP. Therefore, the objective of this paper was to analyze the volumetric content of anhydrous ethanol in gasoline type C of fifteen gas stations in Lavras (Minas Gerais), in the 2018-2020 triennium, and monitor the compliance with the regulated specifications. To assess the ethanol content, the test tube method, regulated by the Brazilian Standard (NBR) 13992/2005,

was used. The results indicated a positive transition in the 2018-2020 triennium, once 73.33% of the stations were out of the specification, and, in 2020, 13.33% exceeded the allowed range. Finally, it is inferred that there was an improvement in the fuel quality in these three years.

Keywords: Gasoline; Type C; Fuel, Anhydrous Ethanol; Content; Adulteration.

## 1. INTRODUÇÃO

A gasolina, derivada do petróleo, é um complexo de hidrocarbonetos de cadeias contendo de quatro a dez átomos de carbono que é consumida por grande parte dos veículos de passeio, sendo um dos principais combustíveis usados na atualidade. A gasolina é obtida por meio da destilação do petróleo em processos de refino, e sua composição varia (PINTO et al., 2020). Essa mistura complexa determina as propriedades físico-químicas e o desempenho do motor de um automóvel (PETROBRAS, 2021). A gasolina brasileira é produzida conforme as especificações da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), órgão responsável pela fiscalização e regulamentação de combustíveis no Brasil, de acordo com o Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis (PMQC). A ANP impõe um padrão acerca da gasolina a ser comercializada e, para isso, é necessário que haja formulação das misturas de correntes de hidrocarbonetos, que são correntes de saída de diferentes unidades de processamento. Desta maneira, desde que sejam atendidas as especificações estabelecidas pela agência reguladora, o que independe do produtor, o desempenho e a qualidade da gasolina deverão ser sempre os mesmos (ANP, 2021).

A gasolina denominada do tipo “A” é aquela produzida nas refinarias, sem a presença de etanol anidro, e entregue diretamente às distribuidoras na conformação de uma mistura entre a fração obtida na destilação com a gasolina oriunda de processos de conversão, a exemplo daquela obtida pelo Craqueamento Catalítico Fluido (FCC). Esta gasolina não é comercializada diretamente ao consumidor final, uma vez que há adição de componentes em sua constituição, dentre eles o álcool etílico anidro. Em vários países a inclusão deste componente hidroxílico visa atender requisitos motivados por questões ambientais: redução na formação de monóxido de carbono e emissão de carbono “mais limpo”, proveniente da atmosfera, advindo da matéria-prima do etanol; assim, há a redução das emissões de gases de efeito estufa. No Brasil, originalmente a adição do etanol na gasolina foi motivada por questões econômicas, principalmente diante das crises petrolíferas dos anos 1970 e 1980 e o aumento do preço do petróleo, visando di-

minuir a dependência do petróleo importado. Além disso, o composto em questão resultou melhorias em certas propriedades do combustível, a exemplo do aumento na octanagem, ou seja, aumento na resistência à detonação quando há compressão (KOHLHEPP, 2010). Portanto, a gasolina comercial do tipo “C” é obtida a partir da mistura de gasolina tipo A com o etanol anidro combustível, nas proporções definidas pela legislação em vigor (BELINCANTA et al., 2016; BEZERRA et al., 2018). A Portaria Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) nº 75/2015 fixa atualmente o teor de álcool etílico anidro em até 27%  $\pm 1\%$ , base volumétrica, para a gasolina comercial.

O etanol, por ser uma fonte renovável de energia, tornou-se a principal opção para componente da gasolina comercial. Seu uso é incentivado pelas autoridades governamentais, como pelo Programa Nacional do Etanol (Proálcool), criado em 1975 pelo decreto federal nº 76593, em razão dos preços mais altos do petróleo, o crescimento econômico e populacional e consequente aumento da demanda de combustíveis e, o caráter ambiental acerca da sustentabilidade, da diminuição do lançamento de poluentes atmosféricos e da adoção de fontes renováveis de energia. O principal objetivo desse programa governamental era amenizar a dependência brasileira do petróleo, realizando a substituição gradativa da gasolina para o etanol obtido a partir da biomassa: amido (milho e grãos de cereais), sacarose (cana-de-açúcar, beterraba açucareira e sorgo sacarino) e culturas celulósicas (resíduos vegetais e madeira) (ALISSON, 2016; SYNGENTA DIGITAL, 2020). De forma a efetivar o programa, táticas e planejamentos econômicos foram alviados, a fim de preservar a economia mediante a redução da importação do petróleo, a fabricação nacional deste combustível fóssil e elaboração de iniciativas alternativas, tais como o Programa Nuclear e o Pró-Óleo (ROSILLO-CALLE; CORTEZ, 1998). Com o passar dos anos, a queima limpa, a diminuição da produção de monóxido de carbono e a octanagem suficientemente alta do etanol, levou ao estabelecimento de biocombustíveis como uma alternativa em potencial (LUTZ et al., 2014; PINTO et al., 2020).

A adição de etanol anidro na gasolina foi avaliada em diversos estudos, nos quais se examinou as diferentes motivações que abarcam seu uso e apontando diversas melhorias. Jung et al. (2013), por exemplo, realizaram um estudo que inclui as motivações econômica e de engenharia, relativas à manutenção e ao funcionamento do motor, quanto a ambiental, direcionada a redução da formação de monóxido de carbono. Inicialmente, os autores realizaram a avaliação de combustíveis contendo etanol em 10%, 20% e 30% vol. em um motor turboalimentado com taxas de compressão de 10:1 e 11,9:1. Como resultado, notou-se um aumento de duas unidades de taxa de compressão quando se aumentou 10% em volume de etanol nas misturas, sem causar

alterações na etapa de pré-ignição (combustão antecipada e irregular, popularmente conhecida como batida de pino ou batida de biela). Verificou-se também, que um maior teor de etanol requer uma menor quantidade de ar no *blend* de combustível quando o motor com turbo-compressor está operando em altas velocidades e cargas. Ademais, o trabalho em questão também avaliou o caráter ambiental da adição de etanol, realizando a comparação entre combustíveis com 10% e 30% de etanol, e observou-se uma redução de emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de 7,5% quando o motor foi operado no ciclo Rodovia US06 (JUNG et al., 2013).

Um estudo desenvolvido por Mohammed et al. (2021) também avaliou o uso de um blend de etanol e gasolina. Neste, os autores examinaram a influência de diferentes proporções de etanol na mistura (10%, 20%, 30% e 40% em volume) na potência, na eficiência e na emissão de gases de exaustão em um motor de combustão interna contendo um cilindro, quatro tempos e ignição por faísca. Seus resultados foram bastante satisfatórios, uma vez que mostraram que o aumento na concentração volumétrica de etanol está diretamente relacionado com o aumento na potência do motor e com a melhoria no consumo específico de combustível (BSFC) e na eficiência térmica. Além disso, a adição de etanol reduz a emissão de gases de escape que são poluentes e prejudiciais ao meio ambiente. Não obstante, foi aferido melhoria no número de octanas de pesquisa (RON) e número da octanagem do motor (MON) (MOHAMMED et al., 2021).

Segundo a Federação Nacional das Associações dos Revendedores de Veículos Automotivos (FENAUTO) o modelo Gol, da Volkswagen, foi o carro mais comercializado no Brasil em janeiro de 2021 (FENAUTO, 2021). O manual do proprietário do modelo determina o tipo de gasolina que deve ser utilizada e alerta sobre as consequências da má qualidade do combustível. O veículo deve ser alimentado com gasolina tipo C, livre de aditivos metálicos e consoante com a legislação de porcentagem de etanol anidro vigente no país (VOLKSWAGEN, 2020). Ademais, o comportamento de rodagem, a potência e a vida útil do motor são influenciados pela qualidade da gasolina. O uso de aditivos no combustível pode danificar o motor e o catalisador (VOLKSWAGEN, 2020). De tal forma, há prejuízos mecânicos e, conseqüentemente, econômicos para o consumidor que abastece seu carro com gasolina adulterada. Vale enfatizar que os danos provocados pelo uso de gasolina tipo C adulterada também atingem outros modelos de automóveis com motores de combustão interna do ciclo Otto.

É importante ressaltar que há diversas formas do comerciante prejudicar o consumidor, mas que a motivação é sempre por caráter econômico, ou seja, a tentativa por meios ilegais de aumentar a mar-

gem do lucro. Um exemplo seria o método de bomba baixa (quando há diferença na quantidade de combustível apresentado na bomba do posto e no medidor de combustível do carro, ocasionada pela utilização de um chip adulterado no *pulse* da bomba). Outro exemplo é a mistura do combustível com água e pelo uso de outros solventes apolares, como óleo diesel, querosene e petroquímicos refinados, tolueno, xileno e hexano. A resolução regulamentar do MAPA, destacada anteriormente, refere-se principalmente ao teor de etanol anidro presente na gasolina tipo C (TAKESHITA, 2008) e, em vista disso, há a existência de dois possíveis tipos de adulteração. O primeiro tipo é a adulteração em relação ao limite inferior desse teor, ou seja, valores menores que 26% em volume de etanol na gasolina. Esta forma de adulteração é menos comum e suscita apenas problemas menores aos automóveis e seus motores.

Já o segundo tipo de adulteração é o mais comum e está relacionado a adição de teores maiores de etanol (valores superiores à 28% em volume). Esta adulteração acarreta consequências que preocupam o consumidor brasileiro. Isso porque gera danos a motores que não apresentam a tecnologia “*flex*”, ou seja, aqueles motores de modelos mais antigos cuja injeção eletrônica não se ajusta automaticamente à mistura de combustível utilizado. O uso de combustível inadequado tem o potencial de ocasionar detonação, destacada anteriormente. Este fenômeno pode levar a problemas desastrosos dos componentes do motor, a exemplo do rompimento da cabeça do pistão que pode ocasionar a danificação completa do motor (FIAT, 2012). Ademais, gera impactos negativos na economia local, lesando o consumidor e gerando concorrência desleal no mercado (BEZERRA et al., 2018).

Para mitigar as possíveis adulterações, a ANP realiza a fiscalização por intermédio de vetores de inteligência, diante de denúncias recebidas pelo Centro de Relações com o Consumidor (CRC) e dos resultados da supervisão da qualidade pelo PMQC, de forma a inspecionar todos os agentes da cadeia de abastecimento de combustíveis, como produtores, distribuidoras, transportadoras e postos revendedores. A qualidade dos combustíveis deve seguir um conjunto de regras, e essas definições são determinadas por um conjunto de características físico-químicas estabelecidas nas Normas Brasileiras (NBR) e Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A fiscalização é feita periodicamente, e a ANP publica semestralmente O Boletim Fiscalização do Abastecimento em Notícias apresentando os balanços periódicos da fiscalização do abastecimento nacional de combustíveis. A fiscalização contempla todas as regiões do país e o processo é desenvolvido mediante os Núcleos Regionais de Fiscalização do Abastecimento (NRF), que estão localizados em sete unidades da federação nos seguintes estados: Amazonas, Bahia, Distrito Federal, Minas Ge-

rais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e São Paulo. Para efetuar a fiscalização, a ANP firma parcerias formais com instituições e órgãos de fiscalização do mercado de combustíveis, o que permite a elaboração de agendas para ações conjuntas e forças-tarefa. No ano de 2020, por exemplo, foram fiscalizados cerca de 57,5 mil componentes da cadeia de combustíveis em 196 municípios brasileiros, o que se refere a 3,52% de municípios contemplados. (TOSATO et al., 2020; ANP, 2021; MENEZES et al., 2021).

Diante de toda a problemática envolvendo os combustíveis não renováveis, faz-se necessário avaliar a qualidade das gasolinas comercializadas no Brasil, principalmente em municípios onde não há uma fiscalização constante. Com isso, o objetivo do presente manuscrito é determinar e analisar o teor de etanol presente na gasolina tipo C de diferentes postos na cidade de Lavras (MG) no triênio 2018-2020. Além disso, tem-se ainda como objetivo comparar anualmente o teor de álcool a partir das amostras dos postos analisados, fazendo a relação com a qualidade da gasolina de postos credenciados ou não.

Os postos credenciados são aqueles popularmente conhecidos como “postos com bandeira”, os quais vinculam uma parceria com uma determinada revendedora de combustível (fidelização). O credenciamento ocorre pelo contrato entre a distribuidora e a unidade de revenda: a primeira subsidia a construção e a manutenção da unidade e, exige exclusividade de compra do distribuidor, seja em relação ao combustível quanto aos produtos adicionais a serem vendidos. É realizado um acordo para utilização da identidade visual da marca e são alicerçados os parâmetros administrativos da bandeira a serem adotados e seguidos pelo distribuidor, a exemplo do layout, da exposição dos produtos, das políticas, dos prazos e das métricas. Já em relação aos postos sem credenciamento, estes são conhecidos como “sem bandeira”, ou “bandeira branca”, os quais não adotam parceria com distribuidores. Neste caso, o empresário deve arcar com todos os processos e os custos de operação, construção e manutenção da unidade. Esses postos possuem maior liberdade de compra e revenda dos combustíveis, pois podem escolher a melhor forma de operação e realizar a escolha pessoal do fornecedor e do período de fornecimento (ADAPTIVE, 2019).

Por fim, para obtenção dos resultados foi realizado o teste da proveta tomando como base na norma NBR 13992/2005, que descreve todo o processo metodológico para análise do percentual de etanol na gasolina. O método adotado determina, com relevante precisão, os teores de etanol na gasolina, podendo ser citados trabalhos como o de Ribeiro et al. (2021) e o de Barbosa et al. (2019), os quais utilizaram essa metodologia e demonstraram sua eficiência e importância para averiguação da qualidade dos combustíveis. Ademais, é importante

destacar que o presente estudo pertence a uma linha de pesquisa em desenvolvimento, iniciada no ano de 2018, e que esse dispõe de alguns dados apresentados pelo trabalho de Barbosa et al. (2019). Essa linha de pesquisa tem como objetivo monitorar anualmente a qualidade da gasolina tipo C em diversos postos da cidade de Lavras (MG). Logo, o manuscrito atual faz uma comparação entre todos os anos analisados no intervalo do triênio 2018-2020, como expostos nesta obra.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Levantamento de estabelecimentos comerciantes de gasolina**

Inicialmente, foi realizado o levantamento e o mapeamento dos postos revendedores de combustíveis do município de Lavras - Minas Gerais, Brasil. O município possui uma frota estimada em 67,638 mil veículos automotivos movidos à gasolina, álcool, ou ambos, os quais realizam abastecimento opcional em trinta e dois postos revendedores de combustíveis, credenciados ou de bandeira branca. No estado de Minas Gerais tem-se no total 12.053.218 milhões de veículos, o que confere a Lavras uma porcentagem de 0,56% da frota estadual (IBGE, 2020).

### **2.2 Aquisição das amostras**

O teor de etanol anidro nos combustíveis comercializados no município foi avaliado nos anos de 2018 a 2020 e as amostras foram coletadas sempre no segundo semestre de cada ano avaliado. O critério adotado para a coleta foi alicerçado na locomoção dos pesquisadores, na facilidade de acesso da população, na gestão de coleta e de armazenamento dos combustíveis, na representatividade populacional das amostras ao mercado, e, para o ano de 2020, no atendimento dos protocolos sanitários restritivos impostos pela pandemia da COVID-19. Desse modo, foram selecionados 15 postos revendedores para constituir a amostragem, os quais possuíam os produtos contemplados pela pesquisa em dois ou mais anos consecutivos para realização de comparações cronológicas.

Em virtude da conveniência de exposição anônima dos dados aferidos e com a intenção de facilitar o manuseio dos dados obtidos nas análises, todos os estabelecimentos tiveram seus nomes codificados numericamente de 1 a 15, de forma a preservar a imagem das empresas e realizar a divulgação dos resultados. A Tabela 1 contém toda a codificação utilizada junto à caracterização de presença (ou au-

sência) de fidelização com distribuidoras.

Tabela 1 – Codificação adotada e a indicação de bandeira dos postos

Codificação	Fidelização
1	Ausente
2	Presente
3	Ausente
4	Presente
5	Presente
6	Presente
7	Presente
8	Presente
9	Presente
10	Presente
11	Presente
12	Ausente
13	Presente
14	Ausente
15	Ausente

As amostras coletadas foram direcionadas ao Laboratório de Operações e Sistemas Térmicos (LOST) da Universidade Federal de Lavras, onde foram efetivadas as medições do teor de etanol anidro presente em cada amostra.

### 2.3 Análise do teor de etanol anidro nas gasolinas tipo C

Como citado anteriormente, as análises foram fundamentadas pela norma NBR 13992/2005, a qual padroniza a metodologia do teste de proveta para determinação da porcentagem de álcool etílico anidro existente na gasolina comercial (tipo C).

Para realização do teste, primeiramente, preparou-se uma solução de cloreto de sódio (NaCl) 10% m/vol. Para isso, em uma balança analítica mede-se 50g do sal em um béquer de 50 mL com a assistência da espátula. Em seguida, a solução é diluída com a ajuda de um bastão de vidro e água deionizada. Por fim, a solução foi transferida com a ajuda de um funil para um balão volumétrico de 500 ml, completando-se o volume remanescente com água deionizada. Esse

mecanismo foi realizado sistematicamente até que dispusesse de um volume da solução suficiente para as análises.

Para o procedimento de quantificação da taxa volumétrica do álcool etílico anidro presente na gasolina, o qual foi realizado em triplicata, nas duas primeiras baterias de análises foi adicionado em uma proveta de 100 ml com tampa, 50 mL da amostra de gasolina e em seguida a solução de NaCl até completar 100 ml, atentando-se em analisar a parte inferior do menisco. A proveta, então, foi fechada com a tampa e girada inversamente subsequentemente por dez vezes com o propósito de ocorrer uma melhor solubilização do álcool e separação das fases, tomando-se o cuidado para não desestabilizar o sistema, a fim de evitar a formação de uma emulsão. Por fim, a proveta foi posicionada em uma superfície plana e lisa onde foi deixada em repouso por 10 minutos, para que ocorresse a separação completa das duas fases. Salienta-se as condições de temperatura e de pressão implementadas na metodologia (25°C e 0,996 atm, respectivamente).

Previamente ao procedimento, a limpeza da proveta foi realizada de modo a obter uma superfície limpa, seca e sem nenhum resíduo. Para isso, nos anos de 2018 e 2019 a proveta foi embebida em uma solução contendo água corrente e detergente neutro, escovada, enxaguada em água corrente e foi feita a secagem com papel toalha.

Para o ano de 2020 foi implementada uma técnica de aprimoramento das análises; como o estudo é realizado em réplicas, foi aplicado um processo de ambientação das vidrarias, o qual consiste na lavagem e secagem da proveta, e a ambientação dessa vidraria com uma quantidade significativa da amostra a ser analisada. O intuito deste procedimento é reduzir prováveis imprecisões na leitura e assim, evitando possíveis incorreções relacionadas à contaminação. As análises para retirada dos resultados foram realizadas também em triplicata.

Decorridos o tempo especificado da amostra em repouso, nota-se a homogeneização da mistura gasolina tipo C e solução de NaOH, o que promove um aumento no volume da solução aquosa. Essa diferença ocorre devido ao fato da dissolução do álcool da gasolina na solução aquosa de NaCl. Por último, faz-se a leitura do volume final da solução salina. Para isso, posicionou-se os olhos na mesma altura da parte inferior do menisco formado entre a gasolina e a fase aquosa, como pode ser observado pela Figura 1.

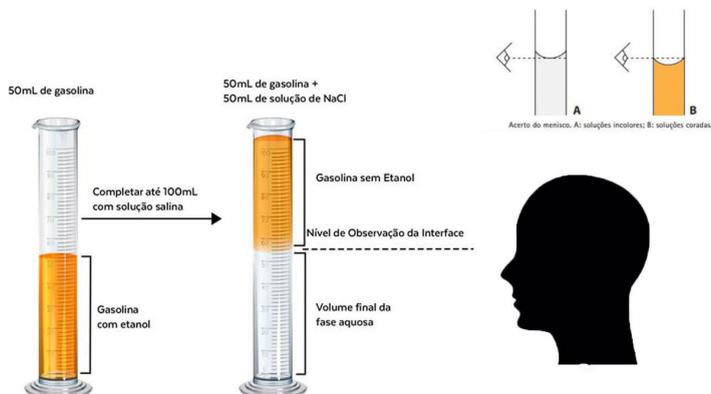


Figura 1 – Análise do volume de gasolina e fase aquosa na proveta

Esta leitura deve ser realizada com o intuito de evitar um erro comum denominado erro de paralaxe, que é caracterizado pela observação equivocada e falha do valor de uma escala analógica em um instrumento, ocasionado pela adoção de um ângulo de visão incorreto, causando um desvio óptico.

A fase aquosa é aquela presente no fundo da proveta, identificada visivelmente por sua aparência esbranquiçada ou transparente. Nela, encontra-se uma solução contendo álcool e cloreto de sódio. A leitura do menisco na interface mencionada anteriormente possibilita encontrar a porcentagem de etanol anidro (%EA) por meio da Equação 1:

$$\%_{EA} = [(V - 50) * 2] + 1 \quad (1)$$

Em que,  $V$  representa o volume final adicional da solução aquosa em mL.

## 2.4 Inferência estatística

A partir dos resultados obtidos com as amostras, pode-se descrever o comportamento populacional a partir da inferência estatística. Para isso, é necessário fazer um tratamento estatístico dos resultados obtidos pelas análises. Essa inferência examina todos os resultados, permitindo definir conclusões gerais.

Após as análises feitas em triplicata para cada amostra de gasolina, calculou-se a média de percentuais de etanol e o desvio padrão para cada conjunto de resultados de um mesmo posto. Para esse cálculo, foram utilizadas as equações 2 e 3 disponíveis abaixo:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

Em que:  $\bar{x}$  a média aritmética da porcentagem de etanol;  $x_i$  porcentagem de etanol anidro na gasolina calculada na Equação 1;  $n$  o número de análises por posto e  $s$  o desvio padrão amostral.

A média obtida da porcentagem de etanol ( $\bar{x}$ ) e o desvio padrão amostral ( $s$ ) foram utilizados na plotagem dos gráficos apresentadas na seção Resultados e Discussão. O primeiro parâmetro é representado nas barras, enquanto o segundo é denotado nos quartis.

A hipótese estatística é uma afirmativa feita com base em dados amostrais, sobre algum parâmetro de interesse na população. A validade ou não de tal afirmativa é comprovada pelo Teste de Hipóteses que compara uma hipótese nula com uma hipótese alternativa. A hipótese nula ( $H_0$ ) considera a inexistência de diferença entre as estatísticas de interesse. Por outro lado, a hipótese alternativa ( $H_1$ ) considera que as estatísticas de interesse diferem entre os grupos analisados. (MONTGOMERY e RUNGER, 2016).

Portanto, utilizou-se o Teste de Hipóteses Unilateral a fim de determinar o percentual de estabelecimentos que contiveram combustíveis que excederam a faixa intervalar do valor de referência. Esse teste foi feito considerando as hipóteses mostradas pela Equação 4:

$$H_0: \mu \leq \mu_0 \text{ e } H_1: \mu > \mu_0 \quad (4)$$

Em que:  $\mu_0$  é o valor que será testado para  $\mu$ ;  $\mu$  é a média de cada posto e  $H_0$  é a hipótese nula;

Nessa acepção, a hipótese alternativa ( $H_1$ ) só será aceita quando  $H_0$  for rejeitada. Logo, com o intuito de designar se o posto de combustível se encontra dentro do teor especificado de etanol anidro na gasolina, determinou-se como previsto pela ANP,  $\mu_0$  como  $27\% \pm 1$ . À vista disso, caso a primeira hipótese seja admitida, o teste devolverá o resultado apontando que o posto analisado se anuncia dentro do teor permitido. Caso contrário, o teste restitui que o posto se encontra fora dos parâmetros.

Como a variância populacional não é conhecida, deve-se estimá-la diante da variância amostral ( $s^2$ ). Assim, a média amostral ( $\bar{x}$ ) seguirá a distribuição *t-Student*, com nível de confiança igual a 95% e  $n-1$  graus de liberdade. A Equação 5 representa o cálculo do parâmetro observado ( $t_{obs}$ ) segundo a distribuição por *t-Student*.

$$t_{obs} = \frac{|\bar{x} - \mu_0|}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad (5)$$

Em que  $\bar{x}$  é o valor médio do teor de álcool em cada triplicata, obtido pela Equação 2, e o  $\mu_0$  é o teor especificado pela legislação ( $27\% \pm 1\%$ ).

O resultado de  $t_{obs}$  deve ser comparado com a distribuição *t* apresentada na Tabela 2 ( $t_{tab}$ ) dos autores Montgomery & Runger (2016). O valor estatístico para o parâmetro  $t_{tab}$  é obtido pela marcação horizontal e vertical da Tabela 2. Tendo em vista que o teste foi realizado em triplicata, os graus de liberdade ( $n-1=2$ ), e com nível de significância de 5% (0,05), tem-se que o valor *t-Student* tabelado é igual a 2,920 ( $t_{tab}=2,920$ ).

Tabela 2 – Tabela de distribuição *t-Student*

Graus de liberdade	$\alpha$ - Unilateral		
	0,25	0,10	0,05
1	1,000	3,078	6,314
2	0,816	1,886	2,920
3	0,765	1,638	2,353

Para o presente caso, se  $|t_{obs}| \leq |t_{tab}|$  deve-se então aceitar a hipótese nula ( $H_0$ ). Com isso, é possível afirmar que o estabelecimento

em análise está dentro dos critérios estabelecidos pela ANP. Se os critérios abordados extrapolaram este intervalo, estes são conceituados dentro da região de rejeição, ou seja, não estão de acordo com a legislação vigente.

Por fim, depois da inferência do Teste de Hipóteses Unilateral para cada posto, foram realizados os cálculos dos postos que não estão dentro da especificação, utilizando a Equação 6. Este valor ditará a regularidade com que os combustíveis revendidos na cidade Lavras são adulterados.

$$\% = \frac{\text{postos com teor abaixo de 26\%} + \text{postos com teor acima de 28\%}}{\text{número total de postos analisados}} \quad (6)$$

Por meio dos resultados do teste de hipóteses, foi realizada uma comparação entre os postos. Sendo estes: postos com fidelização com uma determinada distribuidora e postos sem fidelização, que comercializam combustíveis de distribuidoras diferentes. Desta forma, foi possível verificar a frequência com que a possível adulteração ocorre nesses dois grupos de estabelecimentos.

Para o armazenamento dos dados e a realização dos cálculos e da inferência estatística, foi utilizado o *software Microsoft Excel®*. Para a plotagem dos gráficos apresentados nos resultados foi utilizado o *software Grapher 11*.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Porcentagem em volume de álcool etílico no tipo C de gasolina

Primeiramente, é importante destacar a formatação visual adotada nos gráficos de barras, a exemplo da Figura 2 e da Figura 3. Esses possuem linhas que demarcam os valores de teores definidos na legislação, as linhas pontilhadas consideram a faixa de tolerância no teor de etanol, ou seja, denotam o limite inferior de 26% e o limite superior de 28%. Por sua vez, a linha sólida representa o valor específico de 27%. Na Figura 2 são apresentados os resultados das análises de quantificação dos teores de etanol anidro das amostras de gasolina Tipo C comercializadas nos postos da cidade de Lavras nos anos de 2018, 2019 e 2020. A partir dessa figura, é possível fazer um comparativo anual entre os estabelecimentos avaliados. Em 2018, das amostras dos 15 postos analisados, 11 postos comercializavam gasolina com

o teor de etanol anidro fora da faixa de tolerância exigida pela Resolução 75/2015 do MAPA e destes, é importante destacar a presença de um posto com teor de etanol anidro de 33%. Além disto, o desvio padrão obtido para esse posto foi de 0%, o que denota grande confiabilidade à medida.

Em 2019, para amostras dos mesmos 15 postos analisados, em cinco foram constatados venda de gasolina com teor de etanol anidro que não atendia a legislação. Destes cinco estabelecimentos, 80% obtiveram teores acima de 28% e apenas 20% possuíam teor abaixo de 26%, o que evidencia a possível adulteração das gasolinas comercializadas nesses postos. Não obstante, destes cinco postos em não conformidade, um apresentou um teor muito elevado, com 34,3% e desvio padrão igual a 0,42%.

Já para o ano de 2020, verificou-se novamente a redução no número de postos que comercializavam a gasolina fora da especificação e a conseqüente melhoria na qualidade da gasolina. Dos 15 postos analisados, 13 mostraram a venda de gasolina dentro da faixa fiscalizada pela ANP. Esta atenuação é mais perceptível quando comparados os anos de 2018 e 2020, em que houve um aumento de 60% na quantidade de postos dentro das especificações. No entanto, para o ano de 2020 foi novamente verificada a existência de um posto com elevado teor de etanol que, por sua vez, foi o maior valor obtido nos três anos de análise. Neste caso, o teor de etanol anidro era de 34,6% e o desvio padrão de 0,2% foi calculado, o que aporta certa preocupação acerca da qualidade da gasolina desse posto, uma vez que teores exorbitantes acarretam sérios problemas para o funcionamento do carro (falhas na bomba de combustível) e para manutenção da vida útil de componentes – possível corrosão de peças metálicas e emborrachadas, o que, com o tempo, pode ocasionar vazamento de gasolina, acúmulo de resíduos e entupimento dos bicos injetores. Outro ponto de importante discussão é que para cada ano houve um posto diferente com teor de etanol considerado elevado, o que denota certa aleatoriedade para esta característica estatística.

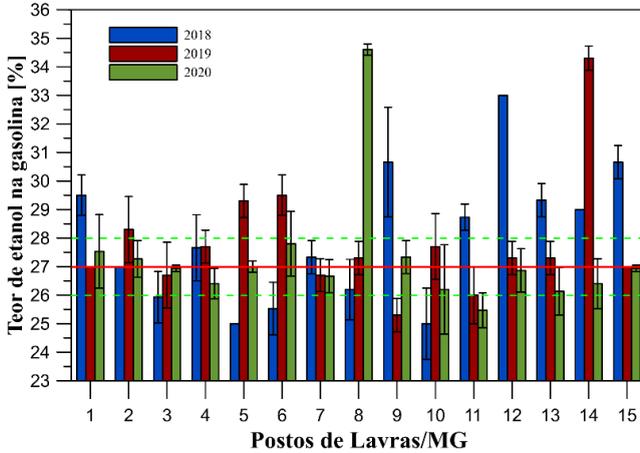


Figura 2 – Resultados de teor de etanol anidro na gasolina para cada posto nos anos de 2018, 2019 e 2020

A Figura 3 apresenta uma comparação entre os valores médios gerais obtidos para o teor de etanol anidro na gasolina e para o desvio padrão nos anos de 2018, 2019 e 2020.

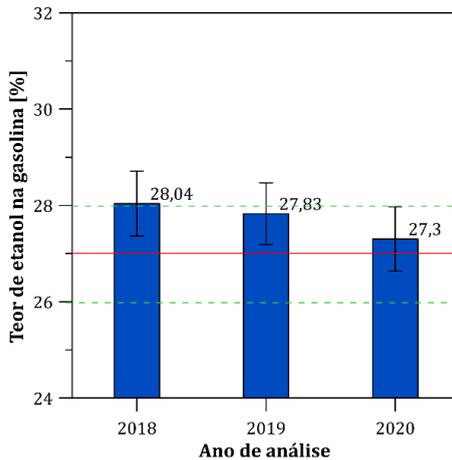


Figura 3 – Resultados médios e desvios do teor de etanol anidro na gasolina nos postos em sua totalidade para os anos de 2018, 2019 e 2020

Pela análise da Figura 3, é possível observar que no ano de 2018 a média do teor de etanol anidro ( $28,04 \pm 0,67\%$ ) ficou acima do limite de 28%, que é limite superior do permitido pelo MAPA. Para o ano de 2019, a média dos teores de etanol ( $27,83 \pm 0,64\%$ ) está entre o valor de 26% e 28%, sendo valores médios aceitáveis pela fiscalização da ANP. Para o ano de 2020, assim como o ano de 2019, a média obtida ( $27,30\% \pm 0,66$ ) também permaneceu dentro dos limites permitidos pela ANP.

É possível constatar que, houve melhoria na qualidade da gasolina ao longo dos anos monitorados, o que notabiliza a regularização do setor comercial de combustíveis da cidade em análise, o que permite concluir atendimento à legislação imposta pela agência reguladora. Dos estabelecimentos credenciados houve uma redução de 33,33% na quantidade de postos que revendiam gasolina adulterada. Já para os bandeira branca, a redução foi ainda mais expressiva. Da quantidade de postos que revendiam gasolina fora das especificações 100% regularizaram a situação até 2020. Essa informação é comprovada pela observação das Figuras 2 e 3, nas quais tanto os limites quanto a média e os quartis (representativos do desvio padrão amostral) se encontram dentro do limite permitido de teor de etanol anidro na gasolina. Além disso, pode-se afirmar que os desvios padrão se mantiveram em uma margem percentual baixa (de 0,64% a 0,67%), o que confere confiabilidade à análise e à metodologia aplicada.

A Figura 4 representa os resultados de postos dentro e fora da especificação segundo as análises estatísticas feitas pelo teste de hipóteses para os anos de 2018, 2019 e 2020.



Figura 4 – Gráfico tipo pizza contendo os resultados das análises dos testes de hipóteses para o ano de 2018, 2019 e 2020

Diante da Figura 4, pode-se verificar que para o ano de 2018 houve uma maior rejeição dos resultados para o teste hipóteses, apre-

sentando 73,33% dos postos avaliados externos à caracterização e apenas 26,67% possuíam gasolina dentro dos padrões previstos pela legislação. De forma a aferir se este valor externo ao intervalo de compreensão é de fato exorbitante, confere-se que 64,64% possuíam gasolina com teor acima do nível superior de exigência (28%), o que pode desencadear múltiplas complicações nos motores automotivos, a exemplo de problemas de corrosão, falha na bomba de combustível e aumento do consumo, principalmente em automóveis mais antigos os quais não possuem injeção eletrônica.

Para o ano de 2019, tem-se 66,67% dos postos aceitos no teste de hipóteses para um nível de significância de 5%, sendo 33,33% rejeitados. É notável que no ano houve uma maior predominância de postos dentro das especificações, quando comparado com o ano anterior.

Por fim, em relação ao ano de 2020, obteve-se a maior porcentagem de aceitação dos resultados, quando comparado aos anos anteriores, estando 86,67% de postos dentro da especificação e 13,33% fora da especificação.

Para o parâmetro de média anual, pode-se realizar uma comparação com os dados dinâmicos fornecidos pela ANP por intermédio do Boletim do Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis (ANP, 2022). Estes dados são publicados mensalmente e, por praticidade de comparação, serão avaliados os dados brutos anuais da análise de gasolina tipo C por Unidade de Federação (UF). Assim, é possível analisar a região em que a cidade de Lavras está inserida e os ensaios realizados nesta região em cada ano. Desse modo, notou-se que para o ano de 2018 os ensaios do PMQC tiveram 95,65% das gasolinas analisadas dentro da conformidade imposta pela legislação (4,35% das gasolinas estavam fora do intervalo de conformidade). Vale ressaltar que o valor médio de amostras coletadas foi de 28 produtos (intervalo de 23 a 40 amostras de gasolina) e que para esse ano são encontrados somente dados dos meses de setembro a dezembro.

Já para o ano de 2019, o percentual de amostras fora da conformidade diminuiu, alcançando um valor de 1,59%, quando analisadas em média 52 amostras de gasolina para os 12 meses do ano – intervalo amostral de 17 a 100 estabelecimentos comerciais revendedores da gasolina tipo C. E para o ano de 2020, tem-se maior porcentagem de conformidade, valor médio da ordem de 99,04% para nove meses de análise e média de 56 amostras analisadas.

Nessa perspectiva, percebe-se que para todos os anos comparados, os ensaios da PMQC apresentaram maior aceitação da legislação do que as análises realizadas no presente trabalho. No entanto, os dados fornecidos pela ANP podem não refletir diretamente a realidade dos postos revendedores de Lavras, pois trata-se de uma média

amostral regional em que há outras 150 cidades incluídas nesta mesorregião de pesquisa. Além disso, pela divulgação dos resultados ser anônima, não é possível afirmar se algum estabelecimento de Lavras foi selecionado para participar das medições. Em contrapartida, é interessante destacar que em ambos os ensaios foi possível visualizar ao longo dos anos melhorias significativas na qualidade do combustível e no respeito à legislação vigente, o que espelha de maneira quantitativa a regularização do setor de revenda de combustíveis na região e, de certa forma, no município em questão.

A obtenção desses resultados é importante para avaliar a qualidade da gasolina, abarcada pela razão ambiental e econômica, bem como de engenharia. A primeira é de grande importância, pois é o motivo principal da adição do etanol anidro na gasolina. A composição atual da gasolina tipo C proporciona uma redução significativa na formação do monóxido de carbono. A segunda justificativa é fundamentada pelo bom funcionamento dos novos motores, já que se sabe que é necessário que haja um determinado índice de octanagem associado à gasolina, o qual é aferido nas refinarias para o *blend* de gasolina após mistura das diversas correntes. Portanto, a coleta e a análise do teor de etanol presente na gasolina tipo C são indispensáveis, uma vez que refletem a realidade de outros países que também utilizam o etanol como componente na gasolina, a exemplo de Argentina, Chile, Índia e Taiwan. Ademais, este componente é responsável por um aumento complementar no RON (*Research Octane Number*), parâmetro de octanagem adotado pela ANP, que possui grande importância para a análise científica da qualidade da gasolina. Conforme já tratado anteriormente, a octanagem, por sua vez, faz referência a capacidade de resistência a detonação de um determinado combustível em motores de ciclo de Otto, sendo que combustíveis com um baixo índice de octanagem se mostram mais inflamáveis em relação àqueles que possuem um índice superior (PETROBRAS, 2020).

Continuando a discussão, uma maior octanagem na gasolina resulta em uma melhor eficiência no ciclo e em seu aproveitamento no motor, por outro lado vale ressaltar que ainda existem muitos automóveis que não são caracterizados como “*flex*”, ou seja, que não possuem motores movidos tanto a etanol hidratado quanto com gasolina tipo C. Dessa forma, mesmo os combustíveis que possuem um nível menor que 26% de álcool anidro em sua composição podem ser utilizados, já que o processo corrosivo do motor seria menor num automóvel nestas condições (PETROBRAS, 2020). No entanto, teores de etanol abaixo da faixa regulamentada (valores inferiores a 26%) não corroboram com as políticas governamentais, sendo que essas intentam viabilizar o uso de combustíveis renováveis, diversificando a matriz energética nacional e procurando minimizar os impactos ambientais causados pelas

fontes convencionais não renováveis, dependentes de combustíveis fósseis.

A Figura 5 apresenta gráficos de pizza, separando quanto a existência de credenciamento, para cada ano avaliado. Para o ano de 2018, com relação aos estabelecimentos bandeirados, apenas 40% obtiveram gasolina seguindo os padrões legislatórios para o teor de etanol anidro. Dentre os 60% restantes, 50% dispõem de porcentagens do álcool acima do intervalo normalizado, o que pode originar numerosas danificações aos motores movidos somente à gasolina, tais como a falha na partida do automóvel, desgaste químico do carburador, oxidação gradual de peças metálicas e do isolamento dos fios elétricos, entre outros problemas (GUERRA, 2018). Em relação aos postos de bandeira branca, nota-se que 100% não compõem o intervalo especificado. Nesse sentido, julga-se que no ano de 2018 os postos bandeirados cumpriram mais com a legislação vigente do que postos não credenciados, apesar de alguns estabelecimentos apresentarem teores de etanol anidro incompatíveis com o proposto pela ANP.

Para o ano de 2019, dos postos com bandeira, 40% se encontram fora dos parâmetros impostos pela ANP. Dentre estes, 25% comercializaram gasolina com teor de etanol anidro abaixo do limite inferior, o que não acarreta danos significativos aos motores de automóveis movidos apenas a gasolina tipo C. No entanto, esse tipo de adulteração transparece o desrespeito à legislação vigente e reflete danos econômicos ao dono do posto de combustível. Para os postos não credenciados, 80% possuem gasolina com teor de etanol anidro na faixa permitida pela agência reguladora. Diante disso, pode-se afirmar que para o ano de 2019 os postos não credenciados seguiram mais a regulamentação vigente.



Figura 5 – Gráfico estilo pizza representativo do percentual de postos credenciados e não-credenciados que estão fora ou dentro da especificação da ANP para o ano de 2018, 2019 e 2020

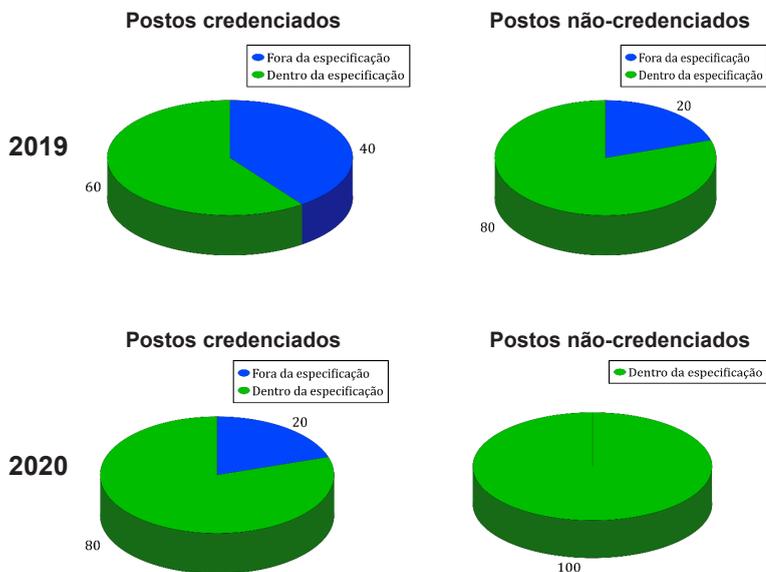


Figura 5 – Gráfico estilo pizza representativo do percentual de postos credenciados e não-credenciados que estão fora ou dentro da especificação da ANP para o ano de 2018, 2019 e 2020 (contin.)

Para o ano de 2020, destaca-se que 80% dos postos credenciados possuíam gasolina cujo teor de etanol anidro estava dentro do permitido. Enquanto os postos não credenciados estavam em sua totalidade dentro da especificação.

Pode-se então concluir, em uma análise geral ao longo dos anos, que há uma diminuição notória na porcentagem de postos que comercializam gasolina do tipo C fora da legislação, tanto aqueles que possuem fidelidade quanto aos não credenciados.

Amparado et al. (2016) realizaram a determinação do teor de etanol na gasolina nos postos de combustíveis do município de Passos (MG) e constataram que os postos com bandeira apresentaram menor ocorrência de amostras fora de especificação do que os postos sem bandeira. Ademais, os postos sem bandeira, mesmo estando dentro do teor exigido pela legislação, apresentaram coloração mais intensa a partir de uma análise a olho nu realizada pelos autores, levantando a hipótese da adição de corantes e a necessidade de análises adicionais para confirmação da hipótese, como o uso de Espectroscopia UV/visível (UV-vis).

Segundo Itcheno (2018) e Nasr e Santos (2007), os consumidores associam um preço mais alto e uma marca conhecida a um produto de boa ou melhor qualidade, e isso também ocorre no caso dos postos credenciados. É esperado pelos clientes que a gasolina revendida nos postos fidelizados respeite os padrões reguladores, o que, para estes clientes, está diretamente relacionado à qualidade do combustível em questão. Já em relação aos postos não credenciados, os consumidores possuem uma certa desconfiança acerca dos parâmetros de qualidade. Isso ocorre, muitas vezes, por denúncias locais de adulteração nesses postos, o que denota um mau conceito a esses estabelecimentos. Levando isso em conta, os consumidores se encontram dispostos a pagar um preço relativamente mais elevado por um combustível de melhor qualidade.

Dessa forma, de acordo com as análises realizadas, foi possível observar que em 2018 e 2019 teve-se uma predominância maior de postos com bandeira comercializando gasolina tipo C com possível adulteração, mesmo que estes sejam postos em que grande parte dos consumidores esperam uma maior qualidade do combustível, devida fidelidade a uma distribuidora. Além disso, cronologicamente, pode-se observar que a melhora na qualidade dos combustíveis dos postos com bandeira foi mais lenta e não atingiu a totalidade em 2020. Isso mostra que nem sempre a qualidade pode ser relacionada com a existência de credenciamento dos postos.

### **3.2 Avaliação do método adotado**

Já é sabido que a metodologia de estudo adotada foi o teste da proveta, embasado na norma NBR 13992/2005, a qual descreve todas as etapas do processo para determinação do teor de etanol na gasolina tipo C por meio de um método rápido, simples e prático. A identificação do etanol na gasolina por este método é alicerçada pelo estudo da polaridade, da interação entre as moléculas presentes nas amostras e nas soluções. Como exposto por Dazzani (2003), este teste permite abordar conceitos químicos importantes, tais como a separação de fases, solubilidade e densidade, investigando a caracterização das moléculas envolvidas com o intuito de esclarecer os acontecimentos vistos na análise.

Destarte, faz-se, preliminarmente, uma análise química dos compostos envolvidos, enfatizando principalmente conceitos, tais como as forças intermoleculares, a geometria molecular e a polaridade das ligações e das moléculas (ROCHA, 2001). A separação de fases ocorre, pois, a solução homogênea de água e cloreto de sódio é bastante polar, em contrapartida a gasolina pura é um composto orgânico apolar. O etanol, por sua vez, é um composto caracterizado por conter

ambas as polaridades, a parte apolar de sua estrutura molecular é a menos expressiva, identificada pela cadeia de hidrocarbonetos ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-}$ ). A parcela mais significativa é a hidroxila (OH), grupo funcional dos álcoois, é responsável pelo caráter polar da molécula e pela interação intensa com a solução de cloretos de sódio, através de ligações de hidrogênio que favorecem a separação entre a gasolina e o etanol. Outro fator de importante destaque é que a partir da formação de uma emulsão, a dissociação dos íons do sal em  $\text{Na}^+$  e em  $\text{Cl}^-$  torna a separação mais promissora. Ao fim, pode-se observar que na parte inferior da proveta estão concentradas as soluções mais densas – o álcool juntamente com a solução aquosa de  $\text{NaCl}$  e no topo, a gasolina. Assim é formado um sistema de duas fases que não voltam a interagir, diante de suas polaridades distintas. (AMPARADO; REIS; BORGES, 2017).

### 3.3 Importância do estudo

O presente trabalho possui grande importância para a comunidade como um todo, visto que este acarta forte caráter social e de extensão universitária.

A caracterização deste viés é abarcada pela discussão coletiva acerca da qualidade dos combustíveis comercializados no cotidiano, de possíveis adulterações e o uso de práticas ilegais que induzem à concorrência desonesta entre os postos revendedores. Um segundo aspecto que deve ser colocado é que o trabalho permitirá a divulgação de resultados para o corpo social lavrense, que poderá se tornar mais informado e exigente quanto a seus direitos de consumidor.

A seleção da abordagem de coleta, da metodologia de análise e da avaliação dos dados visa avaliar materiais de maneira mais visual, prática e de fácil tratamento. No entanto, outros métodos para a avaliação da presença de aditivos ou outras substâncias inadequadas à gasolina estão sendo desenvolvidos pelo Núcleo de Estudos em Petróleo e Energia da Universidade Federal de Lavras (NEPetro). É importante destacar também que o núcleo visa estudar parâmetros de especificações da ANP para o etanol hidratado e óleo diesel S500 e S10. Dessa forma, ressalta-se a importância deste estudo para o meio social e universitário, uma vez que a coleta das amostras, a avaliação do método e a investigação e o tratamento dos dados são expressivos para a esfera científica e acadêmica, e a discussão dos resultados e sua devida publicação possuem acentuada importância para a camada social.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em razão do que foi exposto, foi possível concluir que houve uma melhoria na qualidade da gasolina ao longo dos anos de 2018, 2019 e 2020. Pelo presente trabalho, observou-se que mais de metade dos postos avaliados no ano de 2018 apresentavam o teor de etanol anidro na gasolina fora dos padrões estabelecidos pela legislação. No entanto, percebe-se que nos anos de 2019 e 2020 uma faixa minoritária de 33,33% e 13,33% dos postos revendedores de combustíveis mantiveram suas gasolinas com teor de álcool fora do intervalo determinado pela ANP. Entre os postos credenciados, o avanço também é evidente, dado que o percentual inicial de postos dentro da faixa em 2018 era de 40%, que progrediu para um percentual de 80% em 2020. Essa transição foi ainda mais brusca quando observados os postos sem credenciamento, os quais se deslocaram de um percentual de 100% fora das especificações para um percentual positivo de 100% dentro das especificações.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAPTIVE, Com ou sem bandeira - qual a melhor opção para seu posto de combustível? 23 dez. 2019. Disponível em: <<https://adaptive.com.br/com-ou-sem-bandeira-qual-a-melhor-opcao-para-seu-posto-de-combustivel/>>. Acesso em: 15 jun. 2021

ALISSON, E. (2018, dezembro). Proálcool: uma das maiores realizações do Brasil baseadas em ciência e tecnologia. Agência FAPESP. Recuperado a partir de <<https://agencia.fapesp.br/proalcool-uma-das-maiores-realizacoes-do-brasil-baseadas-em-ciencia-e-tecnologia/24432/>>. Acesso em 16 set.2021.

AMPARADO, B. L. R.; REIS, M. J.; BORGES, D. G. Determinação do teor de etanol na gasolina dos postos de combustíveis do município de Passos (MG). Ciência ET Praxis, v. 9, n. 18, p. 25–28, 29 nov. 2017.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEL. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/petroleo-derivados/155-combustiveis/1855-gasolina>>. Acesso em: 28 mar. 2021.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEL. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/imprensa/kits-de-imprensa/como-funciona-fiscalizacao-abastecimento-anp>>. Acesso em: 08 de junho de 2021.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIO-COMBUSTÍVEL. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/boletim-fiscalizacao-do-abastecimento-em-noticias>>. Acesso em: 05 de janeiro de 2022.

BARBOSA M. L.; CAVALCANTE L. A.; FERNANDES J. A.; SILVA M. H. D. FONSECA B. C. R. & PETRI JR. I. (2019) Análise de gasolina dos postos de combustíveis de Lavras/MG. In Anais, 8 Congresso Brasileiro de Carbono (pp. 209). (Vol. 1), São João Del Rei, Minas Gerais: ABCarb.

BELINCANTA, J. ; ALCHORNE, J. A.; SILVA, M. Teixeira. The Brazilian experience with ethanol fuel: Aspects of production, use, quality, and distribution logistics. Brazilian Journal of Chemical Engineering, v. 33, n. 4, p. 1091–1102, 2016.

BEZERRA, A. C. de M.; SILVA, D. de O.; de MATOS, G. H. M.; dos SANTOS JR., J. P.; BORGES, C. N.; SILVEIRA JR., L.; PACHECO, M. T. T. Quantification of anhydrous ethanol and detection of adulterants in commercial Brazilian gasoline by Raman spectroscopy. Instrumentation Science & Technology, v. 47, n. 1, p. 90–106, 21 mai. 2018.

DAZZANI, M.; CORREIA, P. R. M.; OLIVEIRA, P. V.; MARCONDES, M. E. R. Explorando a Química na Determinação do Teor de Álcool na Gasolina. Revista Química Nova na Escola, n. 17, p. 42-35. São Paulo, 2003.

FENAUTO, Os 10 carros usados e seminovos mais vendidos em janeiro no Brasil, São Paulo, 05 fev. 2021. Disponível em: [https://www.fenauto.org.br/index.php?view=single&post\\_id=880](https://www.fenauto.org.br/index.php?view=single&post_id=880) . Acesso em: 25 mar. 2021.

FIAT. Dicionário Técnico Automotivo montado. Brasil: FIAT, 2012, 89p.

GUERRA, P. H. L. Quais as consequências para o seu motor se o percentual de álcool na gasolina aumentasse para 40%? Educação Automotiva, 14 mar. 2018. Disponível em: <<https://educacaoautomotiva.com/2018/03/14/governo-percentual-alcool-gasolina-40-consequencias-motor/>>. Acesso em: 30 abr. 2021

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Lavras | Frota de veículos). Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/lavras/pesquisa/22/28120>>. Acesso em: 21 set. 2021.

ILTCHENCO, T. A qualidade dos serviços dos postos de abastecimento de combustíveis de Chapecó-SC. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) - Universidade Federal da Fronteira Sul, [S. l.], 2018. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/am/prefix/2827/1/ILTCHENCO.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2021.

JUNG, H. H.; LEONE, T. G.; SHELBY, M. H.; ANDERSON, J. E.; COLLINGS, T. Fuel Economy and CO<sub>2</sub> Emissions of Ethanol-Gasoline Blends in a Turbocharged DI Engine. *SAE International Journal of Engines*, v. 6, n. 1, p. 422–434, 2013.

KOHLHEPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. *Estudos Avançados*, v. 24, n. 68, p. 223–253, 2010.

LUTZ, O. M. D.; BONN, G. K.; RODE, B. M.; HUCK, C. W. Reproducible quantification of ethanol in gasoline via a customized mobile near-infrared spectrometer. *Anal. Chim. Acta* 2014, 826, 61-68.

MENEZES, J. F. S.; dos SANTOS, R. G.; de SANTANA, T. S. S.; SILVA, A. M. S. P.; BARBOSA, J. G. S. Avaliação e monitoramento do teor de etanol em gasolina comum nos postos de gasolina do município de Amargosa-BA, via teste da proveta e marcador de combustível do tipo [EU(B-DICETONA)3.(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>]. Vol. 7, No. 4 (2021).

MOHAMMED, M. K.; BALLA, H. H.; AL-DULAIMI, Z. M. H.; KAREEM, Z. S.; AL-ZUHAIRY, M. S. Effect of ethanol-gasoline blends on SI engine performance and emissions. *Case Studies in Thermal Engineering*, v. 25, p. 100891, 1 jun. 2021.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. *Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros*. 6. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

NASR, M. A.; SANTOS, Z. M. C. A influência da marca nos postos de abastecimento de combustíveis. *Cadernos UniFOA*, [S. l.], 5 dez. 2007. Disponível em: <http://revistas.unifoa.edu.br/index.php/cadernos/article/view/892/794>. Acesso em: 15 abr. 2021.

PETROBRAS – PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. (2021). Cadeia de Comercialização e a Composição dos preços. Recuperado a partir de <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/composicao-de-precos-de-venda-ao-consumidor/gasolina/>

PETROBRAS, Manual Técnico GASOLINA Informações Técnicas. Disponível em: <<http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/manual-de-gasolina.pdf>>. Acesso em: 16 de abril de 2021.

PINTO, V. S.; GAMBARRA-NETO, F. F.; FLORES, I. S.; MONTEIRO, M. R.; LIÃO, L. M. 1H NMR and Chemometric Methods to Estimate the Octane Number in Brazilian C Gasolines. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 31, n. 8, p. 1690–1699, ago. 2020.

Portaria MAPA Nº 75 DE 05/03/2015. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=281775>>. Acesso em: 28 de abril de 2021.

RIBEIRO E.; LUIZ, M. E. R.; MOURÃO, L. R. de O.; PETRI, I. J.; PEREIRA, C. A. (2021) Análise de qualidade dos combustíveis dos postos da cidade de Lavras/MG – ano de 2021. In Anais, 4 Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. (pp. 1-12), congresso online.

ROCHA, W. R. Interações intermoleculares. Revista Química Nova na Escola, n. 4, p. 31-36. Cadernos Temáticos. São Paulo, 2001.

ROSILLO-CALLE, F.; CORTEZ, L. A. B. Towards ProAlcool II—a review of the Brazilian bioethanol programme. Biomass and Bioenergy, v. 14, n. 2, p. 115–124, 23 mar. 1998.

SYNGENTA DIGITAL, Geração de biocombustível a partir de fontes renováveis, 18 mai. 2020. Disponível em: <<https://blog.syngentadigital.ag/culturas-energeticas-geracao-de-biocombustivel-partir-de-fontes-renovaveis/>>. Acesso em: 25 set. 2021.

TAKESHITA, E. V.; REZENDE, R. V. P.; de SOUZA, S.M.A. Guelli U.; de SOUZA, A. A. Ulson. Influence of solvent addition on the physico-chemical properties of Brazilian gasoline. Fuel, 2008, vol. 87, p. 2168 – 2177.

TOSATO, F.; BARROS, E. V.; CUNHA, D. A.; SANTOS, F. D.; CORRÊA, T.; NUNES, A.; JASTROW, I.; SILVEROL, M. A.; PINHEIRO, L. U.; SEABRA, A. C.; FIGUEIRAS, P. R.; NETO, A. C.; WANG, L.; FERREIRA, E. C.; ROMÃO, W. Análise de amostras de combustíveis por fotometria, NIR portátil e RMN de 1h - uma comparação com os resultados encontrados por técnicas normatizadas. Quím. Nova [online]. 2020, vol.43, n.2, pp.155-167.

VOLKSWAGEM. GOL: Manual de instruções. Brasil: Volkswagen, 2020, 300p.

WANG, C.; JANSSEN, A.; PRAKASH, A.; CRACKNELL, R.; XU, H. Splash blended ethanol in a spark ignition engine – Effect of RON, octane sensitivity and charge cooling. Fuel, v. 196, p. 21–31, 15 mai. 2017