

Avaliação dos parâmetros físico-químicos da qualidade do gasóleo comercializado em Benguela, Angola

Evaluation of the physicochemical quality parameters of diesel fuel
commercialized in Benguela, Angola

Moisés Jekson Simão Vicente¹

Resumo

O presente trabalho teve como objectivo avaliar os parâmetros físico-químicos da qualidade do gasóleo comercializado nos postos de abastecimentos de combustíveis da cidade de Benguela, por meio de ensaios laboratoriais conduzidos de acordo com as normas ASTM, em conformidade com as especificações estabelecidas pelo Ministério dos Petróleos no Decreto Executivo nº288/14. Buscamos aferir a qualidade deste importante produto derivado de petróleo, e de maior consumo nacional, bem como da região estudada, realizando os principais testes de sua caracterização. Assim, foram recolhidas amostras em 12 postos de abastecimento de combustíveis distribuídos na cidade de Benguela. Em seguida as amostras foram analisadas nos laboratórios do ISP Jean Piaget Benguela, onde conduziram-se ensaios de destilação, viscosidade cinemática, teor de cinzas, massa volúmica, água por destilação, ponto de inflamação, corrosão à lâmina de cobre e índice de cetano. Os resultados obtidos nos ensaios foram positivos, na medida em que todas as amostras analisadas se encontravam em conformidade com as especificações recomendadas. Isto permitiu concluir que o gasóleo comercializado na cidade de Benguela é de boa qualidade, estando em conformidade com a legislação

¹Docente do Instituto Superior Politécnico Jean Piaget de Benguela - Angola. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0901-3967>. Email: mjsvicente2011@gmail.com

vigente no país, o que é fundamental para um desempenho correcto dos motores de veículos e máquinas que utilizam o gasóleo como combustível.

Palavras-chaves: gasóleo, qualidade, especificações, Benguela.

Abstract

This study aimed to evaluate the physical and chemical parameters of quality of diesel fuel sold in petrol stations in the city of Benguela, through conducted laboratory tests in accordance with ASTM standards, in accordance with the specifications required by the Ministry of Petroleum (Executive Decree - 288/14). We seek to assess the quality of this important product derived from oil, and higher domestic consumption and the study region, performing the main tests of characterization. Thus, samples were collected in 12 fueling stations distributed in the city. Then the samples were analyzed in laboratories ISP Piaget Benguela where distillation tests were conducted, kinematic viscosity, ash content, density, distilling off water, flash point, corrosion blade copper and cetane number. The test results obtained were positive, since all samples were in accordance with the recommended specifications. It was concluded that diesel sold in the city of Benguela is of good quality, being in accordance with current legislation in the country, which is essential for the proper performance of vehicle engines and machines that use diesel as fuel.

Keywords: diesel, quality, specifications, Benguela.

1. INTRODUÇÃO

O gasóleo é um dos combustíveis fósseis mais consumidos no mundo. Em Angola, em função da rede de transporte de carga e passageiros ser fortemente baseada na matriz rodoviária, e das deficiências no abastecimento de energia eléctrica, este produto possui uma elevada demanda e importância estratégica, sendo o derivado de petróleo mais comercializado com cerca de 52,4% do consumo total de produtos refinados (IRDP, 2025). Consequentemente há uma grande demanda da sociedade para que o gasóleo comercializado seja de alta qualidade. Avaliar a qualidade de um combustível é uma tarefa muito importante, pois pode-se controlar as especificações técnicas de produção

bem como os parâmetros ambientais, os quais devem ser obedecidos para um bom funcionamento do motor e menor emissão de gases poluentes à atmosfera.

Assim, a Sonangol Distribuição e Comercialização (SNL Distribuidora) é responsável pela realização do controlo da qualidade, onde os combustíveis são analisados e avaliados pelas suas propriedades físico – químicas, e depois distribuídos aos postos de abastecimento e destes ao consumidor final. Tais parâmetros da qualidade do combustível são especificados pelo Instituto Regulador de Derivados de Petróleos (IRDP), adoptados de normas padronizadas. A seguir é apresentada, a cadeia logística de abastecimento de gasóleo em Benguela.



Figura 1 – Cadeia logística do abastecimento do gasóleo em Benguela (Fonte: Sonangol, 2015).

No entanto, apesar de todos os procedimentos seguidos, desde as refinarias, navio, terminal marítimo, caminhão-tanque e postos de abastecimento, até chegar ao consumidor final, este combustível pode sofrer alterações ou contaminações levando a não conformidade com as especificações estabelecidas, isto devido ao não atendimento de um ou mais parâmetros da qualidade do gasóleo automotivo. As causas de não conformidades podem estar relacionadas a má qualidade do produto, processos de degradação natural devido a longos períodos de armazenagem, contaminações durante o transporte ou mesmo adulterações por solventes. Consequentemente, o consumo de

gasóleo fora da especificação ou contaminado, acarreta problemas graves ao veículo, meio ambiente e a saúde humana (SOUZA, 2004).

Levando em consideração os aspectos acima descritos, o presente estudo buscou avaliar os indicadores gerais da qualidade do gasóleo comercializado em Benguela. Por meio ensaios de caracterização físico-química conduzidos nos Laboratórios do ISP Jean Piaget Benguela, entre Abril de 2026 a Julho de 2026, aferindo deste modo, os focos de conformidade ou não com as especificações deste produto, requeridas pelo Ministério dos Recursos Minerais Petróleo e Gás (Decreto Executivo N°288/14, ver especificações em anexos). A análise foi realizada, num total de 12 amostras de gasóleos por lote, recolhidas em postos de abastecimento distribuídos na cidade de Benguela.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Recolha de amostras

Inicialmente, conduziu-se o processo de amostragem de gasóleo, uma etapa primordial, da qual dependem as demais operações subsequentes. Uma vez que, se o procedimento de recolha e condicionamento das amostras, for conduzido de maneira incorrecta e/ou em recipientes inapropriados, isto implicará consequentemente em alterações nas características físico-químicas da amostra a ser analisada, gerando deste modo, a invalidação dos resultados. O interesse deste estudo, não é a avaliação da conformidade ou não das amostras analisadas, por meio de erros analíticos, mas sim a partir de procedimentos seguindo as normas previamente estabelecidas, buscando a conformidade ou não das amostras, com as especificações recomendadas pelo MIREMPET, de modo a identificar as possíveis causas de alguma inconformidade e, por esta razão, todo o cuidado foi considerado, durante esta fase inicial do estudo. Assim sendo, para o processo de amostragem do gasóleo nos vários postos de abastecimento distribuídos na cidade de Benguela, seguiu-se as orientações estabelecidas na norma ASTM D4057, que recomenda que os recipientes para as amostras de gasóleo devem ser devidamente lavados com solventes orgânicos como acetona, secos e estarem isentos de qualquer contaminante, podendo ser recipientes de vidro escuro ou de plástico, ou ainda

de qualquer outro material que não afecta as propriedades corrosivas do combustível. Com isto, foram escolhidos os recipientes de polietileno, um plástico com excelentes propriedades térmicas e isento de fenómenos de degradação. Todos os recipientes foram devidamente lavados com solvente apropriado, e secos em câmara de exaustão durante 30 min, podendo conter 5 litros de gasóleo. Depois da escolha dos recipientes e sua devida preparação em laboratório, seguiu-se então a recolha de amostras no total de 12 por lote, isto durante o período de estudo.

Importa referir que a origem do gasóleo comercializado nos diferentes postos de abastecimentos estudados é a mesma, como já era esperado (Terminal Oceânico do Lobito, única distribuidora de produtos refinados na região em estudo). No entanto, apesar disso, durante a etapa de amostragem, buscou-se aferir a certificação a partir das notas fiscais de aquisição do produto pelos postos de abastecimento. Foram também registados os indicadores importantes, como o tempo de armazenamento do combustível no reservatório à data da recolha da amostra. Por conveniência os locais dos postos de abastecimento que cederam gentilmente as amostras de gasóleos a serem analisados neste trabalho, não foram identificados, com a finalidade de manter sigilo sobre os resultados obtidos e a integridade dos estabelecimentos comerciais. Neste sentido, adoptamos na pesquisa a seguinte nomenclatura: Amostras de Gasóleo - AG₁, AG₂, AG₃, AG₄, AG₅, AG₆, AG₇, AG₈, AG₉, AG₁₀, AG₁₁, AG₁₂. A figura a seguir mostra, o momento de amostragem nos postos de abastecimento de combustível.



Figura 2 – Colecta de amostras em P.A (Fonte: Elaboração Própria, 2026).

Seguidamente, as amostras foram devidamente, fechadas, identificadas e armazenadas nos laboratórios do ISP Jean Piaget de Benguela, mantidas à temperatura controlada (18°C), até o momento das análises físico-químicas, a fim de se evitar a perda de componentes voláteis.

2.2 Ensaaios laboratoriais de caracterização físico-química

Os parâmetros físico-químicos analisados foram: a massa volúmica, a destilação, a viscosidade cinemática, a corrosão a lâmina de cobre, a cor e aspecto, índice de cetano, teor de cinzas, ponto de inflamação e água por destilação (*dean stark*). A seguir são descritos de forma detalhada os procedimentos adoptados em cada ensaio, conduzidos com base as normas ASTM.

2.2.1 Massa volúmica a 15°C, ASTM D 4050

A massa volúmica ou específica de um combustível é definida como sendo a massa por unidade de volume, medida a uma determinada temperatura e pressão. Esta propriedade é importante nos motores que operam segundo o ciclo diesel, pois nestes casos, a injeção de combustível na câmara de combustão é feita em um sistema de

medida volumétrica. O aumento na massa volúmica de um combustível pode causar tanto o aumento de potência, quanto de emissão de fumaça. Para evitar o avanço nas emissões de poluentes e padronizar as características dos combustíveis existem limites que estabelecem os intervalos em que a massa específica de determinados combustíveis deve se enquadrar. A especificação estabelece que o gasóleo a ser comercializado em Angola, deve ter massa específica entre 0.820 - 0.860 Kg/L, a 15°C.

Este é um dos principais ensaios para a análise da qualidade de produtos petrolíferos, sendo classificado como ensaio de curta duração. Para a realização do ensaio, inicialmente em um local fechado, isento de correntes de ar, foram colocadas as amostras de gasóleo numa proveta graduada de 1000ml, enchendo-as até ao traço de aferição, para facilitar o manuseio do densímetro e evitar alterações rápidas de temperatura. Utilizou-se um termómetro de escala interna -10 + 150°C que foi imerso totalmente na proveta, agitando-o por aproximadamente 30 segundos, tendo o cuidado de não fazê-lo tocar nas paredes da proveta. De seguida se estabilizou a temperatura por alguns segundos. Passado o tempo necessário, registou-se a temperatura do ensaio. E colocou-se lentamente o densímetro na proveta, tomando a precaução para que o mesmo não afundasse mais do que o necessário, pois se isto viesse a ocorrer, a parte graduada ficaria cheia de gasóleo, tornando o densímetro mais pesado e, conseqüentemente, marcando a densidade incorrecta.

Atingido o ponto de equilíbrio, fez-se um movimento giratório, pressionando levemente para que afunde duas subdivisões, observando sempre a fim de que o mesmo não toque nas paredes da proveta. Logo depois esperou-se até o densímetro atingir o ponto de equilíbrio e, olhando ao nível dos olhos a intersecção do líquido com o densímetro, fez-se a leitura dos resultados.



Figura 3 – Realização do ensaio de massa volúmica, ASTM D 4050 (Fonte: Elaboração Própria, 2026).

2.2.2 Destilação, ASTM D 86

Este é um dos principais ensaios de caracterização do gasóleo, sendo um processo de evaporação e condensação por meio do qual os líquidos são separados em várias fracções de acordo com seus pontos de ebulição. O ensaio foi realizado de acordo com a norma ASTM D 86, em que as amostras de gasóleo foram colocadas num balão de 100 ml e aquecidas em manta de aquecimento, após o processo de vaporização-condensação o destilado é então recuperado numa proveta graduada de 100 ml (ver figura abaixo). O objectivo do ensaio foi o de obter as fracções de destilados e a temperatura na qual é recuperado 90% do gasóleo. Essa análise permite controlar a presença de fracções pesadas no gasóleo com o objectivo de minimizar a formação de depósitos no motor, emissões gasosas de hidrocarbonetos não-queimadas, emissão de fumaça preta e de óxidos de nitrogénio.

Buscou-se também realizar correlações comparando os valores obtidos em cada amostra e para o efeito, fez-se o registo do ponto inicial de ebulição, 10 e 50% de volume de recuperado, sendo este último um dado importante, pois contribui para o bom desempenho do motor quando o mesmo já se encontra em regime uniforme de funcionamento e nas retomadas de velocidade. Permite também calcular o índice de cetano, outro parâmetro indicador da qualidade do gasóleo, descrito mais adiante.

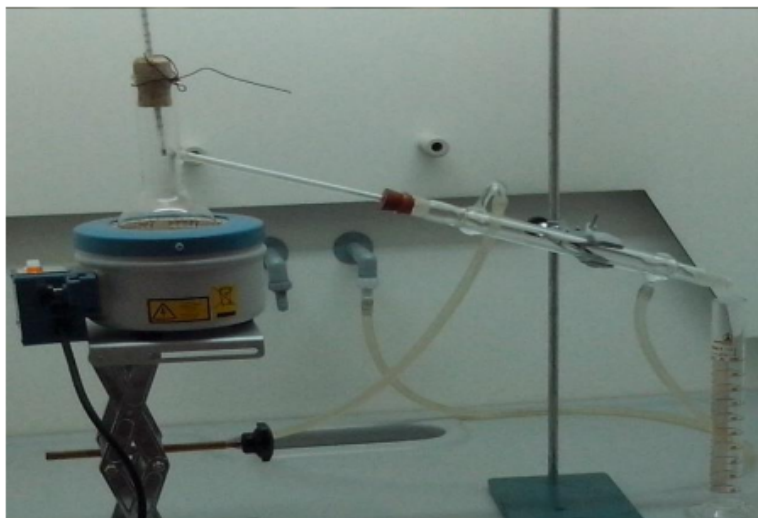


Figura 4 – Aparato do sistema de destilação simples utilizado, ASTM D 86 (Fonte: Elaboração Propria, 2026).

2.2.3 Ponto de inflamação, ASTM D 93

O ponto de inflamação, é a menor temperatura na qual o produto gera uma quantidade de vapores que inflama quando se dá a aplicação de uma chama, em condições controladas. Essa característica do gasóleo, e de outros combustíveis está ligada à sua inflamabilidade e serve como indicador dos cuidados a serem tomados durante o manuseio, transporte, armazenamento e uso do produto. O ponto de inflamação depende do teor de hidrocarbonetos leves existentes no combustível. Devido a isto, ele limita o ponto inicial de destilação do produto e, conseqüentemente, reduz o volume produzido.

Para a determinação do ponto de inflamação, segundo a norma técnica ASTM D 93, foram transferidos 100 ml destas para um copo de porcelana (ver figura 6), e este colocado em aquecedor magnético de marca MAHITA modelo 690-1, e de seguida se fixou um termómetro para observação da temperatura. O termómetro deve estar a aproximadamente 5 mm da base do copo, não devendo tocar nas paredes do mesmo. Uma fonte de ignição foi aplicada ao copo de ensaio em intervalos regulares de 2 °C, a partir de uma temperatura entre 50 e 60 °C abaixo do ponto de inflamação esperado. Este ensaio, teve a duração média de 30 min/amostra.

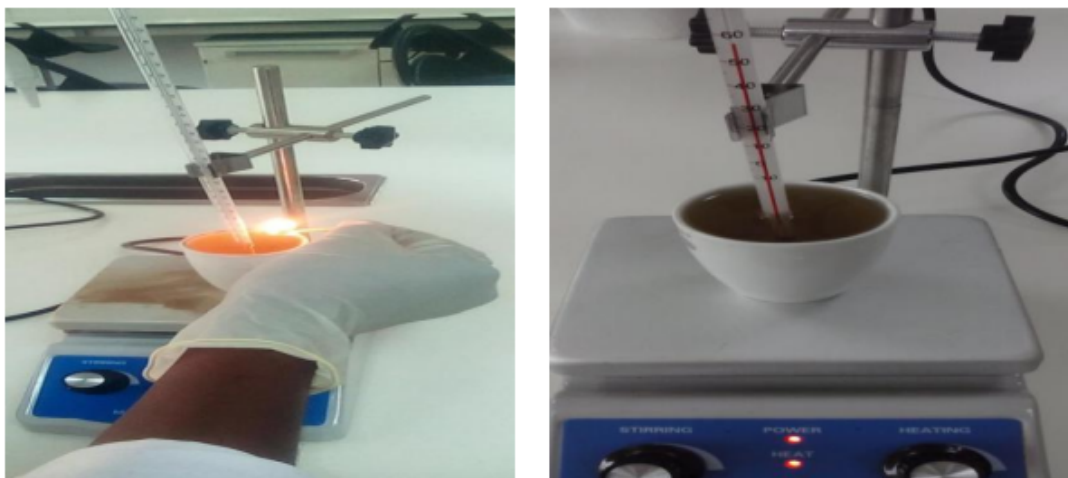


Figura 6 – Ensaio do ponto de inflamação (Fonte: Elaboração Propria, 2026).

2.2.4 Cinzas % massa, ASTM D 482

Este é um importante ensaio, com um tempo de duração médio de 4h/amostra analisada. A determinação deste parâmetro, permite determinar a quantidade de cinzas e resíduos contidos no gasóleo, decorrente da possível presença de contaminantes no combustível. O teste consistiu inicialmente em aquecer o cadinho de ensaio vazio na mufla a operar à 775°C, durante 20 minutos. Logo de seguida, o cadinho foi retirado da mufla e arrefecido sob vácuo no dessecador, (ver figura abaixo) e depois pesado em balança analítica de precisão $\pm 0,0001$ mg.



Figura 7 – Cadinho colocado na mufla a 775°C (à esquerda), e arrefecimento no dessecador (à direita) (Fonte: Elaboração Propria, 2026).

Posteriormente, encheu-se o cadinho com a amostra de gasóleo, levando-se novamente à pesagem em balança, com vista a obter a massa da amostra em gramas. Então, começou o processo de queima do gasóleo, em placas de aquecimento na camara de exaustão.

Esperou-se, o tempo necessário para a queima total da amostra, e seguidamente o cadinho foi novamente aquecido na mufla à 775 °C, por 20 minutos, arrefecido e posteriormente pesado para a obtenção da massa final para o cálculo da % de cinzas, ver figura a seguir.

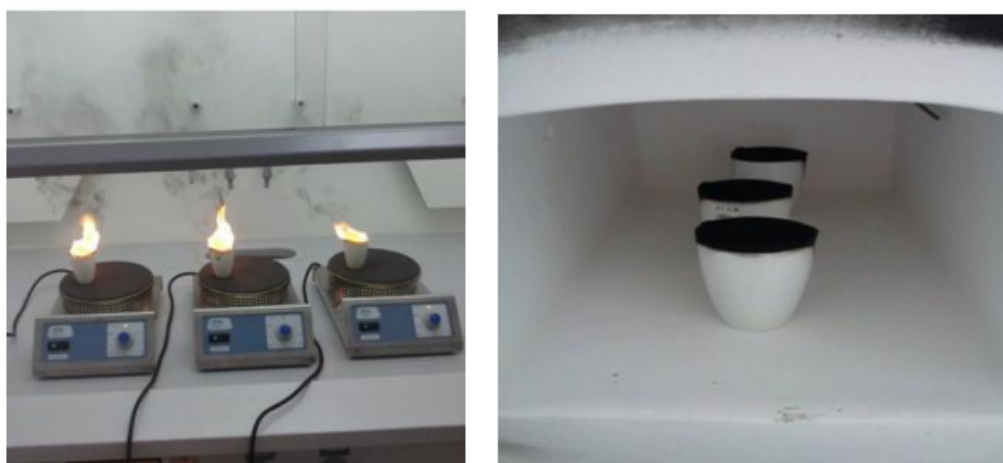


Figura 8 – Queima do gasóleo em placas de aquecimento (à esquerda), e segundo aquecimento dos cadinhos à 775°C na mufla (à direita) (Fonte: Elaboração Propria, 2026).

Os resultados deste ensaio, foram calculados de acordo com a seguinte equação apresentada abaixo:

$$\text{Cinzas, \% massa} = m/M \times 100 \quad (1)$$

Onde:

m = massa de cinzas, g e M = massa da amostra de gasóleo, g.

2.2.5 Viscosidade Cinemática, ASTM D 445

Trata-se da medida de resistência oferecida pelo gasóleo ao escoamento, seu controlo visa permitir uma boa atomização do óleo e preservar suas características lubrificantes. O ensaio de viscosidade, foi conduzido de acordo com o estabelecido na norma ASTM D445, fazendo-se escoar, sob gravidade, uma quantidade controlada de amostra através de um viscosímetro, estando este mergulhado em banho termo-estático a 40°C (ver figura a seguir). Quanto maior for o tempo necessário ao escoamento, mais viscoso é o produto.

A viscosidade, exerce uma forte influência sobre a forma que o combustível assume quando este é pulverizado na câmara de combustão. Uma viscosidade alta pode provocar a atomização pobre, gotas grandes e alta penetração do jacto de combustível na câmara de combustão. Como resultado, o combustível não é bem misturado com o ar acarretando em combustão pobre, acompanhada de perda de potência e desperdício de combustível. Por outro lado, quando o combustível apresenta baixa viscosidade a pulverização é prejudicada, fazendo com que o jacto de combustível não penetre o suficiente na câmara de combustão. Este facto, reduz a potência e a eficiência do motor. Além disso, o desgaste dos componentes do sistema de combustível pode aumentar porque as propriedades lubrificantes de combustível tendem a diminuir. De acordo com a especificação do MINPET, o gasóleo deve ter uma viscosidade cinemática no intervalo de 2,10 e 5,50 cSt.



Figura 9 - Ensaio de viscosidade cinemática, ASTM D 445 (Fonte: Elaboração Propria, 2026).

2.2.6 Corrosão à lâmina de cobre, ASTM D 130

Este é o ensaio para a avaliação do potencial de corrosividade das amostras, normalmente associado ao teor de enxofre no gasóleo. O ensaio foi conduzido, imergindo lâminas de cobre devidamente preparadas e lixadas com lixas de carbeto de silício, em tubos de ensaio contendo as amostras de gasóleo, mantidas a 50°C, durante $3h \pm 5$ minutos em banho termo-estático (ver figura 10). Em seguida, as lâminas eram retiradas, lavadas com solvente orgânico e sua coloração comparada com a cor padrão da ASTM, (figura 11), o que permite que seja definido o grau de corrosividade do gasóleo.

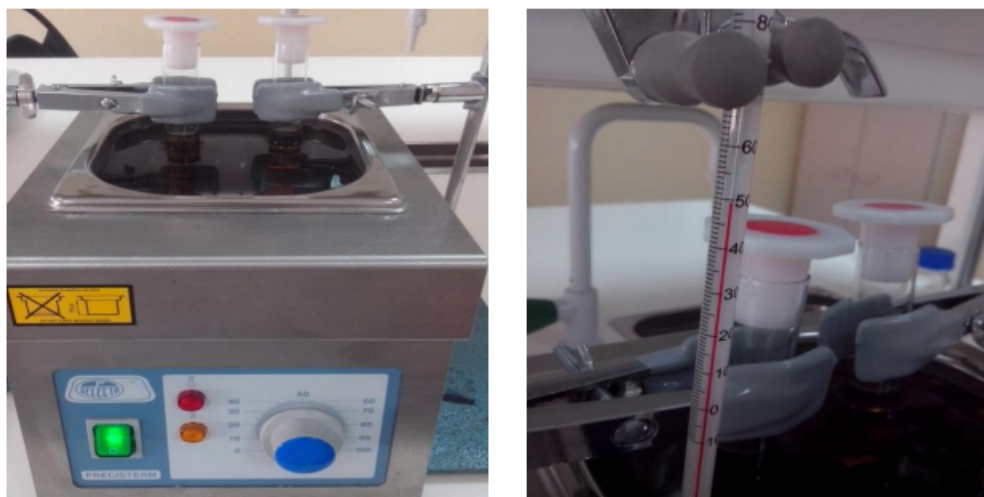


Figura 10 – Aparato do ensaio de corrosão à lâmina de cobre, banho-maria (à esquerda), detalhe da temperatura de ensaio (à esquerda) (Fonte: Elaboração Propria, 2026).



Figura 11 – Classificação da coloração ASTM padrão das lâminas de cobre (Fonte: Elaboração Propria, 2026).

2.2.7 Índice de Cetano, ASTM D 976

Este parâmetro, mede a qualidade de ignição de um combustível para máquina diesel e tem influência directa no arranque do motor e no seu funcionamento sob carga. Fisicamente, o índice de cetano se relaciona directamente com o retardar de ignição do combustível no motor, ou seja, quanto menor for o índice de cetano, maior será o retardar

de ignição. Consequentemente, maior será a quantidade de combustível que permanecerá na câmara sem queimar no tempo certo. Isso leva a um mau funcionamento do motor, pois quando ocorrer a queima, a quantidade de energia gerada será superior a necessária. O excesso de energia força o pistão a descer com velocidade superior a requerida pelo sistema, o que provocará esforços anormais, podendo causar danos mecânicos e perda de potência.

O índice de cetano (IC), foi calculado a partir da massa específica e da temperatura de destilação de 50% do produto em análise, tal estabelece a norma, por meio da equação a seguir:

$$IC = 454,74 - 1641,416D + 774,74D^2 - 0,554B + 97,803 (\log B)^2 \quad (2)$$

Sendo:

D – massa específica, em g/cm³, a 15 °C;

B – temperatura de destilação de 50% do produto, em °C.

2.2.8 Água por destilação % volume, ASTM D 95

A água está sempre presente no gasóleo, podendo existir em quantidades maiores ou menores e em diferentes formas, como, água dissolvida, água livre ou água emulsificada. Sendo ligeiramente solúvel no gasóleo, a quantidade de água em solução depende da temperatura e da composição química do mesmo, sendo que o gasóleo aromático pode dissolver mais água do que o parafínico. Na prática, é impossível manter o gasóleo livre de água dissolvida, ainda que sem a presença de água livre, porque o mesmo absorve água do próprio ar durante a armazenagem e transporte. A quantidade de água absorvida do ar depende da umidade relativa desse, e, em contacto com o ar com umidade relativa de 50%, o gasóleo conterá metade da água dissolvida de gasóleo saturado com água na mesma temperatura. O gasóleo em contacto com a água livre após um tempo fica saturado com água em solução no nível máximo permitido pela temperatura em que se encontra. Se a temperatura aumenta, ele passa a dissolver mais água, e quando reduz a temperatura, parte da água dissolvida pode se separar na forma de água livre. Normalmente esses valores se encontram em níveis menores do que 100ppm

(partes por milhão) ou 0,01%, e esta água, enquanto em solução, não causa nenhum problema na armazenagem ou no uso do combustível. O MINPET estabelece um limite máximo de 0,05% em volume.

O ensaio consistiu em aquecer sob refluxo a amostra de gasóleo a ser analisada, num balão de 100ml, utilizando uma manta de aquecimento, um equipamento de refluxo (*dean stark*) e um condensador. A amostra contendo alguma quantidade ou não de água então co-destila (formando um azeótropo). E o condensado e água são continuamente separados num receptor, a água permanece na secção graduada do receptor e o gasóleo retorna ao balão, tal como mostra as figuras a seguir.

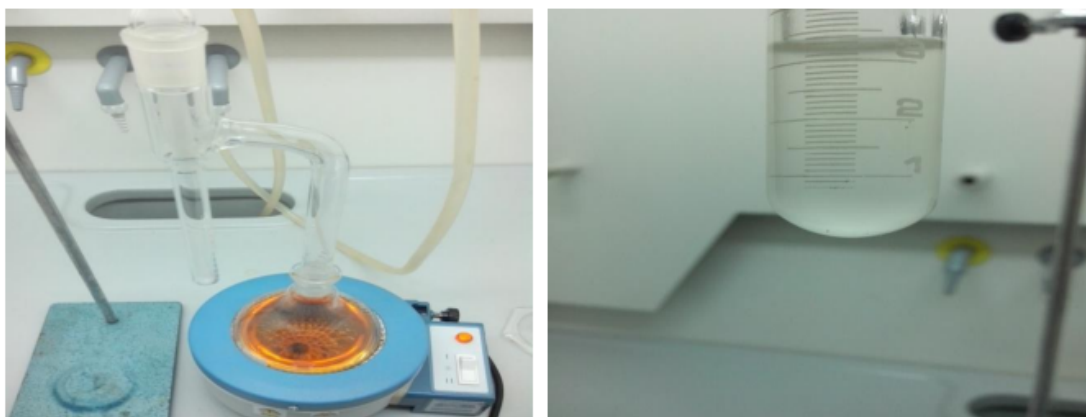


Figura 12 – Detalhes do ensaio de água por destilação (Fonte: Elaboração Propria, 2026).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir se apresentam os resultados dos ensaios realizados para a determinação das propriedades físico-química do gasóleo. Inicialmente, mostram-se os resultados do ensaio de destilação na figura 13.

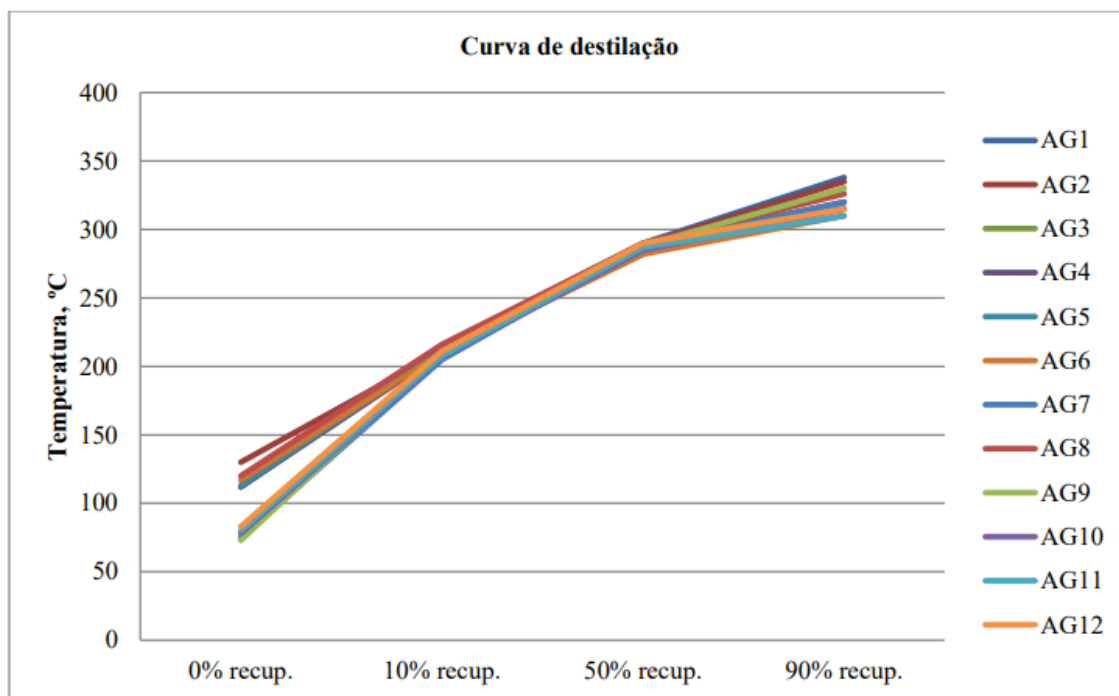


Figura 13 – Curvas de destilação (Fonte: Elaboração Propria, 2026).

Pode-se observar pelos resultados do gráfico acima, que os valores da destilação de todas as amostras analisadas, estão em conformidade com a especificação do MINPET que estabelece um limite máximo dos 90% de recuperado em torno de 385°C, constatou-se claramente que nenhuma amostra atingiu tais valores, ficando abaixo do mesmo. No entanto, observou-se alguma falta de uniformidade nos pontos iniciais, o que pode revelar a existência de menor rigor no controlo das percentagens das fracções durante o *blending* do produto nas refinarias. Este facto, não é de todo preocupante, visto que não altera a qualidade do produto, pois ao longo da destilação as variações do ponto de ebulição dos componentes presentes na mistura efectuam a devida correcção. Sendo observado nos 10, 50 e 90% de recuperação, cujos valores das diferentes amostras já se encontravam mais próximos uns dos outros. Os valores obtidos nos ensaios de massa volúmica, ponto de inflamação, teor de cinzas, viscosidade cinemática, corrosão a lâmina de cobre, índice de cetano e água por destilação, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados obtidos nos ensaios de massa volúmica, ponto de inflamação, cinzas, viscosidade cinemática, corrosão, índice de cetano e água por destilação.

Amostr.	Massa volúmica, Kg/L	Pont. Inflam °C	Cinz. % mas.	Viscosid. Cinemática cSt	Corrosão a lâmina de cobre	Índice de Cetano	Água por destilaç, % vol.
AG1	0,846	88	0,00	3,69	1a	48	0,01
AG2	0,846	84	0,00	3,62	1a	48	0,01
AG3	0,846	86	0,01	4,83	1a	46	0,02
AG4	0,846	91	0,00	3,81	1b	48	0,01
AG5	0,850	88	0,00	5,17	1a	51	0,01
AG6	0,850	90	0,00	3,75	1a	50	0,02
AG7	0,846	86	0,00	4,23	1b	48	0,01
AG8	0,846	86	0,00	3,71	1a	48	0,01
AG9	0,849	84	0,00	3,59	1a	52	0,01
AG10	0,849	86	0,01	3,59	1a	51	0,01
AG11	0,849	86	0,01	4,12	1a	51	0,01
AG12	0,847	87	0,01	3,60	1a	53	0,01
Especif.	0,820 -0,860	≥ 66	≤ 0,01	2,10 – 5,50	≤ 2	≥ 45	≤ 0,05

Observando os resultados da tabela 1, constata-se que os valores de massa volúmica das amostras analisadas se encontram dentro da faixa de especificação do MINPET, que vai de 0,820 a 0,860 (Kg/L). Portanto, com relação a essa propriedade o gásóleo comercializado cumpre com os requisitos estabelecidos e pode ser utilizado no motor de combustão interna por compressão. Vimos que algumas amostras tiveram valores iguais e muito próximos de densidade, sendo que muitas delas do mesmo lote do combustível, este foi um resultado bastante satisfatório. Quanto aos resultados dos ensaios de outros parâmetros como o ponto de inflamação, cinzas, viscosidade, corrosão, IC, e água por destilação também estão todos de acordo com os limites estabelecidos pela especificação.

4. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou um estudo sobre a avaliação dos parâmetros físico-químicos da qualidade do gasóleo vendido nos vários postos de abastecimento da cidade de Benguela. Por meio dos resultados obtidos, foi possível concluir que o gasóleo comercializado na região em análise, possui boa qualidade, pois os vários testes de caracterização realizados nas 12 amostras nomeadamente, massa volúmica, destilação, ponto inflamação, cinzas, viscosidade, corrosão, índice de cetano e água por destilação, comprovaram que o gasóleo cumpre com as especificações estabelecidas pelo Ministério dos Petróleos no Decreto Executivo nº288/14, conferindo assim seu um gasóleo de boa qualidade. Estes resultados garantem, uma maior confiança por parte usuários no bom desempenho dos motores e menor emissões de gases poluentes, mitigando as incertezas relacionadas com a qualidade do gasóleo que é comercializado na região de estudo.

5. AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao ISP Jean Piaget Benguela pela utilização do laboratório de físico-química para a realização dos ensaios, bem como por todo apoio financeiro fornecido.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society for Testing and Materials. (2000). *ASTM D86: Standard test method for distillation of petroleum products at atmospheric pressure.*

American Society for Testing and Materials. (2000). *ASTM D93: Standard test methods for flash point by Pensky-Martens closed cup tester.*

American Society for Testing and Materials. (2000). *ASTM D95: Standard test method for water in petroleum products and bituminous materials by distillation.*

American Society for Testing and Materials. (2000). *ASTM D130: Standard test method for corrosiveness to copper from petroleum products.*

American Society for Testing and Materials. (2000). *ASTM D445: Standard test method for kinematic viscosity of transparent and opaque liquids*.

American Society for Testing and Materials. (2000). *ASTM D482: Standard test method for ash from petroleum products*.

American Society for Testing and Materials. (2000). *ASTM D4052: Standard test method for density for petroleum products*.

Farah, M. E. (2012). *Petróleo e seus derivados: Definição, constituição, aplicação, especificações e características de qualidade*. LTC.

Gary, J. H., Handwerk, G. E., & Kaiser, M. J. (2007). *Petroleum refining: Technology and economics* (5th ed.). CRC Press.

IRDPA (2025). *Relatório Trimestral sobre os Combustíveis*. Ministério dos Recursos Minerais, Petróleo e Gás.

Meyers, R. A. (Ed.). (2004). *Handbook of petroleum refining processes* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Ministério dos Recursos Minerais, Petróleo e Gás. (2014). *Decreto Executivo n.º 288/14, de 26 de setembro: Aprova as especificações dos derivados de petróleo comercializados em Angola*. Governo da República de Angola.

Oliveira, J. L. (2003). *Caracterização físico-química de misturas de combustíveis* (Dissertação de mestrado, Universidade Federal Fluminense).

Sonangol E.P. (2015). *Petróleo em Angola*. <http://www.sonangol.co.ao>

Souza, A. M. D. (2004). *Estudo de emissões de vapores orgânicos no carregamento de gásóleo em caminhões-tanque* (Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Bahia).

Speight, J. G. (2015). *Handbook of petroleum product analysis* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Speight, J. G. (2017). *Handbook of petroleum refining*. CRC Press.

Speight, J. G. (2020). *The chemistry and technology of petroleum* (6th ed.). CRC Press.

Szklo, A., & Uller, V. C. (2008). *Fundamentos do refino de petróleo: Tecnologia e economia* (2. ed.). Interciência.

Thomas, J. E. (2001). *Fundamentos de engenharia de petróleo* (2. ed.). Interciência.

ANEXO 1 – ESPECIFICAÇÕES DO GASÓLEO ANGOLANO

Tabela 2 – Especificações para o gasóleo em Angola

Características	Limites		Método de Ensaio
	Min	Máx	
Massa volúmica a 15°C, Kg/L	0.820	0.860	ASTM D 4050 ASTM D 1298
Destilação			
Ponto inicial (P.I) ¹	-	-	ASTM D 86
90% recuperado, °C		385	
Ponto de inflamação, °C	66	-	ASTM D 93
Ponto de flexão, °C		*	ASTM D 5950
Resíduo carbonoso, % massa	-	0.15	ASTM D 4530
Cinzas, % massa	-	0.01	ASTM D 482
Viscosidade cinemática a 40 °C, cSt	2.10	5.50	ASTM D 445
Enxofre total, Raios-x, % massa	-	0.30	ASTM D 4294; 129
Corrosão a lâmina de cobre (3h à 50°C)		Nº 2	ASTM D 130
Índice de Cetano	45	-	ASTM D 976
Cor ASTM	-	2.5	ASTM D 1500
Acidez total, mg KOH/g	-	1	ASTM D 664; D 974
Acidez inorgânica, mg KOH/g	-	NULA	ASTM D 664; 974
Sedimento por extracção, (ppm)	0	0.05	ASTM D 473
Água por Karl Ficher, (ppm)	30	500	ASTM D 1744
ou Água por destilação, % volume	-	0.05	ASTM D 95
Água e sedimentos, % volume	-	0.05	ASTM D 1796
Lubricidade ¹	-	-	ISSO 12156-1
Filtrabilidade ¹			IP 438

a indicar; ¹De 15 de Dezembro a 15 de Abril max. +9 °C; de 15 de Abril a 15 de Julho max. +3 °C e de 15 de Julho a 15 de Dezembro máx +6 °C.