

BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**CONTROLE, NORMAS E DESEMPENHO DE COMBUSTÍVEIS: UMA
ABORDAGEM INTEGRADA**

ALINE CRISTINA MENDONÇA BORGES

**RIO VERDE – GO
2025**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE**

BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**CONTROLE, NORMAS E DESEMPENHO DE COMBUSTÍVEIS: UMA
ABORDAGEM INTEGRADA**

ALINE CRISTINA MENDONÇA BORGES

Trabalho de Conclusão de Curso- TCC ao
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Goiano– Campus Rio Verde,
como parte das exigências do Curso de
Engenharia Química.

Orientadora: Dra. Eloiza da Silva Nunes Viali

Rio Verde – GO
Dezembro, 2025.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- Tese (doutorado)
 Dissertação (mestrado)
 Monografia (especialização)
 TCC (graduação)
 Produto técnico e educacional - Tipo:
- Artigo científico
 Capítulo de livro
 Livro
 Trabalho apresentado em evento

Nome completo do autor:

Aline Cristina Mendonça Borges

Matrícula:

2020102203540406

Título do trabalho:

CONTROLE, NORMAS E DESEMPENHO DE COMBUSTÍVEIS: UMA
ABORDAGEM INTEGRADA

+

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 12 / 12 / 2025

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
 ALINE CRISTINA MENDONCA BORGES
Data: 12/12/2025 15:56:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rio Verde - GO

Local

12 / 12 / 25

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Documento assinado digitalmente
 ELOIZA DA SILVA NUNES VIALI
Data: 12/12/2025 16:12:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

idor(a)

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

B732c Borges, Aline Cristina Mendonça
CONTROLE, NORMAS E DESEMPENHO DE
COMBUSTÍVEIS: UMA ABORDAGEM INTEGRADA / Aline
Cristina Mendonça Borges. Rio Verde 2025.

57f. il.

Orientadora: Prof^a. Dra. Eloiza da Silva Nunes Viali.
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0220354 -
Bacharelado em Engenharia Química - Integral - Rio Verde
(Campus Rio Verde).
I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÉNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 162/2025 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

ALINE CRISTINA MENDONÇA BORGES

CONTROLE, NORMAS E DESEMPENHO DE COMBUSTÍVEIS: UMA ABORDAGEM INTEGRADA

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 05 de dezembro de 2025, pela Banca Examinadora
constituída pelos membros:

Profº. Drª. Eloiza da Silva Nunes Viali
Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde
Orientadora
(assinado eletronicamente)

Prof. Dr. Rogério Favareto
Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde
Membro Interno
(assinado eletronicamente)

Prof. Dr. Wesley Renato Viali
Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde
Membro Interno
(assinado eletronicamente)

Documento assinado eletronicamente por:

- **Eloiza da Silva Nunes Viali**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 05/12/2025 14:58:26.
- **Wesley Renato Viali**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 05/12/2025 15:01:28.
- **Rogerio Favareto**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 05/12/2025 15:02:16.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 05/12/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 771397

Código de Autenticação: 183210cca8



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho com todo o meu amor e gratidão ao meu querido pai, Enio José Borges, que me deixou memórias eternas com suas histórias e seu carinho, um homem inspirador e guerreiro que amou sua esposa e filhas todos os dias da sua vida, e a viveu de forma intensa todos os dias, sinto sua falta todos os dias e carrego seu exemplo no meu coração. À minha mãe, Ana Cristina Mendonça Borges, mulher forte, inteligente e guerreira, que sempre lutou para criar a mim e à minha irmã, agradeço por todo amor, apoio e inspiração. À minha irmã, Ana Gabriela Mendonça Borges, com quem às vezes brigo, mas que amo profundamente, e que faz parte da minha história de vida. Ao meu companheiro de vida, Vicente Douglas Figueiredo Carvalho, pelo amor, pela paciência e por todo apoio ao longo desta caminhada por todo o apoio, compreensão e incentivo durante essa jornada acadêmica. Sua presença torna todos os desafios mais leves e todos os sonhos mais alcançáveis. Obrigado por ser meu porto seguro. Obrigada por estar presente em cada etapa dessa jornada.

A toda a minha família, pelo amor e apoio incondicional. Aos meus colegas de faculdade e de trabalho, por compartilharem momentos de aprendizado e amizade; e aos professores, que me guiaram e inspiraram, meu sincero agradecimento.

Este trabalho é uma pequena homenagem a todos vocês, que fazem parte da minha trajetória e me ajudam a seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela vida, pelas oportunidades e pelo conforto nos momentos difíceis.

À minha família, meu alicerce e fonte de inspiração: à minha mãe, Ana Cristina Mendonça Borges, por sua força, sabedoria e amor incondicional. Ao meu saudoso pai, Enio José Borges, cujas histórias e ensinamentos permanecem vivos em meu coração. A minha irmã, Ana Gabriela Mendonça Borges, pelo carinho e companheirismo, mesmo nos momentos de discordância. Ao meu amor, Vicente Douglas Figueiredo Carvalho, por ser minha fonte de inspiração, motivação e apoio incondicional. Sua presença na minha vida é um presente precioso. Obrigado por compartilhar comigo os desafios e as conquistas, e por ser meu parceiro de todas as horas. E a toda a minha família, pelo apoio constante e incentivo em cada etapa da minha vida e desta jornada acadêmica.

Agradeço também aos meus colegas de faculdade e trabalho, pela amizade, pelos momentos de aprendizado compartilhados e pela troca de experiências que tornaram esta trajetória mais rica e significativa.

Meu reconhecimento e gratidão aos professores, que transmitiram conhecimento e contribuíram para minha formação acadêmica, compartilhando conhecimento, experiência e sabedoria. Sua dedicação e paixão pela educação inspiram e motivam. Obrigado por terem sido fundamentais em minha jornada até aqui. Contribuindo decisivamente para a realização deste trabalho. À Professora Eloiza da Silva Nunes Viali, minha sincera gratidão pela orientação exemplar, pelo apoio constante e pela confiança depositada em mim. Sua competência e dedicação foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Obrigado por acreditar em mim e por contribuir de forma tão significativa para meu crescimento acadêmico.

RESUMO

A qualidade dos combustíveis é essencial para garantir eficiência energética, segurança de veículos e maquinários, além de minimizar impactos ambientais. Combustíveis de baixa qualidade podem causar falhas nos motores, aumentar o consumo, gerar maior emissão de poluentes e elevar custos de manutenção. A adulteração e a presença de contaminantes, como água e metais pesados, aumentam esses riscos. Entre os principais combustíveis, a gasolina é eficiente para veículos leves, mas altamente poluente; o etanol, renovável e derivado de plantas, reduz emissões de gases de efeito estufa; o diesel, utilizado em veículos pesados e máquinas, pode ser de baixo enxofre para diminuir poluentes; e o biodiesel, obtido por transesterificação de óleos ou gorduras, oferece alternativa mais limpa ao diesel fóssil. Garantir combustíveis de qualidade é, portanto, estratégico para eficiência, sustentabilidade, segurança e economia, contribuindo para o desenvolvimento do setor energético e logístico no Brasil e globalmente. O estágio no laboratório de combustíveis da Q-Laboratórios, em Rio Verde – GO, possibilitou o acompanhamento de todas as etapas do controle de qualidade de etanol, gasolina, diesel e biodiesel, desde a coleta das amostras até a emissão de boletins de conformidade e análises. Foram realizados ensaios físico-químicos conforme as especificações da ANP, utilizando equipamentos especializados para avaliar parâmetros como cor, aspecto, massa específica, teor alcoólico, ponto de fulgor, teor de água, condutividade elétrica e teor de biodiesel. A experiência de 1 ano e 6 meses evidenciou a importância do rigor laboratorial para garantir a qualidade e a segurança dos combustíveis distribuídos na região.

Palavras-chave: ANP; Controle de Qualidade; Propriedades físico-químicas; Qualidade de combustíveis

ABSTRACT

Fuel quality is essential to ensure energy efficiency, vehicle and machinery safety, and to minimize environmental impacts. Low-quality fuels can cause engine failures, increase consumption, lead to higher pollutant emissions, and raise maintenance costs. Adulteration and the presence of contaminants such as water and heavy metals worsen these risks. Among the main fuels, gasoline is efficient for light vehicles but highly polluting; ethanol, a renewable fuel derived from plants, reduces greenhouse gas emissions; diesel, widely used in heavy vehicles and machinery, may be produced with low sulfur content to decrease pollutants; and biodiesel, obtained by transesterification of oils or fats, offers a cleaner alternative to fossil diesel. Ensuring fuel quality is therefore strategic for efficiency, sustainability, safety, and economic performance, contributing to the development of the energy and logistics sectors in Brazil and globally. The internship at the Q-Laboratórios fuel laboratory in Rio Verde, Goiás, enabled the monitoring of all stages of quality control for ethanol, gasoline, diesel, and biodiesel, from sample collection to issuance of conformity reports and analyses. Physicochemical tests were carried out according to ANP specifications, using specialized equipment to evaluate parameters such as color, appearance, density, alcohol content, flash point, water content, electrical conductivity, and biodiesel content. The 1 year and 6 months of experience highlighted the importance of laboratory rigor to ensure the quality and safety of fuels distributed in the region.

Keywords: ANP; Fuel quality; Physicochemical properties; Quality control.

LISTA DE ABREVIATURAS

ANP	Agência nacional de petróleo
ASTM	<i>Sociedade Americana de Testes e Materiais</i>
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
DTC	Dinâmica Terminal de Combustível
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INPN	Índice de Pureza do Produto Nacional
ISO	Organização Internacional de Normalização
LII	Límpidas e isentas de impurezas
NaCl	Cloreto de Sódio
NO _x	Óxidos de nitrogênio
PPM	Partes por milhão
SO ₂	Dióxido de enxofre

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Amostras de S10A: (A) aspecto turvo; (B) com água livre; (C) combustível após drenagem, foram retirados da operação de descarregamento do caminhão-tanque	29
Figura 2 – Saca-amostra: (A) é usado para coleta corrida do vagão e a (B) usado para uma amostra do fundo do vagão.....	30
Figura 3 – Amostra Testemunha.....	31
Figura 4 – (A) Amostras de EAC e (B) EHC retirado do tanque de armazenamento do Terminal	33
Figura 5 – Análise de Metanol utilizando o Kit Metanol	34
Figura 6 - Equipamento pHmetro para análise do pH do EHC	35
Figura 7 – Equipamento condutivímetro para análise da condutividade do EHC e EAC	35
Figura 8 – O teor de hidrocarbonetos é determinado através de um teste da proveta.	36
Figura 9 – Amostra de gasolina A retirada do tanque de armazenamento do Terminal	38
Figura 10 – Amostra da gasolina C retira do carregamento do caminhão-tanque.....	39
Figura 11 – Equipamento para realizar o processo de destilação da gasolina A do tanque de armazenamento do Terminal	40
Figura 12 – Teste da proveta na gasolina A do tanque de armazenamento.....	41
Figura 13 – Teste da proveta da gasolina C do carregamento do caminhão-tanque.	42
Figura 14 – (A) S10A retirada do tanque de armazenamento da Distribuidora e (B) S10B retirado após o carregamento do caminhão-tanque	44
Figura 15 – (A) S500A retirada do tanque de armazenamento da Distribuidora e (B) S500B retirado após o carregamento do caminhão-tanque	45
Figura 16 – Equipamento Ponto de Fulgor Vaso Fechado Pensky-Martens Q292A	46
Figura 17 – Análise da condutividade do S10A para controle de qualidade do tanque de armazenamento	47
Figura 18 – Equipamento Titulador Coulométrico Karl Fisher HI904 Hanna	48
Figura 19 – Equipamento Agilent Cary-630-IVA	49
Figura 20 – Amostras de biodiesel do descarregamento de origem vegetal e origem animal..	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Teor de hidrocarbonetos na amostra analisada.....	37
Quadro 2 – Especificações dos parâmetros analisados nos etanóis anidro e hidratado.....	37
Quadro 3 – Especificações dos parâmetros analisados nas gasolinas A e C.....	43
Quadro 4 - Especificações dos parâmetros analisados dos dieses.....	50
Quadro 5 - Especificações dos parâmetros analisados no biodiesel.....	51

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	41
Equação 2	42

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	16
2.	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1.	Gasolina	18
2.2.	Etanol.....	19
2.3.	Diesel	20
2.4.	Biodiesel	21
2.5.	Normas e Regulamentações sobre Combustíveis	22
2.5.1.	Especificações Técnicas da ANP	23
2.5.2.	Normas Internacionais	23
2.6.	Adulteração da Qualidade de Combustíveis.....	24
3.	OBJETIVOS.....	26
3.1.	Geral	26
3.2.	Específicos.....	26
4.	METODOLOGIAS ADOTADAS NA Q-LABS	27
4.1.	Controle de Qualidade e Processos no Laboratório de Combustíveis	27
4.2.	Atividades Desenvolvidas	31
4.3.	Análises Físico-químicas.....	31
4.4.	Etanol.....	32
4.5.	Gasolina.....	37
4.6.	Diesel.....	43
4.7.	Biodiesel B100	50
4.8.	Emissão de Boletins	51
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1. INTRODUÇÃO

A qualidade dos combustíveis desempenha um papel crucial na eficiência energética, na preservação ambiental e na segurança de equipamentos e veículos. Combustíveis de alta qualidade garantem um funcionamento adequado dos motores, maximizando o desempenho e reduzindo o consumo de energia contribuindo para a mitigação das emissões de poluentes atmosféricos, um fator essencial para o cumprimento de normas ambientais e a redução de danos ambientais.

No entanto, combustíveis de baixa qualidade podem gerar falhas no funcionamento dos motores, resultando em perda de potência, aumento do consumo de combustível e dificuldades na ignição. Esses fatores afetam diretamente a eficiência energética e a produtividade de veículos e maquinários, comprometendo a capacidade de deslocamento, entrega de serviços e mercadorias.

Além disso, falhas operacionais decorrentes do uso de combustíveis inadequados elevam o risco de acidentes de trânsito e aumentam a possibilidade de paralisações imprevistas em atividades industriais e logísticas, impactando negativamente diversos setores econômicos. A presença de contaminantes, como enxofre, metais pesados e água, compromete o desempenho do combustível e intensifica a emissão de gases poluentes, agravando os impactos ambientais.

A adulteração de combustíveis representa um dos principais desafios do setor. Essa prática envolve a adição de substâncias inadequadas, como solventes e água, que alteram as propriedades físico-químicas do produto. Como consequência, pode haver danos significativos aos motores, aumento dos custos de manutenção e comprometimento da segurança de veículos e equipamentos industriais.

A qualidade dos combustíveis também desempenha um papel determinante na sustentabilidade. O uso de combustíveis mais limpos, com menores teores de enxofre, por exemplo, contribui significativamente para a redução da formação de chuva ácida e para a melhoria da qualidade do ar em áreas urbanas. No caso dos biocombustíveis, como etanol e biodiesel, a manutenção da qualidade é fundamental para garantir sua competitividade em relação aos combustíveis fósseis, além de permitir o aproveitamento eficiente de recursos renováveis.

Para assegurar a qualidade dos combustíveis, é imprescindível a implementação de um rigoroso controle em todas as etapas da cadeia produtiva, desde a refinaria até a distribuição.

As refinarias adotam processos avançados de purificação e controle, garantindo que os parâmetros estabelecidos pelas normas da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) sejam rigorosamente atendidos. Nos postos de abastecimento, a fiscalização realizada por órgãos reguladores e o emprego de tecnologias de detecção de adulterantes são fundamentais para proteger os consumidores e garantir a conformidade dos produtos comercializados.

Este trabalho tem como motivo mostrar vivência no setor de controle de qualidade permitindo identificar desafios reais e recorrentes na rotina laboratorial, como a variabilidade dos parâmetros físico-químicos entre diferentes lotes, a influência das condições de armazenamento no comportamento dos combustíveis e a necessidade de padronização rigorosa dos procedimentos analíticos para garantir resultados confiáveis. Além disso, a experiência direta com ensaios como determinação de densidade, teor alcoólico, condutividade, ponto de fulgor, entre outros; mostram como é fundamental para qualidade analítica assegurar a conformidade dos produtos com as especificações estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Gasolina

A gasolina é uma das frações leves do petróleo, formada principalmente por hidrocarbonetos com 4 a 12 átomos de carbono. Ela é obtida no processo de destilação fracionada, quando o petróleo bruto é aquecido e separado em várias faixas de temperatura. No caso do Brasil, a maior parte da gasolina usada aqui vem das refinarias nacionais, que processam o petróleo produzido no país, principalmente do pré-sal. Além disso, parte do volume é ajustado com a adição de etanol anidro, como exige a legislação. Dados detalhados de produção variam ano a ano, mas as refinarias brasileiras conseguem atender grande parte da demanda interna (CARVALHO; DANTAS FILHO, 2014). A gasolina é amplamente utilizada em veículos de passeio, motocicletas e alguns tipos de embarcações. Sua queima nos motores de combustão interna gera energia que é convertida em movimento. Embora a gasolina seja eficiente e produza boa performance de motor, ela é uma fonte de poluição significativa (GUARIEIRO; VASCONCELLOS; SOLCI, 2011).

A combustão da gasolina gera grandes quantidades de poluentes atmosféricos. Nos veículos do ciclo Otto, a queima da gasolina é responsável por cerca de 86% das emissões de monóxido de carbono (CO). Só a gasolina tipo C contribui com aproximadamente 74% dessas emissões provenientes dos veículos no país. Além do CO, a gasolina também libera CO₂, H₂O e outros subprodutos da combustão, contribuindo significativamente para o agravamento da qualidade do ar, formação de ozônio e problemas respiratórios (SOLAIS, 2018).

No Brasil, a gasolina representa uma grande parte dos custos de transporte e logística, impactando setores como o de transporte de cargas e passageiros (ROJAS; LEITE, 2018). O preço da gasolina é um fator significativo na inflação, devido ao seu efeito nos custos de outros bens e serviços. Os preços da gasolina seguem o valor do petróleo, mas essa relação gera efeitos econômicos concretos: quando o petróleo sobe, aumentam custos de transporte, logística e insumos petroquímicos, o que pressiona a inflação. Um choque no preço do petróleo pode gerar aumento dos repasses relevantes para a gasolina e para o consumidor por meses, influenciando toda a cadeia produtiva (ROJAS; LEITE, 2018).

No caso específico da gasolina, a mudança mais marcante ocorreu com a criação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) na década de 1970. Antes da sua implementação, a gasolina comercializada era essencialmente fóssil, com alto teor de poluentes e maior

dependência do petróleo importado. O Proálcool introduziu o etanol como componente estratégico, inicialmente como aditivo e posteriormente como alternativa ao combustível puro, favorecendo o desenvolvimento agrícola, a autonomia energética do país e a redução das emissões (MICHELLON; SANTOS; RODRIGUES, 2008).

Ao longo dos anos, a gasolina brasileira evoluiu em formulação, qualidade e regulamentação, incorporando teores específicos de etanol anidro e maiores controles ambientais. Atualmente, o mercado dispõe de diferentes tipos de gasolina, cada um com características próprias definidas pela ANP, como a Gasolina A (pura, antes da mistura com etanol), a Gasolina C (vendida nos postos, já com etanol anidro).

2.2. Etanol

O etanol é um combustível renovável que pode ser produzido a partir de matérias-primas como cana-de-açúcar, milho e outros vegetais ricos em açúcar ou amido. A produção do etanol começa com a moagem dessas plantas para extrair o açúcar ou amido, que é então fermentado por leveduras para produzir etanol. Após a fermentação, o etanol bruto é destilado para separar o álcool da água e outras impurezas. No caso do etanol anidro (usado para misturar com gasolina), ele passa por processos adicionais de desidratação para remover o restante de água (PACHECO, 2011).

No Brasil o etanol não vem só da cana, hoje também fazem parte da matriz energética o etanol tradicional, o etanol de milho e o etanol de segunda geração (celulósico, produzido a partir de resíduos vegetais como bagaço e palha da cana). A produção de etanol com outras matrizes cresce rápido, impulsionada por políticas de diversificação. Já o etanol de segunda geração usa bagaço e palha de cana e ainda está se desenvolvendo, mas o país já possui plantas comerciais e novas tecnologias, como enzimas mais eficientes, que prometem baratear o processo. Essa expansão é apoiada por políticas públicas, como o aumento gradual da mistura de etanol na gasolina e incentivos para ampliar o uso de biocombustíveis (SANTOS et al., 2012).

O Brasil comercializa dois tipos de etanol combustível, cada um com finalidade definida pela ANP. O etanol anidro é praticamente sem água e serve exclusivamente para mistura na gasolina, formando a Gasolina C. Já o etanol hidratado contém mais água e é vendido diretamente nos postos para uso puro em veículos. Em 2025, o país produziu mais de 31 milhões de m³ somando os dois tipos, com aumento tanto no anidro quanto no hidratado (ANP, 2025).

A ANP controla a qualidade exigindo limites para impurezas, como o teor máximo de 0,5% de metanol, além de uso de corante no anidro para evitar fraudes. Casos de adulteração costumam envolver adição ilegal de solventes ou metanol, o que reduz desempenho, aumenta emissões e pode danificar motores, por isso o controle de qualidade é essencial (PEREIRA et al., 2020).

Em comparação com os combustíveis fósseis, o etanol pode reduzir as emissões de gases de efeito estufa, mas não é totalmente isento de impactos ambientais (PUGLIESE; LOURENCETTI; RIBEIRO, 2017). A produção de etanol pode ter impactos ambientais, como o uso excessivo de água e terra agrícola, além de questões relacionadas ao uso de fertilizantes e pesticidas. Apesar disso o etanol é uma parte significativa da matriz energética do país, com o Brasil sendo um dos maiores produtores e exportadores do mundo, a indústria de etanol também gera milhares de empregos, desde a agricultura até o refino e distribuição (BÜHLER; HACON, 2022).

2.3. Diesel

O diesel também é derivado do petróleo e passa por um processo de refino similar ao da gasolina, mas com foco em separar frações mais pesadas (DRUMM et al., 2014). Durante o refino, o petróleo bruto é destilado, e o diesel é uma das frações mais pesadas obtidas (DRUMM et al., 2014). O diesel passa por um processo chamado hidrotratamento (HDT), que é a principal etapa usada para remover enxofre. Nesse processo, o óleo diesel é misturado com hidrogênio e levado a um reator com catalisadores de níquel, molibdênio ou cobalto, sob alta temperatura (300–400 °C) e alta pressão. Dentro do reator, o enxofre presente nas moléculas do diesel reage com o hidrogênio e se transforma em sulfeto de hidrogênio (H₂S), que é separado do combustível e enviado para outra unidade da refinaria, onde é convertido em enxofre elementar. Esse tratamento reduz drasticamente o teor de enxofre no diesel final, permitindo que ele atenda às especificações de S-10 ou S-500 e diminuindo emissões de SO₂ e outros poluentes na queima. O que ajuda a reduzir as emissões de poluentes como dióxido de enxofre (SO₂), que pode formar chuvas ácidas (CARVALHO; TEIXEIRA; VALLE, 2016).

No Brasil, os dois principais tipos de diesel comercializados são o Diesel S-10 e o Diesel S-500, que se diferenciam principalmente pelo teor de enxofre. O S-10 contém no máximo 10 mg/kg de enxofre e é obrigatório para veículos modernos, pois protege sistemas de injeção de alta pressão e permite o uso de tecnologias de controle de emissões, como catalisadores e filtros de partículas. Já o S-500, com até 500 mg/kg de enxofre, é usado principalmente em máquinas

agrícolas, motores antigos e veículos fora de estrada, onde as exigências ambientais e tecnológicas são menores. Essa distinção é importante porque o enxofre afeta não só as emissões de poluentes, mas também o desempenho e a durabilidade do motor (HECKTHEUER, 2019).

O diesel é utilizado principalmente em veículos pesados, como caminhões, ônibus e embarcações, bem como em geradores e máquinas agrícolas (MOREIRA; RIBEIRO; ALVARENGA, 2024). No entanto, a queima de diesel libera grandes quantidades de poluentes, como NOx, partículas finas e CO₂, contribuindo significativamente para a poluição do ar e problemas de saúde pública (DRUMM et al., 2014). Além disso, a emissão de material particulado pode causar doenças respiratórias e cardiovasculares.

No Brasil, o diesel é fundamental para o transporte de cargas em praticamente todos os setores, já que a maior parte da circulação de mercadorias ocorre pelas rodovias. O país consome dezenas de bilhões de litros de diesel por ano, e esse combustível representa uma das maiores parcelas do custo do frete. Quando o preço do diesel sobe, o impacto é imediato nos custos logísticos, afetando não só o agronegócio, mas também a indústria, o comércio e a distribuição de alimentos e bens essenciais. Como muitos produtos dependem do transporte rodoviário para chegar aos centros urbanos, qualquer variação no preço do diesel tende a refletir no preço final para o consumidor. Globalmente, o diesel também é um combustível estratégico para transporte e geração de energia, e seu preço segue a volatilidade do petróleo, influenciando economias que dependem intensamente do modal rodoviário (MOREIRA; RIBEIRO; ALVARENGA, 2024).

Atualmente o diesel é composto por uma parte de biodiesel. A inserção do biodiesel no diesel no Brasil começou de forma experimental em 2004 e, entre 2005 e 2007, a mistura de 2% ainda era voluntária. A mudança decisiva ocorreu com a Lei nº 11.097/2005, que oficializou o biodiesel na matriz energética nacional. A partir de janeiro de 2008, a adição de 2% (B2) fica obrigatória em todo o país. Com o desenvolvimento tecnológico e o fortalecimento do mercado, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) elevou gradualmente esse percentual ao longo dos anos, acompanhando a expansão da produção e o avanço do setor de biocombustíveis (ANP, 2025).

2.4. Biodiesel

O biodiesel pode ser produzido a partir de diferentes matérias-primas, como soja, sebo bovino, palma e até óleos usados, e essa escolha interfere diretamente na sua qualidade, no comportamento no motor e no armazenamento. A estabilidade à oxidação é um dos parâmetros mais críticos do biodiesel, porque ele degrada muito mais rápido que o diesel mineral. Como possui cadeias com muitas ligações duplas, reage facilmente com oxigênio, formando peróxidos e ácidos que podem corroer o motor (RAMOS et al., 2003).

Para medir essa resistência, utiliza-se o ensaio Rancimat, que determina o período de indução, tempo mínimo que o biodiesel deve resistir antes de oxidar. Para atender às exigências da ANP, os produtores precisam adicionar antioxidantes capazes de prolongar esse tempo e garantir que o combustível suporte o armazenamento (FOCKE; VAN DER WESTHUIZEN; OOSTHUYSEN, 2016).

Como o biodiesel é feito por transesterificação, alguns resíduos dessa reação podem permanecer no produto final e afetar o desempenho. Entre eles estão a glicerina livre e total, que, se não for removida adequadamente, provoca formação de depósitos e entupimento de bicos injetores (RAMOS et al., 2003).

No Brasil, o setor de biodiesel é economicamente importante, movimentando cadeias produtivas da agricultura familiar, do agronegócio e de cooperativas, sobretudo pela grande dependência da soja como matéria-prima. A produção nacional cresce de forma consistente e coloca o país entre os maiores produtores mundiais, mas esse avanço também levanta debates sobre sustentabilidade. A expansão da soja e de outras culturas destinadas aos biocombustíveis demanda grandes áreas de plantio e uso intensivo de água, fertilizantes e defensivos agrícolas, o que pode gerar pressões ambientais e conflitos no uso do solo (CASTANHEIRA et al., 2015).

Do ponto de vista ambiental, embora o biodiesel reduza emissões diretas no escapamento, sua produção pode gerar impactos significativos ao longo do ciclo de vida. O uso de áreas agrícolas para cultivos energéticos contribui para desmatamento indireto, perda de biodiversidade e alterações na dinâmica hídrica local. Além disso, o processamento industrial, o transporte de grãos e a conversão do óleo em biodiesel também emitem gases de efeito estufa e podem aumentar a pegada ambiental total do combustível. Esses impactos são particularmente relevantes quando se considera o contexto brasileiro, marcado por longos deslocamentos logísticos e expansão agrícola contínua (CASTANHEIRA et al., 2015).

2.5. Normas e Regulamentações sobre Combustíveis

2.5.1. Especificações Técnicas da ANP

A ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) é a agência reguladora responsável por estabelecer e fiscalizar as normas e especificações técnicas relacionadas à produção, distribuição e comercialização de combustíveis no Brasil. Suas regulamentações têm como objetivo garantir a qualidade dos combustíveis, a segurança no uso e o respeito ao meio ambiente.

As normas relacionadas aos combustíveis no Brasil, por exemplo, incluem para a gasolina automotiva, a Resolução ANP nº 807/2020 define requisitos como octanagem, teor de aromáticos, olefinas, presença de etanol, destilação e limites de enxofre (ANP, 2020). No caso do etanol combustível, a Resolução ANP nº 907/2022 estabelece as especificações do etanol anidro e hidratado, abrangendo parâmetros como teor alcoólico, condutividade elétrica, acidez e presença de contaminantes (ANP, 2022b). O diesel é regulamentado principalmente pela Resolução ANP nº 50/2013, atualizada por normas recentes como a Resolução ANP nº 968/2024, que tratam de características essenciais como teor de enxofre (S-10, S-500), ponto de fulgor, densidade e estabilidade à oxidação (ANP, 2024). Já o biodiesel (B100) segue a Resolução ANP nº 989/2025, que define especificações relacionadas ao processo de transesterificação, como teor de ésteres, glicerina livre e total, metanol residual, estabilidade oxidativa e teor de água, parâmetros essenciais para garantir desempenho adequado e segurança no uso e armazenamento (ANP, 2025b).

Essas normas visam não só garantir a qualidade do combustível, mas também promover práticas ambientais e de segurança, assegurando que os combustíveis estejam dentro dos padrões estabelecidos para não prejudicar os motores dos veículos e os consumidores, além de minimizar os impactos ambientais.

2.5.2. Normas Internacionais

Além das normas brasileiras estabelecidas pela ANP, existem também normas internacionais importantes para o setor de combustíveis. A ISO possui diversas normas aplicáveis, como a ISO 20847, utilizada para determinar o teor de enxofre em gasolina e diesel por fluorescência de raios X, e a ISO 8217, que define especificações para combustíveis marítimos, incluindo propriedades como viscosidade, ponto de fulgor e limites de contaminantes. Outras normas ISO relevantes incluem a ISO 8691, utilizada para a

determinação de metais como vanádio em combustíveis líquidos, e normas voltadas para gestão e confiabilidade em processos do setor de petróleo. Essas normas ajudam a padronizar critérios de qualidade internacionalmente, garantindo que combustíveis comercializados em diferentes países atendam a requisitos mínimos de segurança e desempenho (ISO, 2025).

Da mesma forma, a ASTM International define padrões amplamente utilizados para combustíveis fósseis e renováveis. Entre as principais normas ASTM aplicadas no setor estão a ASTM D4814, que estabelece especificações para gasolina automotiva; a ASTM D4806, que trata das especificações para etanol anidro utilizado em misturas com gasolina; e a ASTM D975, que define os requisitos para combustíveis diesel. Para biocombustíveis, destacam-se a ASTM D6751, norma fundamental para biodiesel puro (B100), e a ASTM D7467, que especifica as misturas de biodiesel entre B6 e B20. Outras normas ASTM abrangem métodos de ensaio que analisam características como acidez, densidade, teor de glicerina e ponto de fulgor (ASTM, 2025).

2.6. Adulteração da Qualidade de Combustíveis

A adulteração de combustíveis é um dos principais problemas enfrentados no mercado brasileiro, afetando diretamente o desempenho dos veículos, a segurança dos consumidores e a arrecadação de impostos. Entre os tipos mais comuns está a adulteração da gasolina, frequentemente realizada pela adição excessiva de solventes e componentes leves, como etanol acima do limite permitido ou nafta industrial, o que altera propriedades como ponto de fulgor, octanagem e destilação. No etanol, uma prática recorrente é a adição de água acima do limite especificado, reduzindo o poder calorífico e causando falhas de ignição. Já o diesel costuma ser adulterado com óleo residual, óleo de cozinha usado e querosene, o que compromete a lubricidade, aumenta a formação de resíduos nos bicos injetores e acelera o desgaste do motor. No caso do biodiesel, são frequentes problemas como excesso de glicerina, contaminação por água ou metanol residual, e mistura inadequada na distribuição (OLIVEIRA, 2018).

Para combater essa prática, diversas ações têm sido implementadas. O controle inicia-se com especificações rigorosas definidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, que estabelece limites para parâmetros críticos como teor de enxofre, teor de etanol na gasolina, teor de água no etanol, ponto de fulgor e curva de destilação. Nas bases distribuidoras, é exigida rastreabilidade completa e monitoramento contínuo da qualidade. A ANP realiza fiscalizações periódicas em postos, bases e transportadores, coletando amostras

que são analisadas em laboratórios credenciados. Quando irregularidades são encontradas, medidas operacionais incluem interdição imediata das bombas, apreensão do combustível adulterado e lacração do estabelecimento. Penalidades administrativas incluem multas, suspensão da autorização de funcionamento e cassação definitiva do registro do posto (DUPRET, 2015).

Além disso, governos estaduais e municipais, por meio das secretarias de fazenda, também atuam no combate à adulteração, especialmente quando há suspeita de sonegação de impostos. A Polícia Civil e o Ministério Público entram em ação quando o caso envolve crime contra o consumidor, formação de quadrilha ou adulteração em larga escala (DUPRET, 2015).

Essas iniciativas têm contribuído para reduzir a ocorrência de fraudes, embora o problema ainda persista devido ao ganho financeiro que a adulteração proporciona. Por isso, a combinação de fiscalização contínua, normas técnicas rígidas, punições severas e participação ativa do consumidor continua sendo essencial para garantir a qualidade dos combustíveis no país.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Falar sobre a importância da qualidade dos combustíveis e sobre o padrão atual de qualidade adotado no país e relatar a vivência de um laboratório do setor de qualidade de combustíveis.

3.2. Específicos

- Apresentar conceitos de qualidade.
- Apresentar métodos analíticos utilizados e diagnósticos.
- Apresentar a vivência de um laboratório de qualidade.

4. METODOLOGIAS ADOTADAS NA Q-LABS

4.1. Controle de Qualidade e Processos no Laboratório de Combustíveis

O laboratório localizado em Rio Verde, operado pela Q-Laboratórios, conta com uma equipe de quatro colaboradores, incluindo um supervisor e duas analistas. O laboratório está situado na sede dentro do terminal da Dinâmica Terminal de Combustível (DTC), na Rodovia BR-452, Km 21,5, no Setor ZIS-V, Zona Rural de Rio Verde - GO, CEP 75905-190. A DTC é tanto um terminal de armazenamento quanto uma distribuidora de combustíveis, atendendo principalmente à região do sudoeste goiano, que conta com 23 clientes, incluindo Petrobras, Ipiranga, Vibra etc. Neste terminal, os combustíveis são armazenados em tanques de silos. O laboratório emite boletins com as análises diárias, assinados pelo colaborador Abecy Antônio, de Supervisor de Rio verde- GO.

A Q-Laboratórios é gerida por seis sócios: quatro em Brasília e dois em São Paulo. Os produtos manipulados no laboratório incluem Etanol hidratado (EHC) e Etanol Anidro (EAC), Gasolina A (gasolina pura sem etanol), Gasolina C (mistura de Gasolina A com etanol anidro), Diesel S-10 A (diesel base com 10 mg/kg de enxofre, sem biodiesel), Diesel S-500 A (diesel base com 500 mg/kg de enxofre), Biodiesel B100 (biodiesel puro), Diesel S-10 B (diesel comercial com baixo teor de enxofre e adição obrigatória de biodiesel) e Diesel S-500 B (diesel comercial com 500 mg/kg de enxofre e biodiesel adicionado). As análises realizadas variam conforme o tipo de combustível, sendo cada produto submetido a testes específicos para garantir a qualidade e conformidade com as normas vigentes.

No caso do EHC, as análises incluem aspecto visual, a avaliação da massa específica, o grau de INPN (Índice de Pureza do Produto Nacional), a presença de metanol, o pH, a condutividade elétrica, o teor de hidrocarbonetos.

Para o EAC, a ANP não exige análises nos boletins, mas o laboratório faz esse controle para monitorar a qualidade do anidro na base, para um bom resultado na gasolina. As análises realizadas são o aspecto visual, massa específica, grau de INPN, presença de metanol, condutividade elétrica.

A gasolina A passa pelo aspecto visual, massa específica, destilação e teor de Álcool Anidro. A gasolina C, além dessas mesmas análises, é verificada quanto à presença de metanol.

O diesel é submetido a testes de aspecto visual, massa específica, ponto de fulgor, condutividade elétrica, teor de água, destilação e, adicionalmente, o teor de enxofre. Nos combustíveis S-10 B e S-500 B, também é avaliado o teor de biodiesel presente na composição.

O biodiesel B100 é analisado rigorosamente quanto visual, à massa específica, teor de água e, para os lotes que não atendem aos critérios de aspecto visual, realiza-se a análise de contaminação total. Essas etapas são essenciais para garantir a qualidade do produto, especialmente devido às suas características específicas e aplicações no mercado de combustíveis.

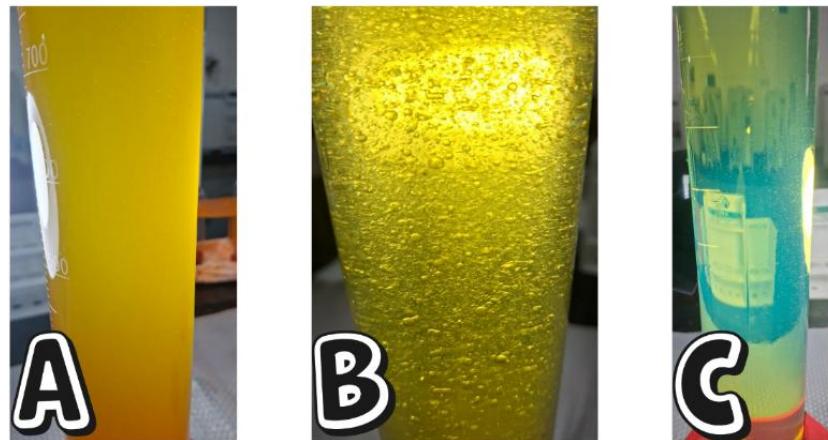
Essas avaliações fazem parte do conjunto de análises rigorosas realizadas no laboratório de Rio Verde, reforçando o compromisso com o controle de qualidade nos combustíveis armazenados e distribuídos pela DTC.

Como a DTC é tanto um terminal de armazenamento quanto uma distribuidora de combustíveis, ela realiza a distribuição diretamente para os postos de combustíveis. Durante o carregamento, ocorre a mistura dos combustíveis dentro do caminhão, que são então enviados para os postos. Além disso, pode ocorrer a transferência de produtos puros para outras bases de distribuição.

A adulteração de combustíveis ocorre quando o produto não atende aos parâmetros analisados na base. Isso pode ser feito no caminhão durante o transporte até o posto ou por contaminação dentro do tanque do posto, comprometendo a qualidade do combustível entregue. As usinas frequentemente apresentam cargas de qualidade inferior, por isso redobra-se os cuidados durante o processo de análise. Caso haja uma alta taxa de reprovação, a informação é repassada ao cliente, permitindo que o problema seja identificado e resolvido.

Em alguns casos, uma carga pode chegar com água, o que pode ser causado por fatores como o transporte ou consequências operacionais e comerciais. Se a reprovação for devido à presença de água, o caminhão pode ser drenado para retirar a água acumulada no fundo do vagão. No entanto, se a reprovação for por material particulado, a drenagem não resolve o problema, pois o material tende a se assentar, e o combustível é reprovado. Nesse caso, a carga é devolvida. Como aparece na Figura 1 onde A está com aparência turva, na figura B está com água livre e na figura C serias após drenar.

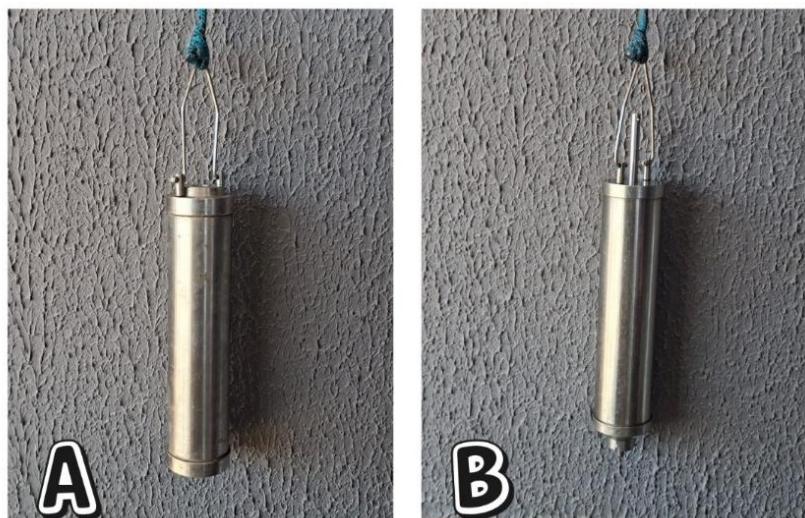
Figura 1 - Amostras de S10A: (A) aspecto turvo; (B) com água livre; (C) combustível após drenagem, foram retirados da operação de descarregamento do caminhão-tanque



Fonte: autoria própria

A amostra do combustível é coletada pela equipe de operação utilizando dois tipos de saca-amostra conforme a Figura 2: um modelo específico para retirada do fundo do caminhão-tanque (Figura 2 B) e outro destinado à obtenção de uma amostra corrida do vagão (Figura 2 A). Para a coleta, o operador sobe até a parte superior do caminhão utilizando todos os EPIs necessários e, em seguida, coleta uma amostra de cada vagão com o saca-amostra adequado. O coletor do fundo é utilizado para diesel e biodiesel, enquanto o saca-amostra de amostra corrida é empregado para álcool e gasolina.

Figura 2– Saca-amostra: (A) é usado para coleta corrida do vagão e a (B) usado para uma amostra do fundo do vagão



Fonte: Autoria Própria

Para o biodiesel, sempre acompanhamos uma amostra testemunha, que é uma porção do produto retirada diretamente do caminhão-tanque no momento do carregamento da carga dentro da usina, antes de qualquer transferência ou manipulação. Essa amostra é armazenada separadamente e serve como referência para comparações futuras, permitindo identificar com precisão o ponto em que qualquer desvio de qualidade possa ter ocorrido e, assim, orientar as medidas corretivas necessárias. Ela funciona como um instrumento de segurança e rastreabilidade da qualidade do produto durante o transporte. Essa amostra permite comprovar que o produto deixou a instalação dentro das especificações exigidas pela ANP e possibilita identificar eventuais contaminações ocorridas ao longo do trajeto, como presença de água, sedimentos ou adulterações. Além disso, por ser lacrada e identificada, impede interferências indevidas, prevenindo fraudes e oferecendo respaldo técnico e jurídico em caso de divergências entre a base fornecedora, a transportadora ou o ponto de entrega. Dessa forma, seu uso atende às normas do setor e assegura maior transparência e confiabilidade no processo de distribuição de combustíveis. A figura 3 mostra um exemplo de uma amostra-testemunha.

Figura 3 – Amostra Testemunha



Fonte: Autoria Própria

4.2. Atividades Desenvolvidas

O laboratório é responsável por atestar a qualidade de todo caminhão de descarregamento, as análises físico-químicas são realizadas em laboratório de acordo com cada tipo de combustível. Os ensaios executados durante o processo de descarregamento no terminal de distribuição focam naqueles essenciais para o controle diário de qualidade. Na sequência é feito a emissão dos boletins onde as empresas contratantes acompanham os laudos laboratoriais.

4.3. Análises Físico-químicas

As análises físico-químicas realizadas variam de acordo com o tipo de combustível. No processo de descarregamento, ou seja, na chegada do produto ao terminal, são aplicados ensaios mais simples e ágeis, assegurando maior eficiência operacional. Já no controle de qualidade dos tanques, que envolve produtos já armazenados na base, são executados ensaios

completos conforme as resoluções vigentes, visando à emissão do Boletim de Conformidade. Esse boletim é um documento oficial que reúne os resultados das análises laboratoriais e atesta que o combustível está dentro dos padrões de qualidade exigidos pela ANP, garantindo sua conformidade para comercialização e uso.

Para uma melhor compreensão dos procedimentos, é relevante destacar que cada tipo de combustível possui um caderno de recepção específico, de cópia controlada, onde são registrados dados como data, hora, placa do veículo, capacidade do caminhão, temperatura do tanque, cor do combustível, temperatura da amostra, densidade aferida, massa específica a 20 °C, fator de conversão e aspecto das amostras. Os dados coletados são organizados em planilhas e integrados a sistemas de Business Intelligence (BI) para criar dashboards interativos e gráficos com métricas e indicadores de desempenho, essenciais para decisões informadas, estratégias e ações futuras.

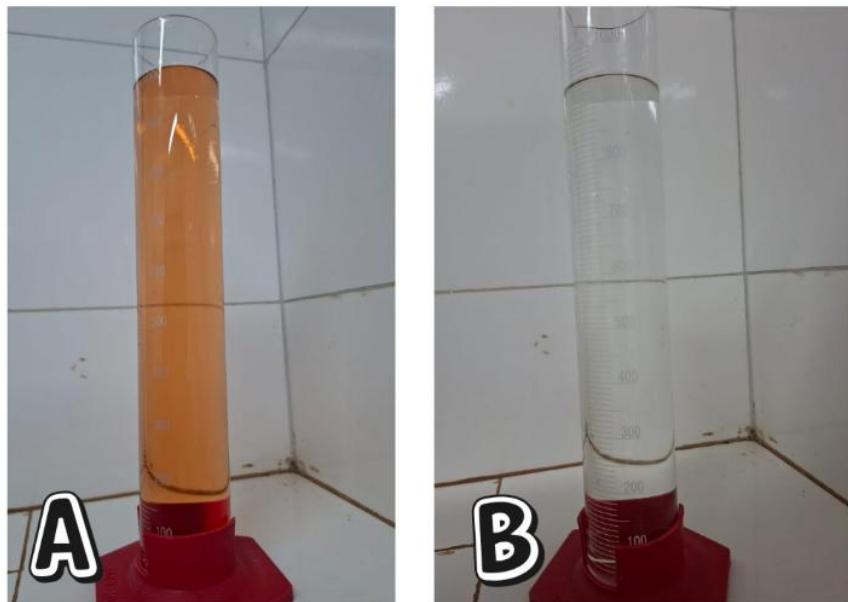
Além disso, as análises realizadas para a emissão dos boletins diários são registradas no caderno denominado "Boletim de Conformidade", que contém a relação dos ensaios exigidos e os campos para anotação dos resultados obtidos, as amostras para o Boletim de Conformidade são retiradas do tanque diariamente pela manhã, e os produtos compostos são retirados do primeiro caminhão de carregamento do dia.

4.4. Etanol

Dentro da base, tem-se dois tipos de etanol, o denominado EHC e o EAC. As análises aplicadas se diferem apenas no pH e no teor de hidrocarbonetos, que não se faz necessário aplicar no EAC. Para a elaboração do boletim de conformidade, são conduzidos ensaios de cor, aspecto, massa específica, teor alcoólico, teor de hidrocarbonetos, condutividade elétrica, presença de metanol e determinação do pH.

A Figura 4 – Apresenta uma amostra de EAC (figura A) e EHC (figura B) coletada do tanque de armazenamento, destinada ao monitoramento sistemático do controle diário dos reservatórios.

Figura 4 – (A) Amostras de EAC e (B) EHC retirado do tanque de armazenamento do Terminal



Fonte: autoria própria

É importante ressaltar que os resultados das análises do EAC não são obrigatórios para a emissão do boletim de conformidade, mas devem ser atendidos os limites previstos na especificação (ANP, 2022b). Os ensaios de cor, aspecto e massa específica seguem os mesmos procedimentos sempre. O etanol anidro apresenta coloração alaranjada, enquanto o etanol hidratado, em condições normais, é incolor. Entretanto, a regulamentação vigente estabelece apenas a vedação das cores laranja e azul, por serem características exclusivas, respectivamente, do EAC e da gasolina de aviação. Para as amostras de descarregamento, são realizadas apenas as análises de massa específica, teor alcoólico e fator de correção. Este último é obtido com o auxílio das Tabelas Alcoolométricas da ABNT, considerando a temperatura do tanque no momento da medição.

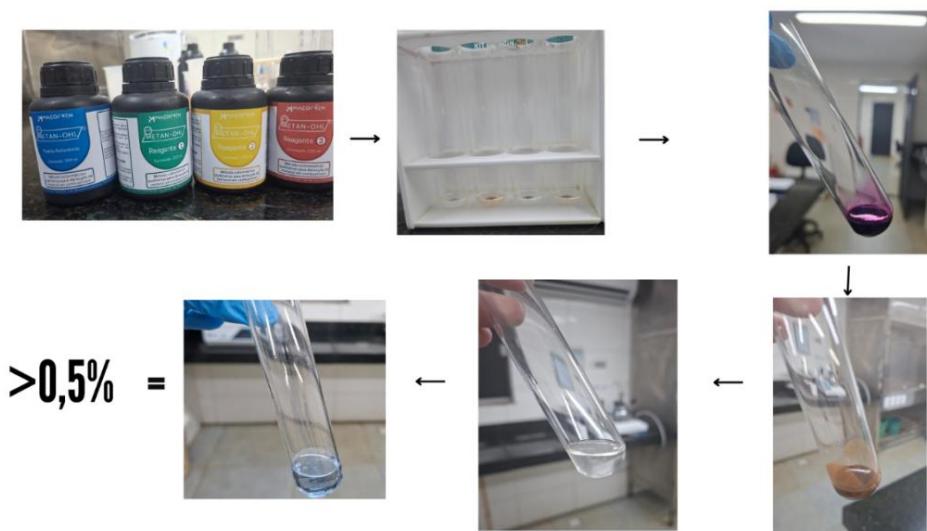
No que se refere ao aspecto, as amostras devem atender ao critério de límpidas e isentas de impurezas (LII). O teor alcoólico, por sua vez, é determinado a partir da massa específica e da temperatura do ensaio, cujos valores são tratados por meio do programa Tabelas Alcoolométricas (INMETRO, 1970).

A massa específica do etanol hidratado é determinada utilizando um densímetro e um termômetro calibrado, onde os valores são confirmados através de tabelas que trazem uma relação entre a massa e o volume do combustível a uma temperatura controlada, geralmente

20°C. O grau de INPN (Índice de Pureza do Produto Nacional) é verificado através da massa específica a 20°C pelas tabelas Alcoolométricas (INMETRO, 1970), e verifica a porcentagem de etanol puro no combustível, garantindo, que o produto esteja conforme as normas estabelecidas.

A presença de metanol conforme a norma NBR16041 DE 05/2015 é detectada por cromatografia gasosa, uma técnica que separa e quantifica os compostos voláteis, permitindo identificar o metanol no combustível, mas como é uma análise que necessita dos equipamentos e mão de obra especializada, o laboratório utiliza um kit colorimétrico denominado como ‘Kit Metanol’, composto por três reagentes diferentes conforme a ISO 1388-8 (ISO, 1981). Inicialmente, utiliza-se uma micropipeta para transferir 1 mL da amostra dos produtos EHC (ou EAC) para tubos de ensaio distintos, um tubo para cada produto analisado. Em seguida, adiciona-se 1 mL do reagente 1, misturando bem, e a amostra é deixada em repouso por 5 minutos ou até que o processo de oxidação seja concluído, passando da cor roxa para cor marrom. Após essa etapa, adiciona-se 1 mL do reagente 2, agitando a solução até que ela se torne incolor. Por fim, adiciona-se 1 mL do reagente 3 e a solução é deixada em repouso por 10 minutos. Caso haja presença de metanol, a solução adquire coloração azul. De acordo com a norma vigente, o limite máximo permitido de metanol é de 0,5% em volume e o resultado é detectado visualmente, através da coloração azul, apesar de ser um resultado qualitativo, é eficiente e atende as necessidades do laboratório. A figura 5 apresenta um fluxograma ilustrativo das etapas da análise.

Figura 5 – Análise de Metanol utilizando o Kit Metanol

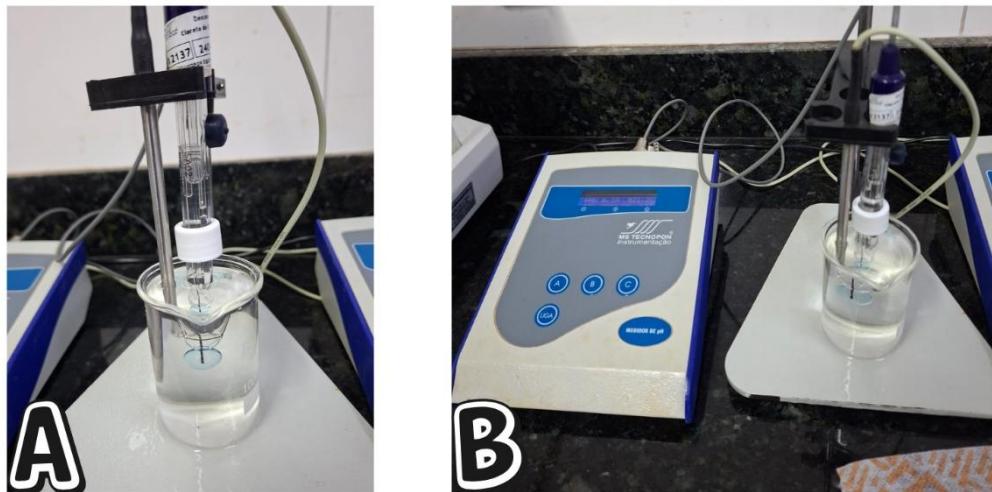


Fonte: autoria própria

Adicionalmente, no EHC, procede-se à medição do pH utilizando o equipamento pHmetro MPE-108. Ressalta-se que a regulamentação vigente estabelece valores aceitáveis na faixa de 6,0 a 8,0.

A Figura 6 apresenta o ensaio de determinação do pH em uma amostra de EHC.

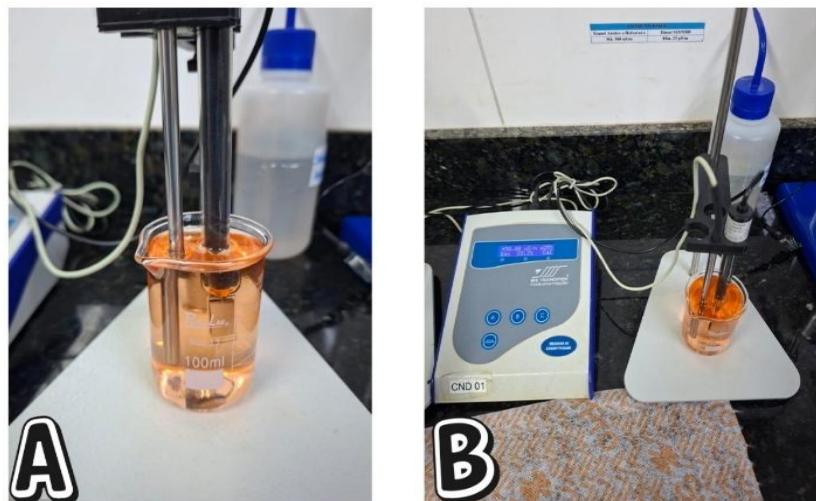
Figura 6 - Equipamento pHmetro para análise do pH do EHC



Fonte: autoria própria

A determinação da condutividade elétrica, que verifica a presença de impurezas iônicas, sendo realizada por meio do condutivímetro Tecnopon mCE-105, sendo aplicada às amostras de etanol anidro e etanol hidratado, cujo limite máximo permitido é de 300 $\mu\text{S}/\text{m}$. A figura 7 apresenta o equipamento.

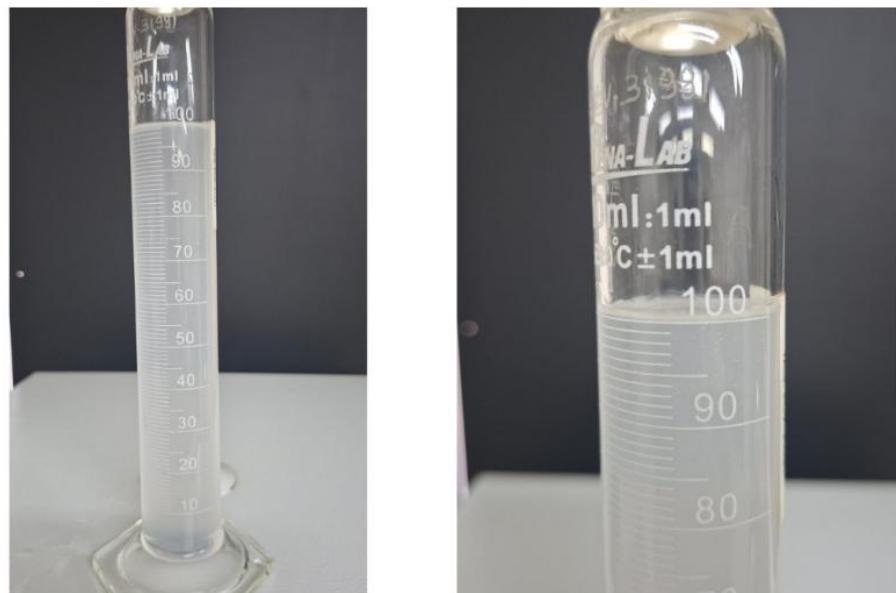
Figura 7 – Equipamento condutivímetro para análise da condutividade do EHC e EAC



Fonte: autoria própria

O teor de hidrocarbonetos é determinado através de um teste da proveta, onde são colocados 50 ml de EHC e 50 ml de uma solução a 10% de Cloreto de Sódio (NaCl). Em seguida, deve-se realizar dez inversões da proveta com as mãos nas duas extremidades, para separar e quantificar os compostos presentes no etanol, e deixa em repouso por 5 minutos sobre uma superfície plana e nivelada. Após esse período, anota-se o volume da camada oleosa em mililitros (mL), com aproximação de 0,5 mL. Conforme a Figura 8. Com esse valor, calcula-se o teor de hidrocarbonetos presentes na amostra de etanol, conforme especificado na norma NBR 13993 (ABNT, 2018b).

Figura 8 – O teor de hidrocarbonetos é determinado através de um teste da proveta.



Fonte: autoria própria

O Quadro 1 apresenta a relação entre o volume da camada oleosa e o teor de hidrocarbonetos correspondente.

Quadro 1 - Teor de hidrocarbonetos na amostra analisada.

V mL	T % v/v
Não detectado ^a	Não detectado
<0,5	<2
≥0,5	(A x 2) + 1
^a Reportar como não detectado se não for identificada visualmente a presença de hidrocarbonetos	

Fonte: (ABNT, 2018a).

Finalmente, o aspecto do etanol é verificado visualmente, garantindo que o combustível seja claro, transparente e livre de impurezas visíveis.

O Quadro 2 apresenta, de forma objetiva e clara, as especificações do EHC, com base nos parâmetros estabelecidos pela ANP.

Quadro 2 – Especificações dos parâmetros analisados nos etanóis anidro e hidratado.

Características	Unidade	EHC	EAC	Método
Cor	-	Exceto laranja ou azul	Laranja (com adição de corante)	Resolução 907 e 828
Aspecto	-	Límpido e Isento de impurezas (LII)		Resolução 907 e 828
Massa Específica a 20°C	kg/m ³	802,9 a 811,2	Máx. 791,5	NBR 10547
Teor alcoólico	% massa	92,5 a 95,4	Mín. 99,3	NBR 5992
Teor de Hidrocarbonetos	% volume		Máx. 3	NBR 13993
Teor de Metanol	% volume		Máx. 0,5	ISO 1388-8
Condutividade Elétrica	µS/m		Máx. 300	NBR 10547
pH	-	6,0 a 8,0	-	NBR 10891

Fonte: Autoria própria

4.5. Gasolina

Durante o processo de descarga, a amostra recolhida da carga é acompanhada de uma ordem de descarregamento contendo os dados necessários para a rastreabilidade da carga. As

principais informações apresentadas na ordem são: tipo do produto, placa do veículo, nome do motorista, local de origem e em alguns casos o boletim de conformidade. Vale ressaltar que essa etapa inicial de identificação é feita para todos os combustíveis.

No processo de amostragem para o descarregamento do produto, são realizados inicialmente os ensaios de massa específica, cor, aspecto, teor de etanol anidro e destilação. A amostra é entregue ao laboratório junto com a ordem de descarregamento, que contém informações como o tipo de produto, a placa do veículo, o nome do motorista, a origem do combustível e, em alguns casos, o boletim de conformidade.

Após o recebimento, os dados são registrados nos cadernos de recepção, incluindo a data e hora de entrada da amostra no laboratório, o fornecedor, a placa do veículo e a temperatura do tanque, conforme indicado na ordem de descarregamento. A amostra é então identificada com uma etiqueta contendo informações como placa do veículo, fornecedor, produto e data, sendo os frascos devidamente lacrados em conformidade com a legislação vigente. Após esse procedimento, a amostra de gasolina A é transferida para uma proveta de vidro de 1000 mL, previamente ambientada. Nessa etapa, avaliam-se a cor e o aspecto do combustível, verificando se a amostra se apresenta límpida ou turva, se há presença de água livre e a ocorrência de materiais particulados. Conforme a figura 9.

Figura 9 – Amostra de gasolina A retirada do tanque de armazenamento do Terminal



Fonte: Autoria própria

Para a determinação da massa específica, utiliza-se densímetro e termômetro, em conformidade com as especificações da Portaria do INMETRO nº 288 (INMETRO, 2012). O termômetro empregado possui faixa de medição de -20 °C a +102 °C, com intervalo de graduação de 0,2 °C e erro de escala de $\pm 0,15$ °C.

Após a leitura da densidade e da temperatura, os valores são registrados no caderno de recepção da gasolina. Em seguida, realiza-se a conversão da massa específica para a condição de 20 °C, bem como o cálculo do fator de correção, utilizando como referência a tabela da Resolução ANP nº 894 (ANP, 2022a).

Essa etapa de correção é realizada por meio de uma planilha eletrônica no Excel, que contém as fórmulas necessárias. Tal prática otimiza a execução dos ensaios, além de agilizar a liberação das ordens de descarregamento e a emissão dos boletins de conformidade. A Figura 10 apresenta uma amostra de gasolina C, que é a gasolina comercializada nos postos, formada pela mistura da Gasolina A com etanol anidro, em proporção definida pela ANP.

Figura 10 – Amostra da gasolina C retira do carregamento do caminhão-tanque



Fonte: Autoria própria

A gasolina é submetida ao processo de destilação, pois esse ensaio permite avaliar sua composição, propriedades e comportamento em condições de armazenamento e uso. Para a execução do teste, a amostra deve ser previamente resfriada a uma temperatura inferior a 10 °C. O condensador, por sua vez, deve ser mantido abaixo de 4 °C, condição obtida com o auxílio de gelo.

Além disso, os recipientes utilizados (balão de destilação, proveta de 100 mL e béquer com água) também devem estar devidamente resfriados antes do início do procedimento. A Figura 12 apresenta o equipamento empregado na destilação da gasolina A.

Figura 11 – Equipamento para realizar o processo de destilação da gasolina A do tanque de armazenamento do Terminal



Fonte: Autoria própria

Na sequência, são medidos 100 mL da amostra em proveta e transferidos para o balão de destilação, no qual é acoplado um termômetro, permitindo a leitura das temperaturas correspondentes aos pontos de 10%, 50% e 90% de volume evaporado, bem como do ponto final de ebulição.

Após a conclusão do processo de destilação, realiza-se a conversão das temperaturas observadas, considerando a pressão barométrica registrada no momento da análise, além do

registro do resíduo obtido. A Equação 1 apresenta o cálculo da correção da temperatura observada, conforme estabelecido pela norma ABNT NBR 9619 (ABNT, 2009).

$$Cc = 0,0009 (101,3 - P_k)(273 + t_c)$$

Equação 1

Fonte: (ABNT, 2009)

Sendo: Cc a correção que deve ser adicionada algebricamente à leitura de temperatura observada; P_k a pressão barométrica registrada no local do ensaio, expressa em quilopascal (kPa); e t_c a temperatura medida. Para agilizar o processo de correção, utiliza-se planilhas no Excel, que auxiliam nos cálculos.

A última análise realizada para a liberação da gasolina para descarregamento refere-se à determinação do teor de etanol anidro. Esse ensaio consiste em transferir 50 mL de gasolina A para uma proveta de 100 mL e completar o volume com solução de cloreto de sódio a 10%. Em seguida, a proveta deve ser tampada, invertida dez vezes para promover a extração do etanol e mantida em uma superfície plana e elevada por 10 minutos.

Ressalta-se que, para a gasolina A, é proibida a adição de etanol anidro; contudo, admite-se um limite máximo de 1% em volume. A Figura 13 ilustra o teste da proveta aplicado à gasolina, evidenciando a separação de fases em 50 mL.

Figura 12 – Teste da proveta na gasolina A do tanque de armazenamento



Fonte: Autoria própria

Para a gasolina C, são realizadas as análises de cor, aspecto, massa específica, teor de etanol anidro e destilação. Os procedimentos adotados para esses ensaios seguem os mesmos aplicados à gasolina A, diferenciando-se apenas no limite estabelecido para o teor de etanol anidro, que, nesse caso, deve ser de 30%.

No que se refere à coloração, a gasolina comum pode apresentar tonalidade que varia do alaranjado ao amarelado, sendo apenas vedada a presença da cor azul, conforme a regulamentação vigente. Os resultados desses ensaios são utilizados para a emissão do boletim de conformidade.

Cabe destacar que a gasolina C não é analisada durante o processo de descarga dos caminhões, uma vez que, no terminal, são recebidos apenas os produtos puros, portanto a gasolina C é manipulada apenas no processo de carregamento, onde a mistura de gasolina A e EAC são feitas dentro do caminhão, e assim, distribuída para os postos. A Equação 2 apresenta como é feito o cálculo do teor de EAC dentro da gasolina C que é distribuída.

$$\% \text{ volume de EAC} = [(A - 50) \times 2] + 1$$

Equação 2

Fonte: (ABNT, 2015)

A figura 13 apresenta o teste da proveta realizado na Gasolina C em que se observa que a diferença de fase está em 64,5mL.

Figura 13 – Teste da proveta da gasolina C do carregamento do caminhão-tanque.



Fonte: autoria própria

O quadro 3 é apresentado a especificações para cada análise da gasolina A e C e os métodos.

Quadro 3 – Especificações dos parâmetros analisados nas gasolinas A e C.

Características	Unidade	Limite			
		Gasolina Comum		Gasolina Premium	
		A	C	A	C
Cor	-	Exceto azul			
Aspecto	-	Homogêneo, límpido e isento de impurezas			
Teor de Etanol Anidro (EAC)	%volume	Proibido a adição	30	Proibida a adição	25
Massa Específica a 20°C, mín.	Kg/m ³	688,9	715,0	688,9	715,0
Destilação					
10% evaporados, máx.	°C	65,0	65,0	65,0	65,0
50% evaporados	°C	77,0 a 120,0	Máx.80,0	77,0 a 120,0	Máx.80,0
90% evaporados	°C	190,0	190,0	190,0	190,0
PFE	°C	215,0	215,0	215,0	215,0
Resíduo	%volume	2	2	2	2

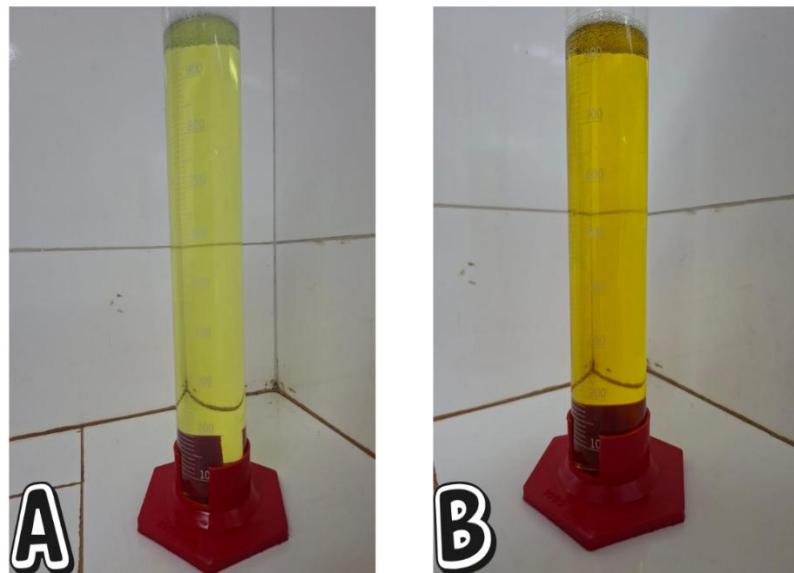
Fonte: (ANP, 2025a).

4.6. Diesel

Os óleos diesel S500 e S10 são submetidos a uma série de análises laboratoriais que têm como finalidade garantir a conformidade com as especificações técnicas e normativas vigentes. E são cor, o aspecto, a massa específica, a condutividade elétrica, o teor de água, o ponto de fulgor e o teor de biodiesel. Essas análises permitem verificar tanto a qualidade do produto quanto sua adequação para o consumo, assegurando que o combustível atenda aos padrões de segurança, eficiência e desempenho exigidos para sua comercialização. Na Figura 14 apresenta

duas amostras para sendo a figura 14 A, do produto S10A e, a figura 14 B, do produto S10B. O S10A é o diesel S10 sem qualquer adição de biodiesel, sendo um combustível puro. Já o S10B é o diesel S10 que recebe a mistura obrigatória de biodiesel, conforme o percentual definido pela ANP de 15%. Assim, a diferença entre eles está justamente na presença ou não de biodiesel na composição.

Figura 14 – (A) S10A retirada do tanque de armazenamento da Distribuidora e (B) S10B retirado após o carregamento do caminhão-tanque



Fonte: Autoria própria

O óleo diesel S10 apresenta variação de coloração conforme sua classificação: o S10A deve apresentar tonalidade amarela, enquanto o S10B deve apresentar coloração entre incolor ou amarelada.

No que se refere à massa específica, os limites estabelecidos situam-se entre 820,2 e 857,5 kg/m³ para o produto composto, ou seja, o combustível que foi feita a mistura com o biodiesel, designado como S10B, e para S10A, que é um produto puro, deve estar entre 815,0 a 850,0 kg/m³, sendo vedados valores inferiores ou superiores a essa faixa, uma vez que caracterizam não conformidade em relação às especificações vigentes.

Na Figura 15 apresenta duas amostras para sendo a figura 15 A, do produto S500A e, a figura 15 B, do produto S500B.

Figura 15 – (A) S500A retirada do tanque de armazenamento da Distribuidora e (B) S500B retirado após o carregamento do caminhão-tanque



Fonte: Autoria própria

O óleo diesel S500, nas classificações A e B, deve apresentar coloração vermelha, aspecto límpido e estar isento de impurezas, não sendo permitida a presença de material particulado na amostra.

A massa específica do diesel S500A, determinada à temperatura de 20 °C, deve situar-se no intervalo de 815,0 a 865,0 kg/m³ para o produto puro (S500A), e para o produto composto (S500B) deve estar entre 820,2 e 870,2 kg/m³ em conformidade com os limites especificados pela regulamentação vigente. O procedimento adotado para esse ensaio é o mesmo aplicado aos demais combustíveis, consistindo na leitura da densidade por meio de um densímetro, acompanhada da medição da temperatura da amostra.

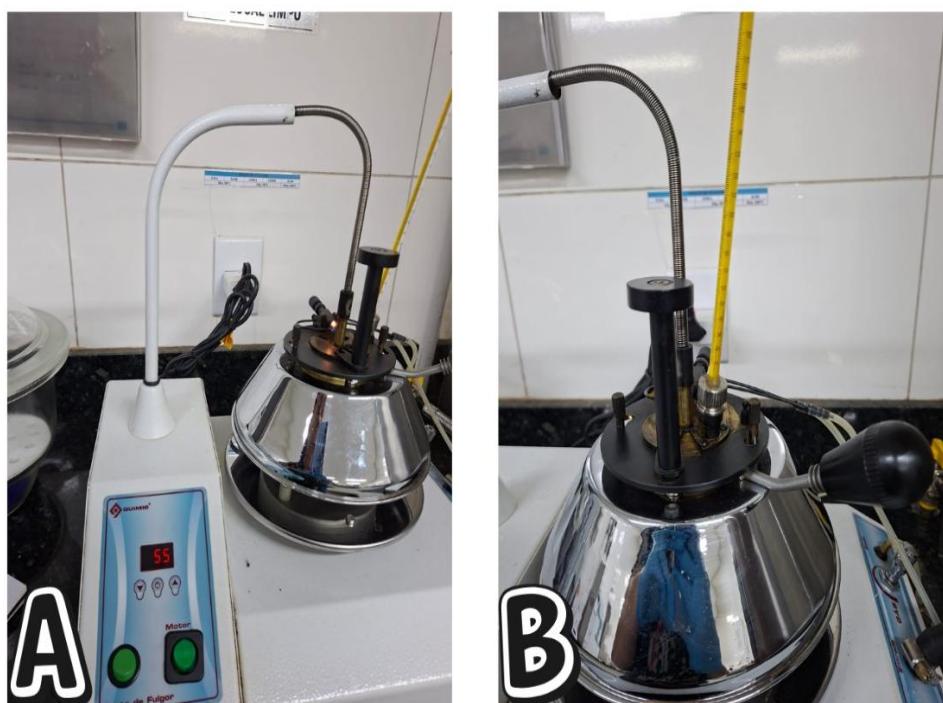
Posteriormente, utilizando-se a tabela de conversão de massa específica para petróleo e seus derivados, procede-se à correção da densidade, bem como à determinação do fator de conversão, assegurando a confiabilidade dos resultados.

O ponto de fulgor é a menor temperatura em que um líquido liberta vapores inflamáveis em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável com o ar, que pode ser acesa por uma fonte de ignição, mas sem manter a combustão contínua, e esse valor é aferido com o equipamento ponto de fulgor em vaso fechado Pensky-Martens Q292A. O ensaio consiste em

introduzir a amostra de óleo diesel até a marca de referência da cuba de ensaio, seguido da montagem do equipamento de acordo com os procedimentos padronizados.

Com o auxílio de um termômetro, procede-se ao monitoramento da temperatura até que ocorra a formação de uma pequena faísca, caracterizando o ponto de fulgor. Para os óleos diesel, o limite mínimo estabelecido é de 38 °C, conforme especificações normativas. A Figura 16 apresenta o equipamento utilizado na análise do ponto de fulgor.

Figura 16 – Equipamento Ponto de Fulgor Vaso Fechado Pensky-Martens Q292A



Fonte: Autoria própria

O equipamento EMCEE MODEL 1153 Digital Conductivity Meter é empregado para a determinação da condutividade elétrica, sendo destinado especificamente à análise de óleo diesel. Para a realização do ensaio, a amostra de diesel é cuidadosamente introduzida até a marca indicada no copo de inox. Em seguida, a sonda do equipamento é posicionada no combustível, e o aparelho é acionado, permitindo a medição da condutividade do produto. A condutividade mínima exigida para este tipo de combustível é de 25,0 $\mu\text{S}/\text{mA}$. A Figura 17 apresenta a leitura da condutividade de uma amostra de S10A.

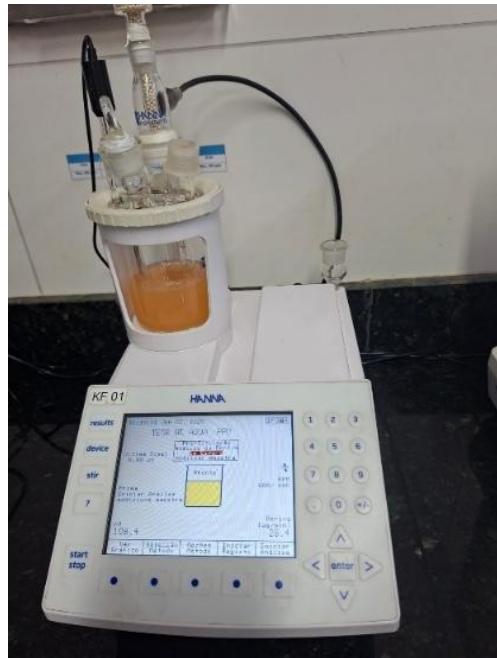
Figura 17 – Análise da condutividade do S10A para controle de qualidade do tanque de armazenamento



Fonte: Autoria própria

O teor de água nas amostras é determinado por meio do Titulador Coulométrico Karl Fischer HI904 da Hanna através de uma solução de 70% de HYDRANAL com 30% de XIOL. Este equipamento é especificamente utilizado para a análise de óleo diesel S10A, S10B, S500A, S500B e biodiesel (B100). No ensaio, uma alíquota da amostra é introduzida no equipamento por meio de uma seringa, permitindo a medição precisa do teor de água presente. O limite máximo permitido para o diesel S10A e o S500A é de 200 ppm, enquanto para o diesel S10B e S500B é de 250 ppm. A Figura 18 apresenta o equipamento empregado na determinação do teor de água.

Figura 18 – Equipamento Titulador Coulométrico Karl Fisher HI904 Hanna



Fonte: Autoria própria

Por fim, o equipamento de Infravermelho Agilent Cary-630-IVA é usado para a análise de teor de biodiesel. O S500A/S10A é usado como branco no momento da leitura e, em seguida, é inserido o S500B/S10B para determinar qual o percentual de biodiesel presente na amostra, a segundo, segundo a norma vigente o valor do biodiesel no diesel está em 15% tendo o limite de mais ou menos 0,5. A análise do teor de biodiesel no diesel utilizando o equipamento infravermelho Agilent Cary 630-IVA, conforme a NBR 15568, é realizada por meio da técnica de espectroscopia no infravermelho (FTIR), que detecta a presença de biodiesel a partir das bandas características de ésteres presentes na mistura. O processo inicia com a estabilização do equipamento e a realização do background para eliminar interferências. Em seguida, o operador seleciona no software o método correspondente à norma, que já contém as curvas de calibração desenvolvidas a partir de padrões certificados. A amostra de diesel é aplicada diretamente sobre o cristal do acessório de leitura, geralmente do tipo ATR, que deve estar devidamente limpo e seco. O equipamento faz a varredura no infravermelho e identifica a banda específica do grupo C=O do biodiesel, situada na região próxima de $1740-1750\text{ cm}^{-1}$. A intensidade dessa banda é associada automaticamente à curva de calibração, permitindo que o software calcule e apresente o teor de biodiesel na amostra. Após a análise, o cristal é limpo com solvente adequado e o equipamento é deixado pronto para a próxima leitura. Essa técnica é rápida, precisa e não requer reagentes químicos, sendo amplamente utilizada em rotinas de controle de qualidade em

terminais e laboratórios de combustíveis. A Figura 19 apresenta o equipamento empregado na determinação do teor de biodiesel.

Figura 19 – Equipamento Agilent Cary-630-IVA



Fonte: Autoria própria

Nas análises de descarregamento de diesel, realizam-se ensaios relativos à cor, massa específica e aspecto. Quando necessário, procede-se também à determinação do teor de água, especialmente na presença de água livre na amostra. Destaca-se que os resultados das análises destinados ao boletim de conformidade são registrados no caderno específico, enquanto as amostras provenientes do descarregamento de caminhões têm suas informações anotadas no “Caderno de Recepção do Diesel”. O Quadro 4 apresenta as especificações correspondentes a cada análise de diesel, bem como os métodos aplicados.

Quadro 4 - Especificações dos parâmetros analisados dos dieses.

Características	Unidade	S10		S500		Método
		Tipo A	Tipo B	Tipo A	Tipo B	
Cor	-	Incolor ou Amarelo	Incolor ou Amarelo	Vermelho	Vermelho	Resolução N°50
Aspecto	-	Homogêneo, límpido e isento de impurezas				
Massa Específica a 20°C	Kg/m ³	815,0 a 850,0	820,2 a 857,5	815,0 a 865,0	820,2 a 870,2	NBR 7148
Teor de Água	ppm	200	250	200	250	ASTM D6304
Ponto de Fulgor	°C	38				
Condutividade Elétrica	µS/m	min. 25,0 µS/m				
Teor de Biodiesel	%volume		15		15	NBR 15568

Fonte: Autoria própria

4.7. Biodiesel B100

O biodiesel é analisado quanto aos seguintes parâmetros: aspecto, massa específica, teor de água e ponto de fulgor. Entre os biocombustíveis, o B100 apresenta a maior densidade, variando entre 850,0 e 900,0 kg/m³. Quanto ao aspecto, a amostra deve ser límpida, isenta de água livre e de material particulado. A determinação do teor de água é realizada de forma semelhante à aplicada ao diesel, sendo o limite máximo de 350 ppm para fins de distribuição. O ponto de fulgor segue o mesmo procedimento utilizado para o diesel, apresentando, entretanto, valor superior, com mínimo de 100 °C.

Durante o descarregamento, os ensaios realizados abrangem massa específica, aspecto e teor de água. Neste contexto, o teor de água constitui um parâmetro crítico, tendo sido responsável pela reprovação de amostras de B100 quando os valores excederam o limite

estabelecido. O Quadro 5 apresenta as especificações correspondentes ao biodiesel, bem como os métodos aplicados para cada análise.

Quadro 5 - Especificações dos parâmetros analisados no biodiesel.

Características	Unidade	Biodiesel	Método
Aspecto	-	Homogêneo, límpido e isento de impurezas	NBR 19954
Massa Específica a 20°C	Kg/m ³	850,0 a 900,0	Resolução N°45
Teor de água	ppm	350	ASTM D6304
Ponto de Fulgor	°C	Mín. 100	NBR 14598

Fonte: Autoria própria

A Figura 20 apresenta o biodiesel, mostrando a diferença de tonalidade de diferentes biodiesel, não necessariamente a porcentagem de sebo animal vai estar associada a totalidade mais escuras, biodiesel com porcentagem de óleo de algodão também tem a tonalidade mais escura. A questão de porcentagem está mais associada ao processo que cada usina adota.

Figura 20 – Amostras de biodiesel do descarregamento de origem vegetal e origem animal



Fonte: Autoria própria

4.8. Emissão de Boletins

Conforme mencionado anteriormente, a ANP estabelece dois tipos de boletins: os boletins de conformidade e os boletins de análises.

Nos boletins de conformidade, são utilizadas amostras provenientes dos tanques de armazenamento, bem como as primeiras amostras de carregamento dos produtos classificados

como B — gasolina C, EHC, S500B e S10B. Para a emissão desse documento, torna-se obrigatório realizar todas as análises estabelecidas pela legislação vigente, conforme já explanado. Ressalta-se que a definição de quais resultados de ensaios constarão nos boletins depende da solicitação do cliente no momento da contratação dos serviços laboratoriais. De modo geral, a maior parte das demandas concentra-se nas análises dos produtos do tipo B.

Por sua vez, os boletins de análises são emitidos em diferentes situações, tais como: controle de tanques, reprovação de produto por não atender aos requisitos normativos em algum ensaio, análise específica de determinados combustíveis, como o Etanol Hidratado (EHC), que é transferido como produto puro, aprovação de combustíveis após tratamentos corretivos que os adequem à legislação, bem como análises de descarregamento de gasolina com a devida apresentação dos ensaios realizados.

Ambos os documentos são emitidos e enviados por meio eletrônico (e-mail), além de serem devidamente arquivados em pastas destinadas ao controle da gestão laboratorial. Ao término de cada mês, procede-se à tabulação da quantidade de ensaios realizados e do quantitativo de produtos analisados, discriminados por tipo de combustível.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade dos combustíveis exerce papel fundamental na eficiência energética, na preservação ambiental e na segurança de veículos e equipamentos industriais. Para cada tipo de combustível existem características físico-químicas específicas que influenciam diretamente sua performance e impactos ambientais. Além disso, o cumprimento das normas e regulamentações, tanto nacionais quanto internacionais, são essenciais para garantir a qualidade dos produtos comercializados reduzindo riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

Os parâmetros de qualidade, como densidade, teor de enxofre, ponto de fulgor, curva de destilação e presença de contaminantes, são ferramentas essenciais para o controle e a avaliação da conformidade dos combustíveis. Seu monitoramento rigoroso ao longo de toda a cadeia produtiva permite assegurar que os combustíveis atendam às exigências técnicas e regulamentares, contribuindo para maior segurança operacional e sustentabilidade. Essa vivência prática em um laboratório dedicado ao setor de qualidade de combustíveis mostra como a rotina analítica é de extrema importância no monitoramento constante para garantir resultados confiáveis. Essa experiência reforça, na prática, a relevância de se compreender e aplicar corretamente os parâmetros de qualidade, bem como a responsabilidade técnica envolvida nesse processo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR 9619 NBR9619 Produtos de petróleo.** [s.d.]. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/1979/abnt-nbr9619-produtos-de-petroleo-destilacao-a-pressao-atmosferica>. Acesso em: 11 nov. 2025.
- ABNT NBR 13992 NBR13992 Gasolina automotiva.** [s.d.]. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/10652/abnt-nbr13992-gasolina-automotiva-determinacao-do-teor-de-etanol-anidro-combustivel-eac>. Acesso em: 11 nov. 2025.
- ABNT NBR 13993 NBR13993 Etanol combustível.** [s.d.]. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/10653/abnt-nbr13993-etanol-combustivel-determinacao-do-teor-de-hidrocarbonetos-metodo-volumetrico>. Acesso em: 11 nov. 2025.
- BÜHLER, Helena Ferraz; HACON, Sandra Souza. Impactos da cadeia do etanol: subsídios para uma proposta integrada de vigilância ambiental e de saúde do trabalhador. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, [S. l.], v. 47, p. e7, 2022.
- CARVALHO, Fábio Israel M.; DANTAS FILHO, Heronides A. Estudo da qualidade da gasolina tipo A e sua composição química empregando análise de componentes principais. **Química Nova**, [S. l.], v. 37, p. 33–38, 2014.
- CARVALHO, Roberta de Almeida; TEIXEIRA, Roberta M.; VALLE, Maria Letícia Murta. Estudo da adição de biodiesel no diesel s10 e s500 e seus efeitos nas propriedades do combustível e na atomização. **Blucher Engineering Proceedings**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 427–446, 2016.
- CASTANHEIRA, Érica Geraldes; GRISOLI, Renata; COELHO, Suaní; ANDERI DA SILVA, Gil; FREIRE, Fausto. Life-cycle assessment of soybean-based biodiesel in Europe: comparing grain, oil and biodiesel import from Brazil. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 102, p. 188–201, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.036>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615003972>.
- DRUML, Fernanda Caroline; GERHARDT, Ademir Eloi; FERNANDES, Gabriel D'avila; CHAGAS, Patricia; SUCOLOTTI, Mariana Scheffer; KEMERICH, P. D. da C. Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 66–78, 2014.
- DUPRET, Cristiane. Direito Penal Econômico e o Compliance como forma de prevenção da adulteração de combustível. [S. l.], 2015.
- Especificação do biodiesel — Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.** [s.d.]. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel/especificacao-do-biodiesel?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 8 dez. 2025.

FOCKE, Walter W.; VAN DER WESTHUIZEN, Isbe; OOSTHUYSEN, Xander. Biodiesel oxidative stability from Rancimat data. **Thermochimica Acta**, [S. l.], v. 633, p. 116–121, 2016.

GUARIEIRO, Lilian L. N.; VASCONCELLOS, Pérola C.; SOLCI, Maria Cristina. Poluentes atmosféricos provenientes da queima de combustíveis fósseis e biocombustíveis: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, [S. l.], v. 3, n. 5, p. 434–445, 2011.

HECKTHEUER, Daniel Almeida. Análise de desempenho de um grupo motor-gerador ciclo diesel abastecido com diesel S10, diesel S500 e misturas com biodiesel e etanol. [S. l.], 2019.

ISO - Normas. [s.d.]. Disponível em: <https://www.iso.org/standards.html>. Acesso em: 22 nov. 2025.

ISO 1388-8:1981 - Ethanol for industrial use — Methods of test — Part 8: Determination of methanol content (methanol contents between 0,10 and 1,50 % (V/V)) — Visual colorimetric method. [s.d.]. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/5950.html>. Acesso em: 22 nov. 2025.

Lista de normas portuguesas ASTM - Português ASTM. [s.d.]. Disponível em: <https://br.astm.org/pt/standards/portuguese-translations/>. Acesso em: 22 nov. 2025.

MICHELLON, Ednaldo; SANTOS, Ana Aracelly Lima; RODRIGUES, Juliano Ricardo Alves. Breve descrição do Proálcool e perspectivas futuras para o etanol produzido no Brasil. [S. l.], 2008.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIAS CONSELHO NACIONAL DO PETRÓLEO 1521.^a SESSÃO ORDINÁRIA (25 de junho de 1970) RESOLUÇÃO Nº 6-70. . [s.l: s.n.].

MOREIRA, Thiago de Moraes; RIBEIRO, Luiz Carlos de Santana; ALVARENGA, Samia Mercado. Impactos socioeconômicos de um desabastecimento de diesel na economia brasileira: uma análise de insumo produto. **Nova Economia**, [S. l.], v. 34, n. 01, p. e8215, 2024.

OLIVEIRA, Lucas Guilherme Rocha De. Adulteração em combustíveis automotivos: Uma revisão sistemática. [S. l.], 2018.

PACHECO, Thályta Fraga. Produção de etanol: primeira ou segunda geração? [S. l.], 2011.

Painel Dinâmico de Produtores de Etanol — Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-e-mapa-dinamicos-de-produtores-de-combustiveis-e-derivados/painel-dinamico-de-produtores-de-etanol>. Acesso em: 8 dez. 2025.

PEREIRA, Bárbara Rocha; DE MELLO, Leonardo Madeira; DOS REIS, Daiany Ferreira; TAMBOR, José Humberto Machado. Produção do etanol e sua mitigação de emissão de poluentes. **Brasil Para Todos-Revista Internacional**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 13–21, 2020.

PUGLIESE, Lilian; LOURENCETTI, Carolina; RIBEIRO, Maria Lúcia. Impactos ambientais na produção do etanol brasileiro: uma breve discussão do campo à indústria. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 142–165, 2017.

RAMOS, Luiz Pereira; KUCEK, Karla Thomas; DOMINGOS, Anderson Kurunczi; WILHELM, Helena Maria. Biodiesel. **Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento-Edição nº**, [S. l.], v. 31, p. 29, 2003.

Resolução 807 2020 da ANP BR. [s.d.]. Disponível em:
<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-807-2020>. Acesso em: 22 nov. 2025.

Resolução 894 2022 da ANP BR. [s.d.]. Disponível em:
<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-894-2022-estabelece-os-coeficientes-de-correcao-da-densidade-massa-especifica-e-do-volume-dos-derivados-de-petroleo?origin=instituicao>. Acesso em: 11 nov. 2025.

Resolução 907 2022 da ANP BR. [s.d.]. Disponível em:
<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-907-2022-dispoe-sobre-as-especificacoes-do-etanol-combustivel-e-suas-regras-de-comercializacao-em-todo-o-territorio-nacional?origin=instituicao>. Acesso em: 22 nov. 2025a.

Resolução 907 2022 da ANP BR. [s.d.]. Disponível em:
<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-907-2022>. Acesso em: 11 nov. 2025b.

Resolução 978 2024 da ANP BR. [s.d.]. Disponível em:
<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-978-2024-suspender-o-art-13-da-resolucao-anp-no-968-de-30-de-abril-de-2024?origin=instituicao>. Acesso em: 22 nov. 2025.

Resolução 988 2025 da ANP BR. [s.d.]. Disponível em:
<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-988-2025-altera-a-resolucao-anp-no-807-de-23-de-janeiro-de-2020-que-estabelece-a-especificacao-da-gasolina-de-uso-automotivo-e-as-obrigacoes-quanto-ao-controle-da-qualidade-a-serem-atendidas-pelos-agentes-economicos-que-comercializam-o-produto-em-territorio-nacional-para-dispor-de-novas-especificacoes-da-gasolina-automotiva?origin=instituicao>. Acesso em: 11 nov. 2025.

Resolução 989 2025 da ANP BR. [s.d.]. Disponível em:
<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-989-2025-altera-a-resolucao-anp-no-920-de-4-de-abril-de-2023-que-dispoe-sobre-a-especificacao-do-biodiesel-e-as-obrigacoes-quanto-ao-controle-da-qualidade-a-serem-atendidas-pelos-agentes-economicos-que-comercializem-o-produto-em-territorio-nacional?origin=instituicao>. Acesso em: 22 nov. 2025.

ROJAS, Henrique Carvalho; LEITE, Barbara Eiroa. Refino de petróleo no brasil: Desafios históricos e repositionamento do setor. **Revista Brasileira de Direito do Petróleo, Gás e Energia**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 20–32, 2018.

SANTOS, Fernando A.; QUEIRÓZ, José H. De; COLODETTE, Jorge L.; FERNANDES, Sergio A.; GUIMARÃES, Valéria M.; REZENDE, Sebastião T. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química nova**, [S. l.], v. 35, p. 1004–1010, 2012.

**Serviço Público Federal MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E
COMÉRCIO EXTERIOR INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA,
QUALIDADE E TECNOLOGIA-INMETRO. . [s.l: s.n.].**

SOLAIS, Wesley Maciel. ANÁLISE DO NÍVEL DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA DE
HIDROCARBONETOS NAS EMISSÕES VEICULARES: Um estudo comparativo entre
Etanol e a Gasolina. *[S. l.]*, 2018.