UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

RAFAEL DE PAULA FERREIRA

GESTÃO DA QUALIDADE NO CONTROLE DE COMBUSTÍVEIS: ESTUDO DE CASO EM UMA BASE DE DISTRIBUIÇÃO DA RAÍZEN

Trabalho de Conclusão de Curso

Araraquara – SP
2026

RAFAEL DE PAULA FERREIRA

GESTÃO DA QUALIDADE NO CONTROLE DE COMBUSTÍVEIS: ESTUDO DE CASO EM UMA BASE DE DISTRIBUIÇÃO DA RAÍZEN

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Química da universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita filho” como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientador(a): Fábio Roberto Chavarette

Araraquara – SP
2026

F383g

Ferreira, Rafael de Paula
Gestão Da Qualidade No Controle De Combustíveis : Estudo De Caso Em Uma Base De Distribuição Da Raízen / Rafael de Paula Ferreira. -- Araraquara, 2026
53 p. : il., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Química) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Araraquara
Orientador: Fábio Roberto Chavarette

1. Controle de qualidade. 2. Automação. 3. Combustíveis Comércio. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

RAFAEL DE PAULA FERREIRA

GESTÃO DA QUALIDADE NO CONTROLE DE COMBUSTÍVEIS: ESTUDO DE CASO EM UMA BASE DE DISTRIBUIÇÃO DA RAÍZEN

Aprovado em: 30/06/2026

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Química da universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita filho" como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

BANCA EXAMINADORA:

gov.br Documento assinado digitalmente
FABIO ROBERTO CHAVARETTE
Data: 03/07/2026 13:02:15-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Fábio Roberto Chavarette
Instituto de Química - UNESP, Araraquara

gov.br Documento assinado digitalmente
HENRIQUE ANTONIO MENDONCA FARIA
Data: 03/07/2026 12:03:15-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Henrique Antônio Mendonça Faria
Instituto de Química - UNESP, Araraquara

gov.br Documento assinado digitalmente
FELIPE ALVES RUBIO
Data: 03/07/2026 13:06:11-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Felipe Alves Rubio
Instituto de Química - UNESP, Araraquara

RESUMO

O setor sucroenergético e de distribuição de combustíveis desempenha papel crucial na matriz energética brasileira, demandando um controle rigoroso de qualidade para mitigar riscos operacionais, ambientais e financeiros. Este Trabalho de Conclusão de Curso apresenta um estudo de caso focado na gestão da qualidade em uma base de distribuição da Raízen localizada em Barueri - SP, analisando as rotinas operacionais de recebimento por via rodoviária e dutoviária, formulação, armazenamento e expedição de produtos como gasolina, óleo diesel, biodiesel e etanol. A metodologia consistiu na análise documental do Manual de Práticas Operacionais da companhia e no confronto com o arcabouço regulatório estabelecido pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Os procedimentos internos possuem elevado rigor técnico e tolerâncias mais restritas que a própria legislação nacional, baseando-se na cultura interna de qualidade proposta pela Shell. Propõe-se também um projeto de melhoria para o fluxo de recebimento de produto e na certificação de sua qualidade, baseando-se que o modelo atual de alinhamento manual de válvulas na descarga de caminhões-tanque apresenta vulnerabilidade a falhas humanas e riscos de contaminação cruzada. Para solucionar esse gargalo, um projeto de melhoria estruturado na metodologia PDCA é elaborado, no qual consiste na automação do sistema por meio de um intertravamento físico entre densitômetros de linha, Controladores Lógicos Programáveis e uma válvula esfera com atuador pneumático. A implementação demonstra-se altamente viável, com baixo custo estimado de investimento frente ao expressivo ganho em segurança operacional e preservação da integridade dos combustíveis.

Palavras-chave: Gestão da Qualidade; Distribuição de Combustíveis; Raízen; Automação Operacional; PDCA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Negócios da Raízen 9
Figura 2 - Filtros Chapéu de Bruxa 12
Figura 3 - Matérias-primas para a produção de biodiesel (2024). 15
Figura 4 - Percentual de mistura obrigatória do biodiesel ao diessel. 16
Figura 5 - Especificações padrões para testes mensais do óleo diesel. 24
Figura 6 - Ponto de Entupimento de Filtro a Frio 28
Figura 7 - Especificação do corante do Etanol Anidro 29
Figura 8 - Fluxograma de recebimento de Gasolina em um terminal. 32
Figura 9 - Fluxograma de recebimento de Gasolina por duto 34
Figura 10 - Modelo Raízen de checklist de drenagem de tanque 35
Figura 11 - Fluxograma para a expedição de Gasolina de um terminal. 36
Figura 12 - Modelo Raízen de monitoramento do teor de Anidro na Gasolina 37
Figura 13 - Fluxograma do recebimento de Biodiesel. 37
Figura 14 - Biodiesel cristalizado na linha de carregamento 40
Figura 15 - Fluxograma do recebimento de Etanol Hidratado por caminhão 40
Figura 16 - Fluxograma do recebimento de Etanol Anidro 41
Figura 17 - Fluxograma do recebimento de Etanol Hidratado por duto 42
Figura 18 - Fluxograma do recebimento de Etanol Anidro por duto 43
Figura 19 - Procedimento de identificação visual dos parâmetros do corante para o Etanol Anidro 43
Figura 20 – Fluxograma para a expedição de Etanol de um terminal. 44
Figura 21 - Fluxograma do recebimento do Óleo Diesel. 45
Figura 22 - Fluxograma da inserção do Aditivo Stadis Mix em um tanque 46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista das características a serem consideradas para emissão de certificado 19

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Especificações da Gasolina Comum e Premium. 21
Quadro 2 - Especificações gerais do Óleo Diesel.....24
Quadro 3 - Especificações gerais do Biodiesel.....26
Quadro 4 - Especificações gerais do Etanol Hidratado e Anidro 29
Quadro 5 - Padrão de recebimento da Gasolina 33
Quadro 6 - Limite para o recebimento de Biodiesel. 38
Quadro 7 - Limite para o recebimento de Etanol. 41
Quadro 8 - Limite para o recebimento de Óleo Diesel. 44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 7
   1.1. Terminal Operacional 9
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 12
   2.1. Gasolina 12
   2.2. Diesel 13
   2.3. Biodiesel 14
   2.4. Etanol 16
3. O ARCABOUÇO REGULATÓRIO ANP 18
   3.1. Resolução ANP Nº 807 - Gasolina automotiva 20
   3.2. Resolução ANP N°968 – Óleo Diesel 23
   3.3. Resolução ANP N°920 – Biodiesel 25
   3.4. Resolução ANP N°907 – Etanol combustível 28
4. CONTROLE DE QUALIDADE NA RAÍZEN 30
      4.1.1. Gasolina 31
      4.1.2. Biodiesel 37
      4.1.3. Etanol 40
      4.1.4. Diesel 44
5. PROJETO DE MELHORIA 46
   5.1. Metodologia PDCA 47
   5.2. Análise de impacto 48
6. CONCLUSÃO 50
7. REFERÊNCIAS 52

1. INTRODUÇÃO

O setor sucroenergético brasileiro desempenha um papel fundamental na matriz energética global, posicionando o país como líder na produção de biocombustíveis e na promoção da transição energética. Nesse cenário, a Raízen destaca-se como uma empresa integrada de energia que redefine o futuro do setor por meio de um modelo de atuação que abrange desde o cultivo da cana-de-açúcar até a distribuição de combustíveis e a geração de energia renovável. Fundada em 2011 como uma *joint venture* entre o grupo brasileiro Cosan e a multinacional Shell, a companhia consolidou-se como uma das maiores organizações do país, unindo a expertise agrícola da Cosan à capilaridade logística e força de marca da Shell. Com o propósito central de "redefinir o futuro da energia", a Raízen opera hoje um ecossistema complexo que inclui a produção de açúcar, etanol de primeira e segunda geração (E2G), bioeletricidade e biogás, além de gerir uma das maiores redes de varejo de combustíveis do mundo sob a licença da marca Shell.

A estrutura organizacional da empresa é composta por cinco vice-presidências: Centro de Serviços Compartilhados (CSC) & Funções, Etanol, Açúcar e Bioenergia (EAB), *Downstream*, Energias Renováveis e *Trading*. Para contextualizar, a vice-presidência de Downstream é a responsável por assegurar a distribuição segura, eficiente e otimizada tanto de combustíveis fósseis quanto de derivados da cana-de açúcar. A operação abrange a movimentação desses produtos em 70 bases de distribuição e aeroportos, utilizando uma vasta malha logística que integra os modais ferroviário, hidroviário, dutoviário e rodoviário — este último dividido entre transportes *Cost, Insurance and Freight* (CIF) de responsabilidade do fornecedor e *Free on Board* (FOB) de responsabilidade do comprador.

Todas as vice-presidências são subdivididas em diretorias. No âmbito de Downstream, situa-se a Diretoria de Operações, que tem como missão garantir a excelência e a qualidade operacional nas etapas de recebimento, armazenamento e carregamento de combustíveis, atuando nos terminais de distribuição e nas unidades de abastecimento ligadas à Raízen. Esta diretoria distingue-se por seus elevados padrões de desempenho, buscando aliar produtividade, Engenharia e as práticas de SSMA (Segurança, Saúde e Meio Ambiente) à contenção de custos operacionais, com o objetivo de assegurar a rentabilidade e a eficiência dos negócios. Vinculada à área de Operações, encontra-se a área de Logística, Distribuição e *Trading* (LD&T), que

foca na eficiência operacional e estimula a sinergia entre os diferentes negócios da companhia. Sua função primordial é traçar estratégias que garantam a melhor rentabilidade possível e sustentem a vantagem competitiva da empresa no mercado.

A dimensão da companhia reflete sua importância estratégica para a economia nacional. Com um time de mais de 45.000 colaboradores, a empresa opera 35 parques de bioenergia que possuem uma capacidade instalada de moagem de aproximadamente 105 milhões de toneladas de cana por safra. Na frente de mobilidade e distribuição, a infraestrutura da Raízen é composta por mais de 70 terminais de distribuição de combustíveis e presença estratégica em 68 bases de abastecimento em aeroportos, garantindo o suprimento em todas as regiões do Brasil. Essa rede estende-se pela América do Sul, com mais de 8.000 postos de serviço operando no Brasil, Argentina e Paraguai, atendendo milhões de consumidores e clientes industriais (B2B) diariamente. Para sustentar essa escala, a organização investe continuamente em excelência operacional e segurança, pilares que norteiam todas as suas atividades logísticas e industriais.

O processo operacional nos terminais e usinas da Raízen é caracterizado por um rigoroso sistema de controle de fluxos, essencial para garantir a fluidez da cadeia de suprimentos e a integridade dos ativos. A gestão de entrada e saída de veículos, especificamente o fluxo de caminhões-tanque e carretas de açúcar, é um dos pontos mais críticos da logística. Este controle inicia-se pelo agendamento prévio em portais colaborativos, permitindo que a unidade organize as janelas de carregamento e evite gargalos no tráfego local. Ao chegar à unidade, o veículo passa por um processo de check-in na portaria, onde ocorre a verificação documental e o registro no sistema de gestão. Um elemento inegociável nesse fluxo é a inspeção de SSMA, que inclui checklists técnicos para garantir que o caminhão e o motorista atendam aos padrões de segurança da companhia antes de acessarem as áreas operacionais.

A modernização desses processos é impulsionada pelo uso de tecnologias de ponta, como o *Yard Management System* (YMS), ou Sistema de Gestão de Pátio, que sincroniza em tempo real a posição dos veículos com a disponibilidade das docas de carregamento. Integrado ao sistema ERP SAP, o YMS permite uma visibilidade total do circuito interno do veículo: desde a emissão do passe de carregamento, passando pelo monitoramento do carregamento nos braços de enchimento ou esteiras, até emissão automática de notas fiscais. A automação na captura desses dados proporciona uma otimização significativa, chegando a reduzir em até 88% o tempo de

carregamento das informações no sistema SAP, o que reflete diretamente na agilidade do rendimento industrial e na redução de custos logísticos.

Essa estrutura de controle e gestão tecnológica visa não apenas a produtividade, mas também a mitigação de riscos e a sustentabilidade das operações. A capacidade de gerenciar o fluxo de milhares de caminhões de forma automatizada permite à Raízen operar com maior eficiência, reduzindo o tempo de transporte e, consequentemente, diminuindo as emissões de carbono decorrentes da operação. Dessa forma, a excelência operacional manifesta-se em cada etapa da distribuição, garantindo que a entrega de energia ocorra de forma ética, segura e em conformidade com os mais altos padrões de qualidade do mercado.

Figura 1 - Negócios da Raízen



Fonte: Material interno da Raízen

1.1. Terminal Operacional

Uma base de distribuição da Raízen atua como o grande marco logístico na cadeia de Downstream de combustíveis. Ela é a instalação intermediária que conecta os grandes centros de produção (refinarias, usinas de etanol ou portos de importação) aos milhares de postos de revenda varejistas onde o consumidor final abastece o veículo. Este trabalho considerou os produtos e modais de recebimento da base de Barueri, local de realização do estágio e coleta de dados. A referida instalação possui

recebimento exclusivo pelos modais rodoviário e dutoviário. Os combustíveis armazenados são Gasolina A, Etanol Hidratado e Anidro, Diesel S10 e S500 A e Biodiesel.

O fluxo de movimentação dentro de um terminal se concentra em 5 operações essenciais:

1. **Recebimento e Armazenamento:** A base é responsável por receber os produtos puros como Gasolina A, Diesel A e Etanol que chegam por oleodutos, vagões-tanque (VT) ferroviários, balsa-tanques (BT) ou caminhões-tanque (CT), para recebimento por duto denominamos bombeio e para CT como descarga. Esse fluido é armazenado em parques de tanques verticais de grande capacidade. Toda essa infraestrutura de tancagem exige programas contínuos de integridade mecânica, prevenção de vazamentos e planos de contenção.

2. **Formulação e Mistura de Combustíveis:** É no escopo da base de distribuição que o combustível ganha a forma final que vai para a bomba. A instalação possui sistemas de automação (*skids*) que fazem a dosagem e a mistura exata exigida por lei, como a injeção computadorizada do etanol anidro na Gasolina A (formando a Gasolina C) e do biodiesel no Óleo Diesel A (formando o Diesel B). Também é nesse momento que são injetados os aditivos químicos, como a linha V-Power da Shell.

3. **Controle de Qualidade e Laboratório:** A base funciona como o último filtro de segurança do produto. Dentro do seu escopo, há a obrigação de manter infraestrutura laboratorial para testar cada lote movimentado e cada tanque formulado. Nenhum caminhão pode ser liberado sem que a base ateste parâmetros como densidade, aspecto e teor de misturas, culminando na emissão obrigatória do Boletim de Conformidade e na coleta e guarda das amostras-testemunha em frascos lacrados.

4. **Expedição e Fluxo Rodoviário:** A estrutura física inclui as ilhas de carregamento de caminhões-tanque. O escopo da operação abrange

desde a portaria com checagem de documentação e liberação de entrada (*Gate In*), o posicionamento nas baias, o acoplamento do sistema de aterramento, para evitar faíscas estáticas, e o uso do sistema de bottom loading -carregamento por baixo do CT, e *top loading* – carregamento por cima do CT. Ao final, a base é responsável por lacrar todas as escotilhas e válvulas do caminhão antes de sua saída (*Gate Out*).

5. **Sistema de Gestão e Segurança (SSMA):** Especificamente na Raízen, o escopo da base é gerido pelo sistema corporativo SIGO (Sistema Integrado de Gestão das Operações). Este sistema padroniza as rotinas de saúde, segurança e meio ambiente, exigindo a aplicação de análises de risco de tarefas, gestão de manutenções, preparação para respostas a emergências e a auditoria constante das frotas de caminhões contratadas.

O fluxo de recebimento pelo modal dutoviário é crítico para o funcionamento da base operacional, levando em consideração o volume recebido em cada operação está na casa de milhões de litros. O produto é recebido por meio de dutos que conectam outra base de armazenamento primária ou uma refinaria e usina de produção. Os dutos podem ser exclusivos ou polidutos, estes com um procedimento mais delicado, pois recebe mais de um produto no mesmo duto. Nesses casos é considerada um volume de interface, onde se encontra o contato entre os produtos, o que estava na linha e o que está sendo bombeado e empurrando a linha.

No final de um bombeio o produto que ficou no duto é chamado de linha. Para o recebimento de um produto diferente é necessário limpar a linha, passando a interface de corte, é alinhamento para o tanque do produto do bombeio. Para um processo mais automatizado esse corte de linha é realizado por válvulas *Rotork*, onde abrem e fecham automaticamente por um sistema que detecta a densidade do produto na linha.

Para bases com apenas um tanque de cada produto disponível, é indispensável a operação pulmão desse tanque, ou seja, a venda e o recebimento de produto ocorram ao mesmo tempo. Para recebimentos por caminhões-tanques as análises efetuadas antes da descarga permitem uma operação bastante confiável. O principal

cuidado a ser tomado é com a contaminação do tanque recebedor devido à troca do produto na hora da descarga, o que pode ocasionar um acidente de qualidade. Havendo contaminação, o carregamento deverá ser paralisado imediatamente e todos os caminhões-tanque que estiverem sendo carregados deverão ser analisados para verificação da qualidade do produto carregado.

Todas as linhas de recebimento de produto possuem filtros para impedirem impurezas de entrar no tanque ou danificar a bomba. Para descargas, nos mangotes de conexão são utilizados os filtros chapéu de bruxa, ou cônico industrial, e para duto utilizam filtro Y ou filtro cesto para recalque de bombas.

Figura 2 - Filtros Chapéu de Bruxa



Fonte: Autoria própria.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Gasolina

A gasolina é definida como uma das frações mais leves e voláteis derivadas do petróleo bruto, consistindo em uma mistura formidavelmente complexa de hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos. A composição molecular padrão desta fração engloba compostos cujas cadeias carbônicas aromáticas e inflamáveis, predominantemente, entre 4 e 12 átomos de carbono, com temperatura de ebulição entre 30 a 225 ºC [1], cuja composição final depende da origem do petróleo, dos processos de produção (destilação, alquilação, hidrocraqueamento, craqueamento catalítico, craqueamento térmico, reforma catalítica, entre outros) [2].

A obtenção primária deste combustível líquido fundamenta-se no processo industrial de destilação fracionada, uma operação termodinâmica de separação executada em colunas de fracionamento de alta complexidade em refinarias de petróleo. Neste ambiente de processamento, o petróleo cru é submetido a um aquecimento substancial em fornos, permitindo a vaporização e a subsequente

separação de suas inúmeras misturas com base nos diferentes pontos de ebulição de seus compostos constituintes.

A fração de gasolina diretamente extraída da coluna de destilação atmosférica, frequentemente categorizada como nafta, não possui as características físico-químicas e antidetonantes ideais para uso comercial direto em motores modernos de alta compressão. A alquilação catalítica é um processo químico sofisticado que permite a síntese de hidrocarbonetos ramificados de alto peso molecular a partir de olefinas e isoparafinas mais leves, gerando um produto líquido de elevada octanagem, métrica que define a capacidade do combustível de resistir à alta compressão dentro da câmara de combustão sem sofrer autoignição prematura.[3]

A gasolina vendida no mercado inclui aditivos, que inibem a oxidação, inibem a corrosão, passivam traços de metais, reduzem a deposição de carbono nas válvulas de admissão e câmaras de combustão, e minimizam a formação de gelo em climas frios. [4].

2.2. Diesel

O óleo diesel é composto por cadeias grandes de hidrocarbonetos de 8 a 21 átomos de carbono, combinado com outros elementos em suas cadeias como hidrogênio, enxofre, oxigênio e nitrogênio. Obtido a partir do mesmo processo da gasolina, o fracionamento do petróleo bruto, em maiores temperaturas 200- 350°C.

Amplamente utilizado no Brasil como combustível, onde o transporte de cargas no país está apoiado, principalmente, por via rodoviária. Para atender o mercado nacional, as refinarias da Petrobras são operadas com prioridade para a produção desse combustível, o qual a produção corresponde em torno de 34% do volume do petróleo processado no país. [5]

A obtenção do Diesel S10 exige submeter a fração de destilação a reatores de Hidrodessulfurização (HDS) operando em regimes termodinâmicos altamente severos, com altas pressões parciais de hidrogênio e catalisadores de cobalto-molibdênio ou níquel-molibdênio. O objetivo da catálise é romper as ligações das complexas moléculas de tiofeno e dibenzotiofeno estericamente impedidas, liberando o enxofre sob a forma de gás sulfídrico. Todavia, a literatura metalúrgica e mecânica adverte que este processo não é seletivo exclusivamente ao enxofre. A HDS profunda cliva simultaneamente compostos aromáticos e substâncias contendo nitrogênio e

oxigênio polar, os quais desempenham uma função físico-química subjacente de extrema relevância: a lubricidade natural.

Ou seja, o diesel S500 possui em sua composição 500 mg/kg de enxofre enquanto o S10, 10 mg/kg, aumentando sua eficiência e diminuindo sua taxa de emissão de poluentes gasosos com enxofre [6].

Os motores movidos a diesel são a maior fonte de poluição atmosférica do planeta. Esse combustível possui alto potencial para o aquecimento global da descarga como o CO2 pela queima em veículos automotores. Muitas doenças pulmonares estão ligadas ao material particulado emitido pelos veículos a diesel incluindo poeira, fuligem e fumaça [7]. Devido ao alto índice de poluição do uso de óleo diesel, a adição do biodiesel serviu de justificativa para diminuir emissões de CO2 e SO2. O biodiesel é considerado um combustível não tóxico e biodegradável [8].

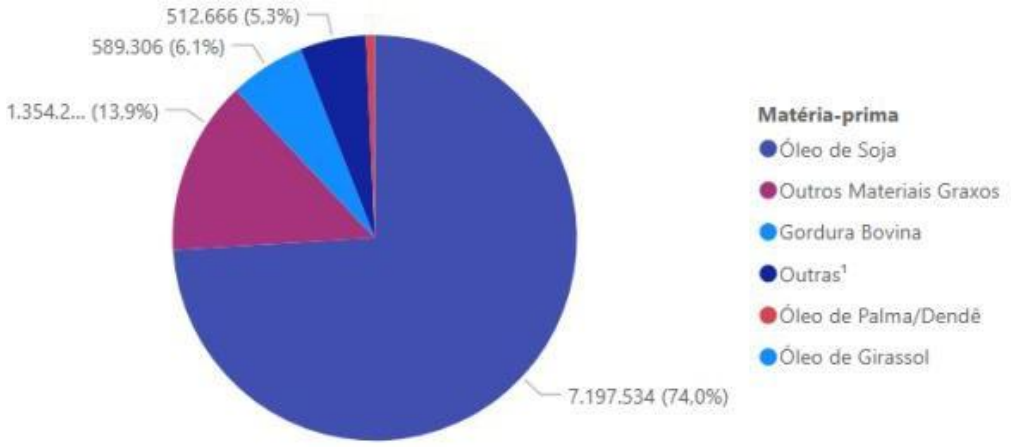
Para reduzir as emissões fósseis, o diesel comercial é atualmente composto por uma parte de biocombustível. A inserção do biodiesel no Brasil começou de forma experimental em 2004 e oficializou-se com a Lei nº 11.097/2005, que instituiu o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). A partir de janeiro de 2008, a adição de 2% (B2) tornou-se obrigatória em todo o país. Com o desenvolvimento tecnológico, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) elevou gradualmente esse percentual. O avanço regulatório mais recente ocorreu com a sanção da Lei do Combustível do Futuro (Lei nº 14.993/2024), que definiu metas audaciosas de descarbonização, estabelecendo a obrigatoriedade da mistura em 15% (B15) a partir de 2025 e fixando projeções para alcançar 20% até 2030, além de fomentar inovações químicas avançadas por meio do Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) [9].

2.3. Biodiesel

Biodiesel são definidos como ésteres monoalquílicos de ácidos graxos de cadeia longa, a via de síntese primária para a obtenção é a reação de transesterificação. Neste processo, os triglicerídeos presentes nos óleos e gorduras reagem com um álcool de cadeia curta na presença de um catalisador como hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio e possuem a glicerina como produto secundário [10] [11].

Podem ser empregados como matéria-prima para a produção de biodiesel os óleos de soja, sebo bovino, palma (dendê), caroço de algodão, girassol, amendoim, entre outros óleos vegetais. O panorama produtivo brasileiro, no entanto, é hegemonicamente liderado pelo complexo da soja. Dados de mercado indicam que o óleo de soja representa sistematicamente cerca de 74% da matriz produtiva de biodiesel no Brasil. Em segundo plano, consolidou-se o sebo bovino, correspondendo a aproximadamente 6,1% da produção, seguido por outras fontes como o óleo de algodão e outros materiais graxos [12].

Figura 3 - Matérias-primas para a produção de biodiesel (2024)



Fonte: ANP Boletim Trimestral (2025).

Para considerarmos o uso do biodiesel como combustível, ele deve possuir requisitos mínimos como combustibilidade – grau de facilidade em realizar combustão, impactos ambientais e emissões, compatibilidade de uso – referente aos motores a diesel e compatibilidade ao manuseio – referente ao transporte e armazenamento do combustível [13].

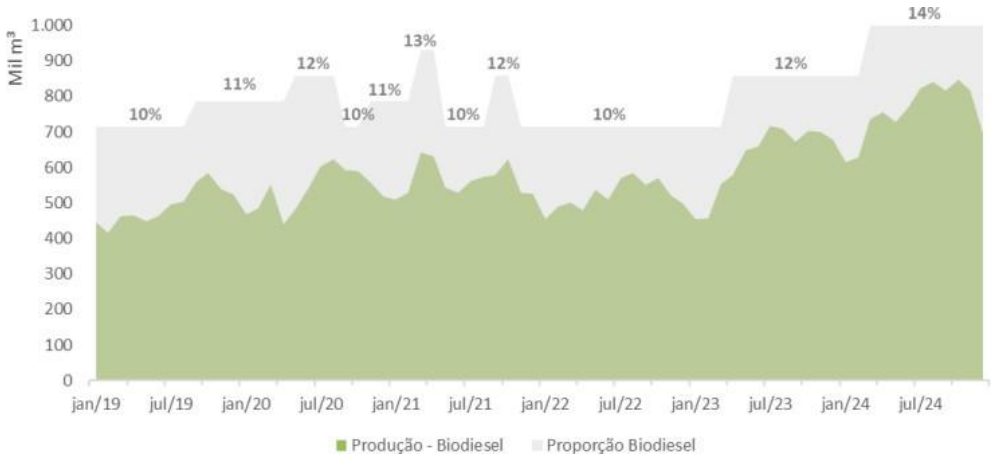
Devido ao uso de metanol como matéria prima e o glicerol como produto secundário, a purificação do biodiesel para comercialização precisa ser rigidamente controlada e seus teores testados. A purificação ineficiente deixa vestígios de glicerina livre e total no biodiesel. Quando injetadas no motor, essas substâncias sofrem quebra

térmica e formam depósitos carbonáceos severos, levando ao entupimento dos bicos injetores e à quebra mecânica. A ANP regula tais parâmetros e os limita para testes e emissão de boletins para produtores primários [10].

Segundo Silva [10]: “Como as características físicas e químicas da matéria-prima são herdadas pelo produto obtido, mesmo que um material seja abundante e de fácil acesso, isso não significa que o mesmo será uma matéria-prima apta a se produzir biodiesel” ou seja para um biodiesel ser utilizado como combustível e atender aos parâmetros mínimos de especificação, deve-se levar em consideração a produção do biocombustível e o óleo mais adequado para o processo.

A mistura do biodiesel ao diesel fóssil teve início entre 2004 e 2007 com teor de 2%. Em 2025, a porcentagem de mistura encontra-se em 15%, com planos de ampliamento para os próximos anos [11].

Figura 4 - Percentual de mistura obrigatória do biodiesel ao diessel.



Fonte: ANP Boletim Trimestral (2025).

2.4. Etanol

O etanol é um biocombustível produzido principalmente pela fermentação de sacarose pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* ou espécies similares. O processo se inicia na coleta da biomassa, como cana-de-açúcar e recentemente o milho, onde é levado a moagem e extraído seu caldo. Seu tratamento é composto por diversas etapas de limpeza e purificação para aumentar a eficiência da fermentação [14, 15].

A fermentação industrial brasileira destaca-se pelo uso predominante de processos contínuos ou em batelada alimentada com reciclo de leveduras. A conversão metabólica é conduzida por linhagens industriais selecionadas da levedura que metabolizam as moléculas de glicose e frutose (provenientes da inversão da sacarose) produzindo etanol e dióxido de carbono. Trata-se de uma reação severamente exotérmica. A liberação de energia térmica obriga as usinas a empregarem complexos sistemas de trocadores de calor de placas em circuito fechado para manter a temperatura nas dornas de fermentação entre trinta e trinta e quatro graus Celsius, faixa ótima para a viabilidade celular e eficiência catalítica da levedura [16].

Finalmente após a fermentação ocorre a destilação do líquido fermentado, através do aquecimento com vapor, vaporiza o etanol e os compostos mais voláteis, deixando no fundo da coluna uma corrente aquosa residual rica em matéria orgânica e potássio, denominada vinhaça. O etanol hidratado, tem proporção de 95.5% (v/v) e para a produção de etanol anidro é necessário a aplicação de métodos de destilação azeotrópica, onde uma destilação convencional não conseguiria separar, utilizando um solvente para assim alcançar um etanol mais puro [15]

O produto secundário da destilação é utilizado em grande quantidade como fertilizante e ração para gados, uma vez que para cada litro de etanol produzido resulta em 10 a 15 litros de vinhaça, gerando um resíduo bastante considerável [15].

A pressão global por uma eficiência energética superlativa, associada à necessidade de maximizar o uso da terra cultivável sem causar competições com o mercado de alimentos, impulsionou as engenharias genética e de bioprocessos em direção ao Etanol de Segunda Geração (E2G). O E2G, classificado como um biocombustível avançado, é sintetizado a partir de resíduos lignocelulósicos agroindustriais abundantes, notadamente o bagaço e a palha excedente resultantes do processamento da própria cana-de-açúcar.

O Brasil comercializa o combustível sob duas tipologias oficiais regulamentadas através das normas da ANP, o etanol anidro e o etanol hidratado. O etanol anidro apresenta um limite de tolerância de água de apenas 0,7% e é destinado exclusivamente para compor a mistura oxigenante na Gasolina C. O etanol hidratado, por sua vez, contém maior percentual de água e é distribuído diretamente nos postos revendedores para o uso em veículos leves com motorização flex. A relevância econômica desta cadeia refletiu-se nos patamares consolidados na safra de

2024/2025, na qual a produção nacional foi superior a 31 milhões de metros cúbicos de etanol, somando os aportes de hidratado e anidro.[17]

3. O ARCABOUÇO REGULATÓRIO ANP

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) tem a finalidade de promover a regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria do petróleo, do gás natural, dos biocombustíveis e do hidrogênio. Sua competência institucional está estabelecida na Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, Lei do Petróleo.

A Agência integra a administração federal indireta, vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME) e submetida ao regime autárquico especial. É o órgão encarregado de regular não somente a indústria do petróleo e seus derivados, mas também as indústrias do gás natural e dos biocombustíveis, atuando nos seguintes seguimentos [18]:

- **Exploração, Produção e Refino:** Gerenciamento de estudos geológicos, rodadas de licitação, contratos de concessão e autorização para construção de refinarias e instalações de processamento.
- **Logística e Comércio Exterior:** Regulação do transporte (dutos, navios etc.), armazenamento e das fases administrativas de importação e exportação.
- **Sustentabilidade e Qualidade:** Especificação da qualidade dos combustíveis e biocombustíveis, além do monitoramento das usinas produtoras.
- **Arrecadação e Investimentos:** Medição da produção para cálculo de *royalties* e gestão de recursos obrigatórios destinados a Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação.
- **Defesa do Consumidor e Mercado:** Garantia do abastecimento nacional, fiscalização de todas as atividades do setor e monitoramento da livre concorrência através de pesquisas semanais de preços nos postos de revenda.

Regem também parâmetros de controle para a qualidade de combustíveis. A resolução N°828 é responsável por padronizar as informações que devem constar obrigatoriamente nos documentos de qualidade dos combustíveis e define três documentos obrigatórios, o certificado de qualidade na origem (CQO), emitido no local do carregamento, certificado de qualidade no destino (CQD) e o boletim de conformidade, documento da qualidade que contém os resultados das análises físico-químicas estabelecidas para os produtos, requeridas na distribuição. Quanto às análises laboratoriais, a resolução exige que o distribuidor ateste parâmetros mínimos para liberar cada produto.

O certificado de qualidade deve conter: CNPJ e razão social da instalação produtora; resultados de todas as análises dos parâmetros especificados com a indicação das unidades, dos métodos empregados e os respectivos limites constantes da especificação, conforme estabelecido na Resolução ANP referente à especificação do produto em questão, obtidos por um ou mais laboratórios; data de amostragem; volume certificado; identificação do tanque de onde foi coletada a amostra e tipo de produto armazenado; número do lacre da amostra-testemunha armazenada; identificação própria por meio de numeração sequencial, inclusive no caso de cópia emitida eletronicamente; e indicação do laboratório responsável por cada ensaio efetuado e identificação de cada boletim de análise utilizado para compor o respectivo certificado da qualidade, quando couber.

Enquanto o boletim de conformidade são realizados menos testes do que para os certificados de qualidade, que geralmente engloba todos os ensaios presentes na especificação do produto: CNPJ e razão social do distribuidor ou do Transportador-Revendedor-Retalhista (TRRs); resultados dos ensaios de determinação das características físico-químicas com a indicação dos métodos empregados e os respectivos limites, relacionados nas Subseções referentes a cada produto; identificação do tanque de onde foi coletada a amostra e do tipo de produto armazenado; data da amostragem do produto para emissão do boletim de conformidade; e identificação própria por meio de numeração sequencial.[19]

Tabela 1 - Lista das características a serem consideradas para emissão de certificado.

Produto	Característica

Biodiesel (Resolução ANP nº 920, de 4 de abril de 2023)	Aspecto; Massa específica a 20ºC; Teor de água; Ponto de fulgor; Teor de éster; Estabilidade à oxidação a 110ºC, resultado deverá ser incluído em até 48 horas após a emissão do CQD; Enxofre Tota; lGlicerol livre; Glicerol total; Monoacilglicerol; Diacilglicerol; Triacilglicerol; Contaminação total, máx.
Etanol combustível (Resolução ANP nº 907, de 18 de novembro de 2022)	Aspecto; Cor; Acidez total; Condutividade elétrica; Massa específica a 20ºC; Teor alcoólico; Teor de etanol; Teor de água; Teor de metanol; Resíduo por evaporação; Teor de hidrocarboneto; Teor de cloreto. Somente para etanol hidratado combustível e etanol hidratado combustível premium: Potencial hidrogeniônico (pH).
Gasolina automotiva (Resolução ANP nº 807, de 23 de janeiro de 2020)	Aspecto; Cor; Massa específica a 20ºC; Destilação, em todos os percentuais evaporados exigidos para o produto; Teor de enxofre; Pressão de vapor a 37,8ºC
Óleo diesel (Resolução ANP nº 968, de 30 de abril de 2024)	Aspecto; Cor; Cor ASTM; Massa específica a 20ºC; Ponto de fulgor; Enxofre total; Teor de água; Condutividade elétrica; Contaminação total. Somente para óleo diesel S10: Destilação, T95. Somente para óleo diesel S500: Índice de cetano calculado Destilação, T85.

Fonte: Autoria própria, com base em ANP n°980 (2025).

3.1. Resolução ANP Nº 807 - Gasolina automotiva

A resolução ANP Nº 807, de 2020 atua como o principal marco regulatório para a especificação das gasolinas de uso automotivo. Para ser distribuída, armazenada e comercializada precisa atender padrões de qualidades, nela são considerados padrões mínimos e máximos de composição e classificações de gasolina.

- Gasolina A comum: Combustível produzido a partir de processos utilizados nas refinarias, nas centrais de matérias-primas petroquímicas e nos formuladores, destinado aos veículos automotivos dotados de motores de ignição por centelha, isento de componentes oxigenados;
- Gasolina A premium: Combustível com alta octanagem, superior a gasolina A comum.
- Gasolina C comum: Combustível obtido a partir da mistura de gasolina A comum e de etanol anidro combustível, nas proporções definidas pela legislação em vigor, 30% etanol e 70% gasolina A.

Abriga dentro da resolução as responsabilidades do controle de qualidade do produtor e importador, do terminal e do distribuidor. Para o produtor e importador, deverá ser feito a coleta de uma amostra-testemunha de um litro a ser reservada e à disposição da ANP, em frasco de vidro âmbar ou metal, lacrado e protegido da luz, por dois meses, para garantir a rastreabilidade em caso de denúncias. Além de emitir o certificado da qualidade do volume a ser comercializado.

As obrigações do terminal e dos TRRs estipulam que uma certificação de qualidade deve ser emitida obrigatoriamente sempre que um novo lote for adicionado a um tanque ou quando a mistura for feita, atestando a qualidade a cada troca de mãos.

E para o distribuidor segue-se o controle da emissão de um boletim de conformidade, com os seguintes parâmetros: Massa específica a 20ºC, itens de especificação da destilação, indicação do teor etanol anidro.

A Resolução n°807 também traz as especificações das Gasolinas Comum e Premium, apresentadas no Quadro 1 e os métodos para análise dessas características [20].

Quadro 1 - Especificações da Gasolina Comum e Premium.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE				MÉTODO	
		Gasolina Comum		Gasolina Premium			
		A	C	A	C	ABNT NBR	ASTM
Cor	-	Exceto azul, restrita à gasolina de aviação.				visual	
Aspecto	-	O produto deve apresentar-se homogêneo, límpido e isento de impurezas.				14954	D4176
Teor de Etanol Anidro Combustível (EAC)	% volume	Máximo de 1%	30%	Máximo de 1%	30%	13992 17026	D5501 ISO 6729
Massa específica a 20ºC, mínimo	$\frac{Kg}{m^3}$	688,9	715	688,9	715	7148 14065	D1298 D4052
Destilação						9619	D86 D7345
10% evaporados, máx.	ºC	65					
50% evaporados		77,0 a 120,0	Máx. 80,0	77,0 a 120,0	Máx. 80,0		
90% evaporados, máx.		190					
PFE, máx.		215					

Resíduo, máx.	% volume	2					
Nº de Octano Motor - MON, mín.	-	-	82	-	anotar	-	D2700
Nº de Octano Pesquisa - RON, mín.	-	-	94	-	97	-	D2699
Pressão de Vapor a 37,8ºC	kPa	45,0 a 62,0	69,0 (máx.)	45,0 a 62,0	69,0 (máx.)	14149 16306	D4953 D5191 D5482 D6378
Goma Atual Lavada, máx.	$\frac{mg}{1000mL}$	5				14525	D381
Período de Indução a 100ºC, mín.	mín.	-	360	-	360	14478	D525
Corrosividade ao Cobre a 50ºC, 3h, máx.	-	1				14359	D130
Teor de Enxofre, máx.	$\frac{mg}{Kg}$	-	50	-	50	- - - -	D2622 D3120 D5453 D6920 D7039 D7220
Benzeno, máx.	% volume	-	1	-	1	15289 15441	D3606 D5443 D6277 D6729 D6730
Teor de Silício	$\frac{mg}{Kg}$	Anotar				-	D7757
						AAS	
						ICP-AES	
Hidrocarbonetos:						14932	D1319
Aromáticos, máx.	% volume	-	35	-	35		
Olefínicos, máx.		-	25	-	25		
Saturados		Anotar					
Teor de metanol, máx.	% volume	0,5	0,5	0,5	0,5	16041 16943	(Redação dada pela Resolução nº 864/2021)
Chumbo, máx.	$\frac{g}{L}$	0,005				-	D3237 D5059
Fósforo, máx.	$\frac{mg}{L}$	1,3				-	D3231

Fonte: Autoria própria, com base em ANP n°9807 (2020).

3.2. Resolução ANP N°968 – Óleo Diesel

A resolução classifica o diesel em 5 produtos:

- Óleo diesel A: combustível constituído por hidrocarbonetos, produzido a partir de derivados de petróleo ou outras matérias-primas não renováveis;
- Óleos diesel A S10, C S10 e B S10: combustíveis com teor de enxofre máximo de 10 mg/kg;
- Óleos diesel A S500 e B S500: combustíveis com teor de enxofre máximo de 500 mg/kg;
- Óleo diesel B: óleo diesel A, C ou suas misturas, adicionado de biodiesel;
- Óleo diesel C: combustível obtido a partir de processos que envolvam a utilização de matérias-primas renováveis e não renováveis concomitantemente, e que atenda às especificações estabelecidas pela ANP.

O controle de qualidade é regulado pelo capítulo II da resolução. Nela exprime as obrigações dos produtores, terminais e revendedores.

As obrigações da origem do produto são a emissão de documento atestando a qualidade antes da venda. A seção também cria a regra estrita da amostra-testemunha: deve-se guardar um litro do produto em frasco de vidro âmbar ou metal, lacrado e protegido da luz, por dois meses, para garantir a rastreabilidade em caso de denúncias. Destaca-se a obrigatoriedade de adicionar corante vermelho exclusivamente no Diesel S500, caso necessário em bases e terminais essa adição pode ser feita pelo operador, desde que acompanhada por uma empresa de inspeção credenciada. Para um terminal, segue-se a emissão de um boletim de conformidade com os seguintes parâmetros: aspecto, cor visual, ponto de fulgor, massa específica a 20 °C, condutividade elétrica, teor de água, teor percentual em volume de biodiesel aplicado à mistura e identificação do tanque de origem.

Enquanto na seção de revendedores expressa a exigência de testes mensais de estabilidade à oxidação, enviados mensalmente a ANP e o rigor na avaliação do aspecto visual — se o diesel estiver turvo, com partículas ou apresentando separação

de líquidos, ele deve passar por testes urgentes ou ser sumariamente reprovado. A Figura 5 nos mostra as especificações para um produto conforme dentro desses testes mensais.

Figura 5 - Especificações padrões para testes mensais do óleo diesel.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE				MÉTODO	
		A		B		ABNT NBR	ASTM/EN
		S10	S500	S10	S500		
Estabilidade à oxidação, máx.	mg/100mL	2,5	-	-	-	-	D2274 D5304
Índice de acidez, máx.	mgKOH/g	Anotar	-	Anotar	-	14248	D664 D974 (20)
Contaminação total, máx. (25)	mg/kg	24	-	24	-	-	EN 12662
Teor de água, máx.	mg/kg	200	500	250	500	-	D6304 EN ISO12937
Água e sedimentos, máx. (25)	% volume	-	0,05	-	0,05	-	D2709

Fonte: ANP n°968 (2024).

Para armazenamentos de óleo diesel é necessário realizar verificações tanto da qualidade do produto como do tanque, nesse sentido a seção IV traz como obrigatório o controle operacional rígido para evitar contaminação do produto armazenado. A drenagem semanal do fundo de tanques, verificando o nível de água, partículas sólidas ou impurezas. Caso seja detectado a presença desses contaminantes que não possam ser drenados é necessário realizar a limpeza dos tanques. Deve-se ter um registro salvo de cada drenagem e limpeza de tanque à disposição da ANP por um ano.

Em seu anexo, a Resolução traz as especificações gerais do óleo diesel [21].

Quadro 2 - Especificações gerais do Óleo Diesel.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE A e C		LIMITE B		MÉTODO ABNT NBR	MÉTODO ASTM / EN
		S10	S500	S10	S500		
Aspecto	-	Homogêneo e Limpo	Homogêneo e Limpo	Homogêneo e Limpo	Homogêneo e Limpo	14954	D4176
Cor	-	Incolor a amarelada, para os óleos diesel A e C sem corante	Considerar a cor do produto sem adição de corante.	Tonalidades marrom e alaranjada devido à coloração do biodiesel	Vermelho	14954	-
Cor ASTM	-	3	-	3	-	14483	D1500 / D6045

Massa Específica a 20°C	$\frac{Kg}{m^3}$	815 a 850	815 a 865	-	-	7148 / 14065	D1298 / D4052
Enxofre total, máx.	$\frac{mg}{Kg}$	10	500	10	500	14533	D2622 / D5453 / D4294
Ponto de fulgor, mín.	°C	38				7974 / 14598	D56 / D93 / D3828
Viscosidade a 40°C	$\frac{mm^2}{s}$	2,0 a 4,5	2,0 a 4,5	2,0 a 4,5	2,0 a 4,5	10441	D445 / D7042
Destilação 85% rec., máx.	°C	-	360	-	370	9619	D86 / D7345
Destilação 95% rec., máx.	°C	370	-	370	-	9619	D86 / D7345
Estabilidade oxidação, máx.	$\frac{mg}{1000mL}$	2,5		-	-	-	D2274 / D5304
Número de cetano, mín.	-	48	42	48	42	-	D613 / D6890 / EN 5165
Resíduo de carbono, máx.	% massa	0,25				14318	D524
Cinzas, máx.	% massa	0,01				9842	D482
Corrosividade ao cobre	-	1				14359	D130
Índice de acidez, máx.	$\frac{mgKOH}{g}$	0,25	Anotar	0,3	Anotar	14248	D664 / D974
Teor de água, máx.	$\frac{mg}{Kg}$	200		250		-	D6304 / ISO 12937
Contaminação Total, máx.	$\frac{mg}{Kg}$	24				-	EN 12662
HPA, máx.	% massa	8	-	-	-	-	D5186 / EN 12916
Lubricidade, máx.	µm	460				-	ISO 12156-1
Condutividade elét., mín.	$\frac{pS}{m}$	25				-	D2624 / D4308

Fonte: Autoria própria, com base em ANP n°968 (2024).

3.3. Resolução ANP N°920 – Biodiesel

Esta resolução estabelece as especificações técnicas obrigatórias e as regras de controle de qualidade para a comercialização de biodiesel no território brasileiro.

- Biodiesel: combustível composto de alquil ésteres de ácidos carboxílicos de cadeia longa, produzido a partir da transesterificação ou esterificação de matérias graxas, de origem vegetal ou animal.

O controle do biodiesel possui uma rigorosidade maior comparado aos outros combustíveis devidos as suas propriedades físico-químicas. A ANP estabelece obrigatória a adição de aditivo antioxidante no biodiesel, para atingir o limite mínimo de estabilidade à oxidação, instalações logísticas também são obrigadas a instalar sistemas de filtração de, no máximo, 10 micrômetros.

Fica vedado o certificado conter informação sobre o material graxo e o álcool utilizado para obtenção do biodiesel, sendo que, caso utilizado mais de um tipo de material graxo, deverão ser informadas suas respectivas proporções.

A drenagem de tanques tem obrigatoriedade semanal para registro de impurezas e água. Em caso de não atendimento à característica “aspecto do biodiesel” deverá ser realizadas análises complementares - teor de água e contaminação total. A água adentra os tanques logísticos primariamente não pelas cargas recebidas, mas sim pelo fenômeno contínuo de respiração dos tetos dos tanques provocado pelos ciclos dia-noite de vácuo e pressão. O ar atmosférico úmido condensa-se e decanta no bojo dos reservatórios.

Quadro 3 - Especificações gerais do Biodiesel.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE	MÉTODO ABNT NBR	MÉTODO EN/ISO
Aspecto	-	Homogêneo, límpido e isento de impurezas,	-	-
Massa específica a 20°C	$\frac{Kg}{m^3}$	850 a 900	7148 / 14065	EN ISO 3675 / EN ISO 12185
Viscosidade cinemática a 40°C	$\frac{mm^2}{s}$	3,0 a 5,0	10441	EN ISO 3104
Teor de água, máx.	$\frac{mg}{Kg}$	200	-	EN ISO 12937
Teste de filtração (TFIF), máx.	s	anotar	-	-
Ponto de fulgor, mín. (3)	°C	100	14598	EN ISO 3679
Teor de éster, mín.	% massa	96,5	15764	EN 14103
Cinzas sulfatadas, máx. (4)	% massa	0,02	6294	EN ISO 3987

Enxofre total, máx.	$\frac{mg}{Kg}$	10	15867	EN ISO 20846 / EN ISO 20884
Sódio + Potássio, máx.	$\frac{mg}{Kg}$	2,5	15553	EN 14538
Cálcio + Magnésio, máx.	$\frac{mg}{Kg}$	2,5	15553	EN 14538
Fósforo, máx.	$\frac{mg}{Kg}$	3	15553	EN 16294
Corrosividade ao cobre, 3h a 50°C	-	1	14359	EN ISO 2160
Número de cetano	-	Anotar	-	EN ISO 5165 / EN 15195 / EN 16715 / EN 17155
Índice de acidez, máx.	$\frac{mgKOH}{g}$	0,5	14448	EN 14104
Glicerol livre, máx.	% massa	0,02	15908	EN 14105
Glicerol total, máx.	% massa	0,2	15908	EN 14105
Monoacilglicerol, máx.	% massa	0,5	15908	EN 14105
Diacilglicerol, máx.	% massa	0,2	15908	EN 14105
Triacilglicerol, máx.	% massa	0,2	15908	EN 14105
Contaminação total, máx.	$\frac{mg}{Kg}$	24	15995	EN 12662-2 (Res. 989/2025)
Metanol e/ou Etanol, máx.	% massa	0,2	15343	EN 14110
Estabilidade à oxidação 110°C, mín.	h	13	-	EN 14112 / EN 15751

Fonte: Autoria própria, com base em ANP n°920 (2023).

Outro ponto que a ANP nos traz a atenção é no ponto de entupimento do biodiesel, no qual se deve levar em consideração em dias frios e regiões mais frias para seu ponto de cristalização. A Figura 6 mostra a temperatura mínima para operarmos o biocombustível em determinadas regiões do país [22].

Figura 6 - Ponto de Entupimento de Filtro a Frio.

Regiões/ UFs	Limite máximo, °C											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Norte	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Nordeste	19	19	19	19	16	16	16	16	19	19	19	19
DF/GO - MT - ES - RJ	16	16	16	14	10	10	10	10	10	14	14	16
SP - MG - MS	14	14	14	12	6	5	5	5	6	12	14	14
Sul	14	14	12	10	5	3	0	3	5	10	12	14

Fonte: ANP n°920 (2023).

3.4. Resolução ANP N°907 – Etanol combustível

Etanol combustível é definido como:

- Etanol anidro combustível (EAC): etanol combustível destinado para mistura com gasolina A na formulação da gasolina C;
- Etanol hidratado combustível (EHC): etanol combustível destinado à utilização direta em motores a combustão interna;
- Etanol hidratado combustível premium (EHCP): etanol hidratado combustível, com massa específica a 20ºC variando de 799,7 a 802,8 $\frac{Kg}{m^3}$.

Como as outras, essa resolução foca nas obrigações de quem produz, fornece ou importa o etanol combustível, garantindo a rastreabilidade do produto desde a sua origem. O produtor é responsável pela emissão do certificado de qualidade e responde solidariamente pela qualidade quando armazenado em terminais terceiros.

Das obrigações do distribuidor e do TRR fica vedada a emissão do boletim de conformidade do etanol com os seguintes parâmetros: aspecto, cor, condutividade elétrica, pH, massa específica a 20ºC, teor alcoólico, resíduo por evaporação e teores de hidrocarbonetos, cloreto, etanol, água e metanol.

Semelhante ao óleo diesel S500, o EAC é obrigatório a adição de corante em uma concentração de 15mg/L antes do produto ser entregue ao distribuidor de combustíveis. O corante precisa conter as seguintes especificações [23]:

Figura 7 - Especificação do corante do Etanol Anidro.

CARACTERÍSTICA	ESPECIFICAÇÃO	MÉTODO
Estado físico	Líquido	Visual
Família química - Color índex	Solvent Red 19 ou Solvent Red 164	-
	Solvent Yellow 174 ou Solvent Yellow 175	-
Cor	Laranja	Visual
Absorvância a 420nm	0,150 a 0,190	
Absorvância a 530nm	0,100 a 0,135	
Solubilidade	Totalmente solúvel em etanol anidro combustível e insolúvel em água na concentração de 15mg/L.	(23)

Fonte: ANP n°907 (2022).

Quadro 4 - Especificações gerais do Etanol Hidratado e Anidro.

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE EAC	LIMITE EHC	LIMITE EHCP	MÉTODO NBR	MÉTODO ASTM/EN/ISO
Aspecto	-	---	Límpido	---	Visual	-
Cor	-	Alaranjado	Não pode apresentar coloração laranja ou azul.	---	Visual	-
Acidez total, máx.	$\frac{mg}{L}$	30	30	30	9866 / 16047	ISO 17315
Condutividade elétrica, máx.	µS/m	300	300	300	10547	ISO 17308
Massa específica a 20°C	$\frac{Kg}{m^3}$	791,5 máx.	805,2 a 811,2	799,7 a 802,8	5992 / 15639	D 4052
Teor alcoólico	% massa	99,3 mín.	92,5 a 94,6	95,5 a 96,5	5992 / 15639	-
Potencial hidrogeniônico (pH)	-	-	6,0 a 8,0	-	10891	-
Teor de etanol, mín.	% volume	98	94,5	96,3	16041	D5501
Teor de água, máx.	% massa	0,7	7,5	4,5	15531 / 15888	E203 / E1064
Resíduo por evaporação, máx.	$\frac{mg}{1000mL}$	5	5	5	8644	-
Teor de hidrocarbonetos, máx.	% volume	3	-	-	13993	-
Teor de cloreto, máx.	$\frac{mg}{Kg}$	1	1	1	10894	D7328 / D7319
Teor de sulfato, máx.	$\frac{mg}{Kg}$	4	4	4	10894	D7328 / D7319
Teor de ferro, máx.	$\frac{mg}{Kg}$	5	5	5	11331	-

Teor de sódio, máx.	$\frac{mg}{Kg}$	2	2	2	10422	-
Teor de cobre, máx.	$\frac{mg}{Kg}$	0,07	-	-	11331	-
Teor de enxofre, máx.	$\frac{mg}{Kg}$	Anotar	-	-	-	D5453 / EN15485
Teor de metanol, máx.	% volume	0,5	0,5	0,5	16041 / 16943	1388-8

Fonte: Autoria própria, com base em ANP n°907 (2022).

4. CONTROLE DE QUALIDADE NA RAÍZEN

O ecossistema do downstream de petróleo e biocombustíveis constitui uma das cadeias logísticas de maior criticidade técnica da matriz energética contemporânea. A garantia da qualidade no setor de distribuição vai além da mera conformidade comercial, trata-se de um imperativo de segurança operacional, proteção à infraestrutura mecânica da frota nacional e mitigação de impactos ambientais decorrentes da emissão de poluentes. As bases de distribuição operam como o último e mais rigoroso filtro antes de o produto alcançar os postos revendedores.

Para que esta triagem seja efetiva, a Raízen estrutura Manuais de Práticas Operacionais (MPOs) robustos, que sistematizam o controle de parâmetros físico-químicos das matrizes fósseis e biológicas. O manuseio de bilhões de litros anuais de combustíveis requer que a verificação laboratorial e a intervenção física nos tanques e dutos funcionem de forma ininterrupta e parametrizada. Representa a sistematização dessas atividades, consolidando normas internas que muitas vezes superam as exigências legais para garantir a integridade da marca e do produto entregue ao consumidor final.

O MPO [24] é fundamentado em legislações federais, destacando-se resoluções da ANP, que definem as regras de qualidade para o combustível no Brasil. O manual também integra normas de amostragem, metrologia e tratamento de produtos fora da especificação. O objetivo principal é padronizar os processos laboratoriais e operacionais nas etapas de recebimento, armazenagem e expedição. Isso evita falhas humanas e garante que produtos contaminados sejam barrados ou devolvidos antes de entrarem nos tanques da companhia.

A Raízen considera quatro controles críticos de qualidade:

1. Calibração e registro de calibrações dos medidores, injetores, equipamentos de análises de combustíveis;

2. Manutenção e registros de equipamentos, cuja atuação pode evitar ou mitigar o produto fora de especificação. Como válvula de alívio de pressão e densitômetro de linha; como também os registros das análises de recebimento, armazenagem e expedição dos produtos;

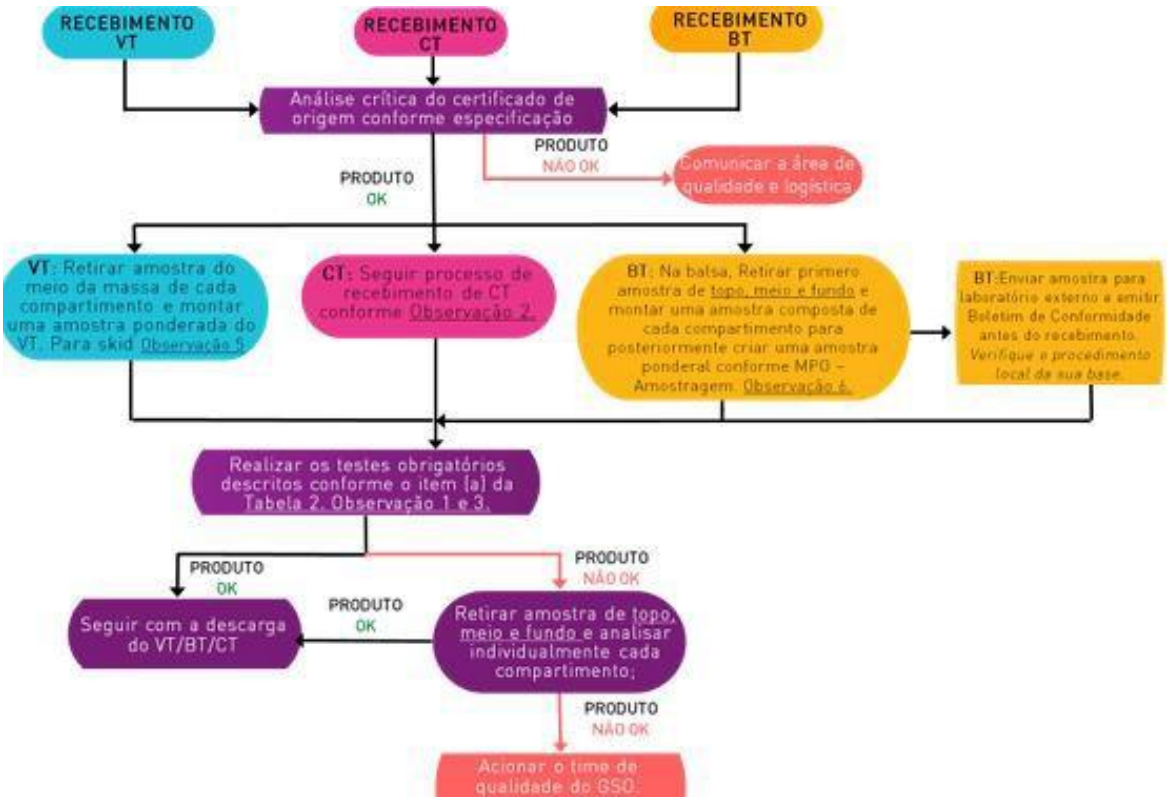
3. Guarda de amostras testemunhas e contraprovas pelo período determinado;

4. Controle da correta formação da mistura dos produtos compostos, por exemplo, Diesel com Biodiesel e produtos comuns com aditivos, através da calibração dos medidores e acompanhamento constante de suas performances.

4.1.1. Gasolina

A diferença máxima de 4 kg/m³ adotada pela Raízen é um exemplo de rigor de processo que não consta explicitamente na norma de especificação da ANP, que foca no valor absoluto do produto final, mas que é essencial para a gestão logística de uma companhia de grande porte para detectar desvios em tempo real.

Figura 8 - Fluxograma de recebimento de Gasolina em um terminal.



Fonte: Raízen MPO (2026).

O fluxo de recebimento por CT inicia-se pela análise crítica do certificado de origem. O operador deve confrontar os dados do laudo que acompanha o veículo com as especificações da Tabela 5. Se o certificado apresentar inconsistências técnicas, o produto é classificado como "NÃO OK", e a área de qualidade e logística deve ser imediatamente acionada.

Caso o certificado esteja conforme, inicia-se a etapa de amostragem física. O MPO estabelece duas rotas distintas de amostragem baseadas na tecnologia da instalação:

Descarga Automatizada (*Skid*): Em terminais modernos equipados com amostradores automáticos (*sampler*), a amostra representativa deve ser coletada pelo sampler somente após a passagem de, no mínimo, 300 litros de produto, considerando a soma do volume de todos os compartimentos. Esta norma evita que a análise seja feita sobre o produto estagnado na tubulação do braço de descarga, garantindo que a amostra reflita fielmente o conteúdo do caminhão. A presença do densitômetro de linha não extingue a necessidade de realização de densidade e temperatura pelo sampler.

Descarga Manual: Para locais sem automação, o operador deve retirar uma amostra do meio da massa de cada compartimento do caminhão. Para caminhões com múltiplos compartimentos, deve-se realizar a montagem de uma amostra, onde o volume coletado de cada compartimento na amostra final deve ser proporcional ao volume total daquele compartimento. Este rigor estatístico é vital para evitar que um pequeno compartimento contaminado tenha sua influência diluída incorretamente ou vice-versa.

Após a coleta, o operador executa os testes básicos de aspecto, cor, densidade, temperatura e teor de etanol. O resultado de densidade a 20°C é então comparado com o laudo de origem. O MPO estabelece uma margem de tolerância de apenas 4 kg/m³ de diferença entre o analisado na base e o certificado pela refinaria ou base de origem. Caso essa variação seja ultrapassada, o recebimento deve ser interrompido para avaliação do superintendente da base. Esta tolerância restrita é uma ferramenta de detecção de possíveis adulterações ocorridas durante o transporte ou erros de carregamento na origem.

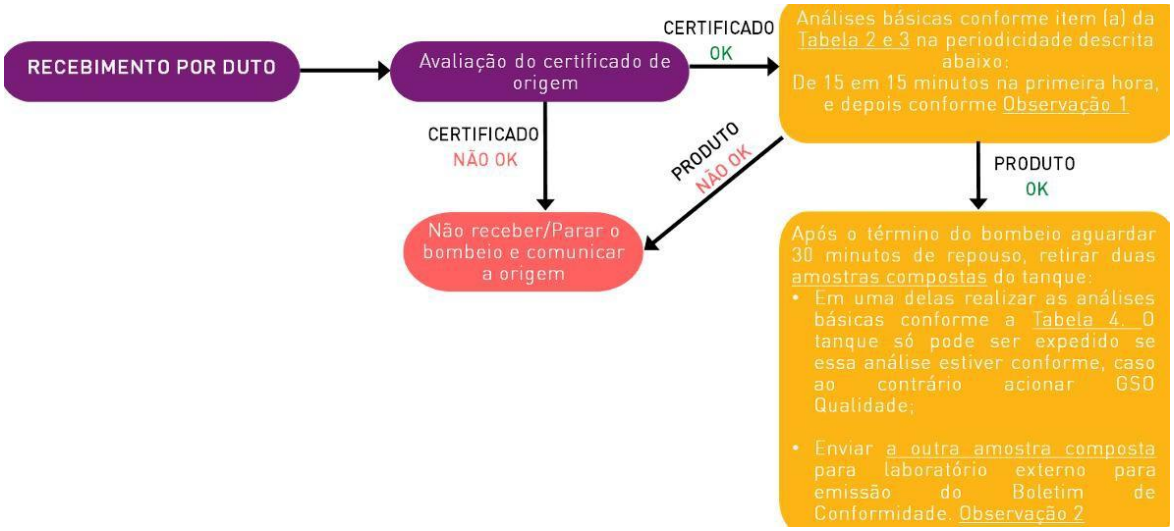
Quadro 5 - Padrão de recebimento da Gasolina.

Característica	Unidade	Limite			
Produto		Gasolina A	Gasolina C	Gasolina C Premium	Gasolina A Premium
Aspecto	-	Límpida e Isenta de impurezas			
Cor	-	Exceto azul			
Massa Específica a 20 °C mínima	$\frac{Kg}{m^3}$	688,9	715	715	688,9
Teor Etanol Anidro na Gasolina	% massa	-	± 1% em volume conforme legislação vigente		-

Fonte: Raízen MPO (2026).

Se as análises estiverem conformes, a descarga é autorizada para o tanque recebedor. Caso contrário, a carga é bloqueada, as amostras de topo, meio e fundo de cada compartimento devem ser analisadas individualmente para isolar o problema e o time de qualidade deve assumir a tratativa de devolução ou realocação.

Figura 9 - Fluxograma de recebimento de Gasolina por duto.



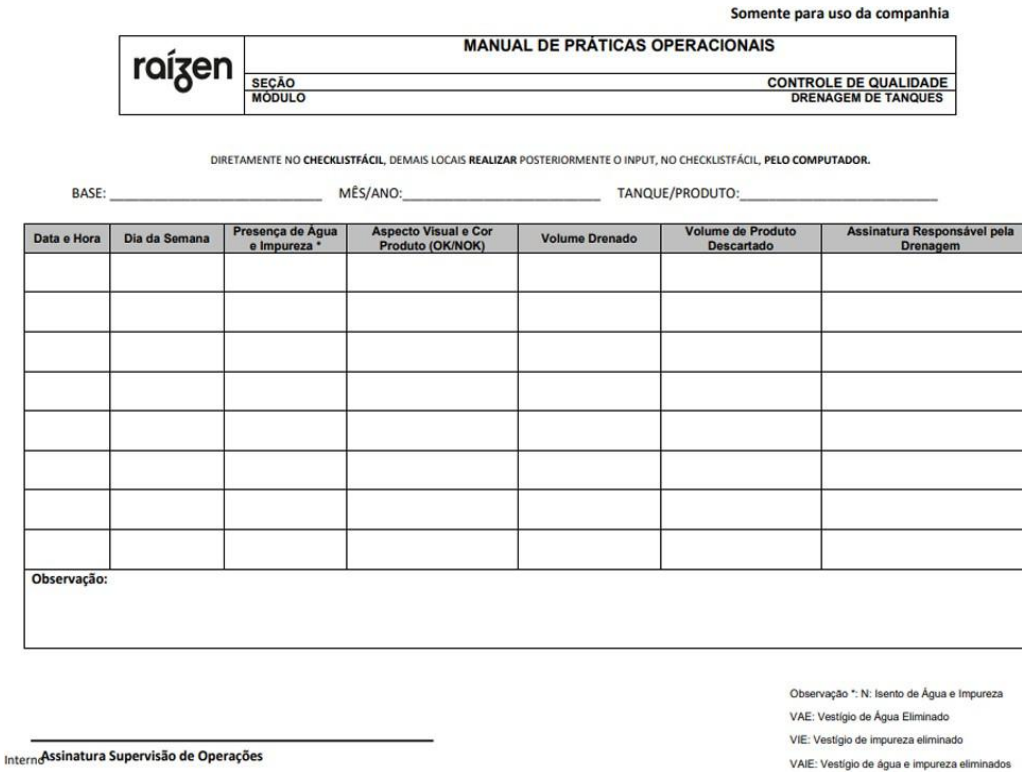
Fonte: Raízen MPO (2026).

Para o recebimento dutoviário, devido ao fluxo contínuo, a amostragem é temporal. O monitoramento ocorre a cada 15 minutos na primeira hora de bombeio, período crítico de interface de produtos e, posteriormente, segue uma frequência baseada na duração total da batelada.

Para bombeios superiores a quatro horas em polidutos, o monitoramento é feito de hora em hora, para bombeios com duração entre duas e quatro horas são realizados testes a cada 30 minutos. Para dutos dedicados, essa frequência pode ser estendida para a cada duas horas. Esta vigilância constante nos dutos visa detectar variações na densidade que indiquem a passagem de uma "interface", ponto onde o produto na linha muda, por exemplo, de diesel para gasolina, garantindo que o corte para o tanque de destino seja feito no momento exato para evitar contaminações cruzadas. Após o recebimento do bombeio, o tanque deverá ser amostrado e emitido um boletim de conformidade antes da sua abertura para venda.

Para mitigar o risco, o MPO prescreve um cronograma rigoroso de drenagem de tanques. A frequência mínima para tanques que recebem por CT é semanal. Para tanques que recebem por duto, a drenagem é mandatória antes e depois de cada operação de bombeio. Todo o processo de drenagem deve ser documentado no formulário de controle, registrando a presença ou vestígios de água e impurezas. O manual reforça a obrigatoriedade de se manter um formulário individualizado por tanque, permitindo o rastreamento histórico da saúde de cada ativo de armazenamento.

Figura 10 - Modelo Raízen de checklist de drenagem de tanque.



Somente para uso da companhia

raízen

MANUAL DE PRÁTICAS OPERACIONAIS

SEÇÃO: CONTROLE DE QUALIDADE

MÓDULO: DRENAGEM DE TANQUES

DIRETAMENTE NO **CHECKLISTFÁCIL**, DEMAIS LOCAIS **REALIZAR** POSTERIORMENTE O INPUT, NO CHECKLISTFÁCIL, **PELO COMPUTADOR.**

BASE: _____ MÊS/ANO:_____ TANQUE/PRODUTO:_____

Data e Hora	Dia da Semana	Presença de Água e Impureza *	Aspecto Visual e Cor Produto (OK/NOK)	Volume Drenado	Volume de Produto Descartado	Assinatura Responsável pela Drenagem

Observação:

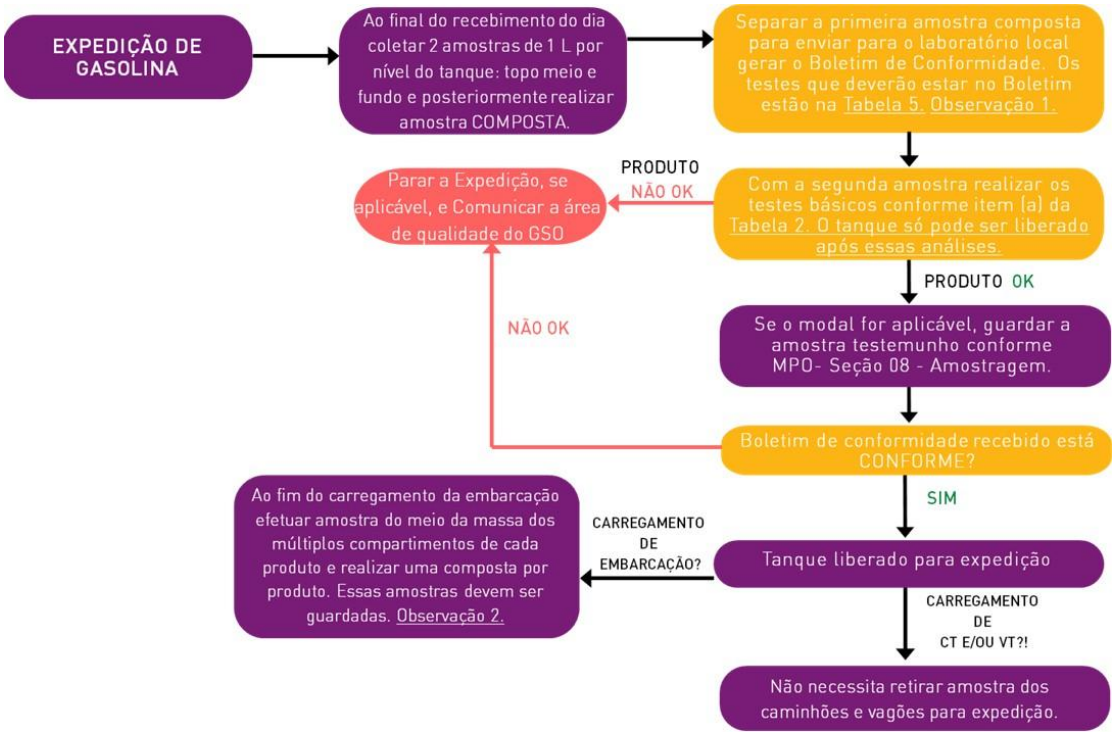
Observação *: N: Isento de Água e Impureza
VAE: Vestígio de Água Eliminado
VIE: Vestígio de impureza eliminado
VAIE: Vestígio de água e impureza eliminados

Interno **Assinatura Supervisão de Operações**

Fonte: Raízen MPO (2026).

Adicionalmente, o manual introduz a regra dos 7 dias, qualquer tanque de gasolina que permaneça inativo, sem movimentação de entrada ou saída, por um período superior a 7 dias corridos deve ter uma nova amostra composta coletada e analisada antes de retornar à operação de expedição. Este controle visa identificar precocemente qualquer degradação oxidativa ou contaminação por água ocorrida durante o período de estagnação.

Figura 11 - Fluxograma para a expedição de Gasolina de um terminal.



Fonte: Raízen MPO (2026).

A Gasolina que é expedida e transferida pelas bases de distribuição da Raízen deve estar dentro da especificação e com boletim de conformidade contendo os itens analisados na certificação do tanque que irá expedir conforme Tabela 5, sempre emitido após o tanque receber produto de novas bateladas

Para a venda da Gasolina C, é necessário avaliar a mistura de Gasolina A com o Etanol Anidro. Essa análise tem frequência mínima de duas vezes ao mês retirando o produto homogeneizado do meio do compartimento do CT para cada braço de gasolina da base. Os braços de carregamento que sofrerem qualquer operação extra rotina que ocorra na instalação, como manutenções e calibrações, deve ser testada no primeiro carregamento após o retorno.

Figura 12 - Modelo Raízen de monitoramento do teor de Anidro na Gasolina.

raízen

MANUAL DE PRÁTICAS OPERACIONAIS

SEÇÃO: CONTROLE DE QUALIDADE

MÓDULO: TESTE DE TEOR DE ANIDRO NA GASOLINA C

PARA BASES QUE POSSUEM TABLET EX O INPUT **DEVE OBRIGATORIAMENTE SER** REALIZADO DIRETAMENTE NO **CHECKLIST FÁCIL**, DEMAIS LOCAIS **REALIZAR** POSTERIORMENTE O INPUT **PELO COMPUTADOR.**

BASE: _____ MÊS/ANO: _____

Data	Placa CT	Baia e Braço de Carregamento*	Resultado (% Anidro na Gasolina C)	Turno	Assinatura Responsável

Fonte: Raízen MPO (2026).

4.1.2. Biodiesel

A estrutura inicial do MPO, estabelece as bases conceituais e normativas que governam a operação na base de distribuição. O documento é sustentado por um controle de revisão dinâmico que reflete a adaptação contínua da companhia frente às flutuações do arcabouço da ANP. Este controle remete a instruções normativas essenciais, entre elas a Resolução ANP Nº 828 de 2020.

Figura 13 - Fluxograma do recebimento de Biodiesel.



Fonte: Raízen MPO (2026).

O fluxo de recebimento por caminhão-tanque, delineada no fluxograma do manual, impõe um filtro sequencial rigoroso que busca anular variáveis de contaminação mecânica provenientes do trajeto viário.

A primeira etapa do processo, quando o CT entra na baia de descarga, consiste na conferência da integridade física e fiscal do transporte. O controle da carga é garantido pela verificação dos lacres de segurança verificação da temperatura reportada no certificado de qualidade e se os padrões estão conformes com parâmetros do produto definidos pela ANP.

Ultrapassada a barreira documental, inicia-se a interação mecânica com o compartimento. O operador deve drenar totalmente o trecho da válvula de saída e do bocal inferior do CT em um balde metálico devidamente aterrado para neutralização de cargas eletrostáticas. Esta etapa é denominada drenagem de linha morta, sendo fundamental, pois qualquer particulado ou excesso de água concentra-se no fundo do compartimento. O descarte dessa fração estagnada assegura que a amostragem subsequente reflita fielmente no produto da carga transportada.

Desse ponto, parte-se para a análise química e física do biodiesel recebido. A coleta de amostra, alocada na proveta de vidro de um litro ou em um sampler é colocada em repouso por 15 minutos afim de verificar um produto límpido e isento de impurezas. São coletados os dados de massa específica, temperatura além de dados visuais como coloração e aspecto. Valor da densidade a 20°C tem limite de 850 a 900 Kg/m³, sua variação com o laudo deve ser inferior a 3 $\frac{Kg}{m^3}$. A coloração varia de acordo com a matéria prima utilizada na fabricação, se aproximando mais de um marrom claro, e deve ser comparado à cor especificada pelo laudo da usina.

Quadro 6 - Limite para o recebimento de Biodiesel.

Característica	Unidade	Limite
Aspecto	-	Límpida e Isenta de impurezas
Cor	-	Varia de acordo com a fabricação do B100
Massa específica a 20°C	$\frac{Kg}{m^3}$	850 a 900
Ponto de fulgor mínimo	°C	100

Ponto de entupimento a frio (CFPP)	°C	
Teor de água máximo	$\frac{mg}{Kg}$	200
Contaminação total máximo	$\frac{mg}{Kg}$	24

Fonte: Raízen MPO (2026).

O biodiesel puro apresenta uma viscosidade cinemática consideravelmente elevada, a velocidade terminal de decantação de microgotículas de água emulsionada, frações de glicerol livre pesadas ou cristais diminutos de monoglicerídeos é extremamente lenta. A pressa analítica nesta fase esconderia contaminações suspensas que colapsariam a filtragem das bombas injetoras, tornando o período de 15 minutos um preceito físico indispensável.

Na eventualidade de reprovação parcial nesta etapa analítica, o fluxograma prescreve uma medida de mitigação baseada no alívio volumétrico, em vez da recusa instantânea que desestabilizaria a rede de abastecimento. Executa-se uma drenagem de aproximadamente quarenta litros do fundo do compartimento para varrer a interface de contaminação inicial. Retira-se então um novo litro para reavaliação, e a persistência da turvação ou particulado após este esforço decreta o isolamento absoluto da carga e aciona a matriz corporativa de gestão de qualidade.

Caso o biodiesel esteja conforme os laudos da produtora e os testes de qualidade realizados pelos operadores, o CT segue para a descarga.

Como o uso do biocombustível é recente e suas propriedades físico-químicas dificultarem sua distribuição por meio de dutos, o recebimento se dá exclusivamente pelo modal rodoviário, além de seus produtores serem especializados e separados dos demais combustíveis.

Segundo a resolução N°828 da ANP, os cuidados do manuseio do B100 em dias frios precisam se basear na Figura 6 para a temperatura não ultrapassar o limite máximo do ponto de entupimento a frio. Os procedimentos do MPO seguem a resolução focado em rigorosos procedimentos para evitar a cristalização do biodiesel, onde acarretam problemas nos equipamentos de carregamento.

Figura 14 - Biodiesel cristalizado na linha de carregamento.



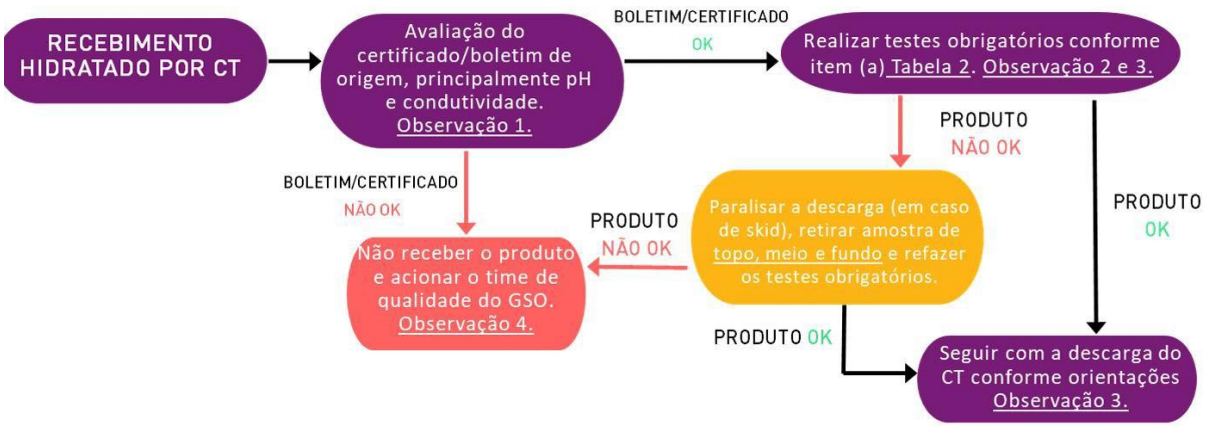
Fonte: Autoria própria.

No MPO também é detalhado a drenagem semanal dos tanques de B100, no qual o produto em não conformidade deverá ser direcionado para descarte. Caso o tanque esteja atuando como pulmão, a drenagem deverá ser diária. O controle é mantido por meio de preenchimento de uma planilha mensal.

4.1.3. Etanol

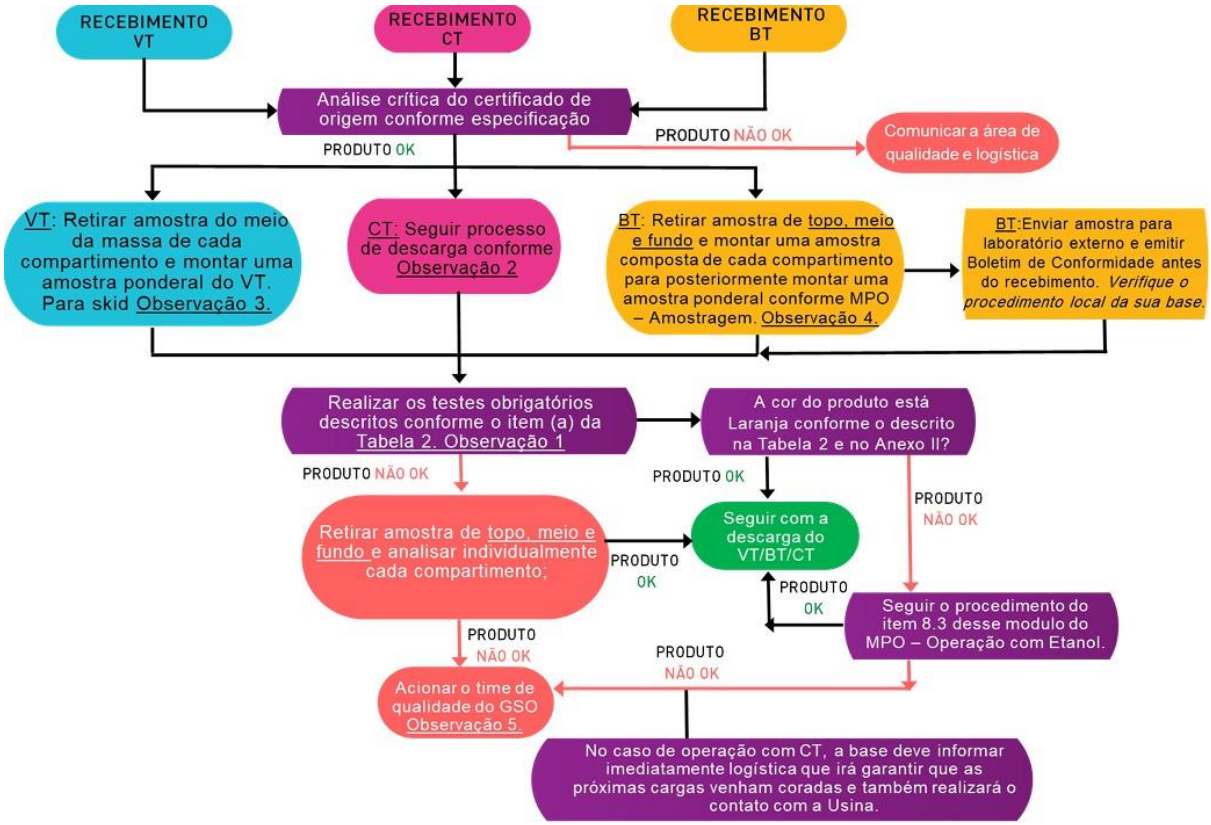
A logística do recebimento do etanol segue o mesmo fluxograma dos demais combustíveis. Primeiro avaliando parâmetros do boletim ou certificado de qualidade, seguidos pela realização de análises físico-químicas pela equipe de campo e caso resulte em conformidade segue-se com o descarregamento do caminhão, no recebimento dutoviário segue-se a mesma frequência de coleta de dados e análises básicas.

Figura 15 - Fluxograma do recebimento de Etanol Hidratado por caminhão.



Fonte: Raízen MPO (2026).

Figura 16 - Fluxograma do recebimento de Etanol Anidro.



Fonte: Raízen MPO (2026).

Ambos os fluxogramas possuem a mesma base de procedimentos, diferenciando-se no controle da adição do corante laranja do anidro. Avalia sua tonalidade e sua concentração por parâmetros visuais.

Quadro 7 - Limite para o recebimento de Etanol.

Característica	Unidade	Limite	
Produto		Etanol Anidro (EAC)	Etanol Hidratado (EHC)
Aspecto	-	Límpida e Isenta de impurezas	
Cor	-	Laranja	Não deve conter cor azul nem laranja
Massa Específica (20 °C)	$\frac{Kg}{m^3}$	791,5 (máx.)	805,2 a 811,2
Teor Alcoólico	% massa	99,3 (mín.)	92,5 a 94,6
pH	-	-	6,0 A 8,0

Condutividade máxima	$\frac{\mu S}{m}$	300
Metanol máximo	% volume	0,5
Acidez total máximo	$\frac{mg}{L}$	30

Fonte: Raízen MPO (2026).

Se o resultado dos testes, da amostra do tanque recebedor, estiver também no limite de tolerância - pH de 7,5 ou condutividade elétrica menor que 300 $\frac{\mu S}{m}$ - deverão ser efetuados os testes desses itens no primeiro caminhão tanque de cada usina ou destilaria, de uma mesma batelada e tanque.

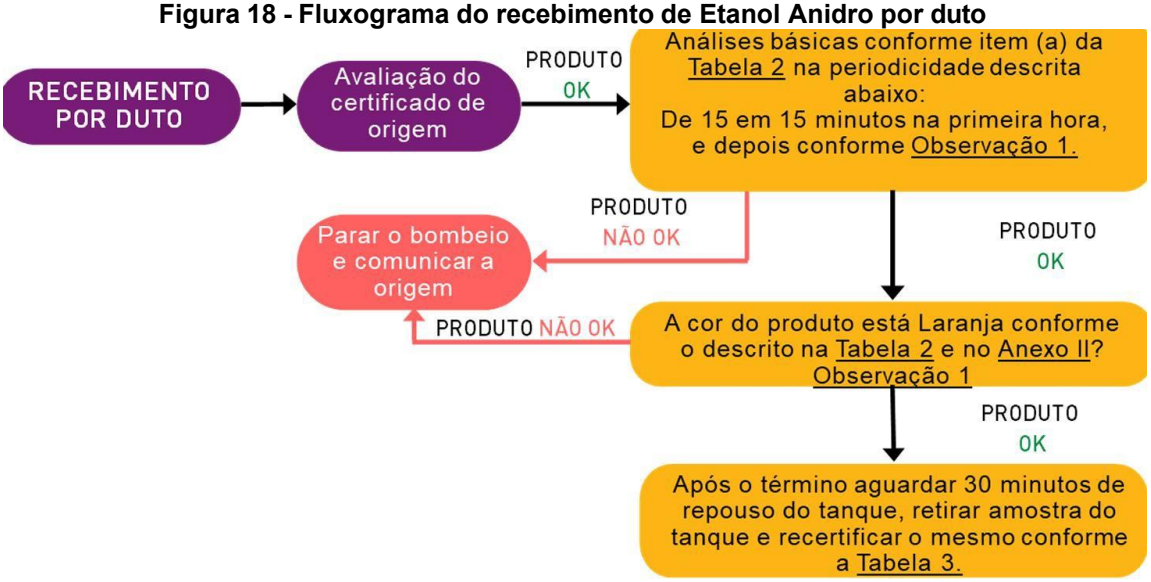
Para recebimento fechado em tanques, a análise de metanol deve ser feita durante o processo de recebimento, no primeiro CT de cada nova batelada do fornecedor de cada produto, caso a batelada já tenha sido analisada anteriormente, não se faz necessário repetir. Em todos os recebimentos por duto, na primeira amostra da linha após a passagem do produto remanescente na linha deve-se realizar o teste de metanol. O mesmo deverá ser realizado para tanques operando pulmão

Figura 17 - Fluxograma do recebimento de Etanol Hidratado por duto.



Fonte: Raízen MPO (2026).

Figura 18 - Fluxograma do recebimento de Etanol Anidro por duto



Fonte: MPO Raízen (2026)

As diferenças entre o controle do etanol hidratado e do etanol anidro deve-se ao controle rigoroso da coloração e da adição do corante para o anidro. Os fluxogramas abordam como prosseguir em caso de inconsistência na cor do produto. Para uma falta de adição de corante, não seguir com o processo de recebimento e comunicar o time de qualidade e de trading da Raízen.

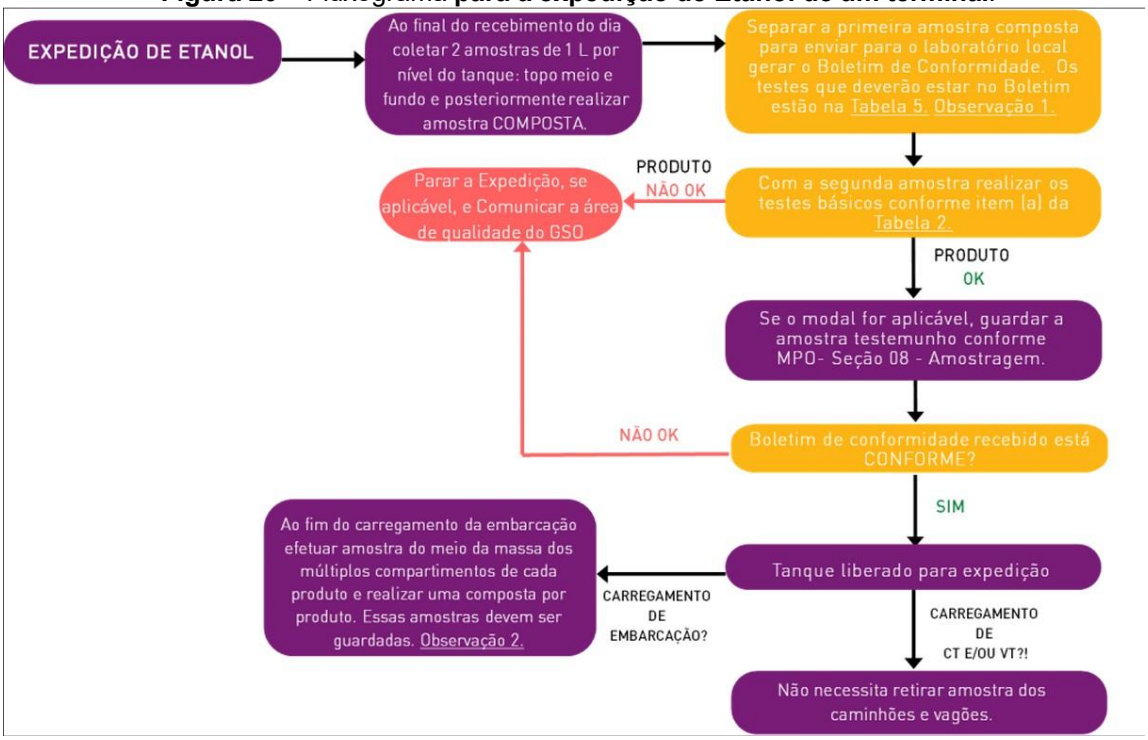
Figura 19 - Procedimento de identificação visual dos parâmetros do corante para o Etanol Anidro.



Fonte: Raízen MPO (2026).

A venda do Etanol Hidratado segue a mesma base dos outros combustíveis, representado pelo fluxograma da Figura 20.

Figura 20 – Fluxograma **para a expedição de Etanol de um terminal**.



Fonte: Raízen MPO (2026).

4.1.4. Diesel

Para o Diesel, tanto o fluxo de recebimento por caminhão como por duto, é idêntico ao da gasolina, se restringindo apenas em quais parâmetros devem ser analisados.

Quadro 8 - Limite para o recebimento de Óleo Diesel.

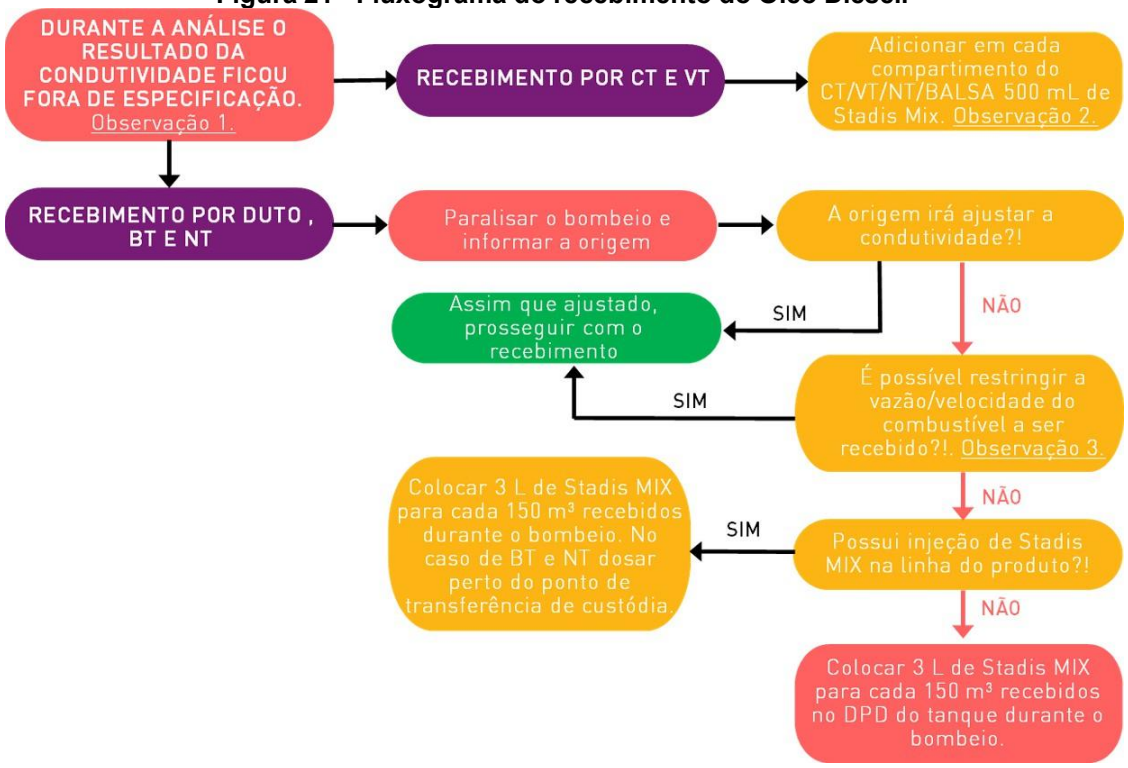
Característica	Unidade	Limite	
Produto		Diesel S500	Diesel S10
Aspecto	-	Límpida e Isenta de impurezas	
Cor	-	Vermelho	Amarelada - marrom e alaranjada
Massa Específica a 20 °C mínima	$\frac{Kg}{m^3}$	815 a 865	815 a 850

Condutividade mínima	$\frac{pS}{m}$	25

Fonte: Raízen MPO (2026).

Deve-se levar em consideração a condutividade do diesel durante seu recebimento. A passagem em altas velocidades pelas malhas de dutos rotaciona e esfolia as moléculas de hidrocarboneto contra as paredes metálicas, arrancando elétrons, armazenando em si energia estática essa no qual não consegue migrar para o aterramento metálico dos canos, sendo carregada para dentro do tanque. Um mínimo potencial disruptivo na superfície do líquido desencadearia centelhamento e uma explosão inevitável caso haja vapores suficientes. Por esse motivo a condutividade do diesel é rigorosamente controlada e deve obedecer a um valor mínimo de 25 $\frac{pS}{m}$.

Figura 21 - Fluxograma do recebimento do Óleo Diesel.

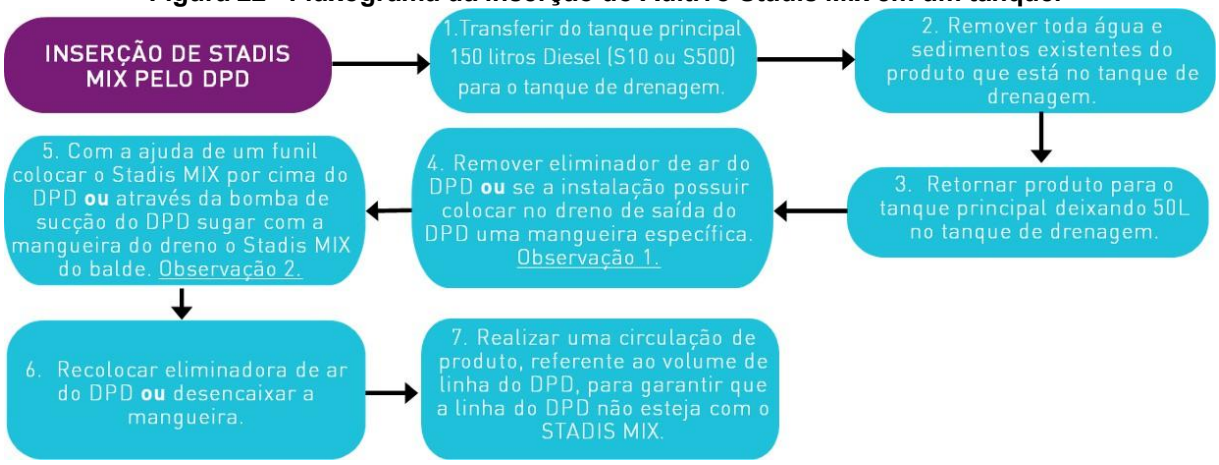


Fonte: Raízen MPO (2026).

Se a condutividade estiver com parâmetros inferiores ao mínimo estipulado, deverá seguir o procedimento de adição de Stadis Mix (aditivo antiestático) no diesel recebido, no tanque ou direto na linha de duto.

A transferência de aditivo Stadis mix deve ser feita pelo DPD caso a base não possuir sistema de injeção direta no duto. Esse procedimento é descrito no fluxograma da Figura 22.

Figura 22 - Fluxograma da inserção do Aditivo Stadis Mix em um tanque.



Fonte: Raízen MPO (2026).

5. PROJETO DE MELHORIA

Os cuidados dispensados no ato do recebimento, antes da descarga do combustível nos tanques de armazenagem, são fundamentais para a manutenção da qualidade do produto final. O procedimento de descarregamento depende fortemente da verificação humana. O operador confere a documentação fiscal, coleta uma amostra do compartimento do caminhão, realiza análises visuais e físico-químicas básicas e, em seguida, efetua o alinhamento manual das válvulas do tanque correto.

A grande vulnerabilidade desse modelo é o risco de contaminação cruzada. Fadiga, falha de comunicação ou condições climáticas adversas como chuva e trabalho noturno podem levar a erros de alinhamento e abertura de válvulas erradas. Descarregar um compartimento de Etanol Anidro em um tanque de Gasolina A, ou misturar Óleo Diesel S10 com S500, resulta em perdas financeiras astronômicas. A ANP reporta que uma das principais não conformidades que resultam em autuações, como o desvio no ponto de fulgor do diesel, ocorre justamente pela contaminação acidental com produtos mais leves (gasolina ou etanol).

Quando um erro de alinhamento ocorre, milhares de litros de combustível são perdidos, o tanque afetado precisa ser interditado, o produto contaminado deve ser bombeado para reprocessamento e a base corre o risco de interrupção operacional. Torna-se imperativo, portanto, evoluir de um sistema de controle de qualidade forte juntando inspeção humana com uma arquitetura de proteção sistêmica, automatizada e orientada a dados.

Atualmente o uso de densitômetros de linha tem o objetivo de aumentar o controle de qualidade e a velocidade na liberação de um recebimento de produto, integrado ao sistema da base consegue desligar a bomba do recebimento quando detectado uma densidade fora do range do produto específico, porém é limitado á sua medição, o alinhamento para o tanque recebedor é feito manualmente pela equipe da operação.

A proposta de melhoria consiste na implementação de uma válvula esfera com atuador pneumático próxima a linha de descarga. O densitômetro transmite os dados de densidade em frações de segundo para o Controlador Lógico Programável (CLP), que contém a matriz lógica do sistema e conhece a especificação do produto que o sistema supervisório determinou para aquele tanque recebedor. Esses dados são utilizados para verificação do combustível a ser recebido, caso o sistema identifique a densidade correta e somente a válvula de alinhamento correta aberta, é feita a liberação automática da válvula pneumática. A implementação dessa válvula será intermediária, logo após a bomba e antes da válvula de alinhamento do tanque.

O custo do projeto está diretamente alocado para a compra da válvula. Os ajustes da tubulação e sua instalação podem ser feitos pela equipe de manutenção e o eletricista local do terminal.

A introdução de um intertravamento físico automatizado nas linhas de recepção exige um planejamento rigoroso para não afetar a disponibilidade da base de distribuição. Para isso, o projeto será conduzido através da metodologia *Plan, Do, Check and Act* (PDCA).

5.1. Metodologia PDCA

Plan:

- Mapear o isométrico da tubulação de descarga para definir o ponto mecânico exato onde a válvula pneumática intermediária será instalada.
- Verificar com a equipe de tecnologias da informação (TI) se a programação já existente permite a lógica de intertravamento da válvula pneumática.
- Viabilizar o projeto, exemplificando sua eficiência em razão dos seus custos e possíveis lucros.

Do:

- Realizar as instalações mecânicas e a passagem de cabos da rede industrial conectando os instrumentos ao painel do CLP.
- Treinar a equipe de operadores sobre o novo funcionamento da baia de descarregamento e sobre como reconhecer os alertas de bloqueio no sistema supervisório.

Check:

- Efetuar o comissionamento do sistema com testes. Simular a passagem de um produto incorreto e verificar se o CLP responde adequadamente, desligando a bomba e fechando a válvula intermediária no tempo projetado.
- Avaliar os registros e logs do sistema nas primeiras semanas para garantir que não estão ocorrendo falsos bloqueios devido a pequenas variações de temperatura no combustível.

Act:

- Afinar os parâmetros de sensibilidade no CLP caso as medições do densitômetro se mostrem muito restritivas.
- Padronização do projeto em material explicativo com seus resultados e suas dificuldades, para escalonamento e implementação em outras bases de distribuição.

5.2. Análise de impacto

O objetivo do projeto é a redução de risco à qualidade do combustível no terminal na operação de recebimento por caminhão-tanque. Um controle secundário durante a descarga reduz os custos de reprocessamento e perda logística além de manter a qualidade e segurança nos sistemas de controle.

Como mencionado, o custo de aplicação do projeto está na aquisição da válvula esfera, esse valor irá ser repassado para o Capex de melhoria e otimização da base operacional. Com o custo estimado de R$10.000,00, o retorno em redução de riscos se balanceia de forma favorável, ao observar o baixo custo de implementação em consideração ao ganho operacional no controle de qualidade do combustível armazenado e comercializado.

6. CONCLUSÃO

A análise detalhada dos processos de controle de qualidade na base de distribuição da Raízen evidenciou que a garantia da conformidade dos combustíveis transcende a esfera puramente comercial, consolidando-se como um pilar fundamental para a segurança das operações logísticas e para a proteção dos ativos e da frota nacional. O mapeamento das rotinas operacionais revelou que o MPO adota critérios de conformidade extremamente rigorosos estabelecendo tolerâncias operacionais estreitas para garantir que eventuais desvios sejam mitigados precocemente, muitas vezes superando os limites regulatórios impostos pelas resoluções da ANP, no qual foca na conformidade do produto final, como exemplificado pela restrita margem de tolerância para variações de densidade no recebimento.

O MPO impõe uma tolerância estreita, determinando que a diferença entre a medição realizada na base e o laudo de origem não ultrapasse limites muito restritos, como 4 $\frac{Kg}{m^3}$ para gasolina e 3 $\frac{Kg}{m^3}$ para biodiesel, atuando como um filtro antifraude imediato de detecção de adulterações. Além disso, a companhia estipula a "regra dos 7 dias", exigindo a reanálise de qualquer tanque de gasolina que permaneça inativo por um período superior a sete dias, uma medida restritiva que antecipa a identificação de degradação oxidativa e acúmulo de água antes da expedição. O rigor corporativo também se manifesta na mitigação estruturada de não conformidades visuais iniciais no recebimento de biodiesel, adotando a drenagem de quarenta litros do fundo do compartimento para varrer a interface de contaminação em vez do bloqueio imediato da carga, garantindo estabilidade logística aliada à máxima qualidade exigida.

Contudo, o estudo de caso também expôs uma fragilidade intrínseca às operações que dependem fortemente da intervenção e conferência puramente humana, especificamente no alinhamento manual de válvulas durante a descarga de produtos. Fatores como fadiga do operador, condições climáticas desfavoráveis ou trabalho em turnos no período noturno configuram fatores de risco reais para a ocorrência de contaminações cruzadas entre tanques. Tais eventos, conforme discutido, acarretam prejuízos financeiros severos, além de interrupções operacionais e possíveis sanções regulatórias.

Nesse cenário, a proposta de automação desenvolvida por meio da metodologia PDCA apresenta-se como a resposta técnica ideal para mitigar esses desvios, cria uma barreira sistêmica redundante e robusta. Esse mecanismo impede fisicamente a descarga de um combustível caso seja detectada qualquer divergência de densidade ou erro de alinhamento nas linhas de recebimento.

Conclui-se que a transição de um modelo de controle estritamente focado em inspeção visual e humana para uma arquitetura orientada a dados e intertravamentos automatizados é um passo essencial para consolidar a excelência operacional, eliminar perdas logísticas e assegurar de forma ética e sustentável a distribuição de combustível ao mercado.

7. REFERÊNCIAS

[1] Wiedemann, L. S. M.; d'Avila, L. A.; Azevedo, D. A.; *Chromatographia* **2003**, 58, 501;

[2] CARVALHO, Fábio Israel M.; DANTAS FILHO, Heronides A. Estudo da qualidade da gasolina tipo A e sua composição química empregando análise de componentes principais. **Química Nova**, [S. l.], v. 37, p. 33–38, 2014;

[3] SILVA, M. J.; SOUZA, J. R. Aditivos em Combustíveis: Revisão dos Principais Tipos, Propriedades e Aplicações. **Revista Virtual de Química**, [s. l.], v. 13, n. 6, p. 1332-1354, 2021;

[4] Hsu, C.S., Robinson, P.R. (2017). Gasoline Production and Blending. In: Hsu, C.S., Robinson, P.R. (eds) **Springer Handbook of Petroleum Technology**. Springer Handbooks. Springer, Cham;

[5] FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. da S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja: taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 19-23, jan./fev. 2005;

[6] SANTOS, L. R. M. dos; BARRETO, A. S.; COSTA, P. R. F. Caracterização de diferentes combustíveis de soja e palma em relação às propriedades de massa específica e viscosidade cinemática. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E AGRONOMIA (CONTECC**), 2017, Belém. **Anais...** Belém: CONFEA, 2017;

[7] SANTOS, R. G. dos; ALADINI, A. S. Introdução à Tecnologia de Refino de Petróleo e Processamento de Gás Natural. **Revista da Faculdade de Engenharia e Arquitetura (FEA)**, [s. l.], p. 1-14, 2014;

[8] TOMASZEWSKI, C. A. **A evolução do setor de combustíveis e lubrificantes no Brasil**. Curitiba: Juruá, 2006. 192 p;

[9] SOUZA, G. S. de *et al*. **Avaliação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB): uma abordagem estatística multivariada.** Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2013. 33 p. (Documentos / Embrapa Agroenergia, 17);

[10] SILVA, C. C. da; SANTOS, R. L. dos. **Como o biodiesel é produzido: uma revisão dos métodos de produção**. [s. l.]: ResearchGate, 2025. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/387973647_Como_o_biodiesel_e_produzido_uma_revisao_dos_metodos_de_producao. Acesso em: 14 maio 2026;

[11] BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Biodiesel**. Brasília, DF: ANP, 2026;

[12] BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Boletim Trimestral da Produção de Variantes e Combustíveis**: 4º trimestre de 2025. Brasília, DF: ANP, 2025;

[13] SANTOS, N. A. **Estudo da estabilidade oxidativa e das propriedades físico-químicas de misturas de biodiesel de algodão/soja**. 2019. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019;

[14] WHEALS, A. E. *et al*. Fuel ethanol after 25 years. **Trends in Biotechnology**, [s. l.], v. 17, n. 12, p. 482-487, dez. 1999;

[15] SANTOS, L. R. M. dos *et al*. Influência da temperatura na viscosidade cinemática do biodiesel de soja e de palma. In: **ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL (EEPA)**, 4., 2011, Campo Mourão. **Anais...** Campo Mourão: FECILCAM, 2011;

[16] SILVA, J. P. da. **Análise das propriedades físico-químicas do biodiesel produzido a partir do óleo residual de fritura**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Instituto Federal de Alagoas, Maceió, 2021;

[17] PRODUÇÃO de petróleo e de gás natural da União dobra em 2025 em relação a 2024. **TN Petróleo**, [s. l.], 11 dez. 2025. Disponível em: https://tnpetroleo.com.br/noticia/producao-de-petroleo-e-de-gas-natural-da-uniao-dobra-em-2025-em-relacao-a-2024/. Acesso em: 12 maio 2026;

[18] AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). **Institucional**. Brasília, DF: ANP, 2026. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/acesso-a-informacao/institucional. Acesso em: 12 maio 2026;

[19] BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução nº 828, de 1º de setembro de 2020**. Brasília, DF: ANP, 2020.

[20] BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução nº 807, de 23 de janeiro de 2020**. Brasília, DF: ANP, 2020;

[21] BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução nº 968, de 30 de abril de 2024**. Brasília, DF: ANP, 2024;

[22] BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução nº 920, de 4 de abril de 2023**. Brasília, DF: ANP, 2023;

[23] BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução nº 907, de 18 de novembro de 2022**. Brasília, DF: ANP, 2022;

[24] RAÍZEN. **MPO: Manual de Procedimentos Operacionais**. São Paulo: Raízen, 2026. Material de circulação interna.