



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

SAMUEL NUNES LIMEIRA

**USO DO UV-VIS, CAPACÍMETRO E CONDUTIVÍMETRO, PARA DETECÇÃO DE
ADULTERAÇÃO DA GASOLINA**

FORTALEZA

2024

SAMUEL NUNES LIMEIRA

USO DO UV-VIS, CAPACÍMETRO E CONDUTIVÍMETRO, PARA DETECÇÃO DE
ADULTERAÇÃO DA GASOLINA

Qualificação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Engenharia Mecânica do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Mecânica. Área de Concentração: Processos, Equipamentos e Sistemas para Energias Renováveis

Orientadora: Profa. Dra. Maria Alexandra de Sousa Rios

Coorientador: Prof. Dr. Francisco Murilo Tavares de Luna

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na
Publicação Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L712u Limeira, Samuel Nunes.

Uso do uv-vis, capacímetro e condutivímetro, para detecção de adulteração da gasolina / Samuel Nunes Limeira. 2024.
55 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Fortaleza, 2024.

Orientação: Prof. Dr. Maria Alexandra de Sousa Rios .

Coorientação: Prof. Dr. Francisco Murilo Tavares de Luna.

1. Gasolina. 2. Adulteração. 3. Condutividade. 4. Capacitância. 5. Metanol. I. Título.

CDD 620.1

SAMUEL NUNES LIMEIRA

**USO DO UV-VIS, CAPACÍMETRO E CONDUTIVÍMETRO, PARA DETECÇÃO DE
ADULTERAÇÃO DA GASOLINA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico em Engenharia Mecânica do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Mecânica. Área de Concentração: Processos, Equipamentos e Sistemas para Energias Renováveis.

Aprovada em: 20/05/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Maria Aleksandra de Sousa Rios (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Murilo Tavares de Luna (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Nivaldo Aguiar Freire
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dra. Ada Amélia Sanders Lopes
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Maria do Socorro Maia Nunes, por todo amor e carinho, por ter me educado, incentivado nos estudos e sempre acreditado em mim.

Às minhas irmãs que são minhas parceiras de vida e de estudos, sempre acreditaram em mim e no estudo como ferramenta de mudança na sociedade.

À minha esposa Verônica Gomes por ter acreditado, insistido e incentivado para que eu conseguisse concluir esse trabalho com êxito.

Ao meu pai por acreditar sempre no meu sucesso.

Ao meu padrasto por todo apoio e cuidado no dia a dia.

À minha madrinha (*in memoriam*) por desde sempre acreditar no meu potencial.

Aos meus tios e tias, por todo carinho, incentivo nos estudos, e pelo exemplo de persistência e honestidade.

Aos meus primos e primas que estão nesta luta diária pelo conhecimento e propagação da educação pública, gratuita e de qualidade.

À Professora Dra. Maria Aleksandra de Sousa Rios, pela paciência, por ser uma profissional de excelência, grande ser humano, pela orientação e compreensão.

Ao Professor Dr. Francisco Murilo Tavares de Luna, pelas trocas de conhecimentos, pelas ideias importantes para este trabalho.

Ao NPL-UFC, pelas amostras e equipamentos concedidos.

Ao LCL-UFC, pelas amostras fornecidas.

Agradeço a todos que de qualquer forma me ajudaram a realizar esse trabalho.

Não confunda jamais conhecimento com sabedoria. Um o ajuda a ganhar a vida; o outro, a construir uma vida. (Sandra Carey)

RESUMO

Os seres humanos estão em constante busca pelo desenvolvimento da sociedade, visando a facilitação do trabalho e do deslocamento. Nessa busca, os combustíveis tornaram-se uma ferramenta fundamental para a evolução. Com o crescimento da produção e do mercado de combustíveis, algumas pessoas, seja por má-fé ou devido a um armazenamento inadequado, provocaram alterações que resultaram em não conformidade desses produtos. A adulteração de combustível ocorre quando suas propriedades físico-químicas são modificadas pela inclusão de um novo composto, como solventes, ou pelo excesso de outro combustível já naturalmente presente com o intuito de se obter ganhos financeiros. Diante deste cenário, este estudo visou contribuir para a identificação de uma possível adulteração do combustível, em específico da gasolina, trazendo como objetivo um método para a análise de variáveis sensoriais associadas à contaminação por metanol e água podendo ser empregado em outros combustíveis renováveis. Para tal utilizou-se o UV-Vis, condutivímetro e capacitímetro que são sensores relativamente simples. A pesquisa foi executada no laboratório de combustíveis e lubrificantes da Universidade Federal do Ceará. Seguindo os procedimentos adequados, formulou-se amostras de gasolina tipo A sem adição de etanol anidro, com adição de contaminantes em percentuais pré-determinados, prosseguindo com a leitura dos sensores, bem como o registro dos dados. Realizadas as médias dos resultados por amostra, criou-se gráficos de medições de absorbância, condutividade e capacitância em relação ao percentual de impurezas. Cada sensor, de acordo com suas características, demonstrou eficácia em detectar diferentes impurezas. O condutivímetro e o capacitímetro apresentaram melhor desempenho na detecção de metanol em gasolina, Por outro lado, o sensor UV-Vis mostrou resultados consistentes para detecção de água na gasolina. Os resultados seguiram um padrão repetitivo e pôde-se, ao fim, concluir que existe a possibilidade de identificação da adulteração na gasolina através do UV-Vis, condutivímetro e capacitímetro.

Palavras-chave: Gasolina; Adulteração; Condutividade; Capacitância; UV-Vis; Metanol.

ABSTRACT

Human beings are in constant search for the development of society, aiming to facilitate work and travel. In this search, fuels have become a fundamental tool for evolution. With the growth of production and the fuel market, some people, whether out of bad faith or due to inadequate storage, caused changes that resulted in these products not complying. Fuel adulteration occurs when its physical-chemical properties are modified by the inclusion of a new compound, such as solvents, or by the excess of another fuel already naturally present with the aim of obtaining financial gains. Given this scenario, this study aimed to contribute to the identification of a possible adulteration of the fuel, specifically gasoline, bringing as its objective a method for the analysis of sensory variables associated with contamination by methanol and water that can be used in other renewable fuels. For this purpose, the UV-Vis, conductivity meter and capacitance meter were used, which are relatively simple sensors. The research was carried out in the fuels and lubricants laboratory at the Federal University of Ceará. Following appropriate procedures, samples of type A gasoline were formulated without the addition of anhydrous ethanol, with the addition of contaminants in pre-determined percentages, continuing with the reading of the sensors, as well as recording the data. After averaging the results per sample, graphs were created measuring absorbance, conductivity and capacitance in relation to the percentage of impurities. Each sensor, according to its characteristics, has demonstrated effectiveness in detecting different impurities. The conductivity meter and capacitance meter showed better performance in detecting methanol in gasoline. On the other hand, the UV-Vis sensor showed consistent results for detecting water in gasoline. The results followed a repetitive pattern and it was possible, in the end, to conclude that there is the possibility of identifying adulteration in gasoline through UV-Vis, conductivity meter and capacitance meter.

Keywords: Gasoline; Adulteration; Conductivity; Capacitance; UV-Vis; Methanol.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Danos da gasolina adulterada.....	18
Figura 2 – Primeiros Postos de Gasolina.....	23
Figura 3 – Capacímetro Minipa MC-154A.....	28
Figura 4 – Pontas de provas adaptadas em Capacímetro Minipa MC-154A.....	29
Figura 5 – Condutivímetro Quimis Q405M2.....	30
Figura 6 – Condutivímetro utilizado no laboratório.....	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Condutividade em relação ao percentual de metanol misturado na Gasolina tipo A, amostras de 10 mL.....	34
Gráfico 2	– Capacitância em relação ao percentual de metanol misturado na Gasolina tipo A, amostras de 10 mL.....	34
Gráfico 3	– Condutividade em relação ao percentual de água destilada misturada com Gasolina tipo A, amostras de 10 mL.....	35
Gráfico 4	– Capacitância em relação ao percentual de água destilada misturada com Gasolina tipo A, amostras de 10 mL.....	35
Gráfico 5	– Condutividade em relação ao percentual de água do SAAE de Limoeiro do Norte misturada com Gasolina tipo A, amostras de 10 mL.....	36
Gráfico 6	– Capacitância em relação ao percentual de água do SAAE de Limoeiro do Norte misturada com Gasolina tipo A, amostras de 10 mL.....	37
Gráfico 7	– Condutividade em relação ao percentual de metanol misturado na Gasolina tipo A, amostras de 10 mL.....	37
Gráfico 8	– Capacitância em relação ao percentual de metanol misturado na Gasolina tipo A, amostras de 10 mL.....	38
Gráfico 9	– Condutividade em relação ao percentual de metanol misturado na Gasolina tipo A, amostras de 10 mL.....	38
Gráfico 10	– Capacitância em relação ao percentual de metanol misturado na Gasolina tipo A, amostras de 10 mL.....	39
Gráfico 11	– Espectroscopia UV-Vis da gasolina com água destilada	40
Gráfico 12	– Espectroscopia UV-Vis da gasolina com água destilada no intervalo de 320 a 400 nm.....	40
Gráfico 13	– Espectroscopia UV-Vis da gasolina com água destilada no intervalo de 450 a 550 nm	41
Gráfico 14	– Espectroscopia UV-Vis da gasolina com água tratada	42
Gráfico 15	– Espectroscopia UV-Vis da gasolina com água tratada no intervalo de 330 a 400 nm	42
Gráfico 16	– Espectroscopia UV-Vis da gasolina com água tratada no intervalo de 450 a 550 nm	43

Gráfico 17	– Curva de calibração no comprimento de onda de 335 nm para as amostras adulteradas com água destilada.....	44
Gráfico 18	– Curva de calibração no comprimento de onda de 357 nm para as amostras adulteradas com água destilada.....	44
Gráfico 19	– Curva de calibração no comprimento de onda de 377 nm para as amostras adulteradas com água destilada	45
Gráfico 20	– Curva de calibração no comprimento de onda de 500 nm para as amostras adulteradas com água destilada	45
Gráfico 21	– Curva de calibração no comprimento de onda de 335 nm para as amostras adulteradas com água tratada	46
Gráfico 22	– Curva de calibração no comprimento de onda de 357 nm para as amostras adulteradas com água tratada	46
Gráfico 23	– Curva de calibração no comprimento de onda de 377 nm para as amostras adulteradas com água tratada	47
Gráfico 24	– Curva de calibração no comprimento de onda de 500 nm para as amostras adulteradas com água tratada	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Gasolina, derivados e usos	21
Tabela 2 – Materiais utilizados no desenvolvimento da pesquisa.....	26
Tabela 3 – Insumos utilizados no desenvolvimento da pesquisa.....	26
Tabela 4 – Especificações da Gasolina tipo A utilizada.....	27
Tabela 5 – Características do Capacímetro Minipa MC-154A.....	29
Tabela 6 – Características do Condutivímetro - Quimis Q405M2.....	30
Tabela 7 – Características técnicas - Biomate 3S.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
MAPA	Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
ISO	International Organization for Standardization
PMQC	Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis
PROCON	Programa de Proteção e Defesa do Consumidor
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
API	American Petroleum Institute
RON	Research Octane Number
MON	Motor Octane Number
IAD	Índice de Octanagem

LISTA DE SÍMBOLOS

C	Concentração da solução
μF	Capacitância
%	Porcentagem
Us/cm	Condutividade
λ	Comprimento de onda
H	Constante de Planck
L	Espessura da solução
V	Frequência
$^{\circ}C$	Grau Celsius
Mg	Miligrama
ml	Mililitro
Nm	Nanometro
Kg	Quilograma
kPa	Quilopascal
T	Transmitância
C	Velocidade da luz no vácuo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS.....	16
1.1.1	Objetivo geral.....	16
1.1.2	Objetivos específicos.....	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	O Petróleo e sua utilização.....	19
2.2	A gasolina.....	21
2.3	Sensores.....	24
3	MATERIAIS E METODOS.....	26
3.1	Combustível utilizado.....	26
3.2	Água destilada e água tratada SAAE Limoeiro do Norte.....	27
3.3	Metanol ou álcool metílico.....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1	Espectroscopia UV-Vis das amostras adulteradas com água destilada.....	39
4.2	Espectroscopia UV-Vis das amostras adulteradas com água tratada.....	41
4.3	Curva de calibração para as amostras adulteradas com água destilada.....	43
4.4	Curva de calibração para as amostras adulteradas com água tratada.....	45
5	CONCLUSÃO.....	48
	REFERÊNCIAS	50
	APÊNDICE A - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	53
	ANEXO A - SENSORES UTILIZADOS.....	54
	ANEXO B - AMOSTRA DE ÁGUA DO SAAE LIMOEIRO DO NORTE.....	55

1 INTRODUÇÃO

O homem e a natureza possuem uma relação de transformação desde os primórdios da humanidade. Buscando melhorias nas condições de vida, os seres humanos desenvolveram fontes de energia que marcaram a história, diante dessa evolução buscou-se combustíveis de origem fóssil para auxiliar na resolução de tarefas até pouco tempo realizadas apenas de forma manual (SOUSA, 2024). Conforme Alves (2017), os combustíveis são compostos que reagem quimicamente com o oxigênio, tendo a obtenção de calor, e resultando dessa reação os gases.

De acordo com Sousa (2024), no século XX, com a popularização dos automóveis, a demanda por combustíveis de alto desempenho aumentou ainda mais em escala internacional. Isso resultou na transformação dos combustíveis fósseis, que até então eram principalmente utilizados na produção de querosene, em fontes para a obtenção de gasolina. Posteriormente, algumas décadas após, essa mesma tendência levou à ampla adoção do diesel como um combustível de uso generalizado. Com a utilização dos combustíveis em grande escala, iniciam-se as práticas de adulteração desses combustíveis (Sousa, 2024).

A adulteração do combustível é realizada quando as suas propriedades físico-químicas são alteradas com a adição de um novo composto, como os solventes, ou pelo excesso de outro combustível que já esteja presente “naturalmente”, sendo possível considerar qualquer alteração na composição química já formulada, como uma adulteração (Lima; Hidalgo Filho, 2011). De acordo com Marques et al (2010), essas adulterações trazem consequências, como: aumento do consumo de combustível, agressão aos componentes do sistema de alimentação do veículo e alteração do desempenho do motor. Além disso, suas consequências chegam ao meio ambiente, com emissões de gases de combustão nocivos, como derivados de NOx e SOx, causadores de impactos ambientais significativos, como por exemplo a poluição do ar.

Assim, o emprego de combustíveis adulterados causa diversos danos como mencionados anteriormente, o que pode acarretar em despesas adicionais para o proprietário. As consequências não se limitam apenas aos veículos e seus proprietários, mas também se estendem aos postos revendedores de combustíveis. As penalidades determinadas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), órgão fiscalizador, podem incluir desde a interdição de bicos e tanques até multas severas, cujos valores variam conforme as regulamentações de cada município (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, 2017).

Conforme Fogaça (2024), a adulteração mais comum é a adição de etanol anidro (álcool etílico) acima da quantidade permitida por lei na gasolina. De acordo com a Portaria 807 de 23/01/2020 do Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento (MAPA), a

porcentagem de álcool adicionada deve estar entre 18% e 27,5% em volume. Mesmo o etanol sendo um combustível renovável e a maioria dos carros fabricados atualmente sendo flex, ou seja possibilitando o uso do etanol ou gasolina, à adição do mesmo em excesso é considerada adulteração. Além do etanol, outros produtos como o óleo diesel e o querosene também podem ser adicionados à gasolina por serem mais baratos e proporcionarem mistura com a gasolina. Isso pode resultar na carbonização da câmara de combustão, uma vez que a sua octanagem é muito baixa, o que pode causar detonação em baixas rotações. Para detectar se a gasolina está adulterada com óleo diesel, basta expô-la à luz ultravioleta. Se estiver adulterada, ela apresentará uma aparência turva e leitosa, pois o diesel emite fluorescência.

Para identificar possíveis combustíveis adulterados no Brasil, a ANP criou, em 1998, o Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis (PMQC), sendo este programa uma ferramenta de grande importância no controle da qualidade dos combustíveis comercializados no território nacional, programa que colabora para a redução dos índices de não conformidade dos produtos comercializados (Lima, 2012).

Segundo o portal G1 (2024) A ANP registrou número recorde de flagrantes de combustíveis batizados com metanol em 2023. Estima-se que apenas no ano passado foram adulterados com o metanol aproximadamente 30 milhões de litros de gasolina e de etanol em todo o país. Esse volume de combustível corresponde ao abastecimento médio de 1,5 milhão de veículos neste período.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo analisar a qualidade da gasolina utilizando condutivímetro, capacímetro e UV-vis para a detecção de adulteração visando a simplicidade da metodologia do experimento analisando as características físico-químicas e podendo ser aplicados em outros biocombustíveis.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a qualidade da gasolina a partir da determinação da concentração de agentes contaminantes que alteram as características físico-químicas, mais especificamente metanol e água. Utilizando condutivímetro, capacitímetro e o UV-VIS.

1.1.2 Objetivos específicos

- Desenvolver uma metodologia que possa detectar adulteração na gasolina com presença de metanol e água utilizando condutivímetro.
- Avaliar se há percentual de impurezas na gasolina utilizando capacitímetro;
- Medir o teor de água na gasolina através do UV-VIS a partir da variação da absorbância.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O início da indústria de petróleo ocorreu no meio do século XIX, devido à necessidade de combustível para iluminação. Com o aumento da demanda por gasolina devido ao crescimento do transporte, no final do século, os destilados leves de petróleo, com baixa resistência à detonação, formaram a composição da gasolina. A adição de álcoois etílico e metílico inibiu esta característica de detonação, mas em 1921, Midgley e Brown descobriram que o chumbo-tetra-etila era mais eficaz na inibição da detonação e passou a ser usado como aditivo principal da gasolina. No Brasil, a adição de chumbo à gasolina foi proibida em 1989, sendo o primeiro país a fazê-lo devido à crescente preocupação com o meio ambiente e os danos causados ao ser humano pelo chumbo tóxico e aos catalisadores dos veículos.

Hoje, o chumbo é usado apenas na gasolina de aviação. Os combustíveis são produtos utilizados para produzir energia, como o óleo diesel, o óleo combustível, o gás natural, o gás liquefeito de petróleo (GLP), a gasolina, o etanol, o querosene de aviação, o biodiesel e suas misturas com o óleo diesel. A maioria dos combustíveis atualmente é derivada do petróleo bruto e é produzida por refinamento, aquecendo a temperaturas acima de 370 °C.

As reservas de petróleo bruto no mundo são estimadas em cerca de um bilhão de barris e a tecnologia atual de extração permite a extração de até 70% do petróleo de uma reserva, sendo o restante difícil de extrair e de custo elevado. No futuro, quando as reservas 100% forem esgotadas, retornar-se-á a reservas com até 50% para extraí-las completamente, mas com um custo muito maior do que o atual. Segundo Akerlof (1970) verifica-se em países em desenvolvimento frequentemente, a existência de práticas abusivas nos mercados de derivados de petróleo. Kojima e Bacon (2001) identificam em estudo os mercados de combustíveis do Casquistão, Nigéria e Brasil, três principais tipos de abusos: adulteração da gasolina através da adição de querosene, comercialização de gasolina de baixa qualidade como sendo de qualidade superior-e, falsificação de documentos para legalização de mercadorias importadas ilegalmente.

Destaca-se dentre elas a adulteração de combustíveis, devido a sua capacidade em agravar os efeitos das externalidades geradas pelo consumo de combustíveis fósseis, pode-se definir esta prática como o ato de adicionar deliberadamente qualquer outra substância combustível, fora das especificações previstas em regulamento, ou alterar os percentuais permitidos daquelas já existentes, resultando disto em um novo produto com características e qualidades distintas, na maioria das vezes inferiores as iniciais

Na figura 01 mostra-se os danos causados pelo uso de gasolinas adulteradas

Figura 01- Danos da gasolina adulterada



Fonte: ANP 2017, adaptada

O World Bank (2002) considera como o principal estímulo à adulteração de combustíveis, a existência de cargas tributárias diferenciadas entre os derivados de petróleo, possibilitando assim a obtenção de ganhos financeiros, através da adição de um ou mais derivados de menor carga ao de carga superior, acrescentando Dorland et al. (2008) que a adulteração se torna tanto mais lucrativa, quanto maior for à proximidade dos preços praticados do produto adulterado, em relação aos do genuíno. Ainda sob sua análise, Dorland et al. (2008) avalia que falhas na regulação, fiscalização ineficiente, resultando em pequena probabilidade do fraudador ser penalizado, consumidores mal-informados e pouco exigentes, também se constituem em incentivos a adulteração. Classifica ainda o World Bank (2002, p. 1), através de observações ao mercado indiano de combustíveis, como principais mecanismos de adulteração:

No Brasil, o monopólio do mercado de combustíveis ficou nas mãos da Petrobras até 1997, porém, a partir de agosto desse ano, as portas foram abertas ao investimento estrangeiro. O objetivo dessa abertura foi o melhoramento dos combustíveis que circulavam pelo país, entretanto, isso não se tornou realidade, visto que o consumidor passou a pagar mais caro por um produto de menor qualidade. Essa problemática também deu início a outros problemas como denúncias de fraudes fiscais, sonegação de impostos e comercialização de combustíveis adulterados (Mendes, 2012).

Com a finalidade de combater a prática da adulteração e das fraudes, a ANP fundou em 1999, o PMQC Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis, para garantir a qualidade e a distribuição eficiente de combustíveis no mercado interno (Mendes, 2012).

2.1 O Petróleo e sua utilização

Para poder se ter uma visão macro dos sistemas de obtenção de energias para transformá-las em trabalho, citaremos o combustível que mais contribuiu com o desenvolvimento da sociedade humana.

O uso do petróleo pelo homem remonta a antiguidade. Inicialmente utilizado em argamassas destinadas à construção civil, calafetação de embarcações, fins bélicos e até para uso medicinal, somente no século XIX é que se desperta o interesse em sua exploração comercial, visando atender às crescentes demandas por combustível, iluminação artificial e lubrificação de máquinas (Souza, 2006).

O desenvolvimento de técnicas que viabilizaram o refino de petróleo, no final da década de 1840, os estudos realizados em 1855, por iniciativa da Pennsylvania Rock Oil Company, primeira companhia do setor nos Estados Unidos da América, demonstrando as excelentes qualidades do petróleo como iluminante e lubrificante, seguidos pela adoção de novos métodos de produção, que possibilitaram a perfuração do primeiro poço em 1859 localizado no noroeste da Pensilvânia, constituem-se em marcos iniciais da moderna indústria petrolífera (Aragão, 2005).

A formação do setor é marcada por um vertiginoso crescimento e confunde-se com a trajetória da Standard Oil Company, empresa registrada em 1870 por Jonh D. Rockefeller¹. A estratégia adotada pela Standard Oil caracterizava-se basicamente pela busca da redução e do controle de custos, por aumento de volumes comercializados, com manutenção de qualidade, através da integração do processo de refino, com as atividades de suprimento e distribuição.

Tal comportamento empresarial vem ditando ainda hoje o padrão da concorrência no setor, notadamente pelas empresas “majors”, que visam dentre outros objetivos: a obtenção de grandes economias de escala, escopo e custos de transação (Canela, 2007).

A indústria do petróleo atual apresenta uma complexa cadeia de produção, comumente dividida em dois segmentos para fins didáticos. O primeiro segmento abrange os setores de exploração e produção, enquanto o segundo engloba as fases subsequentes, que incluem refino, transporte, distribuição e comercialização.

Nessa pesquisa contextualizamos os processos de obtenção do petróleo, porém o foco na adulteração se vê presente apenas no segundo segmento que é do refino até chegar ao cliente. Cada país obedece a uma legislação nacional e as formas de manter os percentuais das misturas de acordo com as normas e com o mercado internacional seguindo a ISO 29001.

Para organizações que trabalham no setor de petróleo e gás, a certificação, representa uma oportunidade significativa de padronização e melhoria. Publicada pela primeira vez em 2003, foi desenvolvida pela ISO e pelo setor internacional de petróleo e gás, conduzida pelo American Petroleum Institute (API).

Recentemente, a Diretoria da ANP deu aprovação a uma resolução destinada a elevar a qualidade da gasolina automotiva no Brasil, visando vantagens para os consumidores. Essa resolução ANP 807 de 23/01/2020 estabeleceu as diretrizes e os requisitos referentes ao controle de qualidade que os agentes econômicos devem seguir, substituindo assim a Resolução ANP nº 40 de 2013.

A atualização das especificações da gasolina automotiva aborda principalmente três aspectos cruciais. O primeiro consiste em estabelecer um valor mínimo para a densidade da gasolina, o que resulta em maior energia e menor consumo. O segundo ponto está relacionado aos parâmetros de destilação, especificamente a temperatura em que 50% da gasolina evapora (conhecida como T50), que tem impacto no desempenho do motor, na dirigibilidade e no aquecimento do veículo.

O terceiro ponto aborda a imposição de limites para a octanagem RON (Research Octane Number), um parâmetro já presente nas especificações da gasolina em outros países. Essa regulamentação se torna essencial devido às novas tecnologias de motores e resultará em uma gasolina com um desempenho aprimorado para os veículos. É importante observar que existem dois parâmetros de octanagem, MON (Motor Octane Number) e RON. No Brasil, antes, apenas o valor MON era especificado, juntamente com o índice de octanagem (IAD), que é a média entre MON e RON.

Passou a vigorar a partir do dia 3 de agosto de 2020 as especificações estabelecidas na nova resolução ANP 807 de 23/01/2020 onde, os valores de massa específica, temperatura de destilação de 50% e o índice de octanagem (IAD) constantes na Resolução 40/2013 permaneceriam inalterados. Entretanto, após o término do prazo de transição 90 dias contado a partir de 03 de agosto de 2020, o IAD será substituído pelo valor RON desta forma aconteceu.

A iniciativa é resultado da realização, pela ANP, de estudos e pesquisas dos padrões de qualidade, considerando o acompanhamento das especificações e harmonizações internacionais e de debates com os agentes do mercado de combustíveis. Atende aos atuais

requisitos de consumo de combustível dos veículos e de níveis de emissões progressivamente mais rigorosos, considerando cenário futuro das fases L-7 e L-8 do Programa de Controle de Emissões Veiculares (Proconve – Ibama), e do Programa Rota 2030 – Mobilidade e Logística (Governo Federal).

Na tabela 01 pode-se observar os principais produtos derivados do petróleo e seus usos.

Tabela 01 - Gasolina, derivados e usos

TIPO	DERIVADO	PRINCIPAL USO
Combustíveis	Gasolina Óleo Diesel Óleo Combustível Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) Querosene de Aviação Querosene Iluminante	Combustível Automotivo Indústria naval Geração de eletricidade Coção Combustível Aeronáutico Iluminação
Insumos Petroquímicos	Nafta Propeno (de refinaria)	Matéria Prima da indústria petroquímica Matéria prima do polipropileno (para fabricação de plásticos) Acrilatos (usados em tintas.
Outros	Óleos Lubrificantes Parafina Asfalto	Lubrificação de máquinas e motores Velas, indústria alimentícia Pavimentação

Fonte: Cardoso (2005 *apud* SOUSA, 2006)

2.2 A gasolina

A gasolina e o álcool representam alguns dos principais combustíveis utilizados na indústria automobilística brasileira, tendo um impacto econômico significativo devido ao seu amplo volume de comercialização. Infelizmente, a adulteração desses combustíveis é uma ocorrência relativamente comum nos postos de abastecimento.

Essa prática, muitas vezes motivada por questões de custo e lucro, pode resultar na modificação das propriedades físico-químicas da gasolina e do álcool. A adulteração pode ocorrer por meio da adição de novos compostos ou do excesso de substâncias já presentes, afetando características como controle de ignição, aquecimento, desgaste prematuro de componentes do motor elétrico, aceleração e eficiência no consumo de combustível do veículo (Marques, 2010). Essas alterações representam sérios riscos para os motoristas.

A gasolina é um combustível derivado do processamento do petróleo. Durante esse processo, várias naftas são misturadas, e é essencial equilibrar as propriedades dessas misturas para garantir um desempenho satisfatório em diversas condições de operação de motores.

A estrutura da gasolina é composta principalmente por hidrocarbonetos com 4 a 12 átomos de carbono, sendo a maioria deles situados na faixa de 5 a 9 átomos de carbono, é um combustível constituído principalmente por hidrocarbonetos, compostos por carbono e hidrogênio. Sua estrutura molecular inclui cadeias de carbono de diferentes comprimentos, variando de C_7H_{16} a $C_{11}H_{24}$.

Quando a mesma é queimada em motores de combustão interna, os produtos da combustão liberados pelo escapamento dos veículos incluem:

- Monóxido de carbono (CO): É um subproduto típico da combustão incompleta, ocorrendo quando não há oxigênio suficiente disponível para reagir completamente com todo o carbono presente.
- Óxidos de nitrogênio (NO_x): Resultam da combinação de nitrogênio e oxigênio do ar de várias maneiras durante o processo de combustão.
- Hidrocarbonetos não queimados (HC): Não todos os hidrocarbonetos são totalmente consumidos durante a combustão, devido à sua rápida taxa de reação.

Para reduzir a emissão desses poluentes, os veículos são equipados com catalisadores. A função desses dispositivos é converter os gases de escape em substâncias menos prejudiciais. Os catalisadores têm a capacidade de eliminar o monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos através de reações que envolvem a presença de oxigênio. No entanto, é importante notar que os catalisadores não conseguem capturar todos os poluentes, e uma parte deles sempre escapa para a atmosfera.

O primeiro posto de gasolina surgiu em Wiesloch, Alemanha, em 1888, onde a Bertha Benz abasteceu o tanque do primeiro carro fabricado, porém, o conceito de posto de gasolina só se tornou evidente em 1907, quando Henry Ford criou o primeiro posto de gasolina em St. Louis, EUA, chamado Automobile Gasoline Company. No Brasil não foi diferente. Quando a quantidade de automóveis cresceu, a instalação dos postos foi necessária para atender a demanda de abastecimento, isso só foi possível em 1915. (Brasil Postos, 2014).

Na figura 02 tem-se uma imagem dos primeiros postos de combustíveis.

Figura 02 - Primeiros Postos de Gasolina



Fonte: Brasil Postos, 2014

De acordo com Mendes (2012), a gasolina pode ser classificada como:

Gasolina A Comum: é a gasolina que não possui etanol anidro, sendo ela produzida nas refinarias de petróleo e entregue diretamente às companhias distribuidoras;

Gasolina A Premium: é a gasolina que não possui álcool anidro, porém, sua formulação é especial, pois é obtida a partir de naftas de elevada octanagem que fornecem ao produto maior resistência à detonação;

Gasolina C Comum: é a gasolina preparada pelas companhias distribuidoras que adicionam etanol anidro à gasolina A comum e a fornece aos postos revendedores;

Gasolina C Premium: é a gasolina preparada pelas companhias distribuidoras que adicionam etanol anidro à gasolina A Premium e a fornece aos postos revendedores.

Segundo a Petrobras (2022), os tipos de gasolina comercializadas no Brasil e suas respectivas características são as seguintes:

A gasolina Podium: possui ultrabaixo teor de enxofre, possibilitando um menor impacto ambiental. Esse tipo de gasolina é uma das melhores para manter a eficiência energética do motor, evitando a formação de depósitos. Além disso, ela aumenta a vida útil do lubrificante, reduzindo os custos de manutenção do veículo;

A gasolina Premium: possui uma octanagem mínima de 97 unidades medida pelo índice (RON) e até 50 mg/kg (ou ppm) de teor de enxofre;

A gasolina Comum: possui octanagem mínima de 92 unidades medida pelo método RON e 82 unidades pelo método MON, obedecendo à especificação a ser atendida obrigatoriamente desde 03/08/2020. A partir do dia 01/01/2022 esse valor aumentou para 93 (RON). Por último, o seu baixo teor de enxofre é de até 50 mg/kg (ou ppm).

2.3 Sensores

Sensores são componentes extensivamente usados na automatização industrial, convertendo variáveis físicas como posição, velocidade, temperatura, nível, pH, entre outras, em formas convenientes de variáveis de engenharia. Segundo (Thomazini, 2005) sensor é o Termo usado para descrever dispositivos sensíveis a diversas formas de energia do ambiente, como luminosa, térmica ou cinética, que fornecem informações sobre uma grandeza física a ser medida, como temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, entre outras.

Nem todos os sensores possuem as características elétricas adequadas para serem diretamente integrados a um sistema de controle. Geralmente, o sinal de saída do sensor precisa ser manipulado antes de ser lido pelo sistema de controle. Isso é frequentemente realizado através de um circuito de interface que produz um sinal compatível com o controlador.

Já para (Mattede, 2023), Sensores são dispositivos projetados para detectar e reagir de forma eficaz a estímulos específicos. Podem medir uma variedade de fenômenos, como calor, pressão, movimento, luz, entre outros. Dentro dessas categorias, existem diversos modelos de sensores que podem atender ao mesmo propósito. Uma vez que o sensor recebe o estímulo, sua função é emitir um sinal que possa ser convertido e interpretado por outros dispositivos. Portanto, a escolha do sensor a ser utilizado depende exclusivamente do objetivo específico da instalação e da finalidade desejada.

A capacitância de um capacitor, uma propriedade física, representa a quantidade de carga que ele pode armazenar por unidade de diferença de potencial elétrico. Pode ser expressa como o resultado da divisão do módulo de uma das suas placas pelo módulo da diferença de potencial entre essas placas. (Jewett Junior; Serway, 2017). Visando analisar a diferença dos dados ao serem variadas as adulterações optou-se por utilizar o capacitímetro.

Já o condutímetro visa identificar a variação da condutividade elétrica a partir da inserção de impurezas em um determinado líquido. De acordo com o fabricante do Quimis Q405M2, este aparelho de bancada é utilizado no controle físico-químico das águas destiladas, deionizadas e osmosificadas, através de medições de condutividade, resistividade, sólidos totais dissolvidos, condutividade de etanol combustível e teor de cinzas em açúcares, aplicações nas indústrias alimentícias, indústrias químicas, eletrônicas e farmacêuticas, onde se requer exatidão e confiabilidade.

A partir de um condutímetro é possível monitorar e controlar fenômenos indesejados como as coagulações e renucleações e eventuais formações de diferentes populações de partículas (distribuição bimodal, trimodal) (Santos, 2003).

No caso de soluções, a condutividade resulta da soma das contribuições de todos os íons presentes no meio. Embora todos os íons presentes contribuam para a condução de eletricidade, a fração da corrente transportada por uma dada espécie iônica depende de sua concentração relativa e da facilidade com que se movimenta no meio (Santos, 2003)

A adulteração pode afetar várias variáveis importantes, como o índice de octano, a quantidade de água e impurezas presentes no combustível, entre outros. Essas alterações podem causar o aumento da pressão no motor, o acúmulo de resíduos e o aumento da temperatura do motor, o que pode resultar em problemas graves, como o desgaste precoce das peças, a corrosão dos componentes e a diminuição da eficiência energética.

Os testes laboratoriais são importantes para detectar essas variáveis. É importante que os proprietários de veículos estejam atentos à qualidade do combustível utilizado e evitem o uso de combustíveis adulterados, a fim de preservar o funcionamento adequado do motor e minimizar os danos financeiros a longo prazo.

Os sintomas de alteração no funcionamento do motor são amplamente discutidos e divulgados pelos meios de comunicação, mas a identificação dessas adulterações muitas vezes não recebe a mesma atenção. Em muitos casos, os proprietários simplesmente retiram o combustível adulterado e o substituem por um de melhor qualidade. No entanto, surge a questão: como fazer para facilitar essa inspeção e detectar esses contaminantes? Quais sensores posso utilizar para este fim? Para responder a essas perguntas, foram realizados testes laboratoriais e espectrometria UV-VIS, para avaliar a presença de impurezas.

3 MATERIAIS E METODOS

Para a realização da pesquisa foram usados equipamentos de sensoriamento de baixo e médio custo.

Segue na tabela 02 e 03 a lista dos equipamentos e insumos utilizados no desenvolvimento da pesquisa.

Tabela 02 - Equipamentos utilizados no desenvolvimento da pesquisa

1	Capacímetro do tipo Minipa MC 154
2	condutivímetro Quimis Q405M2
3	UV-Vis espectrofotômetro Biomate 3 Series

Fonte: Autor 2024

Tabela 03 - Insumos utilizados no desenvolvimento da pesquisa

1	Gasolina tipo A amostra 024C22
2	Metanol CAS 67-56-1
3	Água destilada
4	Água SAAE Limoeiro do Norte, Ceará conforme o anexo B

Fonte: Autor 2024

Os procedimentos experimentais foram realizados nos laboratórios da Universidade Federal do Ceará, Laboratório de Combustíveis e lubrificantes (LCL), campus Pici, e no laboratório da pós graduação em Tecnologia de alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, campus Limoeiro do Norte.

Os combustíveis de acordo com sua formulação desempenham suas funções e possui propriedades, essas são alteradas quando inserido qualquer solvente diferente da sua composição. Desta forma tendo em vista as constantes buscas por tecnologias que auxiliem o controle de qualidade da gasolina e dos combustíveis renováveis, relacionando-as com os custos elevados dos equipamentos pensou-se numa metodologia que facilitasse a realização dos testes e que aplique sensores simples para detecção de impurezas na gasolina podendo serem aplicados em outros combustíveis renováveis como etanol e biodiesel.

3.1 Combustível utilizado

A gasolina empregada na formulação das amostras adulteradas foi fornecida pelo Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes (LCL) da UFC. Preparou-se amostras de 10 ml de

gasolina tipo A adicionada do contaminante, variando as proporções de adulteração de 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 e 20%. Desde o momento do recebimento até a preparação das amostras para análise, a gasolina foi armazenada em refrigerador, visando a preservação de suas propriedades como octanagem e volatilidade. Os resultados da caracterização da gasolina estão apresentados na Tabela 4

Tabela 04 - Especificações da Gasolina tipo A utilizada (Código da amostra 024C22).

Característica	Resultado	Metodologia
Aspecto	Límpido e isento de impurezas	NBR 14954
Cor visual	laranja	proc. Interno
Massa específica	734,2 kg/m ³	ASTM D4052
Teor de EAC	28% vol	NBR 13992
Destilação PIE	38,2°C	ASTM D86
Destilação 10% evaporado	52,5°C	
Destilação 50% evaporado	69,5°C	
Destilação 90% evaporado	141,8°C	
Destilação PFE	192,9°C	
Destilação resíduo	1,1 % vol	

Fonte Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes – LCL UFC Campus Pici março 2022

3.2 Água destilada e água tratada SAAE Limoeiro do Norte

A alteração das conformidades da gasolina, estabelecida pela ANP podem ocorrer através da armazenagem inadequada, do meio de locomoção e transporte e manuseio. A adulteração pode ser feita através da adição excessiva do etanol, da adição de óleo diesel ou querosene, aguarrás ou solventes para borracha (Hygino, 2016).

A decisão de empregar água (destilada e tratada) como agente adulterante na gasolina está associada ao seu custo acessível e à simplicidade de manuseio durante o processo de adulteração. No anexo 1 a tabela com os dados referentes a água tratada do SAAE de Limoeiro do Norte-CE.

Inicialmente, procedeu-se à utilização de amostras de 5 mL, as quais eram constituídas por gasolina do tipo A, juntamente com o contaminante em questão. Durante este estágio experimental, as concentrações de impurezas variaram de 5% a 50%, sendo incrementadas em intervalos de 5%. Posteriormente, houve uma transição metodológica para amostras de 10 mL, estrategicamente formuladas com o propósito de oferecer resultados com

Figura 04 - Pontas de provas adaptadas em Capacímetro Minipa MC-154A



Fonte: Autor 2024

De acordo com o fabricante o Capacímetro Minipa MC-154A tem função de medir capacitância, testes e controles de componentes capacitivos. Possui display de 3½ dígitos e precisão básica de 0,5%. Segue na tabela 05 suas especificações.

Tabela 05 - Características do Capacímetro Minipa MC-154A

CARACTERÍSTICAS Capacímetro Minipa MC-154A
• Display LCD: 3 1/2 2 dígitos (2000 contagens);
• Faixas: 9 posições, faixa de valor (20pF até 20mF);
• Tempo de Amostragem: Aprox. 2~3 segundos;
• Indicação de Bateria Fraca: A indicação é mostrada quando a tensão da bateria cair abaixo da tensão de operação;
• Ajuste de Zero: Manual \pm 25pF;
• Data Hold;
• Iluminação do Display;
• Ambiente de Operação: 0° C a 40° C, umidade relativa UR <80% (máximo);
• Tensão de Teste: Máximo 2.8V RMS;
• Proteção de Sobrecarga: Fusível de Ação Rápida: 200mA/250V, 5x20mm;
• Alimentação: Uma bateria de 9V (NEDA1604, 6F22);

- Dimensões: 143(A) x 75(L) x 32(P) mm;
- Peso: Aprox. 200g (incluindo a bateria).

Fonte: <https://www.minipa.com.br/images/Manual/MC-154A-1104-BR.PDF>, acesso em março de 2024.

O condutivímetro da marca Quimis Q405M2 foi utilizado para detecção de variação na condutividade elétrica de acordo com a indução de impurezas na gasolina tipo A.

Na Figura 05 temos o modelo utilizado na pesquisa.

Figura 05 - Condutivímetro Quimis Q405M2



Fonte: Autor 2024

Na tabela 06 segue as especificações do Condutivímetro da marca Quimis Q405M2 de acordo com o fabricante.

Tabela 06 - Características do Condutivímetro - Quimis Q405M2

INFORMAÇÕES TÉCNICAS - Condutivímetro Quimis Q405M2
• Construído em plástico ABS, compacto, robusto com fino acabamento;
• Indicação digital em amplo display gráfico de cristal líquido de fácil visualização, com 128 x 64 pixels;
• Indicação digital simultânea de condutividade, temperatura, constante da célula e fator;
• Medição de álcool conforme norma ABNT NBR 10547, medição de cinzas pelos métodos 28 gramas e 5 gramas;
• Tecnologia moderna baseada em microcontrolador;
• Medição de condutividade, com compensação de temperatura na faixa de 0°C a 100°C;
• Célula de medição em vidro e platina preta;
• Faixa de trabalho: 0 a 19.999 μS , feito em quatro escalas, com seleção automática da faixa de leitura;

• Precisão: $\pm 1\%$ (fundo de escala);
• Também permite medição de: STD (sólidos totais dissolvidos), resistividade, seleção das constantes 0,1 1 e 10;
• Acompanha célula medição, 100 mL de solução padrão e manual de instruções;
• Cabo de força com dupla isolamento e plugue de três pinos, dois fases e um terra, atendendo a nova norma ABNT NBR 14136;

Fonte: <https://www.quimis.com.br/produtos/detalhes/condutivimetro-de-bancada-q405m2>, acesso em março de 2024.

A espectrometria de absorção molecular é fundamentada na medição da transmitância T ou da absorbância A de soluções que ficam contidas em cubetas transparentes. Para essa medição usou-se o UV-VIS espectrofotômetro Biomate 3 Series.

Na tabela 07 temos as características técnicas doUV-vis Biomate 3S.

Tabela 07 - Características técnicas - Biomate 3S

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS - Biomate 3S
• Sistema óptico: duplo feixe split-beam.
• Faixa de operação: 190 a 1100nm.
• Largura de banda espectral: 1.8nm.
• Lâmpada: xenônio (vida útil típica de 5 anos, 3 anos de garantia).
• Detector: fotodiodos de silício.
• Exatidão do comprimento de onda: ± 1 nm.
• Exatidão fotométrica: 0.005 A em 1 Abs.
• Luz espúria: $< 0.08\%$ T em 220, 340 nm (NaI, NaNO ₂); $< 1.0\%$ T de 198 – 200 nm (KCl).
• Ruído: < 0.00025 em 0.0 A; < 0.00050 em 1.0 A; < 0.00080 em 2.0 A; RMS em 260 nm.
• Display gráfico e de cristal líquido.
• Armazenagem de dados: até 80 métodos em memória não volátil e capacidade ilimitada de armazenagem de métodos e resultados em dispositivos de memória USB (pen-drives).

Fonte: <https://www.trammit.com.br/linha-para-ortopedia/154-espectrofotometro-uv-visivel-modelo-biomate-3s.html>, acesso em março de 2024

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da avaliação dos resultados, buscou-se identificar padrões de comportamento em cada forma de adulteração, visando facilitar a detecção de potenciais anormalidades na gasolina disponível no mercado.

Segundo a Resolução 807 de 23/01/2020 da ANP, não se deve confundir gasolinas impróprias para o consumo, ou não conformes, com gasolinas adulteradas. A adulteração é um crime em que há intenção de se obter benefícios financeiros com a comercialização de produto modificado por solventes e contaminantes em geral. As gasolinas não conformes e impróprias são as que no trajeto do refino até o consumidor final sofreram algum tipo de contaminação por falha de armazenamento, transporte entre outras falhas sem a intenção de se obter ganho financeiro.

Por esta razão, a ANP determina a adição de marcador aos solventes de forma que seja possível identificar sua presença na composição da gasolina, em caso de adulteração. A partir de janeiro de 2002, a ANP implantou o Programa de Marcação Compulsória de Produtos, regulamentado atualmente através da Resolução ANP nº 902/2022.

As amostras foram analisadas com condutivímetro, capacímetro e UV-VIS para detectar as impurezas presentes. Durante o experimento as temperaturas variaram de 24 a 26 °C a fim de evitar influências nos resultados em virtude da volatilidade tendo em vista que quanto menor for a pressão interna e maior a temperatura externa, a formulação combustível será mais volátil.

Segundo o site (Digital Water, 2024) a condutividade Elétrica, também conhecida como EC, é a capacidade de uma substância ou solução de conduzir (transmitir) uma corrente elétrica sobre uma área definida. A corrente pode fluir através de líquidos em nível atômico ou iônico. A facilidade com que a corrente é transmitida sobre uma área definida ajuda a quantificar a concentração iônica de uma amostra. Portanto a escolha pelo condutivímetro deu-se com o objetivo de detectar adulteração na gasolina a baixo custo de maneira eficaz.

Segue na figura 06 o Condutivímetro sendo utilizado no laboratório.

Figura 06 - Condutivímetro utilizado no laboratório

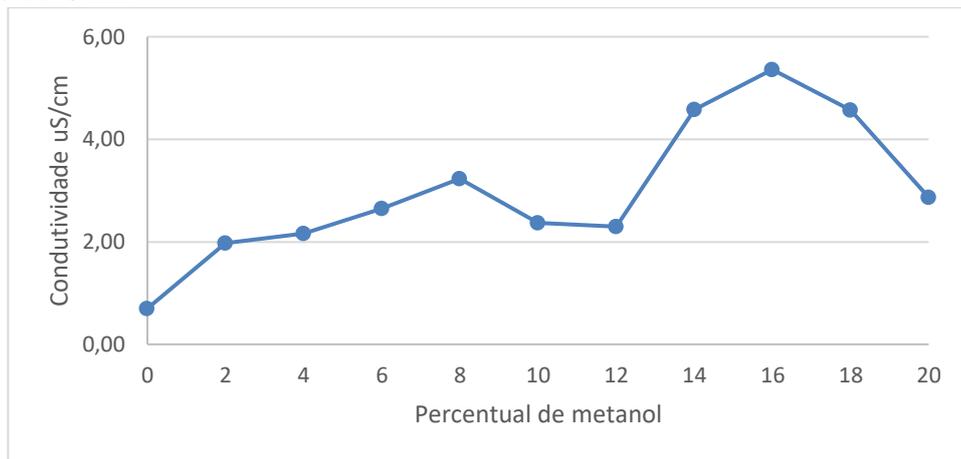


Fonte: Autor 2024

As amostras iniciais foram de 10 mL com intervalos de 5% porém a baixa resolução e a baixa solubilidade da gasolina na água direcionou a pesquisa a baixar o intervalo de forma gradativa até chegar-se a 2% afim de avaliar melhor.

De acordo com o gráfico 1 referente a amostra de 10 mL na qual se usou o contaminante metanol, nas escalas de 0 a 20% com incremento de 2% sendo medido no valor 0% o valor base de referência para as demais medidas, no laboratório, observando os resultados percebeu-se uma progressão dos valores da condutividade de 2 até 8% mantendo um padrão e entrando em queda no intervalo de 8 a 12% devido à volatilidade do combustível, voltando a progredir de 14 a 16% quando a amostra foi renovada com gasolina tipo A armazenada no refrigerador, entrando em queda novamente de 16 a 20, viu-se que existe a possibilidade de aplicação desse método de identificação de adulteração por metanol.

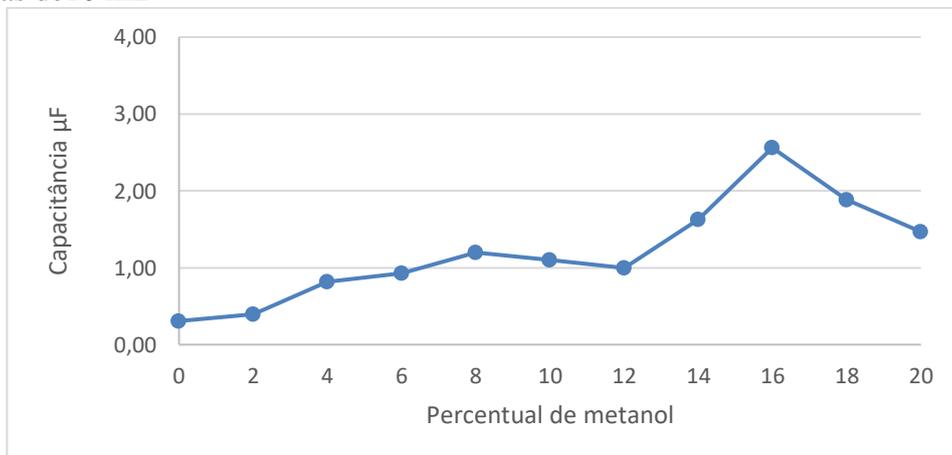
Gráfico 1 – Condutividade em relação ao percentual de metanol misturado na Gasolina tipo A, amostras de 10 mL



Fonte: Autor, 2024.

Observando o gráfico 2 que analisa a capacitância relacionada a adulteração formulação por metanol, viu-se um padrão no intervalo de 0 a 8% entrando em queda até 12% e crescendo até 16%, no intervalo de 16 a 20 % o mesmo permaneceu em queda. Essa queda decorre que na análise da gasolina, é imperativo estabelecer rigorosamente as condições experimentais, dado que a pressão de vapor da substância é influenciada pela temperatura, pela quantidade de ar dissolvido e pela proporção entre a fase vapor e líquida no recipiente.

Gráfico 2 – Capacitância em relação ao percentual de metanol misturado à Gasolina tipo A, amostras de 10 mL



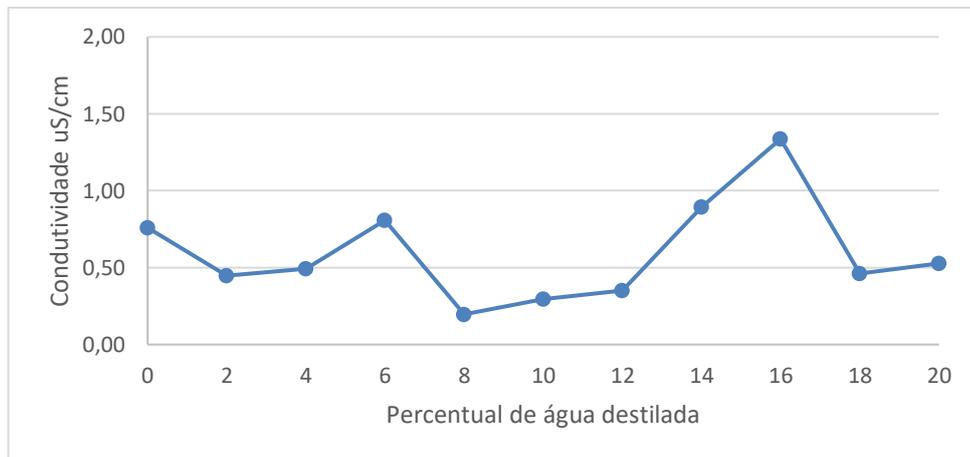
Fonte: Autor, 2024.

A partir da adição de água destilada na gasolina tipo A, observou-se dificuldade de efetuar a mistura, pois a água mostrou-se menos miscível. Para solucionar este problema tentou-se a utilização de um misturador magnético, porém sem muito sucesso, na tentativa de adicionar

água do SAAE à gasolina tipo A não se conseguiu unificar valores de impurezas acima de 6% e os experimentos foram interrompidos.

Nessa amostra os valores obtidos através da mistura de gasolina tipo A com água destilada não obtiveram um padrão após serem aplicados nos gráficos 3 e 4 a seguir.

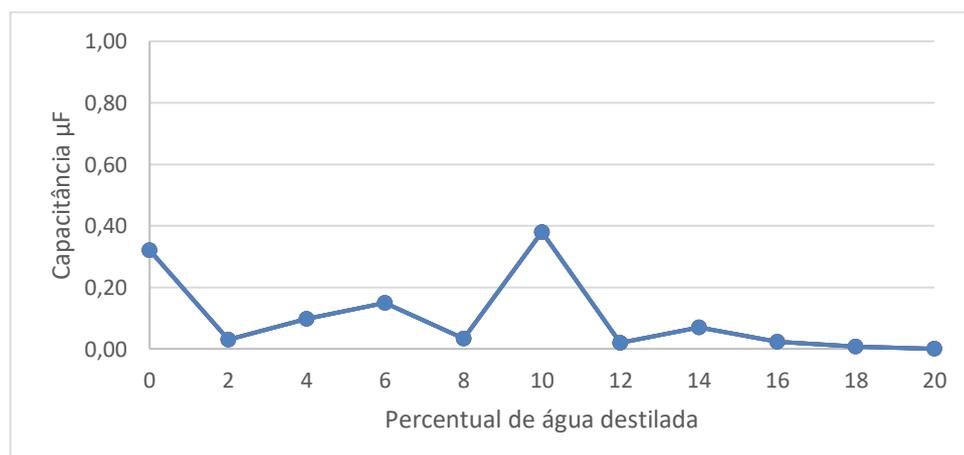
Gráfico 3 – Condutividade em relação ao percentual de água destilada misturada com Gasolina tipo A, amostras de 10 mL.



Fonte: Autor, 2024.

No gráfico 4 análise da capacitância com o percentual de água destilada, a capacitância sofreu uma queda de percentual no intervalo inicial, crescendo no intervalo de 2 a 6% e não obtendo padrão de leitura nos demais percentuais de contaminante induzidos. O que se observa é a dificuldade de mistura da gasolina tipo A com a água destilada, fazendo com que se eliminasse do experimento a observação dessa amostra.

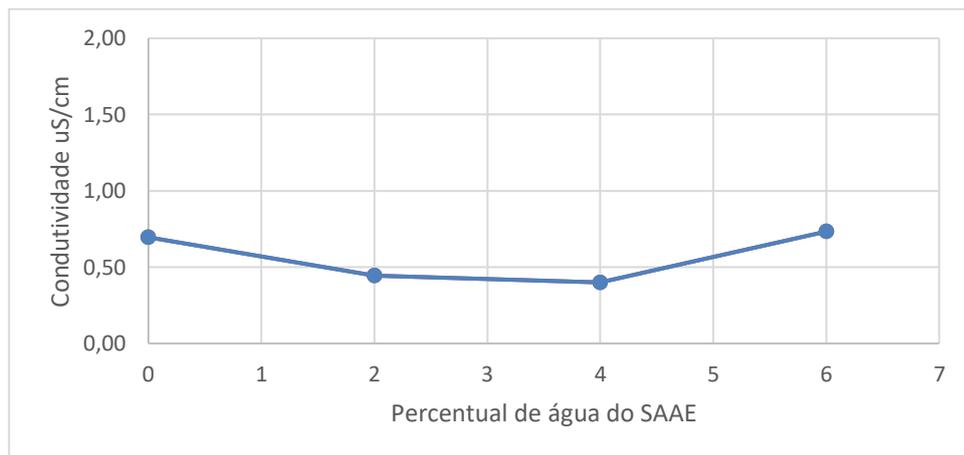
Gráfico 4 – Capacitância em relação ao percentual de água destilada misturada com Gasolina tipo A, amostras de 10 mL



Fonte: Autor, 2024.

Conforme o gráfico número 5 que se refere às formulações realizadas de gasolina tipo A com inserção de água do SAAE de Limoeiro do Norte, Ceará com características demonstradas de acordo com o anexo B, não obtiveram homogeneidade com valores de contaminantes acima de 6%, impossibilitando a sequência dos experimentos, porém, ocorreu uma queda na condutividade no intervalo de 0 até 4% e uma subida brusca de 4 a 6%. A partir destes resultados observa-se a possibilidade de uma pesquisa posterior com intervalos menores de medição em busca de um padrão e mais dados com clareza.

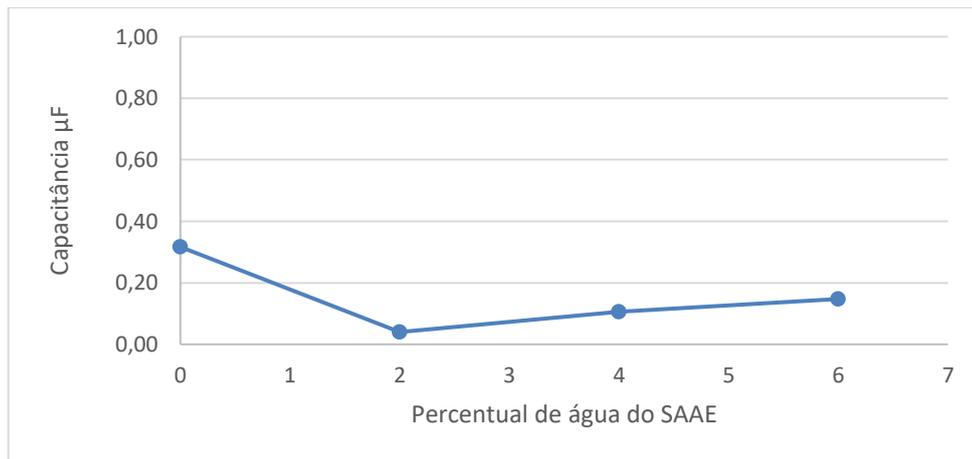
Gráfico 5 – Condutividade em relação ao percentual de água do SAAE de Limoeiro do Norte misturada com Gasolina tipo A, amostras de 10 mL



Fonte: Autor, 2024.

No gráfico 6 que se refere a capacitância medida na formulação de gasolina tipo A contaminada de forma controlada com água do SAAE de Limoeiro do Norte, Ceará com características demonstradas de acordo com o anexo B, o valor sofreu uma queda no intervalo de 0 a 2% de impurezas e o valor foi subindo progressivamente sendo interrompido aos 6% devido a mistura não homogeneizar.

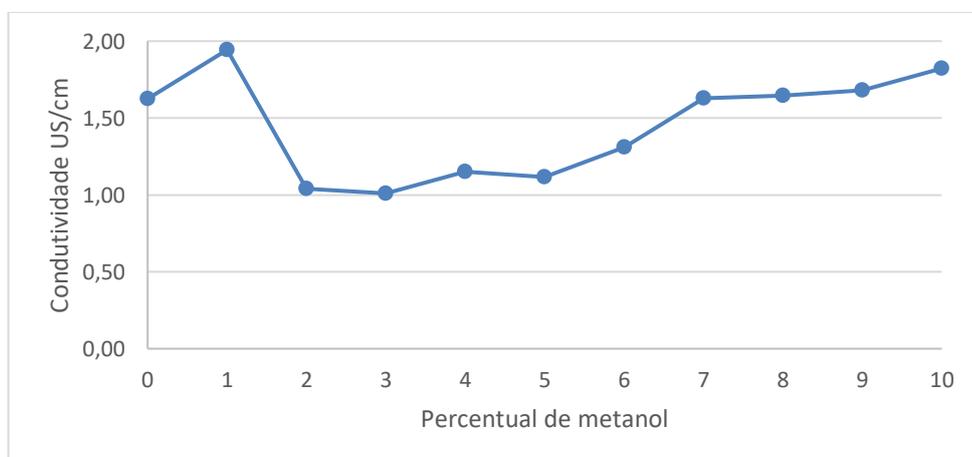
Gráfico 6 – Capacitância em relação ao percentual de água do SAAE de Limoeiro do Norte misturada com Gasolina tipo A, amostras de 10 mL



Fonte: Autor, 2024.

No gráfico 7 que representa o percentual de metanol em relação a condutividade, a amostra padrão é considerada como 0% de impureza, do ponto 1% até o ponto de 2 % ocorreu uma queda, em seguida subindo até o ponto de 10% mantendo um padrão, com exceção ao ponto 5%, dessa forma percebeu-se que a mistura gasolina tipo A com metanol apresenta uma boa relação solubilidade dificultando a identificação visual da adulteração. E que é possível fazer a detecção dessas impurezas, através do condutímetro.

Gráfico 7 – Condutividade em relação ao percentual de metanol misturado na Gasolina tipo A, amostras de 10 mL

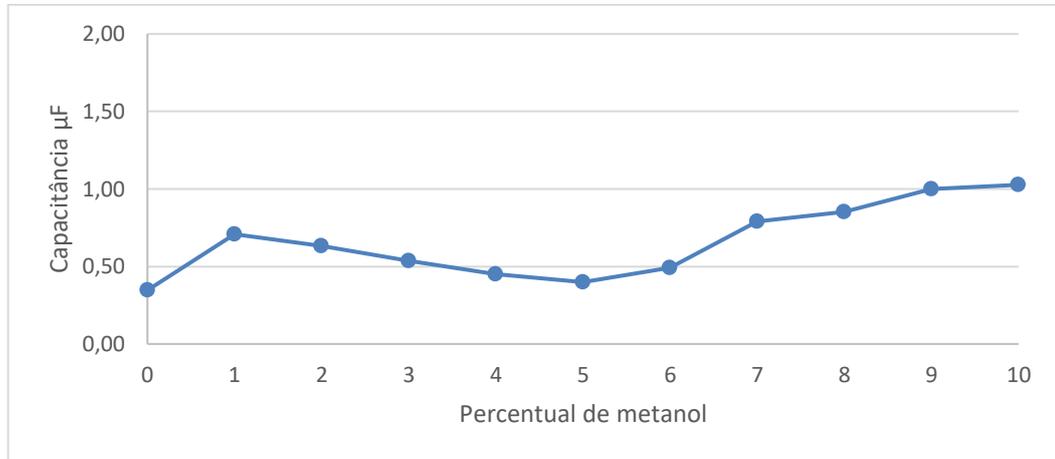


Fonte: Autor, 2024.

Na amostra ao qual o gráfico 8 se refere, houve dificuldade de se obter padrão em relação a capacitância como se pode observar no gráfico 8, capacitância em relação ao

percentual de metanol com intervalos de 2 %, viu-se que de 1 a 5% ocorre uma queda e de 5 a 10% de metanol presente na gasolina tipo A há uma subida na capacitância, contrariando-se.

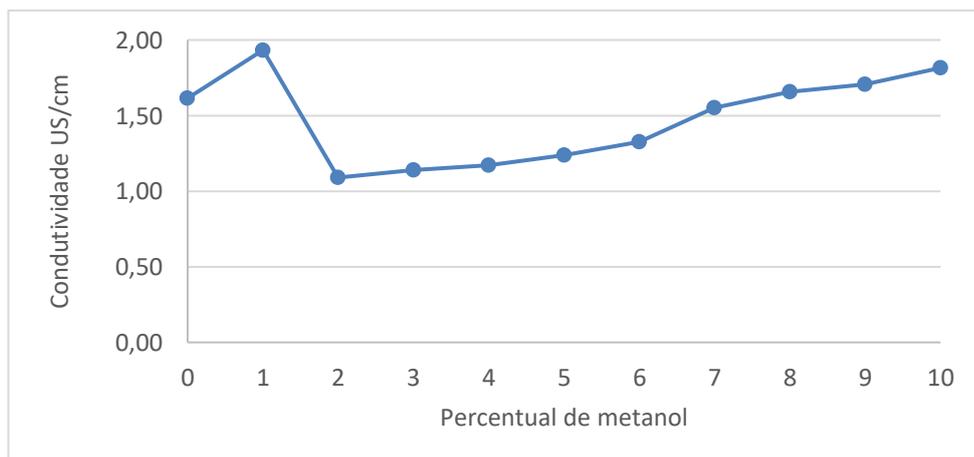
Gráfico 8 – Capacitância em relação ao percentual de metanol misturado na Gasolina tipo A, amostras de 10 mL



Fonte: Autor, 2024.

No gráfico 9, condutividade versus percentual de metanol, ocorreu variação muito próxima aos resultados do gráfico 7 mostrando um padrão repetitivo de amostragem a partir de 2%, tendo em vista que para construção de cada gráfico foi feita uma média de três leituras de cada percentual, e a amostra trazendo resultados próximos demonstra que a mistura gasolina tipo A com metanol apresentada apresentou um crescimento gradual na condutividade de 2% a 10% e se concluindo que é possível à detecção da adulteração.

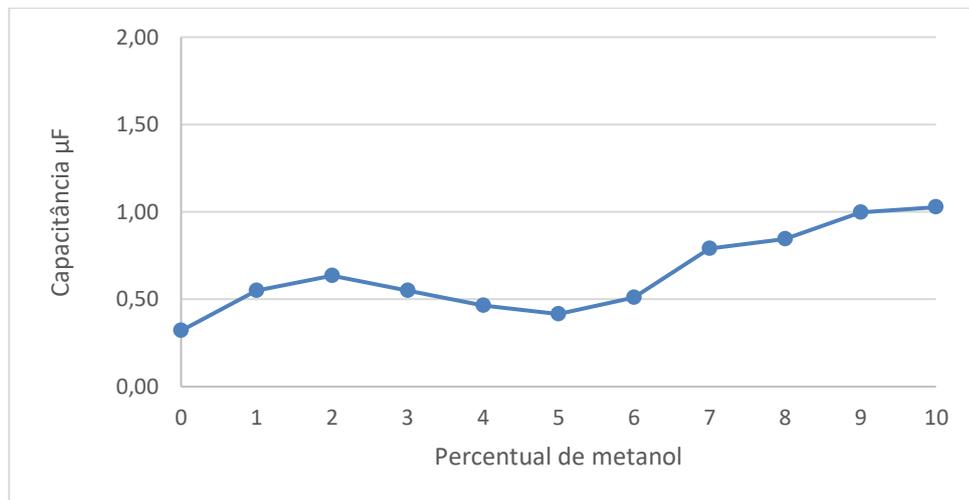
Gráfico 9 – Condutividade em relação ao percentual de metanol misturado na Gasolina tipo A, amostras de 10 mL



Fonte: Autor, 2024.

No gráfico 10, capacitância versus percentual de metanol na gasolina tipo A viu-se que existiu um padrão de crescimento nos intervalos de 0 a 2% e de 5 a 10%, obtendo resultados próximos ao gráfico número 8 e comprovando a possibilidade de utilizarmos o capacímetro no objetivo de detecção de adulteração da gasolina com metanol.

Gráfico 10 – Capacitância em relação ao percentual de metanol misturado na Gasolina tipo A, amostras de 10 mL



Fonte: Autor, 2024.

Após os experimentos laboratoriais com o condutivímetro e capacímetro, procedeu-se com a análise das amostras utilizando o espectrofotômetro UV-Vis. As amostras foram cuidadosamente preparadas, utilizando métodos que garantiram medidas precisas de percentual e temperatura.

Através da análise dos resultados obtidos, buscou-se identificar padrões de comportamento em cada tipo de adulteração, visando contribuir para a detecção de possíveis irregularidades na gasolina disponível comercialmente.

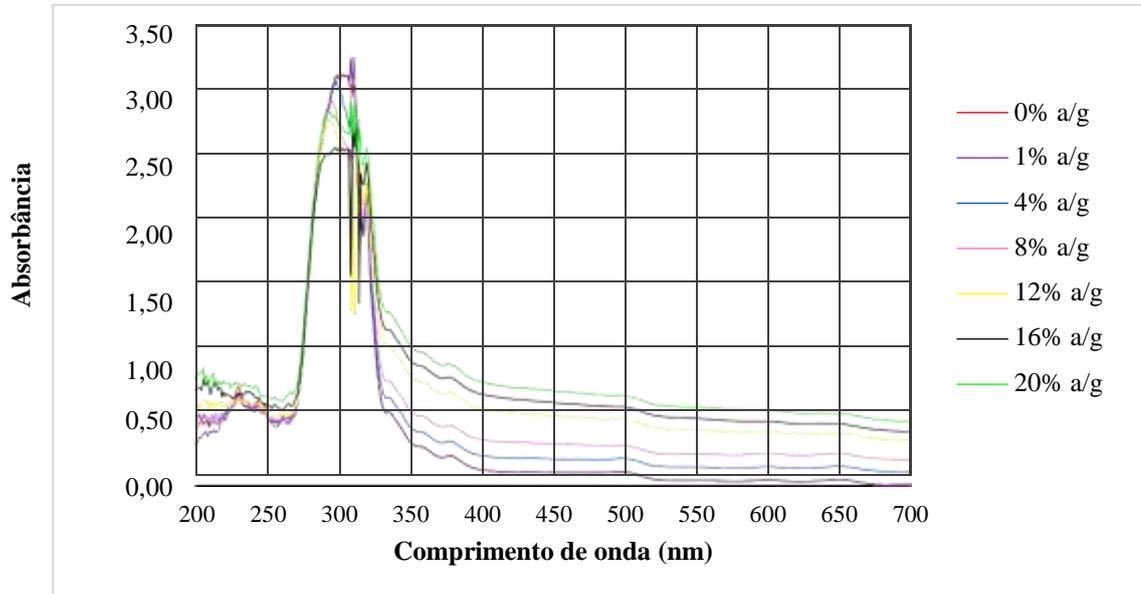
4.1 Espectroscopia UV-Vis das amostras adulteradas com água destilada

No Gráfico 11, é apresentado o espectro de absorvância do ultravioleta visível das adulterações da gasolina com água destilada. O espectro de 0% representa o espectro base, usado para comparação. Os percentuais de água destilada foram: 1%, 4%, 8%, 12%, 16% e 20%.

Após uma análise abrangente dos resultados, observou-se que as absorvâncias obtidas no intervalo de comprimento de onda de 200 a 320 nm não exibem um padrão

consistente. No entanto, é evidente um padrão no intervalo entre 320 e 700 nm, conforme o percentual de água destilada aumenta nas amostras, a absorbância também aumenta.

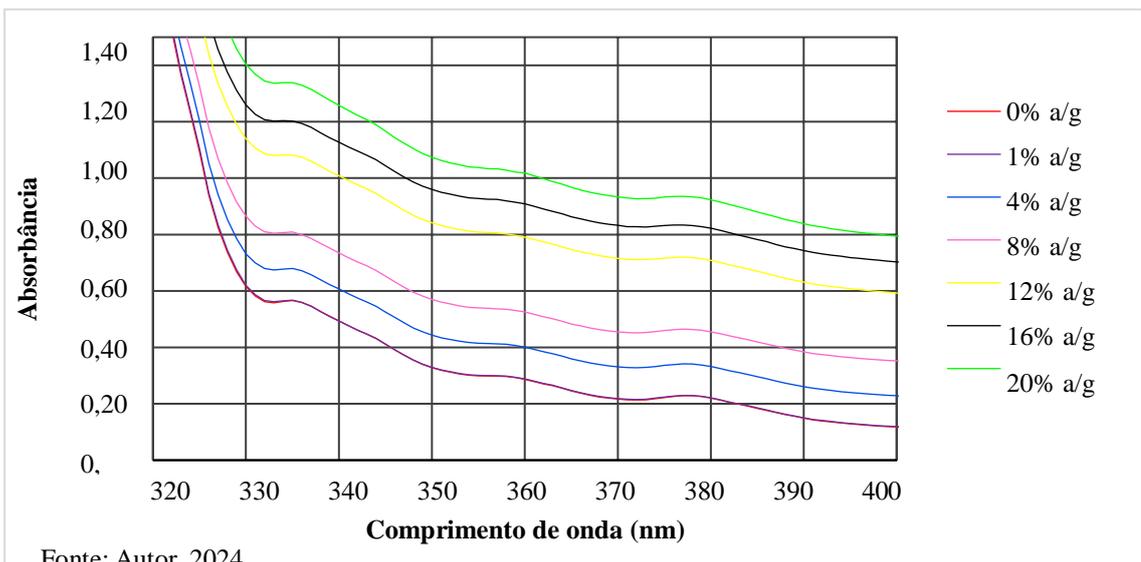
Gráfico 11 – Espectroscopia UV-Vis da gasolina com água destilada



Fonte: Autor, 2024.

Nos Gráficos 12 e 13, é realizada uma análise mais detalhada dessa região específica. No Gráfico 12, com um intervalo de 320 a 400 nm, observam-se três variações distintas de absorbância. Os comprimentos de onda aproximados correspondentes a essas variações são 335 nm, 357 nm e 377 nm, respectivamente.

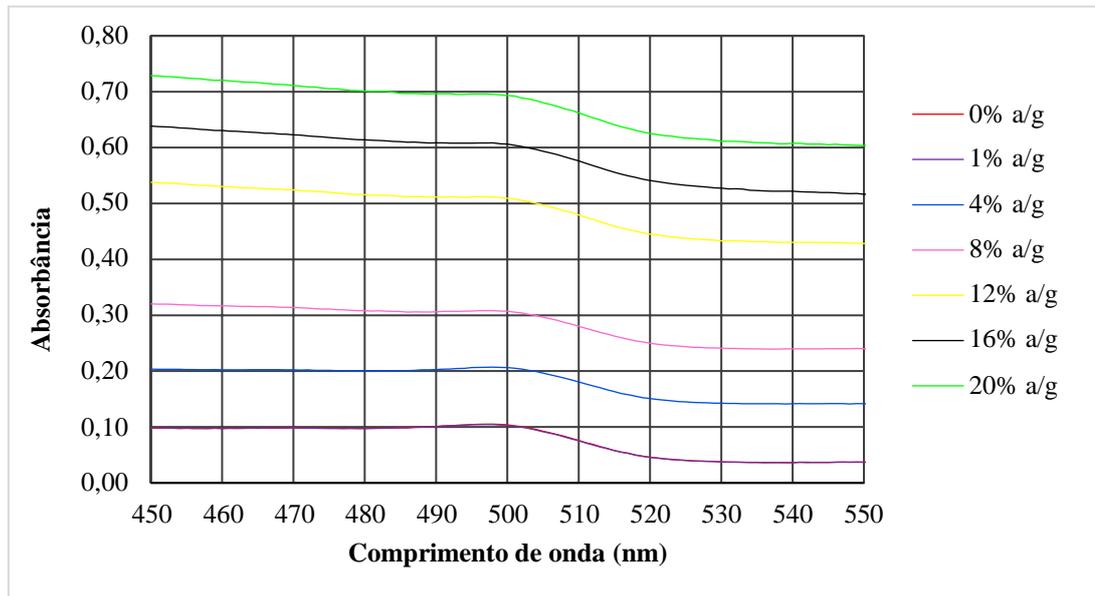
Gráfico 12 – Espectroscopia UV-Vis da gasolina com água destilada no intervalo de 320 a 400 nm



Fonte: Autor, 2024

No Gráfico 13, os resultados são exibidos no intervalo de 450 a 550 nm. Nota-se apenas uma alteração significativa, cujo comprimento correspondente é aproximadamente 500 nm.

Gráfico 13 – Espectroscopia UV-Vis da gasolina com água destilada no intervalo de 450 a 550 nm



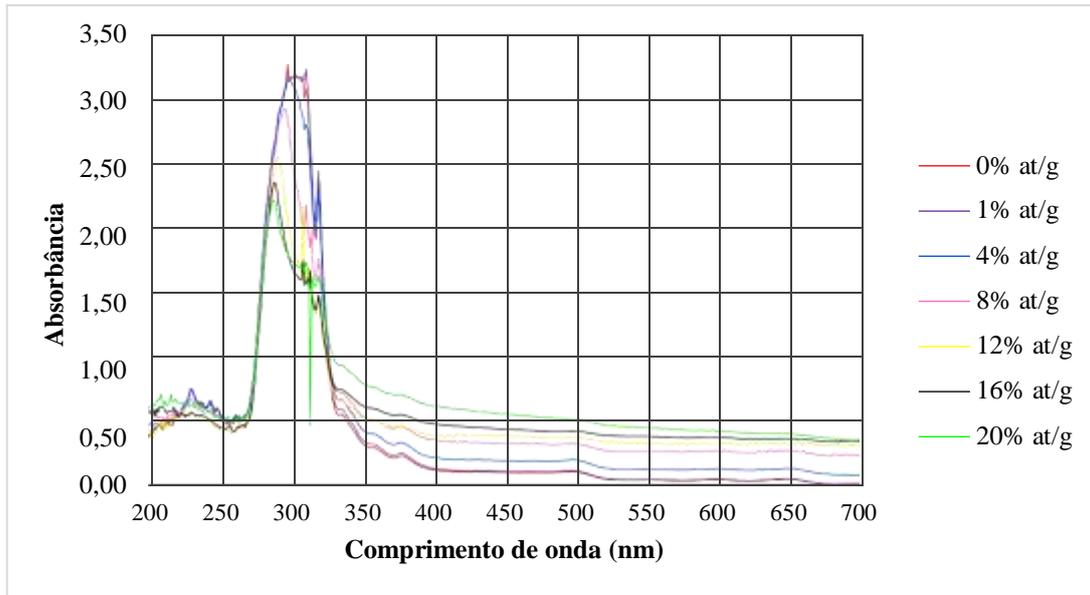
Fonte: Autor, 2024.

4.2 Espectroscopia UV-Vis das amostras adulteradas com água tratada

No Gráfico 14 é apresentado o espectro de absorbância do ultravioleta visível das adulterações da gasolina com água tratada. O espectro de 0% serve como espectro base para comparação, e os percentuais de água tratada adicionados nas diferentes misturas são: 1%, 4%, 8%, 12%, 16% e 20%.

Uma análise geral dos resultados dessa forma de adulteração revelou que as absorbâncias obtidas no intervalo de comprimento de onda de 200 a 330 nm não seguem um padrão consistente. No entanto, é evidente que há um padrão no intervalo de 330 a 700 nm: à medida que o percentual de água tratada nas amostras aumenta, ocorre um aumento na absorbância.

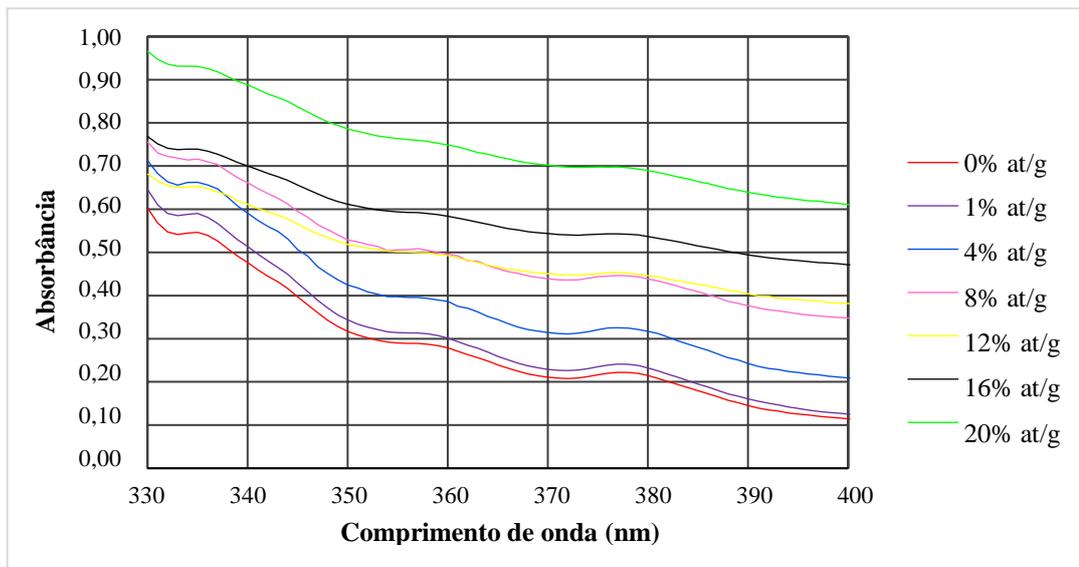
Gráfico 14 – Espectroscopia UV-Vis da gasolina com água tratada



Fonte: Autor, 2024.

No Gráfico 15, são observadas três variações distintas de absorbância, com os comprimentos de onda correspondentes a essas alterações aproximadamente 335 nm, 357 nm e 377 nm, respectivamente.

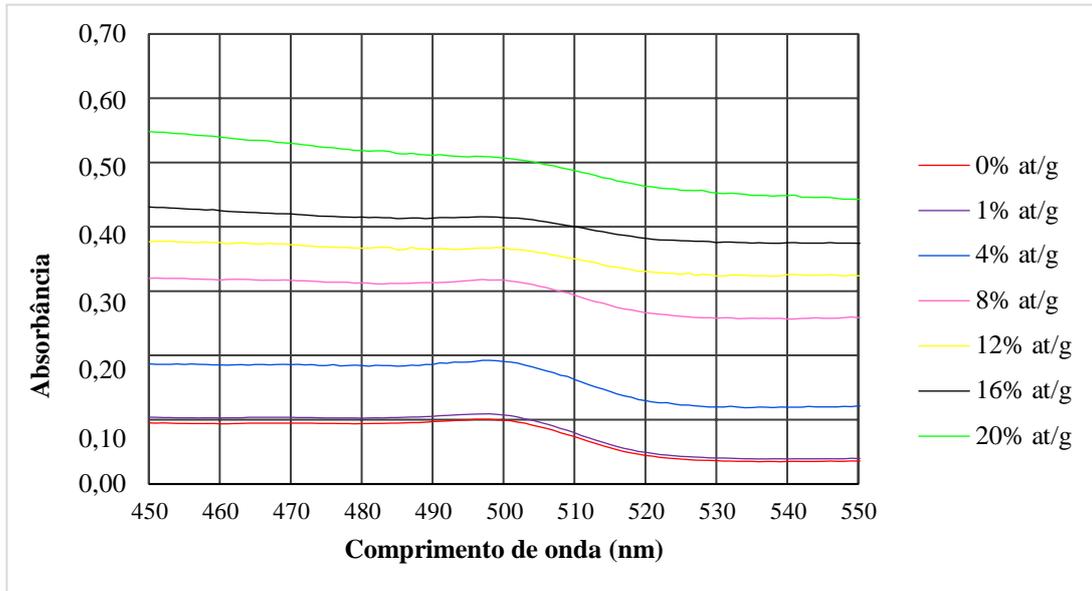
Gráfico 15 – Espectroscopia UV-Vis da gasolina com água tratada no intervalo de 330 a 400 nm



Fonte: Autor, 2024.

No Gráfico 16, apresentando os resultados no intervalo de 450 a 550 nm, observa-se apenas uma mudança significativa, com um comprimento de onda aproximado de 500 nm.

Gráfico 16 – Espectroscopia UV-Vis da gasolina com água tratada no intervalo de 450 a 550 nm



Fonte: Autor, 2024.

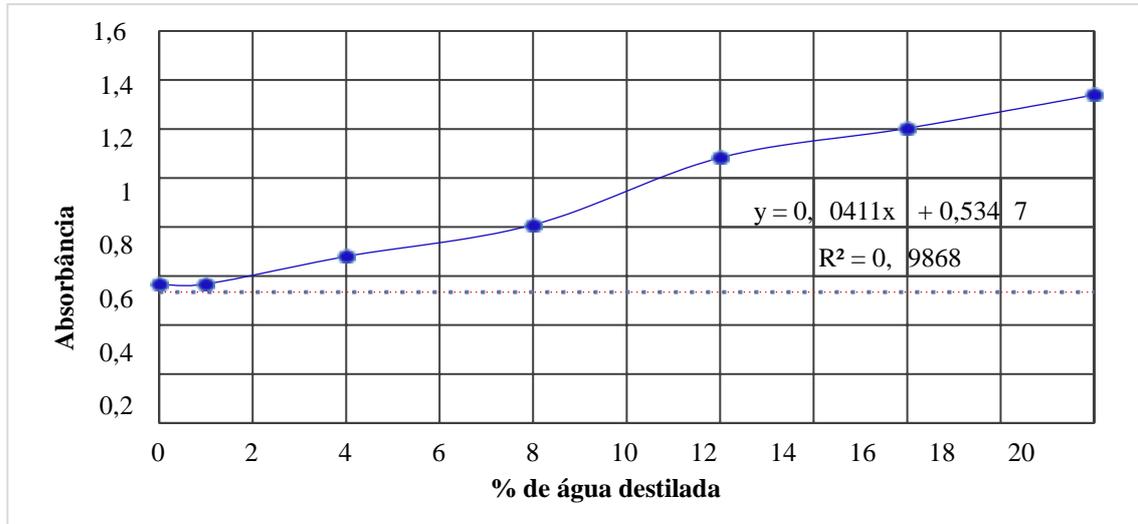
4.3 Curva de calibração para as amostras adulteradas com água destilada

Para cada uma das variações identificadas nos espectros de adulteração da gasolina com água destilada, foi possível construir gráficos que demonstram a relação proporcional entre a concentração e a absorvância. Esses gráficos exibem uma curva que se assemelha a uma reta devido à relação linear direta entre a concentração e a absorvância. Assim, a relação entre concentração e absorvância é descrita por uma equação de primeiro grau, levando em consideração a correção de erros experimentais de medição.

O coeficiente de determinação R^2 específico para a forma da curva aproxima-se de uma reta. Este coeficiente R^2 varia de 0 a 1, onde valores mais próximos de 1 indicam uma curva mais próxima de uma reta. Na literatura, recomenda-se que $0,95 \leq R^2 \leq 1$.

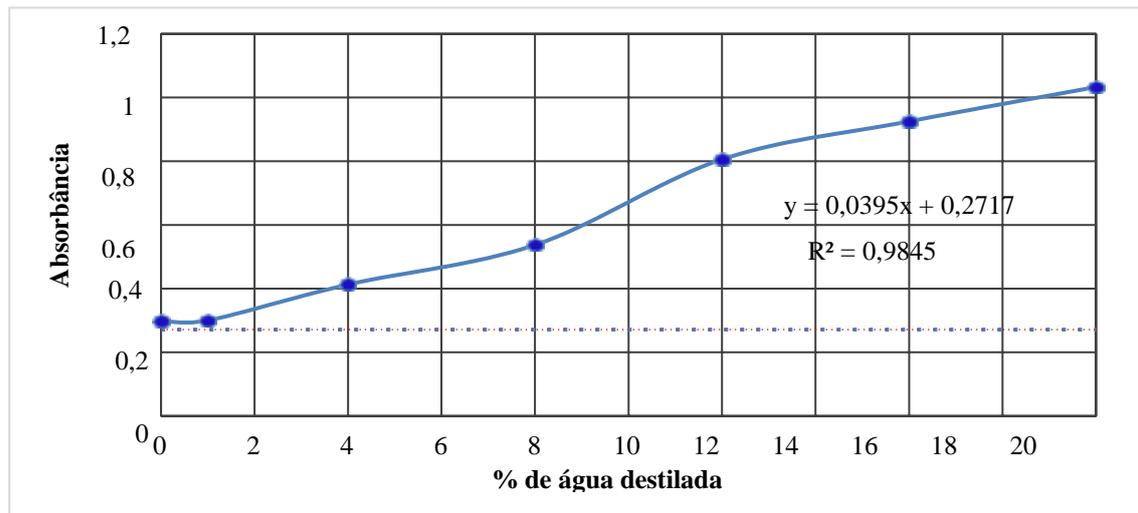
Nos Gráficos 17, 18, 19 e 20 apresentam-se as equações de primeiro grau e os valores de R^2 para cada comprimento de onda previamente estabelecido. Observa-se que todos os valores de R^2 estão acima de 0,95, demonstrando que todos os dados estão dentro da faixa recomendada.

Gráfico 17 – Curva de calibração no comprimento de onda de 335 nm para as amostras adulteradas com água destilada



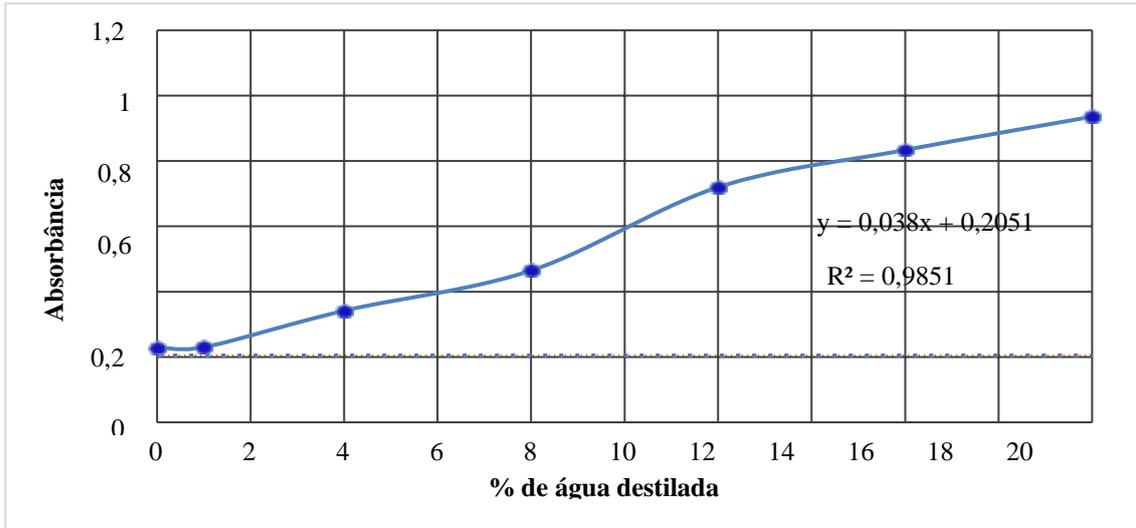
Fonte: Autor, 2024.

Gráfico 18 – Curva de calibração no comprimento de onda de 357 nm para as amostras adulteradas com água destilada



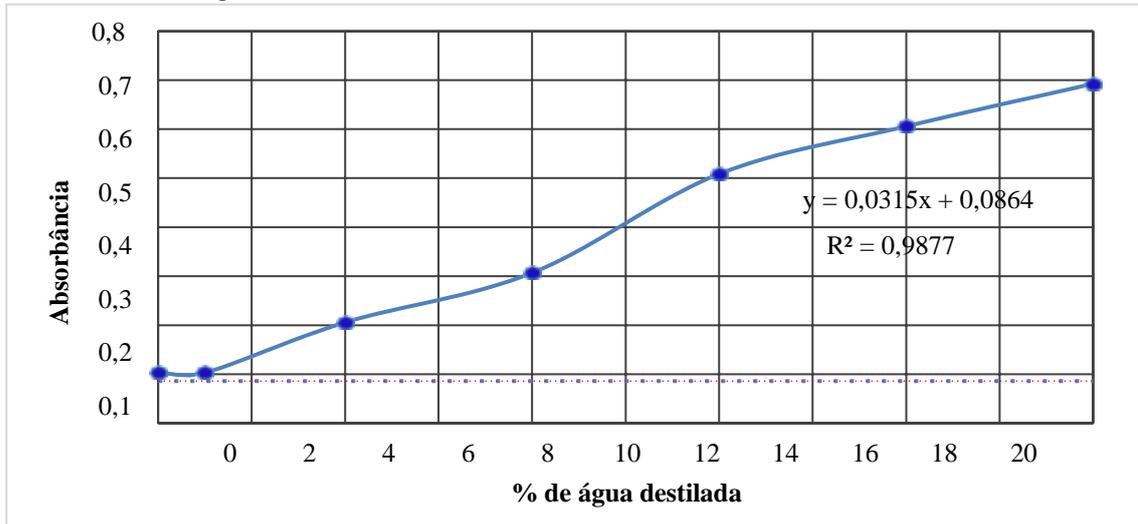
Fonte: Autor, 2024.

Gráfico 19 – Curva de calibração no comprimento de onda de 377 nm para as amostras adulteradas com água destilada



Fonte: Autor, 2024.

Gráfico 20 – Curva de calibração no comprimento de onda de 500 nm para as amostras adulteradas com água destilada



Fonte: Autor, 2024.

4.3 Curva de calibração para as amostras adulteradas com água tratada

Assim como realizado com as amostras de gasolina adulteradas com água destilada, também foi elaborado um gráfico que mostra a relação proporcional entre a concentração e a absorbância para cada uma das variações encontradas nos espectros de adulteração da gasolina com água tratada.

Nos Gráficos 21, 22, 23 e 24 são apresentadas as equações de primeiro grau e os valores de R^2 para cada comprimento de onda utilizado. Ao analisar cada um deles, nota-se que o único com um valor de R^2 menor que 0,95 é o gráfico correspondente ao comprimento de onda de 335 nm. Isso indica que os dados experimentais desse gráfico não são aceitáveis.

Gráfico 21 – Curva de calibração no comprimento de onda de 335 nm para as amostras adulteradas com água tratada

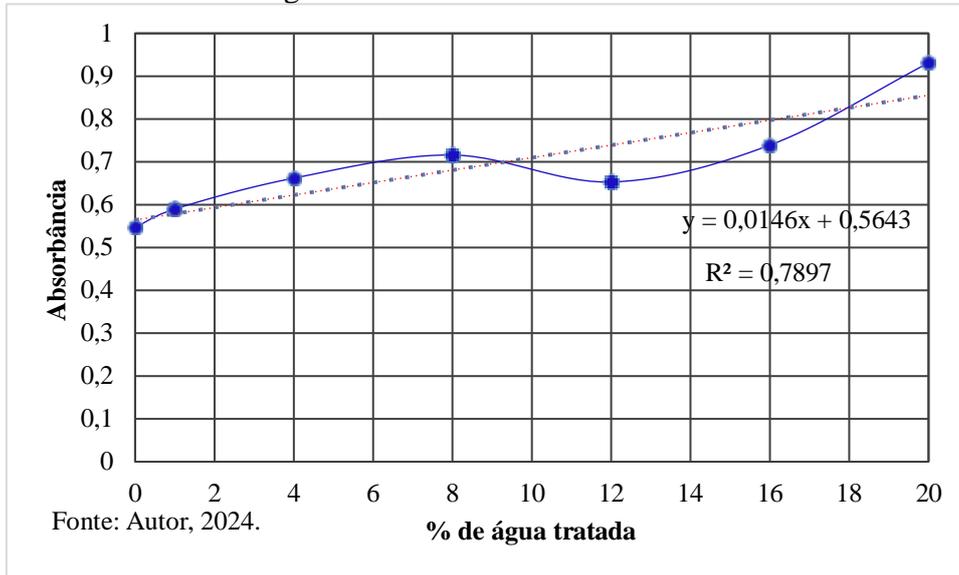


Gráfico 22 – Curva de calibração no comprimento de onda de 357 nm para as amostras adulteradas com água tratada

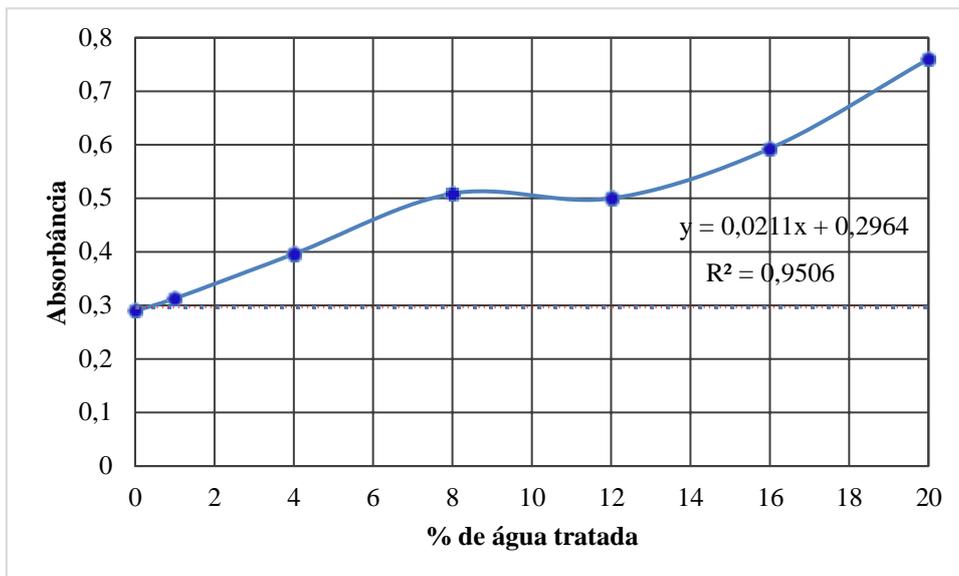
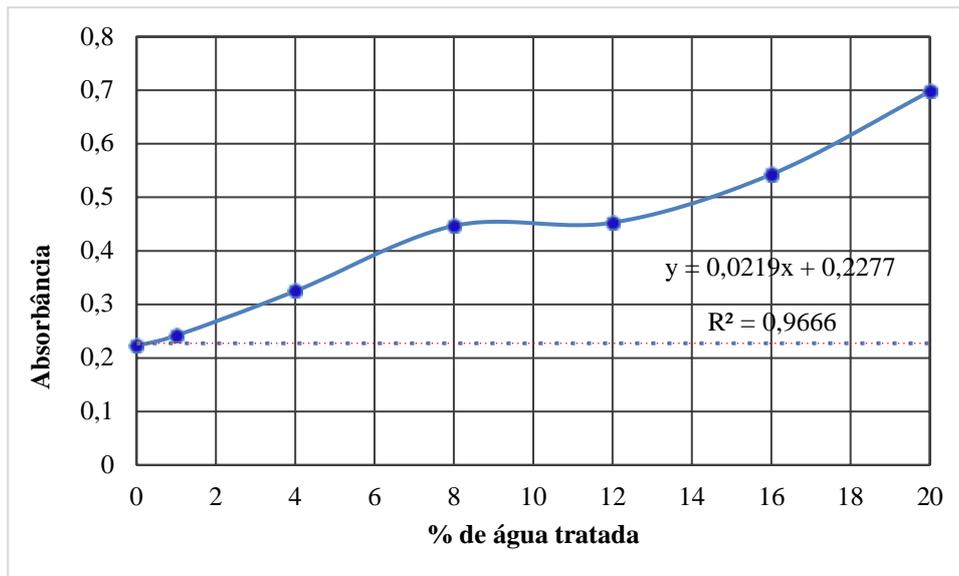
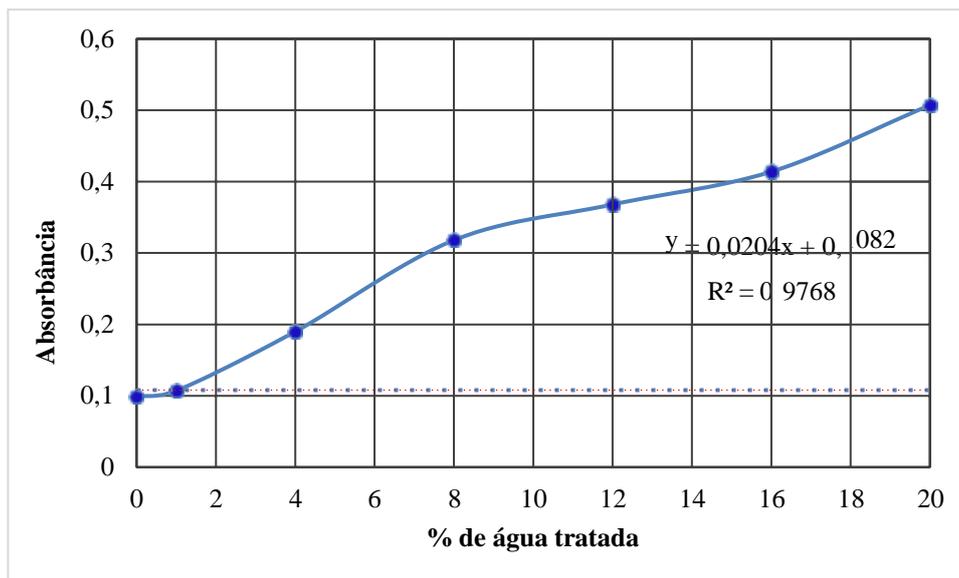


Gráfico 23 – Curva de calibração no comprimento de onda de 377 nm para as amostras adulteradas com água tratada



Fonte: Autor, 2024.

Gráfico 24 – Curva de calibração do comprimento de onda de 500 nm para as amostras adulteradas com água tratada



Fonte: Autor, 2024.

O emprego dessas equações demonstra ser uma ferramenta eficaz para a avaliação da presença ou ausência de um determinado percentual de água em uma amostra de gasolina. Ao determinar a absorbância de uma amostra em um dos comprimentos de onda especificados, seu valor pode ser inserido na equação correspondente. Isso permite a determinação do possível percentual de água na amostra.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que a utilização dos sensores UV-VIS, condutivímetro e capacímetro revela-se como uma opção viável para a detecção da adulteração da gasolina tipo A por água e metanol. Estes dispositivos demonstraram eficácia na identificação de variações nos dados resultantes da presença de contaminantes na gasolina, tanto metanol quanto água, evidenciando um padrão consistente de comportamento, observou-se também que a metodologia desenvolvida em laboratório atendeu às expectativas.

Cada sensor a partir de sua característica se mostrou eficaz destacando-se em uma impureza, o condutivímetro e capacímetro tiveram melhor desempenho na mistura metanol x gasolina tipo A, o que foi mostrado nos gráficos 7, 8, 9 e 10 no qual obtiveram dados muito próximos da média. Já o UV-Vis obteve resultados padrões nas amostras de gasolina tipo A com água.

A elaboração da curva de calibração para cada comprimento de onda especificado em relação a cada tipo de adulteração foi crucial para discernir dados experimentais aceitáveis dos não aceitáveis. A exceção a esse requisito foi observada apenas no comprimento de 335 nm da mistura de gasolina e água tratada.

Tal ocorrido pode-se visualizar na mistura metanol x água tratada mostrada nos gráficos 5 e 6 da análise feita com os outros sensores. Visto que a água destilada e a água tratada compartilham uma estrutura química idêntica, isso não exclui o uso desse comprimento como variável viável na detecção de não conformidade. Isso ocorre porque o comportamento da absorbância entre 300 e 700 nm é consistente para ambos os tipos de misturas, e os comprimentos de onda identificados nesse intervalo são os mesmos tanto para as misturas de gasolina/água destilada quanto para as de gasolina/água tratada. Portanto, é possível inferir que os comprimentos de onda 335, 357, 377 e 500 nm obtidos neste estudo podem ser empregados na detecção de potenciais adulterações da gasolina com água.

Na espectroscopia do ultravioleta visível das amostras, foi adotada uma metodologia que se fundamentou em análises em triplicata para reduzir o percentual de erro. Contudo, os resultados evidenciaram a influência de diversos fatores adicionais, tais como temperatura, limpeza do material de vidro, preparo das cubetas, volatilidade da gasolina e a rápida separação das fases dos compostos. Portanto, em pesquisas futuras, é essencial implementar um controle rigoroso de temperatura, procedimentos de condicionamento adequado para evitar perdas por evaporação e uma abordagem que assegure a homogeneidade da mistura gasolina/água, sem comprometer suas propriedades químicas.

Estes sensores podem ser aplicados em outros combustíveis renováveis afim de detecção de adulterações, como por exemplo a presença de metanol no etanol e de biodiesel acima do especificado no diesel.

REFERÊNCIAS

ALVES, Líria Souza. **Alcool Combustível**. Brasil Escola, 2017. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/alcool-combustivel.htm>, Acesso em: 14 de mar de 2024.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: **Cartilha do posto revendedor de combustíveis**. - 6 ed. – Rio de Janeiro: ANP, 2017. 22 p

ANP. Agência Nacional do Petróleo **Resolução 902 de 18/11/2022**. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-902-2022-dispoe-sobre-o-programa-de-marcacao-compulsoria-de-produtos-e-estabelece-os-requisitos-necessarios-para-o-cadastramento-de-empresas-interessadas-em-fornecer-produto-marcador-exercendo-suas-atividades-no-ambito-da-marcacao-dos-produtos-de-marcacao-compulsoria-pmc?origin=instituicao&q=resolu%C3%A7%C3%A3o%20902/2022> Acesso em: 16 de mar 2024.

ANP. Agência Nacional do Petróleo **Resolução 807 de 23/01/2020**. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/aprovada-resolucao-que-aprimora-a-qualidade-da-gasolina. Acesso em: 13 de out 2023.

ARAGÃO, A. P. **Estimativa da contribuição do setor petróleo ao produto interno bruto brasileiro**: 1955/2004. 2005. 152 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Coordenação de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

AKERLOF, G. A. **The market for "lemons"**: quality uncertainty and the market mechanism. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 84, n. 3, p. 488-500, ago. 1970.

BRASIL POSTOS. **O primeiro posto de gasolina do mundo**. Brasil Postos, 2014. Disponível em: <https://www.brasilpostos.com.br/noticias/noticias-mercado/o-primeiro-posto-de-gasolinadomundo/#:~:text=No%20Brasil%20j%C3%A1%20havia%20importadores,molhadoss%20E2%80%93%20que%20vendiam%20de%20tudo>>. Acesso em: 10 de abr de 2024.

CANELAS, A. L. S. **Evolução da importância econômica da indústria de petróleo e gás natural no Brasil**: contribuição a variáveis macroeconômicas. 2007. 120f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Estratégico) – Coordenação de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

DIGITAL WATER. **Condutividade Elétrica Guia Definitivo**, 2024 <https://www.digitalwater.com.br/condutividade-eletrica-guia-definitivo/> Acesso em: 05 de mar 2024

FOGAÇA, J R V. **A adulteração da gasolina e suas consequências**. 2024 Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/adulteracao-gasolina-suas-consequencias.htm> Acesso em: 10 de fev 2024.

HYGINO, C. B.; FERNANDES, T. F.; AMARAL, E. I. **Gasolina adulterada: uma proposta didática com enfoque CTS no ensino de física e química.** XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ). 2016. p. 1-12.

JEWETT JR, J. W.; SERWAY, R. A. **Física para Cientistas e Engenheiros: Eletricidade e Magnetismo.** São Paulo: Editora Cengage Learning, 2017.

KOJIMA, M.; BACON, R. Abuses in fuel market. Viewpoint, The World Bank, Washington, p. 4, set. 2001.

LIMA, A. S. Séries Temáticas ANP: **O programa de monitoramento da qualidade dos combustíveis - PMCQC.** Rio de Janeiro: ANP, 2012. 52 p (5. ed)

LIMA, N F W. HIDALFO FILHO, P. **Utilização da Cromatografia Gasosa na Análise e Controle de Qualidade de Combustíveis.** III Encontro de Ciência e Tecnologia da faculdade UnB Gama Editora Faculdade De Tecnologia Da Universidade de Brasília. 2011. Disponível em:
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=ddfed98f0f2762102c26300468c006aa945e6581#page=90>
 Acesso: 10 de fev 2024.

MARQUES, S T. SILVA, G F. FARIA, A W C. **O impacto do uso de combustível adulterado nos motores elétricos de corrente contínua de ímãs permanentes em eletrobombas de combustível.** VII SEGeT - Simpósio de Excelência em Gestão Tecnológica - 2010.
 Acesso em: 10 de fev 2024.

MATTEDE, Henrique. **O que são sensores e quais as suas aplicações?** Mundo da Elétrica, c2023. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-sao-sensores-e-quais-as-suas-aplicacoes/>
 Acesso em: 10 de fev 2024.

MENDES, Gisele. **Deteção de adulterações em gasolina e previsão de parâmetros físico-químicas partir de curvas de destilação associadas a ferramentas quimiométricas.** 2012. Tese (Doutorado em Ciências - Química) - Departamento de Química do Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

MERCADO QUIMICOS – **Alcool Metílico.** Disponível em:
<https://www.mercadoquimicos.com/reagentes/alcool-metilico-11>
 Acesso em: 5 de mar 2024

PORTAL G1. **Flagrantes de combustíveis batizados com metanol.** 2024. Disponível em:
<https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2024/03/29/anp-registra-numero-recorde-de-flagrantes-de-combustiveis-batizados-com-metanol-em-2023.ghtml>.
 Acesso em: 11 de abr 2024.

PROPOSTA TÉCNICA MINIPA - Disponível em:
[/www.minipa.com.br/images/proposta_tecnica/MC-154A-1303-BR.PDF](http://www.minipa.com.br/images/proposta_tecnica/MC-154A-1303-BR.PDF)
 Acesso em: 5 de mar 2024

SANTOS, A. F. E. L. ; LIMA, J. C. ; PINTO, C. ; GRAILLAT, T. MCKENNA. **Online Monitoring of the Evolution of the Number of Particles in Emulsion Polymerization by conductivity Measurements**. I. Model Formulation. Journal of Applied Polymer Science, p. 1213–1226.2003.

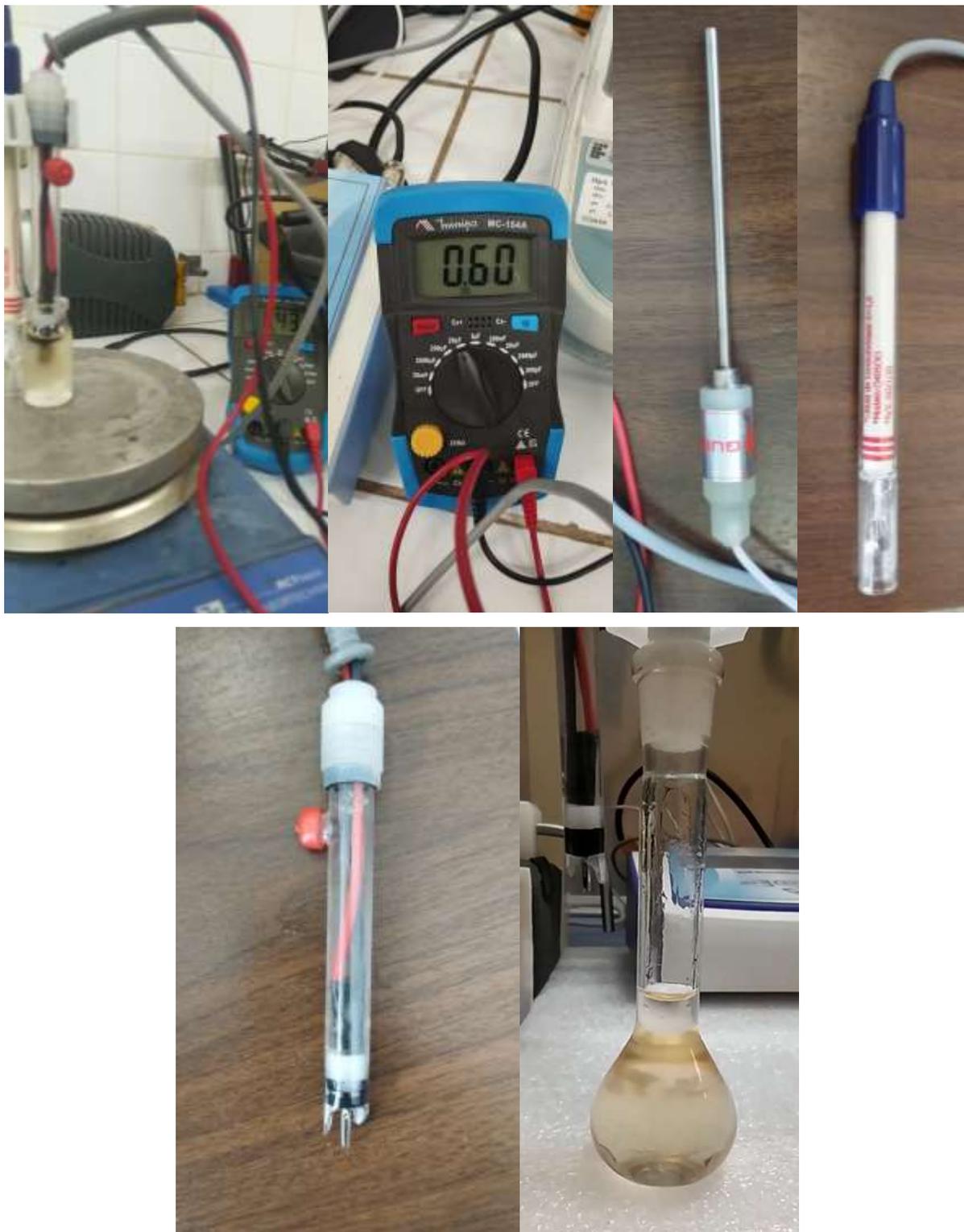
SOUSA, R G. **História dos Combustíveis. Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historia/historia-dos-combustiveis.htm>. Acesso em 11 de fev 2024

SOUZA, F. R. **Impacto do preço do petróleo na política energética mundial**. 2006. 160f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Coordenação de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

THOMAZINI, Daniel. ALBUQUERQUE, Pedro U. B. **Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações**. 5. ed. São Paulo: Érica, 2005. 222 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza**: Biblioteca Universitária, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ufc.br/wp-content/uploads/2019/10/guia-de-citacao-06.10.2019.pdf>. Acesso em: 11 de fev 2024.

WORLD BANK. **Catching gasoline and diesel adulteration**. South Asia Program on Urban Air Quality Management, Briefing Note, n. 7, jul. 2002. 4 p.

APÊNDICE A – EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

ANEXO A – SENSORES UTILIZADOS

ANEXO B – AMOSTRA ÁGUA DO SAAE LIMOEIRO DO NORTE



SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO

AMOSTRA: 01 REGISTRO

Nº: 19

NATUREZA DA AMOSTRA: Tratada

Localização do ponto de coleta: Saída de Tratamento;

Localidade: ETA – Bom Fim

Município: Limoeiro do Norte, Ce

COLETA

DATA	HORA DA COLETA	ASPECTO	HORA DA CHEGADA	INICIO DA ANÁLISE
08/02/2024	07:40 hs	Límpida	07:40 hs	08/02/2024 – 08:00hs

Volume da Amostra: 1000 ml

Tipo de Manancial: Superficial

Coleta feita por: Eduardo

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

PARÂMETROS	RESULTADOS	PORTARIA2914 /11 MSV.M.P	UNIDADES	METOD. APLICADA
Cor Aparente	8	15	UH	Standard Methods 2120 B
pH	8,2	6,0 a 9,5	-	Standard Methods 4500 B
Cloro	5,0	0,2 a 5,0	Mg/L	Standard Methods 4500 G
Turbidez	0,18	5	UNT	Standard Methods 2130 B
Dureza total	93,6	300	MgCaCO3/L	Standard Methods 2340 C
Dureza de Cálcio	33,12	300	MgCaCO3/L	Standard Methods 2340 C
Dureza de Magnésio	60,48	300	MgCaCO3/L	Standard Methods 2340 C
Cálcio	13,26	NE	MgCa/L	Standard Methods 3500 Ca-B
Cloretos	29,57	250	Cl -Mg/L	Standard Methods 4500 B
Alcalinidade Fenol	0	NE	MgCaCO3/L	Standard Methods 2320 B
Alcalinidade Metila	63	NE	MgCaCO3/L	Standard Methods 2320 B
Ferro	0,01	0,30	Mg/L Fe	Hach 8008
Amônia	-	1,2	Mg/L	Standard Methods 4500 B e C

Legenda: V.M.P – Volume Máximo Permitido; U.N.T – Unidade Nefelométrica de Turbidez; NE – Não Especificado; UH - Unidade Hazen; Mg – Miligrama; TSS – Total de Solido Suspenso;

LAUDO: Os parâmetros analisados nesta amostra atendem aos padrões de potabilidade do Ministério da Saúde de acordo com a Portaria GM/MS Nº 888, de 04 de Maio de 2021.

Francisco Josiel do N. Santos

CRQ-X: 10300593

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO - LIMOEIRO DO NORTE AV.
DOM AURELIANO MATOS, 1400 – CENTRO – CEP 62930-000 / CNPJ 07.625.932/0001-79
CGF 06.198.108-7

Site: www.saae-limoeiro.com.br Email: contato@saae-limoeiro.com.br