

Assunto: Análise de impacto regulatório - Especificações Nacionais do Biodiesel (B100).

SUMÁRIO EXECUTIVO

1. O biodiesel foi introduzido de maneira compulsória na matriz de combustíveis brasileira em 2008 e, desde então, seu teor no óleo diesel rodoviário, comercializado em território nacional, cresceu gradualmente de 2% v/v (B2) até os atuais 13% (B13), devendo chegar a 15% (B15) em 2023, conforme estabelecido pela Resolução CNPE nº 16, de 2018. No regulamento em questão, em seu artigo 4º, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) definiu, vislumbrando o percentual pré-autorizado de até 15% em volume no diesel rodoviário, que caberá à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), no âmbito de suas competências, com ênfase na proteção dos interesses dos consumidores e na melhoria da qualidade dos combustíveis, aprimorar as especificações de qualidade do biodiesel puro, do óleo diesel puro e da mistura de ambos os produtos.

2. Em 2019, o Ministério de Minas e Energia (MME) publicou o relatório de consolidação dos testes e ensaios para validação da utilização de B15 em motores e veículos. O relatório foi concluído após três anos de testes e elaboração por órgãos e entidades da iniciativa pública e privada, concretizando importante passo para o desenvolvimento do biodiesel e das tecnologias automotivas no Brasil. O relatório mostrou que algumas empresas obtiveram resultados positivos e outras, no entanto, negativos em relação à mistura B15. No caso da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotivos (Anfavea) especificamente, que representa várias empresas do setor, a conclusão foi pela não recomendação, no momento em questão, do aumento do teor de biodiesel no óleo diesel comercial. Os motivos apresentados envolveram impacto ambiental, em decorrência do eventual aumento nas emissões de NOx; segurança do usuário, devido a paradas repentinas e falhas de sistemas; e custo operacional. A associação, de acordo com seu relatório individual de testes, considerou que o aumento do teor de biodiesel no óleo diesel para 15% deveria ser precedido de alterações na especificação do combustível que garantissem o aumento da estabilidade da mistura, de forma a evitar a formação dos depósitos em filtros e injetores, com consequências no desempenho dos veículos e aumento na periodicidade da troca de óleo e filtros. A alteração na especificação, no que tange à estabilidade à oxidação, foi então concretizada com a publicação da Resolução ANP nº 798/2019, que aumentou o limite mínimo de estabilidade à oxidação do biodiesel e determinou a aditivação obrigatória desse combustível comercializado no Brasil.

3. Em 2020, a ANP concluiu estudo coordenado pelo seu Centro de Pesquisas e Análises Tecnológicas (CPT), em parceria com outras instituições, que avaliou o comportamento de amostras de B15 e B30, trazendo avanços no entendimento do comportamento de parâmetros críticos do diesel B.

4. Após o acolhimento de dezenas de reclamações relativas ao uso de óleo diesel B, e com a iminente entrada da fase P8 do Proconve (Programa de Controle de Emissões Veiculares) conforme a Resolução CONAMA nº 490/2018, a ANP, após análise detida, observou a necessidade de aprimoramento das especificações de qualidade desses produtos, bem como da intensificação do uso de boas práticas de armazenamento, transporte e abastecimento do biodiesel por quem o comercializa.

5. Para a análise do problema regulatório, foram utilizadas as ferramentas de matriz GUT, análise SWOT e análise de riscos correspondente a cada eixo selecionado da especificação do biodiesel a fim de monitorar as melhores opções regulatórias a serem propostas. Foi realizado de igual maneira análise bibliográfica, das experiências internacionais e, por fim, análise com enfoque mais econômico relativa às mudanças propostas.

6. Ao fim da análise, conclui-se que as principais mudanças devem ser realizadas na questão dos contaminantes do biodiesel em especial, monoglicerídeos e elementos, além da adoção de ensaio específico (TFIF) que controle de modo mais assertivo os contaminantes que se apresentam a partir de resfriamentos moderados do produto. Foram propostas também modificações no controle da estabilidade e nas boas práticas de manuseio e armazenamento do produto, fator considerando primordial para garantir a manutenção da qualidade do produto até a mistura com diesel A.

7. Espera-se que as propostas aqui detalhadas possam se materializar em produto com qualidade superior que findem por mitigar as críticas, ora direcionadas, a qualidade final do óleo diesel B.

OBJETIVO

8. Diante do exposto, a Análise de Impacto Regulatório (AIR) tem como objetivo analisar as ocorrências de problemas de qualidade do óleo diesel B trazidos por diversos reclamantes, bem como visão a respeito de possíveis necessidades de adequação na regulação de qualidade dos combustíveis do ciclo diesel, frente à adoção da nova fase Proconve - P8, do ponto de vista do componente da mistura – Biodiesel.

O PROBLEMA REGULATÓRIO

9. As especificações do diesel B, bem como do diesel A (Resolução ANP nº 50/2013) e do biodiesel (Resolução ANP nº 45/2014) utilizados em sua formulação, foram projetadas em cenário com menor teor do biocombustível na mistura. Com a alteração da conjuntura e aumentos gradativos do teor de biodiesel, principalmente a partir da publicação da Lei nº 13.263/2016 e da Resolução CNPE nº 16/2018, simultaneamente a essa constatação o setor automotivo e outros segmentos de usuários, como de mineração e de geração de energia (resumidos na Tabela 1) têm relatado problemas que surgiram ou se acentuaram à medida em que se aumentou o teor de biodiesel no diesel, como o entupimento acelerado de filtros, travamento de bombas, desgaste e quebra de peças, além de paradas repentinas de maquinário. É preciso ressaltar que as informações trazidas, em sua grande maioria, foi composta por relatos, fotografias e poucos dados técnicos quantitativos.

Tabela 1. Panorama de reclamações relatadas pelos usuários de diesel B como sendo associadas ao aumento gradual do teor de biodiesel no diesel.

Classificação do Registro	Empresa	Relato/ Reclamação
Óleo diesel B	Vale	Entupimento prematuro dos filtros em veículos; aumento do número de paradas precoces devido à obstrução de filtros
	Sinteronibus (Ceará)	Entupimento prematuro de filtros em ônibus da rede metropolitana
	Volkswagen	Quebra de injetores em veículos Amarok
	Fiat Crysler	Quebra de injetores em veículos Strada
	Wayne (Doverfs) e Gilbarco Veeder Root	Entupimentos e quebra de bombas em postos revendedores
	Sindicato de postos - BA/GO/MG	Entupimentos e quebra de bombas em postos revendedores

Empresas de geração de energia elétrica na Região Norte (APINE/AM)	Quebra de geradores de energia elétrica atribuída à formação de fungos e contaminações microbiológicas em produto transportado por via fluvial	
Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotivos (Anfavea)	Resultados insatisfatórios nos testes com B15 e/ou B20, coordenados pelo MME ^[1] , relacionados ao aumento da emissão de NOx; aumento da periodicidade da troca de filtros; formação de depósitos em filtro e injetores; aumento do consumo de combustível e desgaste dos componentes metálicos do motor	
SindTRR	Entupimento prematuro de filtros e formação de borras e depósitos nos componentes dos motores	
Reportagem Biodieselbr ^[2] e Gazeta do Povo ^[3]	Paralisação de tráfego na BR-277 atribuída ao congelamento do combustível. Relatou-se que, com a subida da temperatura, por volta de 10 horas, os caminhões voltaram a rodar	
ALS Global	Ocorrência de entupimento prematuro de filtros	
Confederação Nacional do Transporte (CNT)	Aumento da ocorrência de entupimento de filtros em veículos ciclo diesel	
Biodiesel	Distribuidora Alesat	Devolução de produto não conforme
	BR Distribuidora	
	Plural (atual ABD)	Relato de quantidade razoável de amostras com estabilidade oxidativa, monoglicerídeos, diglicerídeos, triglicerídeos, glicerina livre/total e teor de água fora de especificação

10. Além das falhas de campo frequentemente apontadas por diferentes usuários, o constante aumento do teor de biodiesel no óleo diesel B também tem causado preocupação do setor automotivo em virtude desse incremento trazer consigo aumento progressivo no teor de metais no diesel B. Isso porque altos teores de elementos (sódio, potássio, cálcio, magnésio e fósforo) no diesel B podem afetar sobremaneira os testes de durabilidade de emissões, quando da homologação de veículos da Fase P8 do programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotivos (PROCONVE). Tal efeito se deve ao fato de que esses compostos tendem a impactar negativamente o desempenho dos sistemas de pós-tratamento dos veículos (responsáveis pela redução das emissões veiculares) pela desativação dos catalisadores empregados nesses sistemas.

11. Diante do exposto, os problemas regulatórios desta AIR são: a ocorrência de falhas e perda de performance nos equipamentos do ciclo diesel, relatado principalmente pelo setor automotivo e por usuários do combustível, que alegam haver relação direta entre o incremento gradativo do teor de biodiesel no diesel e o aumento nos problemas observados; e os riscos de não atendimento aos limites de durabilidade de emissões impostos para a nova fase do PROCONVE (P8).

GRUPOS AFETADOS

12. Na Figura 1 estão apresentados, de forma esquemática, os principais agentes afetados pelos problemas regulatórios aqui apontados e pelas soluções a serem implementadas.

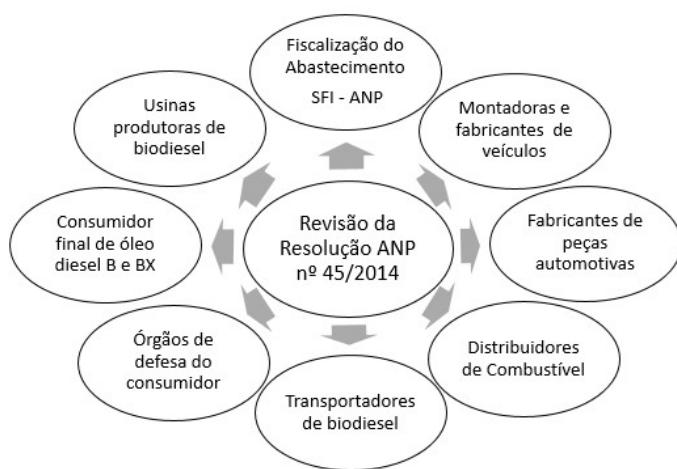


Figura 1. Imagem esquemática da matriz de afetados.

13. Pelos inúmeros relatos dos diversos setores, os consumidores têm se sujeitado a prejuízos relacionados às trocas prematuras de peças e danos aos motores, muitas vezes acionando a ANP, outros órgãos de defesa do consumidor e, especialmente, as montadoras e fabricantes de peças automotivas.

FUNDAMENTAÇÃO LEGAL

14. A Lei nº 9.478 de 06 de agosto de 1997, no art. 8º inciso I, estabelece como uma das atribuições da ANP: implementar a política nacional de petróleo e gás natural, com ênfase na proteção dos interesses dos consumidores quanto a preço, qualidade e oferta de produtos. No inciso XVIII do mesmo artigo, consta como atribuição: especificar a qualidade dos derivados de petróleo, gás natural e seus derivados e dos biocombustíveis.

15. A Lei nº 12.490, de 16 de setembro de 2011, acrescentou e deu nova redação aos dispositivos previstos na Lei nº 9.478/1997, além de ampliar a competência da ANP para toda a indústria de biocombustíveis, definida como o conjunto de atividades econômicas relacionadas à produção, importação, exportação, transferência, transporte,

armazenagem, comercialização, distribuição, avaliação de conformidade e certificação da qualidade de biocombustíveis. Dessa forma, a ANP é a responsável por especificar a qualidade dos biocombustíveis, incluindo o biodiesel comercializado em território nacional.

16. A Lei nº 13.263, de 23 de março de 2016, estabeleceu, em seu artigo 1º, os percentuais de adição obrigatoria de 8 a 10 %, em volume, de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional, de 2016 a 2019. Estabeleceu ainda, em seu art. 1º-B, que, após a realização de testes e ensaios em motores que validassem a utilização da mistura, estaria autorizada a adição de até 15% em volume, de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final. Em seguida, a Resolução CNPE nº 16/2018 fixou aumentos anuais de 1% em volume de biodiesel no diesel, devendo chegar a 15% em 2023. Tal regulamento trouxe ainda a definição de que cabe à ANP, no âmbito de suas competências, com ênfase na proteção dos interesses dos consumidores e na melhoria da qualidade dos combustíveis, aprimorar as especificações de qualidade do biodiesel puro, do óleo diesel puro e da mistura de ambos os produtos.

17. Resumidamente, a Figura 2, a seguir, apresenta uma linha do tempo com importantes marcos da evolução do uso do biodiesel no Brasil.

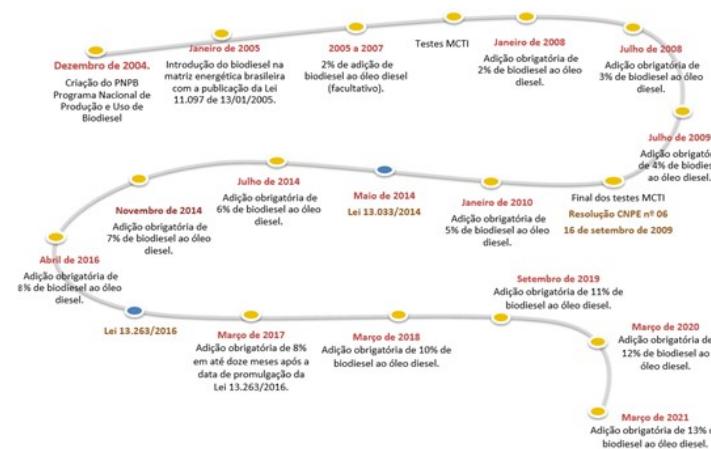


Figura 2. Linha do tempo com marcos da introdução e ampliação do uso do biodiesel no Brasil. Fonte: ANP.

18. Cabe ressaltar que, após o início da pandemia de COVID-19, a ANP, em atenção a demandas ministeriais, efetuou reduções pontuais nos teores do mandato vigente, em virtude dos choques de preço das matérias-primas utilizadas para a produção de biodiesel. Em 2021, os leilões 79 e 80 tiveram o mandato reduzida a 10% e, o L81/10 em 12%, conforme determinado pelas Resoluções CNPE nºs 4/10 e 11/2021. Mais recentemente, foi anunciada a redução do mandato para 10% de biodiesel no último bimestre de 2021 (L82), conforme Resolução CNPE nº 16/2021.

19. Do ponto de vista da qualidade, os produtos do ciclo diesel têm suas especificações e qualidade definidas nos atos: Resolução ANP nº 50, de 2013, e Resolução ANP nº 45, de 2014. No espaço de tempo em que essas regras foram publicadas, o teor de biodiesel regulamentado no país variava entre B5 e B6.

20. No que concerne ao cenário de emissões veiculares, o Brasil entrou em nova etapa determinada pela Resolução CONAMA nº 490, de 2018, que instituiu a implementação da fase P8 (equivalente a Euro VI), para ciclo pesado, conforme o seguinte cronograma:

21. A partir de 1º de janeiro de 2022, para as homologações de novos modelos de veículos, que nunca obtiveram Licença para Uso da Configuração de Veículo ou Motor - LCV; e a partir de 1º de janeiro 2023, para os demais veículos.

DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS QUE SE PRETENDE ALCANÇAR COM A AIR

22. Em vista da atribuição da ANP de proteger os interesses dos consumidores quanto à qualidade de derivados de petróleo, gás natural e seus derivados e biocombustíveis, a presente AIR tem por objetivo estabelecer a melhor alternativa regulatória para promover a qualidade do óleo diesel B e suas misturas ao longo de toda cadeia de produção e distribuição, sob o ponto de vista da contribuição do biodiesel e a influência de sua qualidade, a fim de minimizar as ocorrências descritas pelos consumidores. Além disso, considerando a evolução natural do teor de biodiesel pode ser necessária reflexão técnica quanto aos requisitos de desempenho do biodiesel (B100) em cenário de aumento das reclamações e da entrada iminente da fase P8 do Proconve conforme Resolução CONAMA nº 490/2018. Dessa forma, através dessa reflexão, pretende-se garantir que o diesel B formulado a partir de diferentes teores de biodiesel venha a ter sua qualidade final assegurada, minimizando, assim, o problema regulatório apresentado no item 3. Cabe ressaltar que a ANP está trabalhando em análise simultânea do cenário de desempenho para o óleo diesel rodoviário, incluindo o óleo diesel A e o óleo diesel B. Devido à complexidade dos problemas, foi decidido direcionar os esforços para o tópico “biodiesel” em separado dos demais fatores.

ALTERNATIVAS PARA A RESOLUÇÃO DOS PROBLEMAS REGULATÓRIOS

23. Do ponto de vista do biodiesel e sua qualidade, os problemas apontados devem ser analisados com relação às eventuais falhas do desempenho do produto nos processos automotivos, mais especificamente às falhas apresentadas pelo óleo diesel B nos equipamentos do ciclo diesel. Para isso, é importante elencar as diversas possibilidades que poderiam desencadear as ocorrências. Importante salientar que a ANP dispõe de programa específico de monitoramento da qualidade dos combustíveis (PMQC). O programa examina a conformidade dos produtos coletados em postos revendedores em todas as regiões do país em ensaios selecionados. No que diz respeito ao óleo diesel B, os seguintes ensaios sãoscrutinados periodicamente: Destilação, Ponto de fulgor, Teor de biodiesel, Teor de enxofre, Aspecto, Cor e Massa Específica.

24. Com relação à qualidade do óleo diesel, o índice global de conformidade do produto se situa em torno de 97%. Além disso, a partir de 2018, os indicadores de qualidade do produto melhoraram para os ensaios monitorados, em contraposição ao aumento das reclamações setoriais e ao teor crescente de biodiesel no produto. Olhar mais apurado demonstra que a maior parte das não conformidades em óleo diesel B (entre 40 e 60%) são relacionadas à dosagem de biodiesel no óleo diesel B.

25. Por outro lado, a avaliação apenas dos indicadores de qualidade do PMQC talvez possa não abranger o enfoque necessário na questão trazida pelos reclamantes.

26. De notar que reclamações de setores afetados dizem respeito em sua maioria a entupimento prematuro de filtros e formação de borras provenientes do combustível que, aparentemente, se formam, dissolvem e redissolvem a depender das condições de armazenamento do produto e condições ambientais. Considerando-se tais efeitos, não necessariamente tais imperfeições seriam identificadas pela simples análise do aspecto visual, ensaio listado no PMQC onde poderia ser verificada a presença de contaminantes, de onde decorre a dificuldade em associar o problema com os dados do PMQC.

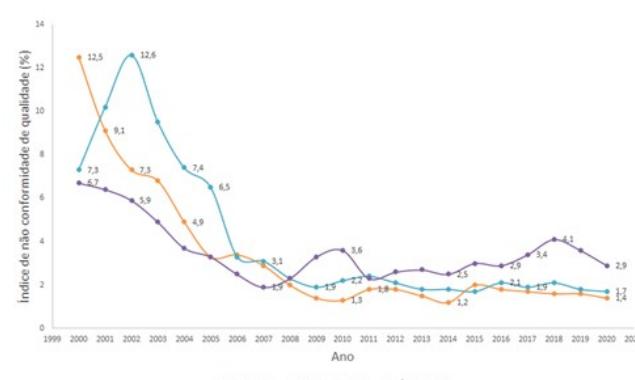


Figura 3 - Índice geral de inconformidades histórico do PMQC. (Fonte: ANP)

27. Entre 2016 e 2020, a ANP, por meio do PMQC, coletou cerca de 140 mil amostras de óleo diesel, distribuídas ao longo de todo o país. As não conformidades no quesito "Aspecto" (amostras que contenham contaminantes observáveis visualmente tais como água livre, turbidez ou presença de material particulado), **representam cerca de 0,4% do universo de amostras coletadas**. Tais amostras correspondem a 10% do universo de amostras não conformes identificadas, taxa que vem se mantendo constantes ao longo dos anos. O tipo de não conformidade mais frequente permanece sendo a inobservância pelos agentes econômicos do teor de biodiesel vigente no óleo diesel B.

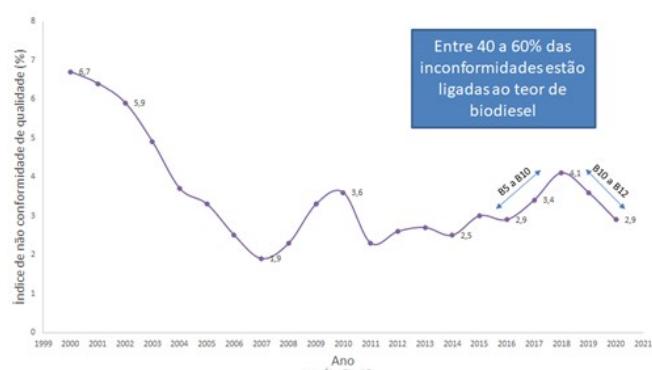


Figura 4 - Índice de inconformidades no óleo diesel desde o ano 2000. (Fonte: ANP)

28. Cabe destacar que, de acordo com as regras vigentes pela Resoluções ANP nº 45/2014 e nº 50/20123, caso sejam detectadas anomalias no ensaio "aspecto", ensaios complementares devem ser realizados quando da realização de avaliações pela Agência. Esses ensaios podem dirimir dúvidas com relação à avaliação de contaminação sólida do produto ou a absorção de água ou secagem inadequada na produção.

29. **Resolução ANP nº 50/2013:** (22) *Em caso de disputa, o produto só poderá ser considerado como não especificado no Aspecto, caso os parâmetros teor de água e água e sedimentos, para o óleo diesel S500, ou teor de água e contaminação total, para o óleo diesel S10, estejam não conformes.* (Item acrescentado pela Resolução ANP Nº 69 DE 23/12/2014).

30. **Resolução ANP nº 45/2014:** (2) *Para efeito de fiscalização, nas autuações por não conformidade no Aspecto, deverão ser realizadas as análises de teor de água e contaminação total. O produto será reprovado caso pelo menos um desses dois últimos parâmetros esteja fora de especificação.*

31. A fim de refletir sobre as questões aqui trazidas e considerando a constatação da falta de mecanismos que consigam diagnosticar de forma eficiente o problema regulatório, foi construído diagrama específico que reúne a possível origem que leva às evidências de falhas apontadas pelos diversos setores. O diagrama é apresentado na Figura 5 e no próximo item serão discutidas mais a fundo para cada uma das possíveis causas apontadas.

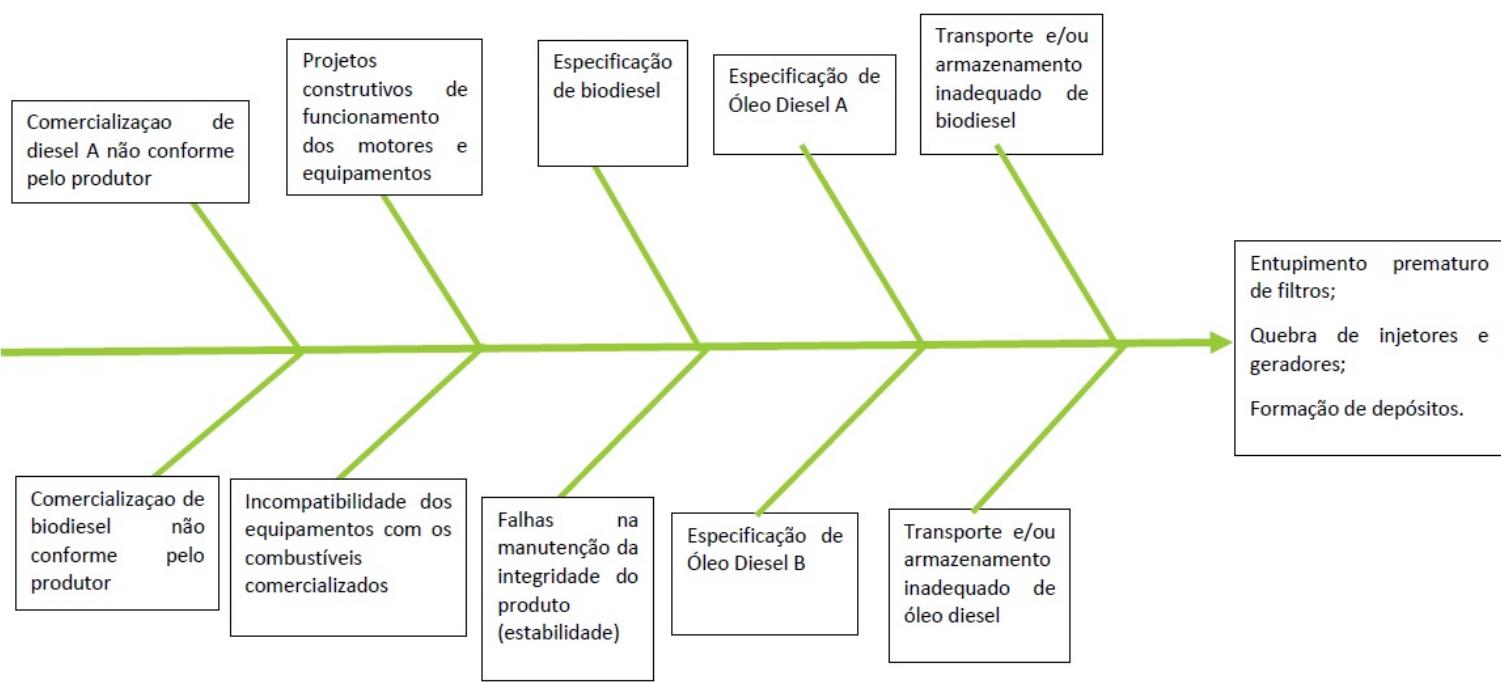


Figura 5 – Diagrama de causas e efeitos relativo ao problema regulatório

DISCUSSÃO A RESPEITO DE POSSÍVEIS CAUSAS

Comercialização de combustíveis fora de especificação

32. A ANP tem o papel de regular e fiscalizar o mercado de combustíveis. Nesse sentido, dispõe mecanismos contributivo para o monitoramento do mercado quanto a desvios de qualidade na comercialização desses produtos. No caso do biodiesel, a Agência exige que a certificação dos produtos seja realizada em laboratório acreditado junto à CGCRE/INMETRO pela NBR 17025, tornando mais criteriosa a aferição da qualidade desse produto.

33. Para o óleo diesel B, especificamente, a ANP executa há muito robusto programa de monitoramento da qualidade dos combustíveis (PMQC) que ostensivamente coleta e analisa dezenas de milhares de amostras anualmente avaliando quanto a quesitos-chave da qualidade dos produtos comercializados ao consumidor final.

34. Além disso, exige que as distribuidoras emitam boletins de conformidade de seus produtos antes de serem despachados para os postos revendedores com ensaios fundamentais.

35. No posto revendedor, os próprios consumidores podem solicitar ensaios como aspecto e massa específica do óleo diesel B, conforme Resolução ANP nº 9/2007.

36. Adicionalmente, milhares de operações de fiscalização coletam produtos anualmente e enviam a laboratórios da rede do PMQC para vigilância ostensiva da qualidade dos produtos.

37. Mais recentemente, a ANP está desenvolvendo programa específico de monitoramento da qualidade do biodiesel (PMQBio) em que serão realizadas coletas de óleo diesel A e biodiesel nas distribuidoras e de biodiesel nas usinas para aferir com mais precisão a qualidade desses produtos componentes da mistura.

38. Apesar da rede robusta de ações, e dos dados do PMQC não indicarem quaisquer aumentos súbitos nos indicadores de não conformidade, diversos setores ampliaram as suas reclamações com relação à qualidade do diesel B, o que pode indicar questões que vão além da vigilância de mercado ou possíveis melhorias nas diversas ações tomadas.

Erros e incompatibilidade dos próprios equipamentos

39. Os testes para comercialização de máquinas e motores homologados no Brasil possuem, em geral, uso de produtos de campo comercializados no país e, no caso das fases de emissões veiculares, o uso mais proeminente de combustíveis de referência. Desde 2018, a ANP introduziu nova especificação de óleo diesel de referência para a fase P8 (Resolução ANP nº 764/2018), em que se inseriu o combustível B7, como o padrão nacional para testes de emissão.

40. É sabido que a engenharia automotiva tem, dia após dia, se tornado mais exigente, sob o ponto de vista da eficiência energética, da economicidade e das emissões. Os motores têm menos folgas, mais potência em menos espaço de trabalho e mais requisitos de modo geral.

41. Fato conhecido por toda a indústria automotiva é que o cenário de redução de emissões depende de catalisadores modernos com grande sensibilidade à presença de elementos. O biodiesel possui alguns elementos em teores regulamentares ainda considerados elevados para um combustível, sendo permitido, por exemplo, o teor de fósforo em 10 mg/kg, de acordo com a Resolução ANP nº 45/2014. Isso faz com que seja possível encontrar, no B15, teor de até 1,5 mg/kg de fósforo. Valor alto para tal elemento (em geral, todos os elementos, com exceção do enxofre, devem estar em teores menores que 1 mg/kg). Por serem compostos de leito químico que degradam sob contato desses elementos, é improvável que os catalisadores consigam se adaptar a qualquer combustível que possua níveis de elementos elevados. Nesse cenário global, portanto, os combustíveis desempenham papel muito importante e devem acompanhar e estar em harmonia com esse desenvolvimento.

42. No caso específico do problema regulatório, os diversos setores reclamantes não convergem em um mesmo tipo de aplicação. As dificuldades foram encontradas em setores tão distantes como o de geração de energia elétrica, mineração, automotivo convencional e em aplicações, como bombas dispensadoras de combustíveis. Seria pouco plausível que o desenvolvimento dos equipamentos, nos mais diversos setores, tenha sido inadequado ou subprojetado. Portanto, essa causa do ponto de vista dessa análise é considerada de pouca relevância.

Especificações do óleo diesel B ou dos componentes da mistura

43. Como já apontado no item 24, há incongruência entre a quantidade de dados de não conformidades e a quantidade de reclamações setoriais com relação ao biodiesel e óleo diesel B. De fato, a especificação técnica em vigor no país é de 2014 e foi elaborada em cenário de mistura B5-B6. Nesse contexto, não havia perspectivas de que o teor de biodiesel na mistura chegassem a 15%. E as mudanças da política pública fazem com que haja a possibilidade de que algumas propriedades do biodiesel, deletérias para o óleo diesel, possam estar se destacando gradualmente em concentração e ocorrência. Destacam-se, especialmente, os contaminantes orgânicos e inorgânicos e a estabilidade oxidativa.

44. Nesse contexto, é realmente relevante analisar o cenário dos componentes da mistura e do óleo diesel B para que sejam escrutinados frente ao novo contexto de uso do biocombustível.

Estabilidade e integridade dos produtos

45. Não basta que os componentes da mistura sejam produzidos com a melhor qualidade possível, é importante que esses componentes cheguem às distribuidoras adequados à mistura. Esse aspecto é bastante importante e além de depender da forma como os produtos são transportados e armazenados, depende também da concentração de componentes instáveis dos produtos, que deve ser reduzida de modo a afastar qualquer questão quanto ao decaimento da estabilidade desses componentes. Excesso de compostos instáveis pode favorecer a oxidação rápida, o que pode resultar em diesel B degradado ou com moléculas provenientes da degradação que vão contaminar o diesel B.

46. Essa hipótese bastante explorada pelo setor automotivo em suas reclamações, é motivo de preocupação e foi objeto de análise da ANP em 2019, o que resultou na elevação das exigências para estabilidade oxidativa de 8h para 12h e a adição obrigatória de aditivo antioxidante, seja qual for a matéria-prima. No caso do óleo diesel A, há decaimento da reserva oxidativa, mais em ritmo mais lento que no biodiesel, pela elevada saturação das cadeias carbônicas desse combustível.

47. O cenário de melhoria do perfil de estabilidade oxidativa do biodiesel foi importante para ampliar a confiança no uso do produto e algumas distribuidoras de combustíveis relataram melhora com relação ao perfil do biodiesel pós edição da regra.

Transporte e/ou armazenamento inadequado do óleo diesel B ou dos componentes da mistura

48. O transporte e armazenamento adequados de biodiesel, óleo diesel A ou óleo diesel B são cruciais para a garantia da qualidade dos produtos. Um tanque que esteja armazenando ou transportando um desses produtos deve ser objeto de constante vigilância. As drenagens devem ser diárias, a inspeção quanto às sujidades também devem ser realizadas com bastante frequência. Além disso, é preciso estabelecer critérios periódicos de limpeza.

49. O diesel é higroscópico (absorve água) naturalmente e o biodiesel ainda mais. Portanto, tanques de biodiesel requerem cuidado redobrado e merecem atenção zelosa por parte de todos os agentes da cadeia.

50. A água é um dos piores contaminantes para esses produtos. Eleva a acidez e favorece a formação de microrganismos que podem acidificar e degradar os produtos.

51. Com a elevação rápida do teor de biodiesel no óleo diesel B, é natural que haja maior volume de biodiesel sendo transportado e armazenado, aumentando a probabilidade de más práticas de manuseio, transporte, guarda e uso desse produto, o que gera ciclo difícil de ser quebrado.

52. Portanto, parece ser razoável que, como a garantia da qualidade do produto depende de boas práticas da indústria, a regulação sobre esse aspecto precisa ser aprimorada e necessita de olhar mais dedicado.

ALTERNATIVAS REGULATÓRIAS

53. Diante da análise efetuada as seguintes opções regulatórias foram aventadas:

54. **1) Aguardar a implementação do PMQBio ou elaborar outro arcabouço regulatório que iniba a produção de combustível inadequado ao uso;**

55. **2) Revisitar as especificações técnicas de biodiesel e óleo diesel A/B e a sua respectiva garantia da qualidade (incluindo boas práticas de manuseio, transporte e armazenamento), para que sejam escrutinadas frente ao novo contexto de política energética;**

56. **3) Não promover nenhuma modificação nas regras vigentes, porquanto não há necessidade de nenhuma alteração regulatória, sendo o contexto atual suficiente para mitigar o problema regulatório**

57. Com relação à opção 1, é notório que o PMQBio consistirá programa de monitoramento para o diagnóstico da qualidade dos componentes da mistura nas usinas e distribuidoras. O projeto foi discutido em processo de Consulta e Audiência Públicas nº 3/2021 e a norma correlata acha-se em processo de publicação. Ainda que o programa seja extremamente importante para manutenção histórica da qualidade dos produtos da mistura, é improvável que apenas uma medida, independentemente de qual seja ela, seja suficiente para debelar questões tão complexas trazidas pelo mercado.

58. Ainda nessa linha, não há espaço para manter o panorama regulatório conforme sugere a opção 3 considerando a dinâmica que o mercado vivencia com aumento do teor de biodiesel, introdução de nova fase de emissões e aumento do contexto de reclamações sobre a qualidade do produto.
59. Pelo exposto, considerou-se que, no atual quadro de combustíveis do ciclo diesel no país, a opção mais viável e com a resposta mais é a opção 2.
60. Como já exposto, o objetivo dessa AIR é estudar o contexto do componente – biodiesel e sua influência na qualidade e garantia da qualidade do óleo diesel B.
61. Portanto, tendo como ponto de partida a opção escolhida, torna-se necessário: 1. aprimorar e expandir o uso de boas práticas de armazenamento, transporte e abastecimento do diesel e do biodiesel por quem os comercializa, em especial do biodiesel, devido às suas peculiaridades físico-químicas que lhe conferem elevada higroscopidez; e 2. ajustar as características do diesel B e de seus constituintes (diesel A e biodiesel), de forma a manter a qualidade esperada para o uso final.
62. Em relação às melhorias na especificação, é necessário, sobretudo, reavaliação constante da especificação do biodiesel para que se tenha o diesel B contendo maior teor de biodiesel em sua composição e adequado ao uso.

ALTERNATIVAS REGULATÓRIAS PARA A ESPECIFICAÇÃO DO BIODIESEL

63. Para definição das alternativas regulatórias para os problemas apresentados com relação ao biodiesel, todos os parâmetros hoje especificados pela Resolução ANP nº 45/2014 serão discutidos neste item em termos de sua função na qualidade do biodiesel. A partir da importância de cada parâmetro será possível, a seguir, aplicar a **matriz de Gravidade, Urgência e Tendência (GUT)** para cada um desses parâmetros, estabelecendo-se uma classificação de prioridades de ajustes nos parâmetros hoje já especificados. Em seguida, serão avaliadas as constatações de alguns trabalhos relacionados ao tema, bem como a experiência internacional, de forma a vislumbrar adequações regulatórias no regulamento de qualidade do biodiesel.
64. Desta modo, a partir da avaliação GUT aplicada aos parâmetros já previstos na Resolução ANP nº 45/2014, bem como a partir da avaliação de estudos correlatos e da experiência internacional, as alternativas regulatórias serão definidas para que possam ser comparadas e então definida a melhor opção regulatória.

Análise GUT

65. A análise GUT consiste em ferramenta simples de gestão utilizada no auxílio à tomada de decisões estratégicas, já que pode ser aplicada em diversas situações em que se quer elaborar plano gerencial para solução de problemas. A partir dessa análise, é possível dar foco àqueles considerados mais críticos e que merecem maior atenção, priorizando-se, assim, as tratativas. De forma geral, para aplicação da matriz GUT aos problemas a serem tratados, identifica-se a urgência e a gravidade de cada um e a tendência de se agravarem com o passar do tempo.
66. No estudo de caso do biodiesel, cada problema será identificado como um dos parâmetros de qualidade da especificação, de forma a moldar a lista de prioridades de ajustes nos parâmetros já especificados. Ou seja, com base na perspectiva da gravidade de cada parâmetro da especificação, na urgência com que precisa ser ajustado e na tendência de problemas se agravarem caso tais ajustes não sejam realizados, será possível vislumbrar os parâmetros que mais carecem de alguma alteração.
67. São apresentadas na Tabela 2 as perguntas a serem respondidas para fins do problema regulatório em tela, bem como as pontuações GUT a serem adotadas, dependendo da resposta obtida.

Tabela 2. Perguntas a serem respondidas e pontuações da matriz GUT.

Pontuações GUT	Gravidade	Urgência	Tendência
	Qual o impacto do parâmetro na especificação do produto?	Quando deve ser aplicado algum ajuste no referido parâmetro? Quão urgente é?	Qual a tendência de problemas se agravarem caso nenhum ajuste seja implementado?
Pontuação 1	Sem impactos	Pode esperar. Não há urgência	Não irá mudar
Pontuação 2	Pouco impactante	Pouco urgente	Irá piorar a longo prazo
Pontuação 3	Impactante	Urgente	Irá piorar a médio prazo
Pontuação 4	Muito impactante	Muito urgente	Irá piorar a curto prazo
Pontuação 5	Extremamente impactante	Imediatamente. Extremamente urgente	Irá piorar rapidamente

68. Antes de aplicar as pontuações da matriz GUT em cada parâmetro da especificação do biodiesel, a importância de cada um será apresentada resumidamente na Tabela 3, de forma a tornar mais fácil a compreensão da gravidade de cada parâmetro na referida especificação. Destaca-se ainda que a justificativa para classificação da gravidade, urgência e tendência de cada parâmetro também serão discriminadas a seguir. Por fim, na Tabela 4, é apresentada a matriz GUT para especificação em questão, bem como a priorização dos parâmetros que carecem de algum ajuste.

Tabela 3. Importância de cada parâmetro da especificação do biodiesel prevista pela Resolução ANP nº 45/2014 e suas principais variáveis.

CARACTERÍSTICA	LIMITE	FUNÇÃO/IMPORTÂNCIA DO PARÂMETRO	PRINCIPAIS VARIÁVEIS QUE AFETAM O PARÂMETRO
Aspecto	Límpido e isento de impurezas	Funciona como alerta de contaminações que podem ser verificadas de forma quantitativa por outros parâmetros da especificação. O alerta se dá porque, a partir da análise visual preliminar, é possível verificar a presença de impurezas, como materiais em suspensão e turbidez, que podem ser decorrentes da presença de água, por exemplo.	Grau de saturação das cadeias carbônicas do biodiesel (varia especialmente com a matéria-prima); condições de estocagem e manuseio (contaminação com outros produtos); e presença de produtos de degradação.

CARACTERÍSTICA	LIMITE	FUNÇÃO/IMPORTÂNCIA DO PARÂMETRO	PRINCIPAIS VARIÁVEIS QUE AFETAM O PARÂMETRO
Massa específica a 20 °C	850 a 900 kg/m ³	Afeta diretamente o desempenho do motor uma vez que pode interferir na relação ideal ar/combustível injetados na câmara de combustão. Considerando que essa propriedade estabelece a massa por unidade de volume de uma substância a uma dada temperatura e que os sistemas de injeção de diesel B medem o combustível em volume, é fundamental que a propriedade não sofra grandes variações para não comprometer a massa de combustível ideal a ser injetada na câmara de combustão.	Distribuição por comprimento da cadeia molecular do biodiesel, que varia com a matéria-prima (em especial tamanho da cadeia carbônica e presença de insaturações); condições de estocagem e manuseio (contaminação com outros produtos); e presença de produtos de degradação.
Viscosidade Cinemática a 40 °C	3,0 a 6,0 mm ² /s	A maior influência deste parâmetro é no processo de queima na câmara de combustão. O biodiesel costuma apresentar viscosidade superior à do diesel A, daí a importância de seu limite superior: viscosidade alta pode resultar em maior esforço da bomba injetora e provocar redução da eficiência na atomização pelos bicos injetores na câmara de combustão e acúmulo de resíduos. Viscosidades extremamente baixas, por sua vez, podem trazer vazamentos no sistema de alimentação.	Estrutura molecular do biodiesel, que varia com a matéria-prima (em especial tamanho da cadeia carbônica e presença de insaturações); presença de sabões residuais, glicerídeos não reagidos (mono-, di- e triglicerídeos) no processo produtivo; condições de estocagem e manuseio (contaminação com outros produtos); e presença de produtos de degradação do biodiesel.
Teor de água, máx.	250 mg/kg – produtor 350 mg/kg - distribuidor	A presença de água, dependendo do teor, pode provocar reações de hidrólise do biodiesel e proliferação microbiana, resultando em aumento de produtos de degradação, acidez, comprometimento da estabilidade à oxidação, além de aumento da tendência de precipitação de glicerina. Tudo isso pode levar a problemas nos motores, como perda de potência, problemas de arranque, corrosão, entupimento do sistema de alimentação e de outras peças automotivas.	Processo produtivo (quanto mais rigoroso o processo de secagem, menos água o produto final possui); e, principalmente, condições de estocagem e manuseio, considerando a alta higroscopicidade do produto.
Contaminação Total, máx.	24 mg/kg	A contaminação do biodiesel por substâncias não dissolvidas pode acarretar o entupimento prematuro de filtros e falhas nos motores.	Condições de estocagem e manuseio (contaminação com outros produtos).
Ponto de fulgor, mín.	100 °C	Está relacionado, principalmente, à segurança do transporte e manuseio do combustível, já que, por definição, o ponto de fulgor é a menor temperatura corrigida a pressão de 101,3kPa (760mmHg), na qual um combustível libera vapor em quantidade suficiente para causar ignição por uma fonte externa de calor. Para o motor, um baixo ponto de fulgor pode ser prejudicial à bomba de combustível, aos selos e pode ainda contribuir para uma queima irregular.	Processo produtivo (presença de álcool residual); e condições de estocagem e manuseio (contaminação com produtos mais leves).
Teor de éster, mín.	96,5 % massa	Está relacionado à eficiência do processo de produção do biodiesel. Assim, uma baixa conversão no produto desejado pode resultar em um biodiesel com grande concentração de produtos indesejáveis como ácidos graxos livres, álcool residual, glicerina e água, reduzindo, por sua vez, a eficiência de combustão nos motores de ciclo diesel.	Processo produtivo (eficiência no processo de conversão dos triglicerídeos); condições de estocagem e manuseio (contaminação com outros produtos).
Cinzas sulfatadas, máx.	0,020 % massa	Uma vez que as cinzas são constituídas basicamente de sais inorgânicos, como óxidos metálicos de sódio ou potássio, elas podem contribuir para formação de depósitos no motor e ainda provocar danos por abrasão.	Processo produtivo (presença de catalisador residual que não foi removido no processo de purificação); condições de estocagem e manuseio (contaminação com outros produtos inorgânicos).
Enxofre total, máx.	10 mg/kg	O enxofre é um parâmetro que pode afetar o meio ambiente (em termos de emissões) e o motor. <i>Emissões:</i> a maioria do enxofre é convertido no motor para dióxido de enxofre, uma substância altamente poluente ao meio ambiente tanto na forma de óxido, quanto na forma combinada para formação de chuva ácida. Ademais, contribui para formação de material particulado, já que o enxofre é um importante iniciante da formação de partículas. <i>Motor:</i> o enxofre provoca corrosão e desgaste das peças mecânicas. Além disso, pode comprometer as tecnologias de pós-tratamento dos gases de exaustão, imprescindíveis para atendimento dos limites de emissões de gases pelos motores, que são cada vez mais restritivos. Isso porque os catalisadores do pós-tratamento podem ser envenenados ou perder atividade pela presença do enxofre (KUMAR <i>et al.</i> , 2014; OLSSON <i>et al.</i> , 2016; WIJAYANTI <i>et al.</i> , 2017; HAMMERSOI <i>et al.</i> , 2018).	Matéria-prima e contaminação com outros produtos.
Sódio + Potássio, máx.	5 mg/kg	Favorecem a formação de sabões insolúveis, originando a formação de depósitos no motor. Além disso, podem levar ao envenenamento e à perda da atividade dos catalisadores utilizados no sistema de pós tratamento dos gases de exaustão.	Processo produtivo (presença de catalisador residual que não foi removido no processo de purificação, podendo envolver formação de sabões). Do mesmo modo, está presente na matéria-prima.
Cálcio + Magnésio, máx.	5 mg/kg	Favorecem a formação de sabões insolúveis, originando a formação de depósitos no motor. Além disso, podem levar ao envenenamento e à perda da atividade dos catalisadores utilizados no sistema de pós tratamento dos gases de exaustão.	Processo produtivo (presença de materiais adsorventes, como silicatos de magnésio ou cálcio, óxidos de cálcio e sulfato de magnésio utilizados no processo de purificação; ou utilização de água dura no processo de lavagem e purificação). Do mesmo modo, está presente na matéria-prima.

CARACTERÍSTICA	LIMITE	FUNÇÃO/IMPORTÂNCIA DO PARÂMETRO	PRINCIPAIS VARIÁVEIS QUE AFETAM O PARÂMETRO
Fósforo, máx.	10 mg/kg	Favorece o aumento do teor de cinzas e a formação de depósitos no sistema de injeção do combustível, comprometendo a estequiometria de combustão. As cinzas podem ser muito abrasivas e ainda contribuir para o desgaste do motor. Provocam ainda o envenenamento e a perda da atividade dos catalisadores (que pode ser irreversível) utilizados no sistema de pós tratamento dos gases de exaustão.	Uso de matérias-primas, principalmente, de fontes animais.
Corrosividade ao cobre, 3h a 50 °C, máx.	1	Parâmetro relacionado ao potencial do combustível em causar danos às peças metálicas do motor e dos tanques de armazenamento. Tal potencial de danos às peças metálicas está associado, principalmente, à presença de ácidos ou de compostos de enxofre.	Matéria-prima e contaminação com outros produtos.
Número de Cetano	Anotar	Está relacionado à qualidade de autoignição do combustível do ciclo diesel. Um maior número de cetano indica menor tempo entre a injeção do combustível na câmara de combustão e o início de sua queima. Um atraso da autoignição, isto é, quanto maior o tempo entre a injeção e a queima, maior a quantidade de combustível que não se queima estequiometricamente, proporcionando aumento da taxa de aquecimento no motor, ruidos, desgaste mecânico das partes móveis, maior emissão de particulados e gases poluentes e, de forma geral, redução da eficiência energética do motor.	Composição química da matéria-prima e natureza do processo produtivo.
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	Tabela regionalizada por UF e meses do ano. Os valores vão de no máx. 5 °C nos meses de inverno na região Sul a 14 °C no verão das demais regiões	Relaciona-se ao desempenho do combustível em baixas temperaturas. Um combustível com elevado ponto de entupimento pode cristalizar e entupir o filtro de combustível em dias de temperatura baixa (inferior à de seu ponto de entupimento a frio), levando à parada do motor por falta de combustível na câmara de combustão.	Estrutura molecular do biodiesel, que varia com a matéria-prima (em especial tamanho da cadeia carbônica e presença de insaturações)
Índice de acidez, máx.	0,50 KOH/g	A elevada acidez no biodiesel pode indicar que o combustível já possui um certo grau de degradação, já que os ácidos são produtos de oxidação do biodiesel. Os ácidos formados, além de serem um indicativo de deterioração do produto, podem levar a problemas nos motores, a partir da corrosão das peças metálicas.	Presença de água, que gera hidrólise do biodiesel (a água é proveniente principalmente das condições de estocagem e manuseio, considerando a alta higroscopичidade do produto), e evolução de processos de oxidação
Glicerol livre, máx.	0,02 % massa	O glicerol livre ou glicerina livre está relacionado ao aumento da emissão de aldeídos. Além disso, provoca problemas no armazenamento do biodiesel, já que atrai outros componentes polares como água, monoacilglicerídeos e sabões que ocasionam o entupimento de filtros e bicos injetores.	Processo produtivo (eficiência do processo de purificação do biodiesel)
Glicerol total, máx.	0,25 % massa	O glicerol total é a soma do glicerol livre e ligado (mono, di e triacilglicerídeos), utilizando fatores mássicos de conversão. Está relacionado à formação de depósitos nos bicos injetores, no pistão e em válvulas do motor, podendo levar também ao entupimento do filtro de combustível.	Processo produtivo (eficiência no processo de conversão dos triglicerídeos)
Monoacilglicerol, máx.	0,7 % massa	É um dos contaminantes que mais favorece a formação de depósitos, uma vez que em pequenas quantidades já pode ser suficiente para formação de precipitados e causar bloqueio dos filtros (PARYANTO, 2019). Os monoglicerídeos potencialmente mais críticos são os saturados, tendo em vista que apresentam alto ponto de congelamento e baixa solubilidade no biodiesel e diesel mineral, o que acelera a cristalização, prejudicando as propriedades a frio e aumentando a tendência de entupimento do filtro de combustível e bicos injetores (CHUPKA; FOUTS; MCCORMICK, 2012; PARYANTO, 2019). Ademais, dependendo da concentração em que podem estar presentes no biodiesel, os glicerídeos não reagidos podem aumentar a viscosidade do combustível e, consequentemente, reduzir a eficiência da combustão.	Processo produtivo (eficiência no processo de conversão dos triglicerídeos, correspondendo à última etapa de formação do biodiesel e a mais lenta)
Diacilglicerol e triacilglicerol, máx.	0,20 % massa	Está relacionado à formação de depósitos, que podem bloquear o filtro de combustível e depositar sobre os componentes dos motores. Dependendo da concentração em que podem estar presentes no biodiesel, os glicerídeos não reagidos podem aumentar a viscosidade do combustível e, consequentemente, reduzir a eficiência da combustão.	Processo produtivo (eficiência no processo de conversão dos triglicerídeos)
Metanol e/ou Etanol, máx.	0,20 % massa	O metanol e o etanol são álcoois utilizados no processo produtivo do biodiesel, que, quando presentes, podem reduzir consideravelmente o ponto de fulgor do biodiesel e ainda causar corrosão de metais e redução do número de cetano e da lubricidade final do combustível (VECHIATTO, 2012). Ademais, destaca-se que o metanol é uma substância altamente tóxica.	Processo produtivo e contaminação com outros produtos.
Índice de Iodo	Anotar (g/100g)	O índice de iodo está diretamente relacionado ao grau de insaturação do biodiesel, sendo um indicativo da capacidade de resistência à oxidação do produto e tendência à formação de produtos de degradação. Contudo, vale ressaltar que este índice é uma medida da presença de insaturações totais na amostra, enquanto a estabilidade oxidativa é mais fortemente influenciada pela quantidade e a posição das duplas ligações na molécula.	Estrutura molecular do biodiesel, que varia com a matéria-prima (em especial insaturações da cadeia carbônica).

CARACTERÍSTICA	LIMITE	FUNÇÃO/IMPORTÂNCIA DO PARÂMETRO	PRINCIPAIS VARIÁVEIS QUE AFETAM O PARÂMETRO
Estabilidade à oxidação a 110 °C, mín.	12 h	<p>É um indicativo do estágio de oxidação do biodiesel, que tende a evoluir com o tempo, e é influenciado pelo grau de insaturação do biodiesel e a posição das duplas ligações na cadeia carbônica.</p> <p>Essas insaturações podem favorecer reações de oxidação dos ésteres, e por sua vez, favorecer a formação de produtos insolúveis que ocasionam a formação de depósitos e entupimento do sistema de injeção de combustível.</p>	Estrutura molecular do biodiesel, que varia com a matéria-prima (em especial insaturações da cadeia carbônica); presença de aditivos antioxidantes; e condições de estocagem e manuseio.

Ranking dos parâmetros da especificação do biodiesel que carecem de ajustes

69. A Tabela 4 apresenta a classificação final dos parâmetros de especificação do biodiesel que carecem de ajustes, a partir da aplicação da matriz GUT. A justificativa para a pontuação será apresentada em seguida.

Tabela 4. Classificação dos parâmetros de especificação do biodiesel que carecem de ajustes, a partir da aplicação da matriz GUT.

CARACTERÍSTICA	ANÁLISE GUT				
	Gravidade	Urgência	Tendência	GxUxT	Classificação
Monoacilglicerol, máx.	5	4	4	80	1°
Ponto de entupimento de filtro a frio, máx.	5	4	4	80	
Fósforo, máx.	4	4	3	48	2°
Estabilidade à oxidação a 110 °C, mín.	5	3	3	45	3°
Glicerol livre, máx	4	3	3	36	4°
Glicerol total, máx.	4	3	3	36	
Sódio + Potássio, máx.	4	2	2	16	5°
Cálcio + Magnésio, máx.	4	2	2	16	
Diacilglicerol, máx.	4	2	2	16	
Triacilglicerol, máx.	4	2	2	16	
Aspecto	3	2	2	12	6°
Número Cetano	4	2	1	8	7°
Índice de Iodo	3	2	1	6	8°
Teor de água, máx.	5	1	1	5	9°
Massa específica a 20 °C	4	1	1	4	10°
Viscosidade Cinemática a 40 °C	4	1	1	4	
Contaminação Total, máx.	4	1	1	4	
Ponto de fulgor, mín.	4	1	1	4	
Teor de éster, mín	4	1	1	4	
Cinzas sulfatadas, máx.	4	1	1	4	
Enxofre total, máx.	4	1	1	4	
Corrosividade ao cobre, 3 h a 50 °C, máx.	4	1	1	4	
Índice de acidez, máx.	4	1	1	4	
Metanol e/ou Etanol, máx.	4	1	1	4	

70. Os parâmetros monoacilglicerol, ponto de entupimento de filtro a frio (PEFF), glicerol livre, fósforo e estabilidade à oxidação (marcados em vermelho na Tabela 4) ficaram ranqueados nas três primeiras posições, sendo considerados os parâmetros prioritários na revisão da especificação do biodiesel. Já os parâmetros glicerol total, sódio, potássio, cálcio e magnésio, o di- e triacilglicerol, bem como o aspecto (marcados em alaranjado Tabela 4) ocuparam as três próximas posições, indicando que há a necessidade de ajustes, mas em um grau inferior aos destacados em vermelho. Os parâmetros número de cetano e índice de iodo, que ocuparam a sétima e oitava posição, por terem apresentado pontuação 2 em termos de urgência, foram destacados em amarelo na Tabela 4. Já os demais parâmetros foram destacados em verde na Tabela 4 por não serem considerados parâmetros prioritários nesta atual proposta de revisão da especificação do biodiesel.

71. Os parâmetros ponto de entupimento de filtro a frio (PEFF) e estabilidade à oxidação receberam pontuação 5 em termos de gravidade na matriz GUT, já que diferentes autores apontam as propriedades a frio e a estabilidade oxidativa como os maiores gargalos do biodiesel (KNOTHE, 2006; CHUPKA; FOUTS; MCCORMICK, 2012; PARYANTO, 2019; SIA *et al.*, 2020). Grande parte destes problemas estão relacionados à: i) composição da matéria-prima utilizada na produção do biodiesel, principalmente no que tange a presença e a posição das insaturações na cadeia carbônica; ii) eficiência do processo de produção e purificação do biodiesel (a presença do glicerídeo monoacilglicerol, em quantidade muito pequena, pode ser suficiente para bloquear o sistema de injeção) (DUNN, 2009); e iii) presença de contaminantes, como a água, que favorece a formação de depósitos e produtos de oxidação e ainda favorece a precipitação de contaminantes do próprio processo produtivo.

72. De tal modo, os parâmetros teor de água e monoacilglicerol receberam pontuação 5 em termos de gravidade na matriz GUT por serem considerados, dentre os parâmetros hoje especificados para o biodiesel pela ANP, os contaminantes que mais contribuem para degradação e formação de depósitos no biodiesel, afetando, assim, grande parte dos outros parâmetros especificados. Plata *et al.* (2019) apontam que o teor de água, os monoglicerídeos (em especial os saturados) e os estéril glicosídeos (ainda não especificados) são os contaminantes de maior impacto na formação de precipitados, que geram, por sua vez, impactos negativos no desempenho a frio, entupimento do sistema de alimentação do combustível e deposição nas peças dos motores.

73. Os demais parâmetros, com exceção do aspecto e do índice de iodo, receberam pontuação 4 por serem também muito impactantes na qualidade do biodiesel, contudo são: i) mais gerenciáveis pela cadeia de produção e distribuição de biodiesel; ou ii) impactam na qualidade do biodiesel de forma menos expressiva que os considerados de prioridade 5; ou iii) possuem uma relação direta de causa e consequência com os principais contaminantes que levaram pontuação 5.

74. Por fim, o aspecto e o índice de iodo receberam pontuação 3 por terem menor impacto na especificação, porém inferior aos que levaram pontuação 4. O aspecto, apesar da sua importância na triagem do combustível, é uma análise preliminar, que precisa ser confirmada por outros parâmetros especificados. Já o índice de iodo é uma medida da presença de insaturações totais na amostra, que pode ter uma relação com a estabilidade oxidativa medida pelo método Rancimat. Contudo, aquele parâmetro é mais fortemente influenciado pela posição das duplas ligações na molécula do que com a quantidade total de insaturações. Vechiatto (2012) exemplifica que dois óleos com o mesmo índice de iodo (mesmo grau de insaturação) podem ter estabilidades à oxidação bem diferentes devido à presença de distintos teores de ésteres graxos poli-insaturados em suas respectivas composições químicas.

Pontuações GUT em termos de urgência

75. Na análise GUT, em termos de urgência, os parâmetros teor de fósforo, ponto de entupimento de filtro a frio (PEFF) e monoacilglicerol receberam pontuação 4, uma vez que são parâmetros que necessitam de reanálise de forma mais urgente.

76. Em relação ao teor de fósforo, estudos apontam que esse contaminante é um dos principais responsáveis pelo envenenamento/desativação do catalisador de redução seletiva (SCR) do sistema de pós-tratamento dos gases de exaustão, podendo comprometer as emissões e trazer uma incompatibilidade com o padrão P8 do PROCONVE que deve ser implementado em 2022 (padrão de emissões equivalente à fase EURO VI na Europa). A Europa já está no padrão de emissões EURO VI e limita o teor de fósforo a um valor inferior ao previsto na especificação ANP, mesmo utilizando um menor teor de biodiesel no diesel do que a praticada no Brasil.

77. No que tange à urgência de revisar o PEFF, as temperaturas máximas para esse parâmetro, regionalizadas por UFs (Tabela 2 do Regulamento Técnico da Resolução ANP 45/2014) encontram-se desatualizadas e merecem uma análise detida. Uma tabela de PEFF desajustada pode comprometer o transporte do biodiesel nos caminhões tanque ou mesmo o fluxo de combustível nos motores a diesel em um inverno mais rigoroso, por exemplo. Apesar do risco de comprometimento do fluxo de combustível ser menor no diesel B que no biodiesel, os constantes aumentos no teor de biodiesel no diesel B podem amplificar o risco.

78. O monoacilglicerol e o glicerol livre também carecem de ajustes mais urgentes, justificando a pontuação 4, porque são contaminantes do processo produtivo de biodiesel que são carreados para o diesel B. Assim, considerando o aumento progressivo do teor de biodiesel no diesel B, é necessário refletir sobre a redução destes contaminantes no biodiesel, de forma a evitar a formação de depósitos no diesel B de alto teor de biodiesel.

79. Os parâmetros glicerol livre e total receberam a pontuação 3 por estarem relacionados à atração de compostos polares, como água, mono e sabões, que também podem favorecer a formação de precipitados no biodiesel.

80. A estabilidade à oxidação recebeu pontuação 3. Tal característica sofreu alteração de sua especificação em 2019, com a publicação da Resolução ANP nº 798/2019, que estabeleceu a obrigatoriedade de uso de antioxidante no biodiesel e aumentou o seu limite mínimo de 8 h para 12 h. Em operações de fiscalização, logo após a edição do ato foi possível constatar o cumprimento da regulação por parte dos produtores. No entanto, é necessário avaliar a pertinência de determinação de limite único para toda a cadeia de distribuição do biodiesel, já que este parâmetro inevitavelmente decai com o tempo, de forma mais ou menos lenta, de acordo com as condições de estocagem, manuseio e ainda com a ausência ou presença de antioxidantes, sua natureza e dosagem.

81. O número de cetano e o índice de iodo receberam pontuação 2 por serem parâmetros que se encontram especificados como “anotar”, isto é, sem definição de limites. Assim, considerando que a ANP já possui dados de certificados da qualidade de biodiesel de vários anos, convém que seja tomada uma decisão em relação a eventuais limites a serem adotados para os parâmetros.

82. Os metais alcalinos, sódio e potássio, bem como os alcalinos terrosos, cálcio e magnésio, receberam pontuação 2 por se tratar de parâmetros também relacionados ao envenenamento/desativação do catalisador de redução seletiva (SCR) do sistema de pós-tratamento dos gases de exaustão, como será visto adiante. Estes contaminantes se mantêm alinhados à especificação do biodiesel de outros países, porém, para a entrada da fase P8 do PROCONVE, é importante que seja considerado na definição do limite máximo, que o teor de biodiesel no diesel praticado no Brasil é superior ao de outras regiões do globo.

83. O parâmetro aspecto também recebeu pontuação 2 no quesito urgência porque não há hoje, na especificação do biodiesel, metodologias de referência para realização do ensaio de aspecto em amostras de biodiesel, o que torna o ensaio mais subjetivo e sujeito a erros.

84. Os demais parâmetros da especificação receberam pontuação 1, isto é, não se vislumbra necessidade de alteração desses parâmetros em curto prazo, uma vez que os limites atualmente especificados são considerados satisfatórios e bem alinhados à especificação internacional.

Pontuações GUT em termos de tendência

85. Na análise GUT, os parâmetros ponto de entupimento de filtro a frio (PEFF), monoacilglicerol e glicerol livre receberam pontuação 4 em termos de tendência porque, caso nenhum ajuste seja realizado na especificação alinhado às boas práticas no armazenamento e manuseio, a tendência será de aumento, a curto prazo, de problemas relacionados, principalmente, ao bloqueio prematuro de filtros.

86. Já os parâmetros fósforo e glicerol livre e total e estabilidade à oxidação receberam pontuação 3, porque há tendência dos problemas se agravarem caso nenhum ajuste seja realizado acontecerá em médio prazo. O teor de fósforo atual pode ser um agravante mais preocupante a partir de 2023, com a entrada obrigatoria da fase P8 do PROCONVE. Já o teor de glicerol total atual, embora esteja bem alinhado à especificação internacional, pode se tornar um problema em médio prazo pelo aumento progressivo do teor de biodiesel no diesel B. Por sua vez, a manutenção, na especificação, de um limite único de estabilidade à oxidação em toda a cadeia, por sua vez, pode trazer problemas para o setor em médio prazo, já que, inevitavelmente, é esperada uma diminuição da estabilidade ao longo da cadeia do biodiesel dada a natureza físico-química do produto. Destaca-se que os antioxidantes tendem a retardar à oxidação, contudo, naturalmente ocorrerá uma redução da estabilidade ao longo do tempo.

87. Os parâmetros sódio+potássio, cálcio+magnésio, e di- e triacilglicerol receberam pontuação 2 já que os problemas relacionados tendem a se agravar em a longo prazo. Os parâmetros, embora já estejam alinhados às principais especificações internacionais em termos de limite máximo, poderão se agravar com o aumento progressivo de biodiesel no diesel em longo prazo. Hoje, no Brasil, o diesel comercial possui mandato de 13% de biodiesel, enquanto na Europa, 7%. Já a falta de metodologias de referência para o parâmetro aspecto, também poderá ser crítico tendo em vista as exigências cada vez maiores de padronização para realização de ensaios físico-químicos.

88. Por fim, os demais parâmetros da especificação receberam pontuação 1, isto é, sem tendência de agravamento caso nenhum ajuste seja realizado, uma vez que os limites especificados já são considerados satisfatórios e bem alinhados à especificação internacional.

89.

Avaliação de estudos relacionados ao tema e a experiência internacional

90. Diversos estudos estão sendo realizados para solucionar os gargalos ainda existentes na indústria do biodiesel, bem como no seu manuseio, transporte e distribuição. Tais estudos, no geral, buscam apresentar os problemas e propor melhorias no processo, adaptações na logística, e proposição de ajustes na especificação do produto de forma que o biodiesel comercializado, misturado ao diesel fóssil para formulação do óleo diesel B, atenda aos requisitos mínimos de qualidade para o uso ao qual se destina.

91. É importante destacar que muitos estudos realizados no mundo inteiro buscam o aprimoramento da qualidade do biodiesel para uso em motores do ciclo diesel, a partir de sua mistura com o óleo diesel fóssil. Contudo, muitos desses trabalhos (KOMARIAH *et al.*, 2017; GAUTAM *et al.*, 2017; ALLEMAN *et al.*, 2016; FU *et al.*, 2016) indicam a importância do uso de boas práticas no armazenamento, transporte e abastecimento do biodiesel, principalmente pelas suas características físico-químicas que lhe conferem considerável hidroscopicidade. Muitos autores explanam que as boas práticas em relação ao biodiesel são tão importantes quanto uma especificação adequada ao uso. Nesse

contexto, cabe lembrar que as más práticas se interligam diretamente à contaminação com água, que funciona como um potencializador de vários problemas relacionados a depósitos, deterioração de suas características, instabilidade oxidativa e bloqueio de filtros.

92. A seguir, serão apresentados estudos e experiências internacionais, em especial àquelas correlacionadas aos parâmetros considerados mais críticos pela matriz GUT (em vermelho, laranja e amarelo na Tabela 4), assim como uma discussão de seus resultados, de modo a auxiliar a definição de nova diretriz regulatória.

Contaminantes do biodiesel e as propriedades a frio

93. Muitos estudos objetivam avaliar o comportamento a frio do biodiesel e sua relação com seus contaminantes. Wang *et al.* (2010) apontam que os glicerídeos não reagidos (em especial os monoglicerídeos saturados - SMGs), bem como os esteril glicosídeos (SGs) são os contaminantes que mais afetam o comportamento a frio do biodiesel, já que eles apresentam elevada temperatura de solidificação e baixa solubilidade. Esses contaminantes aceleram a cristalização do biodiesel, aumentando seu ponto de névoa. Os autores indicam ainda, que os esteril glicosídeos possuem elevada polaridade e são insolúveis no biodiesel, já que o ponto de fusão dos SGs é em torno de 200 °C, acelerando a floculação de materiais sólidos mesmo à temperatura ambiente. Assim, é esperado que o maior teor de monoglicerídeos saturados e esteril glicosídeos, associados a baixas temperaturas, favoreçam ainda mais a precipitação e bloqueio de filtros de combustível. Destaca-se, ainda, que esses contaminantes são muito preocupantes porque podem ser capazes de provocar obstrução de filtros, ainda que em temperatura ambiente (Lee *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2010; CONCAWE, 2009).

94. Diferente dos monoglicerídeos saturados, que são típicos de matéria-prima saturada, os esteril glicosídeos ocorrem naturalmente em óleos e gorduras vegetais, geralmente insaturados, como o óleo de soja, matéria-prima mais utilizada no Brasil para produção de biodiesel, e que, durante o processo de transesterificação são convertidos em esteril glicosídeos não acilados dispersos no biodiesel como partículas finas. Lee *et al.* (2007) explicam que, ao contrário dos monoglicerídeos saturados, os esteril glicosídeos não podem ser simplesmente aquecidos para permitir que eles passem através de um filtro diesel bloqueado para a câmara de combustão. Mesmo em níveis relativamente baixos (35 mg/kg ou mais), os esteril glicosídeos podem promover a formação de agregados no biodiesel, exacerbando problemas de cristalização a frio causados por monoglicerídeos saturados e outros componentes.

95. Paryanto *et al.* (2019) definiram o teor máximo de monoglicerídeos no biodiesel vislumbrando a entrada do B30 em 2020, na Indonésia. Para isso, os autores analisaram a quantidade de precipitados que eram verificados no B10 e no B20 a partir do uso de biodiesel contendo a quantidade de mono- 0,8 % m/m (tal valor era especificado para o biodiesel à época que o B10 e B20 eram utilizados compulsoriamente no país). Em seguida, formularam amostras de B30 a partir de diferentes B100 com diferentes teores de mono-, que foram formulados a partir de dopagem com monopalmitina. Assim, verificaram o máximo teor de mono- que poderia ser admitido no biodiesel para que a quantidade de precipitados presentes na mistura B30 não fosse superior ao que era antes encontrado no B10 e B20. Assim, definiram que o biodiesel deve ser especificado com no máximo 0,62% de mono-, caso seja interessante que o B30 contenha, no máximo, a quantidade de precipitados que era verificado no B20, ou máximo de 0,5%, caso o interesse seja manter o teor máximo de precipitados que era verificado no B10.

96. Chupka, Fouts e McCormick, (2012) investigaram as principais causas dos problemas relacionados ao desempenho a frio do biodiesel. Os autores explicaram que o entupimento do filtro de combustível pode ocorrer mesmo a temperaturas significativamente acima daquelas que seriam esperadas para formação dos primeiros cristais de biodiesel. A maior explicação para tal fenômeno, segundo os autores, está relacionada aos monoglicerídeos saturados (SMG). Isso porque eles podem cristalizar em diferentes formas polimórficas e aumentar significativamente o ponto de névoa. Os autores mostraram que um aumento de 0,01% em massa do teor de monoglicerídeos saturados pode aumentar o ponto de névoa em 4 °C. Explicaram que um MGS na forma metaestável (gel hidratado) se forma e posteriormente se transforma em uma forma muito mais estável (monoestearina), com solubilidade extremamente baixa no biodiesel. Porém, a cinética de conversão da fase menos solúvel para mais solúvel é complexa e lenta. Assim, um aquecimento rápido pode ser capaz de solubilizar a fase metaestável no biodiesel novamente. **Os autores sugeriram, em seguida, a importância do ensaio Teste de Filtragem por Imersão a Frio (TFIF) ou Cold Soak Filtration Test (CSFT) descrito na norma ASTM D7501. Este método realiza uma avaliação de propriedades a frio do biodiesel e possui uma etapa de resfriamento lento.**

97. Na mesma linha, Jääskeläinen (2020) explicou que testes como PEFF, ponto de fluidez (PF) e até mesmo o ponto de névoa (PN) são interessantes para verificação da operacionalidade do biodiesel em baixas temperaturas desde que os problemas de precipitação acima do ponto de névoa não sejam encontrados. O autor afirma que apenas nessas condições esses testes fornecem uma estimativa razoável da operacionalidade em baixa temperatura. Afirma ainda que **o TFIF foi desenvolvido buscando fornecer um maior controle sobre a formação de precipitados acima do ponto de névoa no biodiesel e permitir que essas medidas convencionais de operabilidade a baixa temperatura sejam usadas com mais confiança.**

98. Interessante destacar que existem métodos para redução dos problemas de desempenho a frio relacionados ao biodiesel. Sia *et al.* (2020) publicaram um *review*, apresentando diversos mecanismos para melhoria das propriedades a frio do biodiesel durante a produção. Os autores apresentaram alguns princípios ativos e misturas de matérias-primas que podem ser utilizadas para melhorar tais propriedades do biodiesel. Apresentaram ainda diversos estudos que mostraram melhorias significativas nos parâmetros ponto de névoa, PEFF e ponto de fluidez do biodiesel, a partir da transesterificação com uso de álcoois de cadeia média, e há também a alternativa de *winterização*. O processo é realizado resfriando o biodiesel lentamente e separando os compostos cristalizados por filtração (tal mecanismo para aprimoramento das propriedades a frio também foi citado por Teresa Alleman, pesquisadora sênior da *National Renewable Energy Laboratory - NREL* em resposta à consulta da ANP relacionada a propriedades a frio). Já em termos de esteril glicosídeos, Aguirre *et al.* (2014) demonstraram redução dos níveis de SG em 81% a partir de remoção enzimática no processo. Lee *et al.* (2007) demonstrou que a filtragem de 1 kg de biodiesel de soja à temperatura ambiente através de 5 g de terra de diatomáceas reduziu o conteúdo de SG de 68 ppm para 20 ppm. Gerpen *et al.* (2004) demonstraram que a destilação do biodiesel produz ésteres sem componentes menores, mas, assim como nos outros métodos, aumenta os custos de produção.

99. Em relação às metodologias de análise do desempenho a frio, ressalta-se que o método TFIF é especificado para o biodiesel nos EUA, conforme estabelecido pela norma ASTM D6751, com limite máximo de 200 segundos para regiões mais frias e 360 segundos para fins gerais. Além disso, nos EUA, o ponto de névoa (PN) deve ser reportado para fins de especificação. Na Europa (EN 14214), os parâmetros de desempenho a frio especificados são o PEFF para climas temperados e árticos e o PEFF mais ponto de névoa para climas frios. Na Argentina (Resolução Sec. Energia n° 828/2010), o PEFF deve ser reportado e o Teste de Filtragem por Imersão a Frio (TFIF) é especificado, devendo ser atendido o limite de no máximo 360 segundos para a especificação convencional de 200 segundos para a especificação de biodiesel CF (Clima Frio).

100. Outro ensaio muito frequente utilizado para medição da tendência de bloqueio de filtros é o *Filter blocking tendency (FBT)*, que é medido em termos de volume e pressão obtidos ao término do ciclo do ensaio de filtração a temperatura ambiente. O FBT, por sua vez, não é considerado para o biodiesel nas especificações internacionais pesquisadas e não considera o efeito do resfriamento da amostra na sua tendência a entupimento de filtros. Tal parâmetro é considerado apenas para o diesel B, na normativa britânica de óleo diesel (BS EN 590).

101. Por fim, em relação aos principais contaminantes, a Europa determina o teor máximo de 0,7% em massa de monoglicerídeos no biodiesel, em consonância com a atual especificação do biodiesel no Brasil. A Argentina e os EUA estabelecem limites máximos de 0,7 e 0,4 % em massa, respectivamente. Já em termos de glicerol total, Brasil, Europa e Argentina estabelecem teor máximo de 0,25 % em massa, enquanto EUA estabelece 0,24 % em massa. Os parâmetros glicerol livre, di-, e triacilglicerol estão alinhados às especificações brasileira, europeia e argentina em máx. 0,2 % em massa, não sendo os parâmetros di- e tri- especificados nos EUA. O teor de água, por sua vez, é mais restrito na especificação brasileira (200 mg/kg) que na Europa e Argentina (500 mg/kg). Nos EUA, o parâmetro especificado é o teor de água e sedimentos. Destaca-se que em nenhuma dessas especificações são estabelecidos limites para esteril glicosídeos no biodiesel. Contudo, alguns estudos científicos mostram que teores acima de 32 mg/kg (NRDDI, 2009) ou 35 mg/kg (LEE *et al.*, 2007) são críticos para início da obstrução de filtros.

Contaminantes do biodiesel e as emissões de poluentes

102. Pesquisas têm sido realizadas também para avaliar a influência de alguns contaminantes do biodiesel no envenenamento e até mesmo na desativação de catalisadores de redução seletiva (SCR) do sistema de pós-tratamento dos gases de exaustão dos motores a diesel, bem como no impacto de aumento das emissões de poluentes na atmosfera. Isso porque, na Europa, desde 2014, já é praticado o sistema de emissões EURO VI (conjunto de normas regulamentadoras sobre emissão de poluentes para motores diesel), em que são definidos limites máximos bastante restritivos de poluentes dos motores a diesel. Assim, para que os veículos emitam menos poluentes na atmosfera, atendendo a esses limites, estudos foram e estão sendo desenvolvidos para melhoria da qualidade do combustível, aumento da eficiência da combustão e ainda melhorias no sistema de tratamento dos gases de exaustão. Os motores EURO VI possuem um sistema de pós-tratamento mais eficiente, sendo composto por quatro módulos: catalisador de oxidação de partículas (DOC), filtro de particulados derivados do diesel (DPF), misturador de gases e partículas (*mixer*) e o catalisador de redução de NOx (SCR). Os catalisadores, em especial deste último módulo, são extremamente sensíveis a alguns contaminantes, como evidenciado por alguns estudos apresentados abaixo.

103. Até então, as montadoras utilizavam normalmente catalisadores de vanádio no sistema SCR. Este catalisador de baixo custo necessita de temperaturas entre 300 a 450 °C para operar adequadamente. Entretanto, em uma partida a frio, ou em paradas comuns em áreas urbanas, as temperaturas de exaustão não atingem esses valores, levando a uma redução catalítica ineficaz e aumento das emissões de NOx. O ciclo de testes de certificação de emissões utilizado no sistema EURO VI requer o uso de catalisadores melhores (ex.: cobre-zeólita em vez de vanádio), proporcionando uma melhor eficiência na conversão de NOx em uma ampla gama de temperaturas de exaustão. O vanádio possui algumas vantagens, como a maior resistência ao envenenamento por enxofre, mas, por outro lado, além de problemas relacionados à baixa estabilidade hidrotérmica, é considerado tóxico do ponto de vista de saúde e ambiental, sendo difícil seu descarte e tornando-o menos adequado ao sistema atual (FAN *et al.*, 2008).

104. Na análise da relação entre contaminantes e catalisadores, os considerados mais críticos na literatura são: metais (sódio, potássio, cálcio e magnésio), enxofre e potássio. O enxofre, por estar presente em concentrações muito baixas no biodiesel, não será foco dessa análise de estudos científicos.

105. ZHU *et al.* (2020) estudaram a influência dos metais alcalinos (Na e K) e alcalinos terrosos (Ca e Mg) na desativação de catalisadores Cu-SSZ-39, que possuem considerável desempenho catalítico e estabilidade hidrotérmica, sendo considerado uma boa opção para a redução de NOx de veículos a diesel EURO VI. Todos esses metais envenenaram os catalisadores, já que a área superficial, os íons de cobre isolados e os sítios ácidos diminuíram consideravelmente após a introdução de metais alcalinos e alcalinos-terrosos (1 mmol por grama de catalisador). A partir da mesma quantidade de carga, os efeitos de desativação seguiram a ordem de K> Mg> Ca> Na.

106. Ming *et al.* (2019) também avaliaram o efeito destes metais, contudo, na desativação de catalisadores do tipo Cu-SAPO-18. Os contaminantes reduziram a quantidade de sítios ácidos e espécies de Cu²⁺ no catalisador devido à substituição de H⁺ e Cu²⁺ por K⁺, Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺. Além disso, a perda de Cu²⁺ isolado induziu a geração de fases semelhantes a CuO e CuAl₂O₄, causando diminuição da área superficial do catalisador. A redução no desempenho foi mais pronunciada aumentando o conteúdo de contaminantes de 0,5 para 1,0 mmol por grama de catalisador, sendo a influência verificada na seguinte ordem: K> Na> Ca> Mg. Fan *et al.* (2008), utilizando o catalisador Cu-SSZ-13, encontrou a seguinte ordem de envenenamento por 1,50 mmol / g de catalizador desses metais: Mg> Ca> Na> K. Albert *et al.* (2019) fizeram a mesma avaliação, só que utilizando o catalisador Cu-SAPO-34 e constataram envenenamento pelos mesmos metais nas concentrações de 1 mmol por grama de catalisador.

107. Liu *et al.* (2015), por sua vez, estudaram a influência da desativação do sistema SCR por metais alcalinos, enxofre e potássio nos catalisadores do tipo cobre-zeólita (Cu-SAPO-34) e nos catalisadores a base de vanádio (V₂O₅ / WO₃ – TiO₂), concluindo que os metais alcalinos e o potássio tiveram um efeito desativador muito maior nos catalisadores a base de vanádio do que no cobre-zeólita. Já o enxofre desativou mais severamente as zeólitas. MA *et al.* (2015) encontraram a mesma relação: catalisadores a base de cobre-zeólitas foram mais resistentes ao envenenamento por metais alcalinos do que aqueles a base de vanádio.

108. Um dos contaminantes mais críticos em termos de desativação de catalisadores é o fósforo. Isso porque ele pode levar a desativação irreversível dos catalisadores do sistema SCR, aumentando consideravelmente as emissões de NOx. Zhang *et al.* (2020) afirmam que ao contrário dos metais alcalinos e alcalinos terrosos, que geralmente são depositados na superfície do catalisador, as espécies de fósforo penetram a uma maior profundidade, favorecendo a desativação irreversível. Como consequência, a atividade é afetada, diminuindo a eficiência na oxidação de hidrocarbonetos e na redução de NOx.

109. Xie *et al.* (2019) verificaram a desativação irreversível do Cu-SSZ-13 por fósforo. Andonova *et al.* (2014) também verificaram desativação, por fósforo, de catalisador a base de cobre (Cu/BEA). Já Liu *et al.* (2016) verificaram em seus estudos, desativação irreversível de catalisadores a base de vanádio do sistema SCR. Nicosia *et al.* (2008) explicam que concentrações muito baixas de fósforo são suficientes para desativar o catalisador de SCR a base de Vanádio, uma vez que um átomo de fósforo desativa até quatro centros de vanádio ativos.

110. No que tange às especificações desses contaminantes, informa-se que o teor de sódio+potássio (Na+K) e cálcio+magnésio (Ca+Mg) é de no máximo 5 mg/kg no Brasil, EUA, Europa e Argentina. Já o teor de fósforo é especificado no Brasil e nos EUA em no máximo 10 mg/kg. Já na Europa e Argentina, este teor máximo é de 4 mg/kg.

111. Por fim, é importante destacar um parâmetro da especificação do biodiesel que tem relação direta com as emissões, cuja especificação nacional não está em total convergência com as internacionais. Como já foi explicado, o número de cetano está relacionado à qualidade de autoignição do combustível do ciclo diesel. Um número de cetano mais elevado significa menor atraso da ignição e uma melhor qualidade de combustão, reduzindo as emissões de hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO) e partículas nos gases de exaustão (HASAN; RAHMAN, 2017). Tal parâmetro é menos crítico para o biodiesel do que para o diesel, porque, no geral, o biodiesel possui número de cetano mais elevado que o diesel mineral. No entanto, em termos de especificação, enquanto no Brasil pede-se apenas o registro do resultado para biodiesel, nos EUA, Europa e Argentina são estabelecidos, respectivamente, os seguintes limites mínimos: 47, 51 e 45.

Insaturações da cadeia carbônica e a estabilidade à oxidação

112. A estabilidade à oxidação tem sido um parâmetro muito discutido no Brasil e no mundo. Muitos desses trabalhos mostram a relação direta entre degradação do biodiesel, formação de produtos indesejados, queda da reserva oxidativa do combustível e, por sua vez, danos aos motores. Todos esses problemas tendem a se agravar ainda mais quando o combustível é submetido a elevadas temperaturas. Destaca-se, contudo, que esse tema foi amplamente discutido em 2019, culminando com a alteração da especificação da estabilidade oxidativa do biodiesel, a partir da publicação da Resolução ANP nº 798/2019. Assim, o foco deste tópico não será de apresentar a importância do parâmetro, bem como da aditivação para fins de minimizar a oxidação do biodiesel. O objetivo, por outro lado, será de apresentar a experiência internacional no controle de ésteres altamente insaturados com vistas a contribuir para maior resistência à oxidação do biodiesel.

113. A aditivação com antioxidantes, o controle de contaminantes e a limitação de ésteres altamente insaturados são ferramentas para obtenção de um produto com maior resistência a oxidação. A limitação de ésteres linolénicos é estabelecida na Europa (EN 14214) e na Argentina (Disposición 331/2019), que limitam estes ésteres em no máximo 12% em massa. Na Europa há ainda a limitação de ésteres poli-insaturados (duplas ligações ≥ 4) em no máximo 1% em massa. A preocupação com os ésteres linolénicos se dá porque em sua cadeia carbônica existem três instaurações posicionadas próximas entre si, o que gera radicais livres altamente estáveis (maior número de estruturas de ressonância), aumentando a formação de produtos de oxidação. Destaca-se que a tendência de aumento na estabilidade oxidativa dos ácidos graxos segue a seguinte ordem: ácido linolénico < ácido linoléico < ácido oléico (OROZCO, 2020). Orozco (2020) indica que a estabilidade do biodiesel está relacionada principalmente com o número e a posição das insaturações e não ao seu número total, que pode ser expresso pelo valor ou índice de iodo. Por este mesmo motivo, Knothe (2002) questiona a real importância do parâmetro índice de iodo nas especificações do biodiesel. Destaca-se que tal parâmetro é especificado hoje no Brasil e na Argentina como "anotar". Na Europa o teor máximo é estabelecido em 120 g l/100g e nos EUA não é especificado.

114. Outro aspecto que pode influenciar a manutenção da reserva oxidativa do biodiesel tem relação com o seu transporte e armazenamento. A exposição do tanque ao ar atmosférico pode resultar no decaimento mais acelerado da estabilidade do produto. Além disso, a condensação de água na superfície interna dos tanques de armazenamento devido a variações de temperatura podem carrear água com metais da parede de tanque para o produto. Esses metais podem atuar como catalisadores de oxidação e facilitar a degradação do produto.

Práticas de manuseio, armazenamento e distribuição do biodiesel

115. Em termos de boas práticas na distribuição, o Guia de Manuseio e Uso de Biodiesel, elaborado pelo Departamento de Energia dos EUA (DOE) (U.S. Department of Energy, 2016), indica que as principais causas do envelhecimento do biodiesel são: presença de oxigênio, metais, calor, luz do sol e falta de antioxidantes. Explica ainda que muitas vezes o efeito do biodiesel, de solvência de sedimentos, é confundido com a qualidade do produto em si, sendo associado erroneamente, em alguns casos, a produtos de degradação e oxidação do biodiesel. Embora esses produtos de degradação do biodiesel possam obstruir filtros, é importante que o motivo do entupimento seja identificado corretamente. Por exemplo, se o combustível atende integralmente a especificação, o entupimento provavelmente está associado ao efeito de solvência de sedimentos já presentes no sistema, causados pelo biodiesel, e não ao seu envelhecimento ou oxidação. Isso porque os ésteres metílicos são excelentes solventes e utilizados até mesmo como produtos de limpeza de peças. Assim, o biodiesel tende a dissolver os sedimentos acumulados no armazenamento e distribuição de biodiesel, podendo levar à obstrução de filtros. Os autores mostram então, a importância de procedimentos adequados de limpeza de todo sistema de estocagem e distribuição de biodiesel e suas misturas para limitar detritos e ainda contaminação com água.

116. De forma geral, para evitar o envelhecimento do combustível e ainda minimizar os efeitos indesejáveis que possam ser trazidos pela solvência, o DOE sugere que comercialmente seja feito:

- Inertização dos tanques de biodiesel com nitrogênio ou que sejam utilizados tambores selados para seu armazenamento;
- Mistura do biodiesel com o diesel devem ser realizadas o mais à montante possível da cadeia de fornecimento;
- Caminhões, vagões e tanques utilizados no sistema de distribuição devem ser construídos preferencialmente de alumínio, aço carbono ou aço inoxidável;
- Caminhões, vagões e tanques devem ser inspecionados em relação à presença de água e incrustações frequentemente;
- Deve ser verificado no compartimento de transporte se não há material residual de carga anterior transportada;
- Todas as mangueiras e vedações do sistema devem estar limpas e feitas de materiais compatíveis com o B100;
- Em determinadas épocas do ano e regiões, deve ser avaliada a necessidade de aquecimento do conteúdo de caminhões, vagões e tanques, já que, independentemente de como o biodiesel é transportado e armazenado, procedimentos que impeçam que a temperatura do produto caia abaixo seu ponto de névoa devem ser realizados;
- Biocidas são recomendados para combustíveis sempre que a contaminação com água puder acontecer. Assim, pode ser controlada a proliferação de fungos aeróbicos, bactérias e microrganismos que crescem na interface água-combustível. Além disso, evita-se também a proliferação de colônias anaeróbias, que geralmente reduzem enxofre e geram sedimentos nas superfícies do tanque causando corrosão.

117. Para inspeção da necessidade de limpeza dos tanques, o guia recomenda que seja utilizada câmera com controle remoto inserido no interior do tanque por empresa qualificada. Além de verificar a necessidade de limpeza, alguns sistemas possuem câmera óptica e sonda controlável com um dispositivo de extração que pode inspecionar e remover água, lodo, bactérias, partículas de ferrugem e sedimentos, enquanto o tanque continua bombeando. São indicados ainda outros métodos de limpeza, como:

- Limpeza a vapor. Uma pessoa entra fisicamente no tanque e o vapor limpa e remove o lodo;
- Agitador de filtro. Um dispositivo de agitação é inserido no tanque e então, o combustível e quaisquer detritos são agitados e circulados. Em seguida, um sistema de filtragem remove os detritos suspensos;
- Solventes químicos. Solventes químicos são usados para remoção dos detritos, e então bombeados do tanque e descartados.

118. Para o BQ-9000 (2014), um programa voluntário de certificação da qualidade de biodiesel da *National Biodiesel Accreditation Commission (NBAC)* e adotado pela *National Biodiesel Board (NBB)*, associação que representa a indústria de biodiesel nos Estados Unidos, há três requisitos básicos que as empresas distribuidoras têm que observar: a) demonstrar sua capacidade de receber e manter o produto que atenda a ASTM D6751; b) demonstrar procedimentos para misturar biodiesel e distribuir o B100 ou misturas; e c) abordar a garantia da qualidade por meio da aplicação eficaz do programa, incluindo processos para ações corretivas e prevenção de não-conformidades.

119. A Concawe (2009) também disponibilizou um manual onde as boas práticas são abordadas. As características que são afetadas pela logística são as mesmas citadas pelo departamento de Energia dos EUA, o *National Renewable Energy Laboratory - NREL*, mas foi acrescida da questão da hidroscopicidade, que tem potencial de saturar as misturas com óleo diesel A, bem como afetar negativamente a demulsibilidade. Ademais, associa a questão da estabilidade à formação de depósitos, e justifica alegando a reação reversa decorrente da presença de glicerina, mono e diglicerídeos normalmente presentes. Os produtos da reação reversa são propensos a formar compostos intermediários que são altamente reativos com a produção de oligômeros e consequente formação de produtos insolúveis. Assim, a Concawe recomenda fortemente a aditivação de biodiesel com antioxidantes. De modo diverso do que ocorre no Brasil, na Europa, a mistura do biodiesel ocorre apenas em refinarias ou terminais, sendo que os primeiros levam a preferência por possuírem recursos analíticos também usados para testar a qualidade de produtos de petróleo.

Avaliação de outros parâmetros ainda não especificados no Brasil relacionados à estabilidade oxidativa e ao desempenho a frio

120. Diante da avaliação de estudos e experiências internacionais apresentados no item anterior, a Tabela 5 e a Tabela 6, apresentam, respectivamente, um quadro de vantagens e desvantagens referentes aos parâmetros de estabilidade oxidativa e contaminantes relacionados ao desempenho a frio, sendo alguns não especificados ainda pela atual especificação brasileira do biodiesel.

Tabela 5. Vantagens e desvantagens dos parâmetros de estabilidade oxidativa.

Parâmetro	Vantagens	Desvantagens
Éster metílico de ácido linolênico	<ul style="list-style-type: none"> A análise pode ser feita simultaneamente à determinação de teor de ésteres por cromatografia; Permite quantificar a presença de ésteres que tendem a formar produtos de oxidação extremamente indesejáveis devido a sua alta estabilidade. Isso porque o éster linolênico possui três instalações posicionadas próximas entre si em sua cadeia carbônica gerando radicais livres com estruturas de ressonância. 	<ul style="list-style-type: none"> Mede a suscetibilidade à oxidação da amostra, que aumenta quanto maior for o teor desse componente, mas não seu real estágio de degradação a partir dos produtos já formados; Desconsidera o efeito de antioxidantes presentes na amostra.
Teor de ésteres poli-insaturados	<ul style="list-style-type: none"> Detecta-se a presença apenas dos ésteres com quantidade de insaturações que pode ser considerada mais crítica (≥ 4 duplas ligações); A análise pode ser feita simultaneamente à determinação de teor de ésteres por cromatografia. 	<ul style="list-style-type: none"> É um indicativo da quantidade total de insaturações em número maior ou igual a 4, negligenciando as posições. Destaca-se que o potencial de oxidação está muito mais relacionado à posição das instalações que sua quantidade total; Mede a suscetibilidade à oxidação da amostra, que aumenta quanto maior for o teor de insaturados, mas não seu real estágio de degradação a partir dos produtos já formados; Desconsidera o efeito de antioxidantes presentes na amostra.
Estabilidade à oxidação – PetroOxy (ASTM D7545)	<ul style="list-style-type: none"> Análise significativamente mais rápida que o método tradicional (Rancimat); Considera toda forma de incorporação de oxigênio na matriz, incluindo lacas provenientes de rotas poliméricas. 	<ul style="list-style-type: none"> Por não haver uma correlação direta com o método Rancimat, o valor mínimo de referência para a estabilidade oxidativa via PetroOxy é, ainda, desconhecido, sendo a recomendação do Worldwide Fuel Charter uma referência (apenas para o B7), porém não normativa. A norma 665.Pers/04/SJ/2019 da Indonésia estabelece o valor de 45 minutos, alinhado a 10 horas de estabilidade por Rancimat.
Estabilidade à oxidação – Rancimat (EN 14112)	<ul style="list-style-type: none"> Método bem consolidado e mundialmente utilizado para medição da reserva oxidativa do biodiesel. 	<ul style="list-style-type: none"> Análise demorada (12 horas), inviabilizando seu uso em determinadas etapas da cadeia logística; Considera a formação de produtos de oxidação voláteis, mas negligencia a influência de outros produtos de degradação, como os de polimerização.
Índice de iodo	<ul style="list-style-type: none"> Análise relativamente rápida; Baixo investimento inicial, visto que o ensaio pode ser realizado por titulação manual. 	<ul style="list-style-type: none"> Mede a quantidade total de insaturações, negligenciando as posições. Destaca-se que o potencial de oxidação está muito mais relacionado à posição das instalações que sua quantidade total; Mede a suscetibilidade à oxidação da amostra, que aumenta quanto maior for o teor de insaturados, mas não seu real estágio de degradação a partir dos produtos já formados; Desconsidera o efeito de antioxidantes presentes na amostra.
Delta TAN (Total Acid Number)	<ul style="list-style-type: none"> Análise relativamente rápida; A medida da variação de acidez permite avaliar a acidez que foi efetivamente gerada pelos produtos de degradação do combustível. 	<ul style="list-style-type: none"> Considera a formação de ácidos graxos livres como produtos de oxidação, mas negligencia a influência de outros produtos de degradação, como os de polimerização.

Tabela 6. Parâmetros referentes aos contaminantes e desempenho a frio.

Parâmetro	Vantagens	Desvantagens
Teste de Filtragem por Imersão a Frio (TFIF) ou CSFT - Cold Soak Filtration Test	<ul style="list-style-type: none"> Único método que avalia a formação de precipitados que podem formar depósitos e entupir filtros em temperatura ambiente (acima do ponto de névoa do biodiesel); Possui uma etapa de aquecimento lento, permitindo que ocorra a cinética de conversão de monoglicerídeos saturados estáveis em instáveis (mais críticos, por serem menos solúveis), da mesma forma com que ocorre na cadeia de distribuição: resfriamento lento e aquecimento lento; 	<ul style="list-style-type: none"> Teste demorado (aproximadamente 19 horas), já que 300 ml de biodiesel (B100) são armazenados a $(4,5 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ por 16 h, aclimatado até $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ e filtrado a vácuo através de único filtro de fibra de vidro de 0,7 μm, a níveis de vácuo controlados.

- É possível mensurar diretamente o problema, ou seja, o entupimento de filtros causado por contaminantes, não sendo apenas um indicativo da temperatura na qual começaria a verificar entupimentos pela cristalização/solidificação do éster: como ensaios de PN, PEFF e PF. Permite controlar indiretamente os níveis de esteril glicosídeos e monoglicerídeos saturados, já que esses são os principais contaminantes que se aglomeram formando precipitados acima do ponto de névoa do biodiesel.

- Não possui etapa de aquecimento lento, assim, a filtração durante o teste, que acontece com a amostra resfriada, pode não ser adequada para detectar precipitados que começariam a se formar algumas horas após o resfriamento, devido à cinética lenta de conversão. Tal cinética lenta ocorre na prática na cadeia de distribuição;
- Não indica problemas de entupimento que possam ocorrer em temperaturas acima do ponto de névoa. A formação desses precipitados é possível entupimento de filtros pode ser comum, na prática, após um resfriamento e posterior aquecimento do biodiesel durante sua distribuição e armazenamento;
- Aparentemente está sendo insuficiente para garantia da qualidade do produto atualmente;
- O filtro utilizado no ensaio não é compatível com os filtros utilizados no mercado, sendo os últimos mais restritivos, o que inviabiliza a correlação direta;

(- “O resultado de PEFF mais de 10°C abaixo do ponto de névoa deve ser verificado cuidadosamente, pois pode não refletir o real limite de operacionabilidade a temperaturas reduzidas”.

- “O teste simula a performance de um veículo médio ou típico e não é protetivo para a maioria dos sistemas de combustível mais severos, que representam cerca de 1/3 dos veículos pesados ou 1/5 dos veículos leves”.)^[4]

- Detecta o primeiro sinal de congelamento da amostra, tendo caráter mais restritivo que os demais ensaios usuais de desempenho a frio;
- Indicativo da operacionalidade do biodiesel em baixas temperaturas para os problemas de precipitação abaixo do ponto de névoa.

- Não possui etapa de aquecimento lento, assim, a filtração durante o teste, que acontece com a amostra resfriada, pode não ser adequada para detectar precipitados que começariam a se formar algumas horas após o resfriamento, devido à cinética lenta de conversão;
- Não indica problemas de entupimento que possam ocorrer em temperaturas acima do ponto de névoa. A formação desses precipitados é possível entupimento de filtros pode ser comum, na prática, após um resfriamento e posterior aquecimento do biodiesel durante sua distribuição e armazenamento.

- É possível verificar a temperatura que o combustível não possui mais mobilidade, comprometendo totalmente a injeção de combustível na câmera de combustão, bem como podendo formar precipitados estáveis e insolúveis, que não retornam à solubilidade.

- Detecta impactos do resfriamento a temperaturas inferiores ao PEFF, o qual, aparentemente, já está sendo insuficiente para garantia da qualidade do produto atualmente;
- Não possui etapa de aquecimento lento, assim, a filtração durante o teste, que acontece com a amostra resfriada, pode não ser adequada para detectar precipitados que começariam a se formar algumas horas após o resfriamento, devido à cinética lenta de conversão;
- Não indica problemas de entupimento que possam ocorrer em temperaturas acima do ponto de névoa. A formação desses precipitados é possível entupimento de filtros pode ser comum, na prática, após um resfriamento e posterior aquecimento do biodiesel durante sua distribuição e armazenamento.

- Possibilidade de detecção de contaminante que, junto com esteril glicosídeos, mais afeta o comportamento a frio do biodiesel, já que eles apresentam elevada temperatura de solidificação e baixa solubilidade no biodiesel;
- Detecção de um dos principais contaminantes do biodiesel. Além disso, pode ser capaz de provocar obstrução de filtros, ainda que em temperatura ambiente, já que os esterilglicosídeos (SGs), ainda que em baixas concentrações (~35 ppm) podem exacerbar os problemas causados pelos monoglicerídeos (CONCAWE, 2009);
- Possibilidade de controle mais efetivo de biodiesel proveniente de matéria-prima saturada, por exemplo, biodiesel de gorduras animais.

- Sua determinação direta é realizada por CG, que apresenta alto custo(EN 17057:2018), ou indiretamente, por ponto de névoa, comprometendo a exatidão do resultado;
- Não é diretamente especificado em outros lugares do mundo.
- Não há um valor de referência, visto que não é especificado em outros lugares do mundo, apenas valores limites apontados pela literatura científica.

- Possibilidade de detecção de um dos contaminantes que mais afeta o comportamento a frio do biodiesel, já que apresenta elevada temperatura de solidificação e baixa solubilidade no biodiesel. Além disso, mesmo no biodiesel fresco, isto é, sem qualquer envelhecimento, pode contribuir para a obstrução de filtros, ainda que em temperatura ambiente;
- Permite a detecção de problema que não pode ser resolvido com o aquecimento do biodiesel. Ao contrário dos monoglicerídeos saturados, os esteril-glicosídeos não podem ser aquecidos para permitir que eles passem através de um filtro diesel bloqueado. Mesmo em níveis relativamente baixos (35 mg/kg ou mais);
- Permite a detecção do principal formador de agregados no biodiesel, que elevam os problemas causados por monoglicerídeos saturados e outros componentes conhecidos de cristalização a frio;
- Possibilidade de controle mais efetivo de biodiesel proveniente de matéria-prima insaturada, por exemplo, biodiesel de soja.

- Metodologia de alto custo (CG-MS) - EN 16934:2017
- Não há um valor de referência, visto que não é especificado em outros lugares do mundo, apenas valores limites apontados pela literatura científica.

- Teste utilizado na mistura de biodiesel e óleo diesel com limites estabelecidos no Reino Unido (IP 387)
- Oferece uma visão da possibilidade de entupimento prematuro de filtros

- Não adotado em nenhuma outra região do mundo.
- Os limites são válidos para B7 em um contexto europeu que possui matriz e frota veicular diferente da brasileira

DEFINIÇÃO DAS ALTERNATIVAS REGULATÓRIAS

121. Com base na análise GUT e nos estudos e experiências internacionais apresentados no item anterior, as propostas regulatórias para o problema apresentado no item 3 são sugeridas para cada eixo temático. De forma geral, duas propostas de cada eixo serão escolhidas para análise comparativa por meio de SWOT no item 9.a deste documento, já a justificativa para a rejeição das demais propostas é apresentada em seguida.

122. Eixo 1 - Estabilidade oxidativa

Eixo 1.1 - Métodos complementares de estabilidade oxidativa na produção

- A) manter índice de iodo na produção, sem a previsão de ensaios adicionais;
- B) remover índice de iodo, sem a previsão de ensaios adicionais;
- C) manter índice de iodo na produção, com a previsão de ensaios adicionais e ajustar limite de Rancimat considerando decaimento da estabilidade do biodiesel entre produção e distribuição.
 - C.1) inclusão apenas de teor de éster de ácido linolênico; ou
 - C.2) inclusão apenas de teor de ésteres poli-insaturados; ou
 - C.3) inclusão de teor de éster de ácido linolênico e ésteres poli-insaturados;
- D.
 - D.1) inclusão apenas de teor de éster de ácido linolênico; ou
 - D.2) inclusão apenas de teor de ésteres poli-insaturados; ou
 - D.3) inclusão de teor de éster de ácido linolênico e ésteres poli-insaturados.

123. As propostas A e D1 foram escolhidas pelo grupo para serem analisadas no item 9.a por meio de uma análise SWOT. As demais propostas relacionadas à manutenção do índice de iodo foram descartadas já que a estabilidade do biodiesel está relacionada principalmente com o número e a posição das insaturações e não ao seu número total, que pode ser expresso pelo valor ou índice de iodo (OROZCO, 2020). As opções de incluir teor de ésteres poli-insaturados, sozinho ou combinado com outro ensaio, não foi considerada porque esse ensaio permite determinar a presença de um número de insaturações superior ou igual a 4 na cadeia carbônica, uma quantidade de insaturações que, embora bastante crítica, é muito improvável, de modo que se entendeu que não justificaria o custo adicional do ensaio.

Eixo 1.2 - Estabilidade oxidativa na distribuição

- A) permanecer sem ensaio de controle da estabilidade na distribuição;
- B) incluir a obrigatoriedade de realização de ensaio de controle da estabilidade periodicamente no tanque da base de distribuição:
 - B.1) controle pelo PetroOxy, de forma geral, ou por Rancimat, no caso de valores baixos de PetroOxy;
 - B.2) Rancimat;
- C) incluir documento da qualidade para o biodiesel contendo a obrigatoriedade de avaliação periódica da estabilidade do biodiesel no tanque em expedição da distribuição:
 - 1. controle pelo PetroOxy, de forma geral, ou por Rancimat, no caso de valores baixos de PetroOxy;
- C.2) Rancimat.

As propostas A e C1 foram escolhidas pelo grupo para serem analisadas no item 9.a por meio de uma análise SWOT. As demais propostas foram descartadas.

A opção de realização de análise por Rancimat do biodiesel na distribuição não foi considerada porque se trata de ensaio extremamente demorado, tendendo a comprometer o abastecimento.

Eixo 1.3 (i) - Dosagem de antioxidante a ser utilizada na produção

- A) não estabelecer dosagem mínima de antioxidante (manutenção do cenário atual);
- B) estabelecer dosagem mínima de antioxidante;
 - B.1) determinação do teor adequado a ser estabelecido pela ANP;
 - B.2) determinação do teor adequado sob responsabilidade do produtor de biodiesel;
 - B.3) determinação do teor adequado sob responsabilidade dos produtores de antioxidantes.

Neste caso, todas as opções elencadas serão analisadas na análise SWOT.

Eixo 1.3(ii) - Controle regulatório de antioxidante

- A) permanecer com o controle regulatório declaratório (via notas fiscais)
 - B) aumentar o controle regulatório mediante realização de ensaio
- Apenas duas opções foram elencadas e também serão analisadas por SWOT.

124. Eixo 2 - Contaminantes orgânicos

- A) manter as propriedades e limites da especificação atual;

- B) reduzir monoglicerídeos;

C) reduzir limites de monoglicerídeos, e adicionar TFIF;

D) reduzir limites monoglicerídeos, adicionar monoglicerídeos saturados e estéril glicosídeos.

125. É preciso ressaltar o racional por trás das escolhas. Considerou-se para a montagem das opções que os monoglicerídeos são o principal contaminante tanto como potencial causa de problemas, como em volume absoluto no biodiesel. Após discussões, não foram cogitadas, a princípio mudanças em limites de di- e tri- glicerídeos, glicerol livre e total, visto que os valores hoje especificados são consideravelmente mais baixos que os de mono- e alinhados com as especificações internacionais, mesmo quando consideradas especificações estrangeiras para teores mais altos de biodiesel no diesel. Além disso, os dados de qualidade enviados pelos produtores mostram um cenário de mais facilidade no atendimento para esses parâmetros e na média, um distanciamento em relação aos limites máximos estabelecidos pela Resolução ANP nº 45/2014. O mesmo não acontece com os mono- cujos dados de qualidade mostram praticamente toda a produção nacional explorando os limites máximo próximos a 0,7%.

126. Com relação ao teste de Tendência de Bloqueio de Filtro (FBT), optou-se também por não oferecer uma opção específica, uma vez que limitar o parâmetro não é recomendado pela: 1) precisão inadequada do método conforme citado pela AGQM (Renomada associação de biodiesel alemã) e 2) por até agora não terem sido encontradas correlações entre FBT e as ocorrências de campo e outros parâmetros como esteril glicosídeos e monoglicerídeos saturados. Múltiplos fatores (armazenamento e transporte, por exemplo) podem ter influência sobre o ensaio, conforme relato da associação alemã. [5]

127. Por sua vez há duas opções para trabalhar a questão dos esteril glicosídeos e monoglicerídeos saturados: ou controla-se diretamente através de ensaios específicos (com limites a serem ainda indefinidos) ou controla-se indiretamente utilizando o ensaio de TFIF que demonstra de uma forma ou de outra, a ocorrência dessas substâncias no produto e possíveis problemas de entupimento de filtro que esses materiais podem causar.

128. As propostas C e D foram escolhidas pelo grupo para serem analisadas por meio de uma análise SWOT. As demais propostas foram descartadas. A opção de manter as propriedades e limites da especificação atual não foi considerada já que a análise GUT, apresentada no capítulo a, mostra a extrema gravidade e urgência de alteração de alguns parâmetros da especificação, em especial, os relacionados à contaminação, como é o caso dos monoglicerídeos, que foi ranqueado na Tabela 4 como o parâmetro prioritário na revisão da especificação do biodiesel. Assim, não realizar nenhum ajuste regulatório em termos de contaminantes significa clara tendência de aumento, em curto prazo, de problemas relacionados ao entupimento de filtros de veículos, de reclamações de diversos segmentos do setor automotivo, bem como de prejuízos das montadoras, fabricantes de peças automotivas, e dos proprietários de veículos a diesel.

129. O item b, que traz a avaliação de estudos relacionados ao tema e a experiência internacional, deixa claro a importância de baixos níveis de monoglicerídeos, em especial os saturados, no biodiesel. Mas, mostra ainda a importância do controle de outros contaminantes, como os esteril glicosídeos, seja pela medição direta do contaminante, seja por métodos indiretos, como o TFIF, que foi desenvolvido buscando fornecer um maior controle sobre a formação de precipitados que são formados acima do ponto de névoa no biodiesel. Por esse motivo, a opção de ajustar apenas o teor de monoglicerídeos na especificação atual, sem um controle adicional de contaminantes, não foi considerada.

130. Eixo 3 - Desempenho a frio

- A) manter as propriedades e limites da especificação atual;
- B) manter PEFF, diminuindo valores;
- C) manter valores de PEFF e acrescentar PN sem limitar valores;
- D) diminuir valores de PEFF e acrescentar PN sem limitar valores;
- E) retirar PEFF e deixar apenas PN limitando valores;
- F) especificar apenas PN ou PEFF sem limitar valores.

As propostas B e E foram escolhidas pelo grupo para serem analisadas por meio de uma análise SWOT. As demais propostas foram descartadas.

Considera-se que as especificações atuais possuem algumas oportunidades de melhorias e é muito heterogênea, por exemplo, as regiões Norte e Nordeste possuem limites de 19 °C. Sabese, no entanto, que há locais de serra e invernos heterodoxos nessas regiões, o que pode gerar questões relacionadas às propriedades a frio. Há também diversos relatos de produtos em más condições de filtrabilidade especialmente no inverno na região Sul e Sudeste. Portanto manter as especificações atuais não parece ser opção factível e os limites precisam de ajustes. A opção de incluir o parâmetro Ponto de névoa possui qualidades inegáveis e correlação com características físico-químicas dos componentes do combustível. Cabe ressaltar, no entanto, que o Ponto de Entupimento já está bem estabelecido no país e possui um grau de correlação com o que é verificado em filtros automotivos que é bastante útil para o setor automotivo. Portanto, a discussão será centrada nessas opções. Opção considerada intangível foi a de não estabelecer limites para os parâmetros a exemplos de países como Estados Unidos e Argentina. Isso porque no Brasil há participação mais relevante da matriz de conteúdo animal que precisam de uma regulação mais assertiva. Esses materiais graxos animais possuem Ponto de névoa e de entupimento bastante superiores aos demais produtos. Será discutida em mais detalhes, portanto a adoção do ponto de névoa com limites específicos ou a manutenção do PEFF com limites mais restritos.

131. Eixo 4 - Contaminantes/Propriedades relacionados à emissão de poluentes.

- A) manter as propriedades (sódio+potássio, cálcio+magnésio e fósforo) e limites da especificação atual;
- B) ajustar limites de teor de sódio+potássio, cálcio+magnésio e fósforo;
- C) ajustar limite apenas do teor de fósforo.

132. As propostas A e B foram escolhidas pelo grupo para serem analisadas no item 9.a por meio de uma análise SWOT. As demais propostas foram descartadas.

133. Considerando os efeitos deletérios que os metais sódio, potássio, cálcio e magnésio, e o fósforo possuem nos catalisadores de SCR e que esses componentes são imprescindíveis para o controle adequado das emissões veiculares e não só o atingimento do nível de emissões para os padrões Euro VI/Proconve P8, mas a manutenção deste nível por um período prolongado, faz-se necessário que os níveis destes contaminantes sejam reduzidos para valores tão baixos quanto possível. Diante de um posicionamento do setor produtivo indicando que já seria possível a redução dos teores praticados de sódio, potássio, cálcio e magnésio (Ofício DS/017/2020/Ubrabio e Aprobio_C_0014_2020 e Comunicado Abiove) e que a limitação para reduções mais significativas desses elementos encontra-se nos métodos normatizados para quantificação desses elementos, optou-se por excluir da análise SWOT a alternativa que previa unicamente a redução do fósforo.

134. Com relação ao número de cetano, característica responsável por propriedades de boa combustibilidade do produto e que influenciam diretamente às emissões veiculares, nenhuma opção foi inserida, pois o grupo concluiu que, no momento, não há necessidade de estabelecer um limite específico para o parâmetro, considerando os bons resultados para o produto nacional de acordo com os dados enviados pelos produtores à ANP. Os dados indicam que mais de 90% do biodiesel produzido apresenta número de cetano maior que 46, superior portanto, ao valor mínimo estabelecido para o óleo diesel B (42). Cabe ressaltar ainda, que há bastante dificuldade de oferta de laboratórios acreditados para o parâmetro, o que poderia dificultar sobremaneira uma possível adoção de limites.

135. Eixo 5 - Outras propriedades relacionadas à contaminação

- A) manter as propriedades e limites da especificação atual;
- B) ajustar o parâmetro aspecto, reprovando amostras heterogêneas;
- C) ajustar o parâmetro aspecto, reprovando amostras heterogêneas e incluir a exigência de filtros obrigatórios para o produto de forma a reduzir os níveis de contaminantes;

136. As propostas C e D foram escolhidas pelo grupo para serem analisadas por meio de uma análise SWOT. As demais propostas foram descartadas.

137. O limite do parâmetro aspecto era definido na RANP nº 45/2014 como limpido e isento de impurezas, porém amostras heterogêneas não poderiam ser enquadradas como não conformes nesse parâmetro. Para corrigir essa distorção e visando a padronização das resoluções da ANP, as alternativas que serão analisadas devem incluir a reprovação de amostras heterogêneas no parâmetro aspecto. Além disso, como discutido no item b, os esteril glicosídeos devem ser controlados, pois são contaminantes insolúveis do biodiesel que favorecem a floculação de materiais sólidos e podem causar a obstrução de filtros ainda em temperatura ambiente. Assim, as alternativas "manter as propriedades e limites da especificação atual" e "ajustar o parâmetro aspecto, reprovando amostras heterogêneas" foram descartadas uma vez que não cobriam as necessidades apresentadas.

138. Eixo 6 - Armazenamento, transporte e abastecimento de biodiesel

A) não adicionar critérios de boas práticas conforme previsto no atual regulamento e divulgar material educativo junto aos distribuidores contendo critérios existentes em normas técnicas.

B) adicionar requisitos de boas práticas de armazenamento, transporte e abastecimento na resolução.

C) adotar a norma ABNT NBR 15512 como critério de boas práticas de armazenamento, transporte e abastecimento

139. As propostas A e B foram escolhidas pelo grupo para serem analisadas por meio de uma análise SWOT.

140. Como discutido no item que versa sobre o problema regulatório, o aprimoramento e expansão do uso de boas práticas de armazenamento, transporte e abastecimento do biodiesel se faz necessário. Embora a norma ABNT NBR 15512 seja o documento que oriente as boas práticas no setor, por sua grande extensão e detalhamento, a ANP entende que não há necessidade regulatória de inclusão de todos os itens da norma caso seja escolhida a opção de adição de requisitos de boas práticas na Resolução.

AVALIAÇÃO DE IMPACTO DAS ALTERNATIVAS REGULATÓRIAS

141. Na avaliação dos impactos que seriam gerados caso cada uma das opções regulatórias indicadas no item de **Definição de alternativas regulatórias** fosse implementada, é importante discutirmos o *trade-off* entre o impacto econômico que seria gerado ao mercado e os benefícios que seriam trazidos à sociedade.

142. Para esta análise de *trade-off* é comum que sejam levadas à mesa diferentes teorias econômicas de regulação para definição do papel estratégico do regulador em situações dessa natureza. Os modelos de teoria econômica, apesar de se apoiarem em premissas comuns, apresentam algumas conclusões distintas, o que dificulta uni-las para formação de uma teoria comum. Para Stigler (1971) *apud* Fiani (2004), o resultado da regulação deve ser em benefício da indústria; para Peltzman (1988) *apud* Fiani (2004), o resultado deve ser a resposta à ação de diferentes grupos de interesses, sejam estes a indústria ou outros grupos, como a sociedade; para Becker (1983) *apud* Fiani (2004), o resultado da regulação deve maximizar o bem-estar social. Diante de teorias econômicas de regulação distintas e das peculiaridades de cada mercado regulado, juridicamente as escolhas regulatórias no âmbito da ANP devem estar alinhadas à Lei nº 9.478, de 1997, que define como uma das atribuições da ANP, em seu art. 8º, garantir a proteção dos interesses dos consumidores quanto a preço, qualidade e oferta dos produtos.

143. Desse modo, entende-se que a melhor opção para solução do problema identificado deve ser capaz de maximizar os ganhos para os consumidores em termos de preço, qualidade e oferta, buscando, ainda, o equilíbrio regulatório a partir da tentativa de, na medida do possível, minimizar os custos de *compliance* ao mercado, não comprometendo, assim, a oferta de produtos.

144. A seguir, a análise de oportunidades e fraquezas de cada uma das propostas regulatórias será discutida de forma mais detalhada. Nas oportunidades e fraquezas serão incluídos, ainda, os principais custos de implementação, bem como principais ganhos e prejuízos aos envolvidos.

Comparação das opções regulatórias: Análise SWOT

145. Para comparação das alternativas, a análise SWOT foi aplicada, isto é, foram avaliadas as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças de cada uma das alternativas elencadas por eixo temático.

146. Destaca-se que na análise SWOT, as forças e fraquezas são os impactos positivos e negativos da ação no ambiente interno (nesse estudo de caso, a ANP), e as oportunidades e ameaças são os impactos positivos e negativos da ação no ambiente externo (sociedade, cadeia de produção e distribuição, meio ambiente, etc.). No âmbito sociedade, não foram consideradas as oportunidades referentes à melhoria do produto pois esta é uma questão inerente à atuação da agência.

147. Nas tabelas de Tabela 7 a Tabela 15 são apresentadas as análises SWOT das opções regulatórias dos eixos 1 a 6.

Tabela 7. Eixo 1.1 - Métodos complementares de estabilidade oxidativa na produção.

Opção Regulatória	Fatores Internos		Fatores Externos	
	Forças	Fraquezas	Oportunidades	Ameaças
I) manter índice de iodo na produção, sem a previsão de ensaios adicionais	- Manutenção da situação atual.	- Ausência de parâmetro de qualidade que possua maior correlação com a estabilidade oxidativa do que o próprio parâmetro índice de iodo, já estabelecido. - Negligenciamento do decaimento da estabilidade oxidativa do biodiesel entre a produção e distribuição, que é intrínseco do produto e pode ocorrer, ainda que seja adicionado antioxidante no combustível.	- Ausência de impacto no preço do produto.	- Menor controle de potencial de impacto da matéria-prima na estabilidade do produto final.
II) remover índice de iodo, com a previsão de ensaios adicionais: inclusão de teor de éster de ácido linolénico; e ajustar limite de Rancimat considerando decaimento da estabilidade do biodiesel entre produção e distribuição	- Foco na melhoria contínua do produto. - Melhor controle de potencial de impacto da matéria-prima na estabilidade do produto final. - Considera o decaimento da estabilidade oxidativa do biodiesel entre a produção e distribuição, que é		- A análise pode ser feita simultaneamente à determinação de teor de ésteres por cromatografia. - Baixo investimento inicial para os	- Possível necessidade de investimentos por parte do setor produtivo (caso não utilizem a EN para teor de éster)

	intrínseco do produto e pode ocorrer, ainda que seja adicionado antioxidante no combustível.			laboratórios que utilizam a EN para teor de éster (aquisição de padrão). - Maior controle de potencial de impacto da matéria-prima na estabilidade do produto final.	- Possível impacto no preço do produto e, consequentemente, no preço do óleo diesel B.
--	--	--	--	---	--

Tabela 8. Eixo 1.2 - Estabilidade oxidativa na distribuição.

Opção Regulatória	Fatores Internos		Fatores Externos		
	Forças	Fraquezas	Oportunidades	Ameaças	
I) permanecer sem ensaio de controle da estabilidade na distribuição	- Manutenção da situação atual.	- Ausência de controle da condição do B100 antes da mistura com o diesel no que tange à degradação oxidativa.	- Ausência de impacto no preço do produto.	- Possível permanência de problemas relacionados à degradação oxidativa do biodiesel no diesel B, com consequente prejuízo às montadoras, fabricantes de peças automotivas e consumidores finais.	
II) incluir documento da qualidade para o biodiesel contendo a obrigatoriedade de avaliação periódica da estabilidade do biodiesel no tanque em expedição da distribuição: controle pelo PetroOxy, de forma geral, ou por Rancimat, no caso de valores baixos de PetroOxy	- Foco na melhoria contínua do produto. - Maior conhecimento dos impactos do transporte e armazenamento na condição do B100 antes da mistura com o diesel no que tange à degradação oxidativa.	- Necessidade de maior esforço regulatório. - Ausência de dados concretos que estabeleçam uma correlação apropriada entre os métodos Rancimat e PetroOxy	- Redução de problemas relacionados à degradação oxidativa do biodiesel antes da mistura ao diesel A.	- Necessidade de investimentos por parte da distribuição ou aumento do custo operacional. - Possível impacto no preço do óleo diesel B.	

Tabela 9. Eixo 1.3 - Adição de Antioxidantes – (i) Dosagem de antioxidante a ser utilizada na produção.

Opção Regulatória	Fatores Internos		Fatores Externos		
	Forças	Fraquezas	Oportunidades	Ameaças	
I) não estabelecer dosagem mínima de antioxidante	- Manutenção da situação atual. - Sem necessidade de investimentos por parte da agência no desenvolvimento de metodologia e arcabouço regulatório de controle.	- Falta de controle pode facilitar o descumprimento da regra de aditivação obrigatória ou ocasionar sub-aditivação, sem que a ANP constitua a vigilância regulatória.	- Não há necessidade de investimentos do setor no desenvolvimento de uma metodologia específica - Ausência de impactos no preço do biodiesel. - Possibilidade de autoregulação	- Possibilidade de uso de antioxidante em dosagem inadequada, acarretando problemas no uso do diesel B. - Impossibilidade de adoção de critério único para padronização do uso do aditivo com consequente possibilidade de respostas diferentes em termos de queda da reserva oxidativa do produto, especialmente durante transporte e armazenamento.	
II) estabelecer dosagem mínima de antioxidante, ficando a definição do teor sob responsabilidade da ANP	- Foco na melhoria contínua do produto.	- Necessidade de investimentos por parte da ANP na determinação de valores aplicados a diferentes princípios ativos disponíveis no mercado. - Dificuldade em avaliar condição de armazenamento do biodiesel acabado e o efeito das matérias-primas na aditivação por serem características particulares de cada usina.	- Melhoria da estabilidade oxidativa do biodiesel nas bases de distribuição e, consequentemente, melhoria da qualidade do diesel B.	- Possibilidade de impactos nos custos do biodiesel e, consequentemente, do diesel B em decorrência de necessidade de ajustes na dosagem de antioxidante. - A efetividade da medida ficará pendente até que estudos específicos sejam concluídos.	
III) estabelecer dosagem mínima de antioxidante, ficando a definição do teor sob responsabilidade de cada usina	- Foco na melhoria contínua do produto. - Sem necessidade de investimentos por parte da ANP no desenvolvimento de metodologia.	- Possível necessidade de avaliação e aprovação de testes realizados pela usina para garantia do estabelecimento da dosagem adequada (espécie de registro do aditivo perante à agência).	- Possibilidade de avaliação da dosagem adequada de antioxidante considerando as particularidades de cada usina. - Melhoria da condição do B100 nas bases de distribuição e, consequentemente, melhoria da qualidade do diesel B.	- Necessidade de investimentos por parte do setor produtivo. - Possibilidade de impactos nos custos do biodiesel e, consequentemente, do diesel B em decorrência de necessidade de ajustes na dosagem de antioxidante. - Fragilidade na relação entre produtor de biodiesel e distribuidor em relação às dosagens informadas.	
IV) estabelecer dosagem mínima de antioxidante, ficando a definição do teor sob responsabilidade do produtor de antioxidante	- Foco na melhoria contínua do produto. - Sem necessidade de investimentos por parte da ANP no desenvolvimento de metodologia.	- Possível necessidade de avaliação e aprovação de testes realizados pelo produtor de antioxidante para garantia do estabelecimento da dosagem adequada (espécie de registro do aditivo perante à agência).	- Melhoria da condição do B100 nas bases de distribuição e, consequentemente, melhoria da qualidade do diesel B.	- Dificuldade de avaliar condição de armazenamento do biodiesel acabado e o efeito das matérias-primas por serem particulares de cada usina. - Fragilidade na relação entre produtor de biodiesel e distribuidor e o fornecedor de aditivo em relação às dosagens.	

Tabela 10. Eixo 1.3 - Adição de Antioxidantes – (ii) Controle regulatório.

Opção Regulatória	Fatores Internos		Fatores Externos	
	Forças	Fraquezas	Oportunidades	Ameaças
I) permanecer com o controle regulatório declaratório (via notas fiscais)	- Manutenção da situação atual.	- Fragilidade do controle declaratório.	- Ausência de impacto nos custos do biodiesel.	- Fragilidade do controle declaratório.
II) aumentar o controle regulatório mediante realização de ensaio	-Foco na melhoria contínua do produto/sistema de regulação.	- Necessidade de desenvolvimento de novo procedimento para medição considerando grande variedade de princípios ativos. - Necessidade de investimentos da ANP para realização do ensaio. - Ampliação dos esforços regulatórios e fiscalizatórios. - Ao menos por enquanto, o método de controle não seria normatizado.	- Maior rigidez no controle de aditivação.	- Dificuldade de solução imediata, tendo em vista a necessidade de estudos para desenvolvimento de metodologia. - Possível impacto no custo do biodiesel, caso as usinas optem pela implementação da metodologia de controle.

Tabela 11. Eixo 2 – Contaminantes orgânicos

Opção Regulatória	Fatores Internos		Fatores Externos	
	Forças	Fraquezas	Oportunidades	Ameaças
I) reduzir limites de monoglicerídeos e adicionar o método TFIF	- Regulação mais eficaz em termos de qualidade do biodiesel. - Problemas de entupimento de filtros causados por contaminantes (em temperaturas acima do ponto de névoa) poderão ser verificados, o que hoje pode não ser apurado com o PEFF. - Será possível controlar indiretamente os níveis de esteril glicosídeos e monoglicerídeos saturados.		- Redução de problemas, como entupimento de filtros de veículos, e de reclamações de diversos segmentos do setor automotivo. - Redução de prejuízos das montadoras, fabricantes de peças automotivas, e dos proprietários de veículos a diesel.	- Maior tempo para emissão do certificado da qualidade, considerando que o teste é demorado (aproximadamente 19 horas). - Custos adicionais para emissão do certificado da qualidade. - Custos adicionais de adaptação do processo produtivo. - Possibilidade de aumento de custo do biodiesel e diesel B.
II) reduzir limites de monoglicerídeos, adicionar monoglicerídeos saturados e esteril glicosídeos	- Regulação mais eficaz em termos de qualidade do biodiesel. - Problemas de desempenho a frio e entupimento de filtros causados por contaminantes (em temperaturas acima do ponto de névoa) poderão ser verificados, o que hoje pode não ser apurado com o PEFF. - Será possível controlar diretamente os níveis de esteril glicosídeos e monoglicerídeos saturados.	- Necessidade de inclusão de limites para monoglicerídeos saturados e esteril glicosídeos, sem que haja valor de referência consensual na literatura.	- Redução de problemas, como entupimento de filtros de veículos, e de reclamações de diversos segmentos do setor automotivo. - Redução de prejuízos das montadoras, fabricantes de peças automotivas, e dos proprietários de veículos a diesel.	- Elevados custos adicionais para emissão do certificado da qualidade, considerando que são metodologias de alto custo, em especial o ensaio de esteril glicosídeos (CG-MS). - Custos adicionais de adaptação do processo produtivo. - Maior possibilidade de aumento de custo do biodiesel e diesel B, em relação à opção anterior.

Tabela 12. Eixo 3 - Desempenho a frio.

Opção Regulatória	Fatores Internos		Fatores Externos	
	Forças	Fraquezas	Oportunidades	Ameaças
I) Manter PEFF(Ponto de Entupimento de Filtro a Frio), diminuindo valores	- Manutenção da situação atual.		- Diminuir reclamações de distribuidores com relação às propriedades a frio e aumentar satisfação com o produto.	-Necessidade de formação de misturas de biodiesel de matrizes diversas para cumprimentos dos novos limites). Aumentos dos custos com modificação do mix de matéria-prima e purificação ou acabamento do produto.
II) Retirar PEFF e deixar apenas Ponto de névoa (PN) limitando valores	- Alinhamento com relação a características intrínsecas do combustível. - Possibilidade de cálculos de correlação para mensurar monoglicerídeos saturados.	- Perda da correlação direta com a especificação do óleo diesel que especifica apenas PEFF.	- Diminuir reclamações de distribuidores com relação às propriedades a frio do combustível. - Aumentar satisfação com o produto. - Ensaio mais correlato às características da matéria prima com possibilidade de maior controle na produção e planejamento operacional.	- Realização de novo ensaio gera custos de aquisição ou contratação de laboratório acreditado. - Possível necessidade de ajustes na produção para cumprimento do novo parâmetro.

Tabela 13. Eixo 4 - Contaminantes/Propriedades relacionados à emissão de poluentes.

Opção Regulatória	Fatores Internos		Fatores Externos	
	Forças	Fraquezas	Oportunidades	Ameaças
I) manter propriedades e limites da especificação atual.	- Manutenção da situação atual.	- Regulamentação não alinhada ao cronograma de entrada da fase P8 do Proconve (início em 2022).	- Postergar um investimento na adequação do processo produtivo	- Repercussão negativa diante da sociedade e dos órgãos de meio ambiente.

			<p>das usinas para um momento futuro.</p> <p>- Ausência de impacto no preço do produto.</p>	<p>- Possibilidade de comercialização de biodiesel incompatível com a fase P8 do Proconve em 2022.</p>
II) ajustar os limites de teor de sódio+potássio, cálcio+magnésio e fósforo	<ul style="list-style-type: none"> - Atualização de regulamentos da ANP com as normas internacionais de controle de emissão de poluentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Maior esforço regulatório para acompanhamento da mudança nos agentes regulados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilidade de o biodiesel comercializado em 2022 ser compatível com a fase P8 do Proconve. - Maior interação com os órgãos de normalização. 	<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de investimentos por parte do setor produtivo. - Impactos no preço do produto e, consequentemente, no preço do diesel B.

Tabela 14. Eixo 5 – Outras propriedades relacionadas à contaminação.

Opção Regulatória	Fatores Internos		Fatores Externos	
	Forças	Fraquezas	Oportunidades	Ameaças
I) ajustar o parâmetro aspecto, reprovando amostras heterogêneas e incluir filtros no produtor de biodiesel de forma a reduzir os níveis de contaminantes	- Melhoria da qualidade regulatória	- Necessidade de ampliação do esforço fiscalizatório para verificar a existência do filtro no produtor.	- Custo para adição de filtro apenas no produtor é menor do que o custo para adição obrigatória de filtro específico no produtor e no distribuidor, o que gera um menor impacto para o custo do diesel B.	- Adicionar o filtro apenas no produtor desconsidera o carreamento de contaminantes no transporte do produto até as unidades de distribuição.
II) ajustar o parâmetro aspecto, reprovando amostras heterogêneas, e incluir filtros no produtor e distribuidor de biodiesel de forma a reduzir os níveis de contaminantes	- Melhoria da qualidade regulatória	- Necessidade de ampliação do esforço fiscalizatório para verificar a existência do filtro no produtor e no distribuidor.	- Garantir que contaminantes precipitados na cadeia de distribuição do produto não sejam carreados para o diesel B e possibilitem a obstrução de filtros.	- Maior impacto econômico no custo do produto, uma vez que seria adicionada uma etapa de filtragem rigorosa obrigatória tanto no produtor como no distribuidor.

Tabela 15. Eixo 6 – Armazenamento, transporte e abastecimento de biodiesel.

Opção Regulatória	Fatores Internos		Fatores Externos	
	Forças	Fraquezas	Oportunidades	Ameaças
I) não adicionar critérios de boas práticas conforme previsto no atual regulamento e divulgar juntos aos distribuidores em caráter educacional os critérios existentes.	- A ANP já possui experiência na realização de eventos de conscientização do público regulado.	- Controle menos rígido por parte da fiscalização.	- Possibilidade de melhoria no produto de maneira mais flexível e adequada a cada realidade.	- Possibilidade de não cumprimento pelos agentes.
II) adicionar requisitos de boas práticas de armazenamento, transporte e abastecimento na resolução.	- Ampliação de ferramentas de controle da qualidade do biodiesel.	- Necessidade de ampliação do esforço fiscalizatório.	- Clareza em relação aos requisitos exigidos.	- Maior impacto econômico no custo do produto pela adequação aos requisitos definidos na resolução.

ABORDAGEM DE RISCO

148. Não existe intervenção regulatória sem risco (CASA CIVIL, 2018b). Por isso, é necessário gerenciar os principais riscos das alternativas para a maior efetividade da intervenção decorrente de problemas complexos. Isso porque toda ação, como mudanças nas regras de qualidade do biodiesel, tem uma ou mais consequências. E, por sua vez, toda consequência traz consigo inúmeras possibilidades de impacto no objetivo que se pretende alcançar.

149. As normas ISO 31000:2009 e ISO Guia 73:2009, que tratam de gestão de riscos, indicam que um risco pode ser expresso em termos de uma combinação de consequências de um evento e a probabilidade de ocorrência associada. Assim, alinhado à norma de gestão de riscos, o Guia Prático de Avaliação de Políticas Públicas (CASA CIVIL, 2018a) relaciona a gravidade *versus* probabilidade, sendo possível estabelecer, posteriormente, mecanismos de controle dos riscos. O manual sugere ainda a utilização das fraquezas e ameaças da matriz SWOT como base para identificação dos principais riscos internos e externos aos quais uma política pública está propensa.

150. Assim, utilizando como base as principais fraquezas e ameaças da análise SWOT relatadas no item anterior, os principais riscos foram identificados:

151. Principais riscos associados ao ambiente interno:

- Regulação ser insuficiente para tratar o problema.

Principais riscos associados ao ambiente externo:

- Aumento dos custos do processo produtivo;
- Aumento dos custos de certificação;
- Aumento dos custos na distribuição;
- Aumento dos custos associados à adoção de boas práticas na cadeia de produção e distribuição de biodiesel;
- Aumento do custo final do biodiesel e, por consequência, do óleo diesel B;
- Ausência de metodologia analítica;
- Permanência ou mesmo aumento de problemas, reclamações e prejuízos ao setor automotivo e à sociedade;
- Melhores práticas da cadeia não serem aplicadas;
- Incompatibilidade na implementação da fase P8 do PROCONVE (EURO VI);

Em seguida, a gravidade e a probabilidade dos riscos acima foram pontuadas de 1 a 5, em que a maior pontuação significa maior gravidade ou probabilidade de ocorrer. A multiplicação das pontuações da gravidade e da probabilidade tem como resultado o nível de risco, conforme a Figura 6, abaixo.

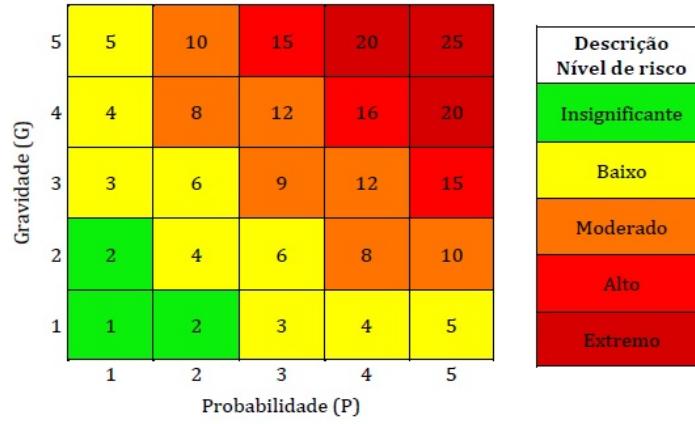


Figura 6. Mapa de calor a partir das pontuações de nível de risco. Fonte: Adaptado de DEPARTMENT OF DEFENSE - USA (2006).

152.

As Tabelas 16 a Tabelas 23 mostram o nível de risco de cada opção regulatória avaliada para os eixos de 1 a 6.

Abordagem de risco – Eixo 1

Tabela 16. Eixo 1.1 - Métodos complementares de estabilidade oxidativa na Produção – Nível de risco da opção I manter índice de iodo na produção, sem a previsão de ensaios adicionais e nível de risco da opção II remover índice de iodo, com a previsão de inclusão do ensaio teor de éster de ácido linolênico; e ajustar limite de Rancimat considerando decaimento da estabilidade do biodiesel entre produção e distribuição.

Riscos		Opção I				Opção II			
		Nível de risco				Nível de risco			
		G	P	Pontuação	Descrição	G	P	Pontuação	Descrição
Internos	Regulação ser insuficiente para tratar o problema	5	2	10	Moderado	5	1	5	Baixo
Externos	Permanência ou mesmo aumento de problemas, reclamações e prejuízos ao setor automotivo e à sociedade	5	2	10	Moderado	5	1	5	Baixo
	Aumento dos custos do processo produtivo	4	1	4	Baixo	4	2	8	Moderado
	Aumento dos custos de certificação	4	1	4	Baixo	4	1	4	Baixo
	Aumento do custo final do biodiesel, e por consequência, do óleo diesel B	4	1	4	Baixo	4	2	8	Moderado

Tabela 17. Eixo 1.2 - Estabilidade oxidativa na Distribuição – Nível de risco da opção I permanecer sem ensaio de controle da estabilidade na distribuição e nível de risco da opção II incluir documento da qualidade para o biodiesel contendo a obrigatoriedade de avaliação periódica da estabilidade do biodiesel no tanque em expedição da distribuição: controle pelo PetroOxy, de forma geral, ou por Rancimat, no caso de valores baixos de PetroOxy.

Riscos		Opção I				Opção II			
		Nível de risco				Nível de risco			
		G	P	Pontuação	Descrição	G	P	Pontuação	Descrição
Internos	Regulação ser insuficiente para tratar o problema	5	4	20	Extremo	5	2	10	Moderado
	Ausência de dados concretos que estabeleçam uma correlação apropriada entre os métodos Rancimat e PetroOxy	5	1	5	Baixo	5	4	20	Extremo
Externos	Permanência ou mesmo aumento de problemas, reclamações e prejuízos ao setor automotivo e à sociedade	5	4	20	Extremo	5	2	10	Moderado
	Aumento dos custos do processo produtivo	4	1	4	Baixo	4	1	4	Baixo
	Aumento dos custos na distribuição	4	1	4	Baixo	4	3	12	Moderado
	Aumento do custo final do biodiesel, e por consequência, do óleo diesel B	4	1	4	Baixo	4	2	8	Moderado

Tabela 18. Eixo 1.3 - Dosagem de antioxidante a ser utilizada na produção – Nível de risco da opção I não estabelecer dosagem mínima de antioxidante e nível de risco da opção II estabelecer dosagem mínima de antioxidante, ficando a definição do teor sob responsabilidade da ANP.

	Riscos	Opção I				Opção II			
		Nível de risco				Nível de risco			
		G	P	Pontuação	Descrição	G	P	Pontuação	Descrição
Interno	Regulação ser insuficiente para tratar o problema	5	1	5	Baixo	5	1	5	Baixo
Externo	Permanência ou mesmo aumento de problemas, reclamações e prejuízos ao setor automotivo e à sociedade	5	1	5	Baixo	5	1	5	Baixo
	Aumento dos custos do processo produtivo	4	1	4	Baixo	4	2	8	Moderado
	Aumento dos custos de certificação	4	1	4	Baixo	4	1	4	Baixo
	Aumento do custo final do biodiesel, e por consequência, do óleo diesel B	4	1	4	Baixo	4	2	8	Moderado

Abordagem de risco – Eixo 2

Tabela 19. Eixo 2 – Contaminantes – Nível de risco da opção I reduzir limites de monoglicerídeos e adicionar o método TFIF e nível de risco da opção II reduzir limites de monoglicerídeos, adicionar monoglicerídeos saturados e esteril glicosídeos.

	Riscos	Opção I				Opção II			
		Nível de risco				Nível de risco			
		G	P	Pontuação	Descrição	G	P	Pontuação	Descrição
Interno	Regulação ser insuficiente para tratar o problema	5	1	5	Baixo	5	1	5	Baixo
Externo	Permanência ou mesmo aumento de problemas, reclamações e prejuízos ao setor automotivo e à sociedade	5	1	5	Baixo	5	1	5	Baixo
	Aumento dos custos do processo produtivo	4	4	16	Alto	4	4	16	Alto
	Aumento dos custos de certificação	4	2	8	Moderado	4	5	20	Extremo
	Aumento do custo final do biodiesel, e por consequência, do óleo diesel B	4	4	16	Alto	4	5	20	Extremo

Abordagem de risco – Eixo 3

Tabela 20. Eixo 3 - Desempenho a frio – Nível de risco da opção I manter PEFF, reduzindo valores e nível de risco da opção II retirar PEFF, colocar PN limitando valores.

	Riscos	Opção I				Opção II			
		Nível de risco				Nível de risco			
		G	P	Pontuação	Descrição	G	P	Pontuação	Descrição
Interno	Regulação ser insuficiente para tratar o problema	5	1	5	Baixo	5	1	5	Baixo
Externo	Permanência ou mesmo aumento de problemas, reclamações e prejuízos ao setor automotivo e à sociedade	5	1	5	Baixo	5	1	5	Baixo
	Aumento dos custos do processo produtivo	4	3	12	Moderado	4	3	12	Moderado
	Aumento dos custos de certificação	4	1	4	Baixo	4	4	16	Alto
	Aumento do custo final do biodiesel, e por consequência, do óleo diesel B	4	3	12	Moderado	4	3	12	Moderado

Abordagem de risco – Eixo 4

Tabela 21. Eixo 4 - Contaminantes relacionados à emissão de poluentes – Nível de risco da opção I manter propriedades e limites da especificação atual e nível de risco da opção II ajustar os limites de teor de sódio+potássio, cálcio+magnésio e fósforo.

	Riscos	Opção I				Opção II			
		Nível de risco		Nível de risco		Nível de risco		Nível de risco	
Interno	Regulação ser insuficiente para tratar o problema	G	P	Pontuação	Descrição	G	P	Pontuação	Descrição
	Permanência ou mesmo aumento de problemas, reclamações e prejuízos ao setor automotivo e à sociedade	5	4	20	Extremo	5	2	10	Moderado
Externo	Incompatibilidade com a implementação da fase P8 do PROCONVE (EURO VI)	5	4	20	Extremo	5	2	10	Moderado
	Aumento dos custos do processo produtivo	4	1	4	Baixo	4	4	16	Alto
	Aumento dos custos de certificação	4	1	4	Baixo	4	1	4	Baixo
	Aumento do custo final do biodiesel, e por consequência, do óleo diesel B	4	1	4	Baixo	4	3	12	Moderado

Abordagem de risco – Eixo 5

Tabela 22. Eixo 5 – Outras propriedades relacionadas à contaminação – Nível de risco da opção I ajustar o parâmetro aspecto, reprovando amostras heterogêneas e incluir filtros no produtor de biodiesel de forma a reduzir os níveis de contaminantes e nível de risco da opção II ajustar o parâmetro aspecto, reprovando amostras heterogêneas, e incluir filtros no produtor e distribuidor de biodiesel de forma a reduzir os níveis de contaminantes.

	Riscos	Opção I				Opção II			
		Nível de risco		Nível de risco		Nível de risco		Nível de risco	
Interno	Regulação ser insuficiente para tratar o problema	G	P	Pontuação	Descrição	G	P	Pontuação	Descrição
	Permanência ou mesmo aumento de problemas, reclamações e prejuízos ao setor automotivo e à sociedade	5	1	5	Baixo	5	1	5	Baixo
Externo	Aumento dos custos do processo produtivo	4	3	12	Moderado	4	4	16	Alto
	Aumento do custo final do biodiesel, e por consequência, do óleo diesel B	4	4	16	Alto	4	5	20	Extremo

Abordagem de risco – Eixo 6

Tabela 23. Eixo 6 – Armazenamento, transporte e abastecimento de biodiesel – Nível de risco da opção I não adicionar critérios de boas práticas conforme previsto no atual regulamento e divulgar juntos aos distribuidores em caráter educacional os critérios existentes e nível de risco da opção II adicionar requisitos de boas práticas de armazenamento, transporte e abastecimento na resolução.

	Riscos	Opção I				Opção II			
		Nível de risco		Nível de risco		Nível de risco		Nível de risco	
Interno	Regulação ser insuficiente para tratar o problema	G	P	Pontuação	Descrição	G	P	Pontuação	Descrição
	Permanência ou mesmo aumento de problemas, reclamações e prejuízos ao setor automotivo e à sociedade	5	2	10	Moderado	5	1	5	Baixo
Externo	Melhores práticas da cadeia não serem aplicadas	5	4	20	Extremo	5	2	10	Moderado
	Aumento dos custos do processo produtivo	4	1	4	Baixo	4	1	4	Baixo
	Aumento dos custos de boas práticas à cadeia de produção e distribuição de biodiesel	4	3	12	Moderado	4	4	16	Alto
	Aumento do custo final do biodiesel, e por consequência, do óleo diesel B	4	2	8	Moderado	4	2	8	Moderado

DEFINIÇÃO DA MELHOR OPÇÃO REGULATÓRIA

153. Na definição da melhor alternativa regulatória para cada eixo, todos os riscos categorizados como “baixo” foram considerados aceitos, tendo em vista que não seriam considerados críticos para o atingimento do objetivo regulatório, caso a opção fosse escolhida. Analogamente, todos os riscos extremos, quando possível, foram rejeitados, já que um risco extremo pode ser suficiente para arruinar opção regulatória. Por sua vez, os riscos categorizados como moderados ou altos foram considerados mitigáveis, isto é, foram visualizadas medidas para redução da probabilidade e impacto desses riscos, conforme será discutido a seguir.

- Eixo 1.1 - Estabilidade oxidativa na produção

154. A opção II (remover índice de iodo, com a previsão de inclusão do ensaio teor de éster de ácido linolênico; e ajustar limite de Rancimat considerando decaimento da estabilidade do biodiesel entre produção e distribuição) se mostrou a mais viável do ponto de vista de gerenciamento de risco, por somar menor número de pontos em níveis de risco.

155. A opção I (manter índice de iodo na produção, sem a previsão de ensaios adicionais) mostrou-se menos vantajosa. Entende-se que o ensaio de índice de iodo não consiste na melhor opção como ferramenta auxiliar de monitoramento de tendência à oxidação, já que permite estimar o teor total de insaturados na matriz, mas acaba negligenciando o impacto das posições das insaturações na cadeia carbônica, o que é de fundamental importância porquanto o potencial de oxidação aumenta significativamente com o aumento do número de insaturações conjugadas se comparado a insaturações isoladas. Assim, sua substituição é mais adequada. Considera-se que a determinação do teor de éster de ácido linolênico apresenta significativo potencial de ganho no controle à estabilidade oxidativa, podendo não ter impactos significativos para implementação na produção, já que pode ser realizado segundo norma já prevista para teor de ésteres na especificação. Ademais, considera-se fundamental o não negligenciamento do decaimento da estabilidade oxidativa do biodiesel entre a produção e distribuição, que é intrínseco ao produto e pode ocorrer, ainda que seja adicionado antioxidante no combustível.

- Eixo 1.2 - Estabilidade oxidativa na distribuição

156. A opção II (incluir documento da qualidade para o biodiesel contendo a obrigatoriedade de avaliação periódica da estabilidade do biodiesel no tanque em expedição da distribuição: controle pelo PetroOxy, de forma geral, ou por Rancimat, no caso de valores baixos de PetroOxy), se mostrou de maior risco especialmente pela ausência de correlação eficaz entre os métodos existentes para medição nas distribuidoras.

157. A opção I, que propõe permanecer sem ensaio de controle da estabilidade para o B100 na distribuição, mostrou-se de menor risco. No entanto, dois fatores extremos do ponto de vista regulatório fazem a reflexão em torno do assunto merecer atenção mais detida.

158. Considera-se que ganhos na realização desse ensaio no tanque do distribuidor imediatamente antes da efetiva mistura diesel A-biodiesel estão associados ao conhecimento dos impactos adversos das etapas de transporte e armazenamento do biodiesel, criando a oportunidade de que o diesel B não seja formulado quando sua qualidade puder ser comprometida pelo produto mais sensível à degradação oxidativa da mistura.

159. Solução de meio termo nesse aspecto pode ser pensada para evitar os riscos associados às duas opções.

160. Essa interpretação será levada em consideração nas alterações propostas à Resolução ANP n° 45/2014.

- Eixo 1.3 - Dosagem de antioxidante a ser utilizada na produção

161. A opção I (não estabelecer dosagem mínima de antioxidante) foi a mais viável do ponto de vista de gerenciamento de risco, já que somou menor número de pontos que a opção II.

162. A opção II (estabelecer dosagem mínima de antioxidante, ficando a definição do teor sob responsabilidade da ANP) não se mostrou atrativa, pois não há indicativos de que as dosagens atualmente em uso estão inadequadas. Amostras de biodiesel analisadas no CPT e coletadas pela SFI/ANP em 2020 não indicaram problemas de não conformidade, estando as amostras, em geral, acima do limite mínimo de 12 h estipulado pela Resolução ANP em vigor.

Melhor opção regulatória - Eixo 2

163. A opção I (reduzir limites de monoglicerídeos e adicionar o método TFIF) se mostrou a mais viável do ponto de vista de gerenciamento de risco, por não conter nenhum risco categorizado como extremo.

164. A opção II, que envolve a inclusão de ensaios de monoglicerídeos saturados e esteril glicosídeos, se mostrou inviável por gerar risco extremo de aumento de custos para emissão do certificado da qualidade, considerando que são metodologias de alto custo, em especial o ensaio de esteril glicosídeos (CG-MS). Além disso, a análise direta desses contaminantes, sem um limite máximo conceituado na literatura, torna a opção regulatória frágil.

165. Por outro lado, o teste de Filtragem por Imersão a Frio (TFIF) é um teste simples, com limites já estabelecidos na especificação internacional. Além disso, consiste em ensaio altamente sensível às substâncias no biodiesel que parecem ser solúveis à temperatura ambiente, mas que, sob resfriamento à temperatura acima do ponto de névoa ou sob exposição à temperatura ambiente por períodos prolongados, tendem a precipitar, causando entupimento de filtros.

166. De forma a entender melhor os ganhos de qualidade obtidos nos EUA após a implementação do TFIF, a ANP entrou em contato com os pesquisadores que desenvolveram tal método nos EUA, Robert McCormick e Teresa Alleman.

167. Robert McCormick e Teresa Alleman, pesquisadores do Departamento de Energia dos EUA, o NREL, explicaram que, quando o TFIF foi implementado para biodiesel nos Estados Unidos, os usuários de diesel e suas misturas relataram redução geral em todos os tipos de problemas enfrentados pelo uso dessas misturas, como entupimento de filtros, formação de borras e falhas nos equipamentos. McCormick explicou ainda que a resolução dos problemas foram além dos inicialmente almejados pela ASTM na implementação do teste. Os pesquisadores mostraram que, de início, muitas amostras de biodiesel, independente da matéria-prima, não passavam nos testes (Figura 7) e que a indústria de biodiesel teve que adaptar o seu processo produtivo para conseguir enquadrar o biodiesel produzido no limite máximo especificado.

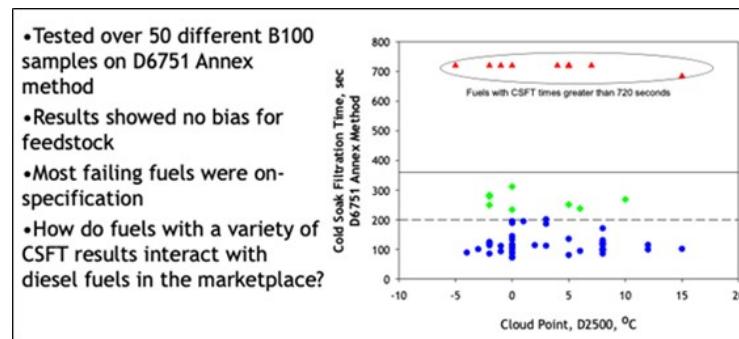


Figura 7. Mapa de calor a partir das pontuações de nível de risco. Fonte: Adaptado de DEPARTMENT OF DEFENSE - USA (2006).

168. Hoje, os resultados do monitoramento de biodiesel nos EUA mostram que as adaptações das usinas foram extremamente positivas e fundamentais para a melhoria da qualidade do biodiesel, que não apresenta mais qualquer dificuldade em atender ao limite especificado, conforme pode ser verificado na Figura 5. Alleman acredita que a principal mudança na produção ao longo do tempo foi a melhoria do processamento do biodiesel bruto. Acrescentou que muitos produtores adicionaram técnicas como filtração a frio (winterização) como parte do esforço para remover os contaminantes que estavam causando altos resultados de TFIF, e que, por consequência, traziam grandes problemas na operacionalidade do biodiesel e suas misturas.

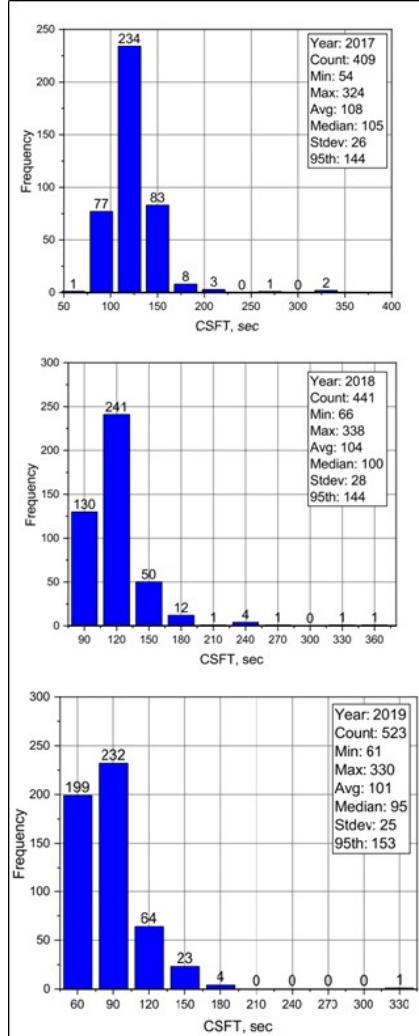


Figura 8 . Dados de TFIF nos EUA em 2017, 2018 e 2019, segundo o BQ 9000, programa de certificado de qualidade voluntário de produtores de biodiesel nos EUA (Alleman, 2017 a 2019). Os dados mostram o atendimento integral ao limite de 360s.

169. Os pesquisadores explicaram que, quando aventurem a inclusão do método na especificação americana, o mercado de biodiesel de gordura animal ficou extremamente preocupado com a possível limitação e barreira do insumo na produção de biodiesel nos EUA. Contudo, os dados (Figura 7) mostraram que não houve qualquer tendência de não conformidade no teste por conta da origem da matéria-prima. Isso porque os materiais que causam a falha do TFIF não são relacionados ao biodiesel saturado (de alto ponto de névoa), mas, sim, as impurezas, como monoglicerídeos saturados e esterilglicosídeos, que podem estar presentes em biodiesel tipicamente saturado ou insaturado. McCormick explicou que, nos EUA e no Canadá, o principal fator que limita o uso de sebo é o alto ponto de névoa durante os meses de inverno, e não o TFIF.

Melhor opção regulatória - Eixo 3

170. A opção I (manter PEFF, reduzindo valores) se mostrou mais viável pela análise SWOT. O ponto decisivo foi a substituição do parque instrumental hoje instalado no país para a realização do ensaio de ponto de entupimento de filtro a frio (PEFF) e que, provavelmente, acarretaria aumento no custo de certificação de qualidade. O ensaio de ponto de névoa, como já colocado, possui vantagens claras, no entanto, o ensaio de PEFF ainda guarda certa correlação e é um bom indicativo de entupimento prematuro de filtros. Outro aspecto é a necessidade de possível correção na tabela II da Resolução ANP nº 45/2014, mediante o ajuste dos valores e o alcance de outras Regiões do país (Norte e Nordeste). Foi considerada a possibilidade moderada de algum impacto no custo de produção do produto. Cabe ressaltar, entretanto, que, de acordo com os dados de qualidade da ANP hoje disponíveis, a Região Centro-Oeste concentra a maior parte do produto com alto PEFF (provavelmente, por maior carga de gordura animal), o que não ocorre tão efusivamente nas demais regiões.

Melhor opção regulatória – Eixo 4

171. A melhor opção regulatória para o Eixo 4 em termos de pontuação foi a II, que consiste na diminuição dos limites de teor dos metais sódio, potássio, cálcio e magnésio e do fósforo, uma vez que a manutenção dos limites atuais para esses elementos (opção I) implicaria três riscos extremos, quais sejam: a regulação ser insuficiente para tratar o problema das emissões atmosféricas advindas dos veículos a diesel, permanência ou mesmo aumento de problemas, reclamações e prejuízos ao setor automotivo e à sociedade e a incompatibilidade da especificação do biodiesel com a implementação da fase P8 do Proconve. A opção II mitiga esses três riscos para o nível moderado enquanto implica aumento dos riscos relacionados aos custos de produção do B100 e do diesel B para os níveis alto e moderado. O único risco classificado como alto na opção II é mitigado pelo fato de algumas usinas já estarem produzindo o B100 com baixos teores desses elementos e que algumas soluções empregadas para remoção de contaminantes, como tratamento com adsorventes ou resinas de troca iônica, também possuem a capacidade de diminuir o teor desses elementos no produto.

Melhor opção regulatória – Eixo 5

172. A opção I (ajustar o parâmetro aspecto, reprovando amostras heterogêneas e incluir filtros no produtor de biodiesel de forma a reduzir os níveis de contaminantes) se mostrou a mais viável do ponto de vista de gerenciamento de risco, por não conter nenhum categorizado como extremo.

173. A opção II, que envolve a inclusão de filtros no produtor e distribuidor, imediatamente antes da mistura, se mostrou inviável por gerar risco extremo de aumento do custo final do óleo diesel B, uma vez que, além do custo do filtro, a lógica de carregamento e mistura do biodiesel no óleo diesel na distribuição não é favorável a essa adição.

174. Os filtros a que se faz referência nesse item devem ser instalados na linha (tubulação) que transfere o biodiesel do tanque de produto acabado até o braço de carregamento do caminhão ou vagão tanque. O tipo de filtro pode ser definido pela usina, podendo ser do tipo "bag" ou cartucho, por exemplo. A abertura recomendada é de no máximo 10 microns. O objetivo é ser barreira para eventuais sedimentos que possam se acumular ao longo do tempo nos tanques de produto acabado e venham a ser succionados pela bomba por alguma razão operacional, especialmente próximo da realização da limpeza periódica realizada nesses tanques.

175. Existem diversos fornecedores de filtros industriais, bem como diversas tecnologias e modelos e sua escolha depende da vazão desejada, número de braços de carregamento na usina etc. (Figura 9).



Figura 9. Exemplo de filtro utilizado na produção de biodiesel.

176. O investimento necessário pode variar em função do tamanho da usina, capacidade de carregamento e decisão de instalar, ou não, um filtro em paralelo para minimizar ou eliminar riscos de interrupção de carregamento, ainda que apenas no período necessário para a troca do elemento filtrante. Estima-se que o investimento para uma usina de pequeno a médio porte esteja na ordem de 50 a 100 mil reais.

177. Com base na AIR realizada, o item a seguir consigna compilado de alterações propostas para as especificações do biodiesel.

ALTERAÇÕES NA RESOLUÇÃO

Eixo 1

178. **Eixo 1.1: remover índice de iodo, incluir teor de éster de ácido linolênico limitado ao máx. 12,0% m/m e ajustar limite de Rancimat para 13 horas na produção considerando o decaimento da estabilidade do biodiesel entre produção e distribuição.**

179. A proposta prevê o alinhamento do parâmetro teor de éster de ácido linolênico com a especificação europeia, que atua no mercado com predominância de biodiesel de colza, cujo teor de insaturações é similar ao do óleo de soja. Considerando a necessidade de manter as atuais 12 horas de estabilidade do biodiesel no momento da mistura do diesel com o biodiesel, propõe-se limite de 13 horas para o biodiesel na produção. Isso porque, conforme explanado anteriormente, o decaimento da estabilidade é intrínseco ao produto e pode ocorrer, ainda que seja adicionado antioxidante ao combustível. Destaca-se que a associação alemã AGQM também recomenda uma hora de diferença de estabilidade entre a produção e mistura.

180. **Eixo 1.2: incluir exigência de registro semanal da análise do biodiesel para o parâmetro de estabilidade à oxidação em cada tanque de biodiesel em expedição na distribuição pelo método PetroOxy ou Rancimat.** Nesse primeiro momento, não haverá limites específicos em virtude da necessidade de se estudar mais a correlação entre os ensaios ASTM D7545 e EN 14112. Espera-se que, em futuro breve, um dos ensaios seja implementado na distribuição com limite específico.

181. **Eixo 1.3:** não há necessidade de mudanças na especificação quanto a esse eixo, já que se optou por manter o atual cenário.

Eixo 2

182. **Redução do limite do teor de monoglicerídeos de 0,70 % para 0,40 % m/m.**

183. Teores de monoglicerídeos totais, MG_{total} , inferiores aos praticados atualmente no Brasil (máx. 0,7% m/m) já são aplicados pela ASTM D6751 (máx. 0,40% m/m) e pela EN 14214 (até 0,15% m/m, no caso mais restritivo), mesmo com menores teores de biodiesel misturados ao óleo diesel comercial quando comparados ao Brasil.

184. Através de cálculos previstos no Anexo C da EN 14214 (Tabela 24), estima-se que, para atingir o limite menos restritivo de teor de monoglicerídeos saturados, MG_{Sat} , de 90 mg/L (máx.), aplicado ao verão europeu, é necessário que o biodiesel utilizado na formulação de um B12, por exemplo, tenha até 0,08% m/m de monoglicerídeos saturados (MG_{Sat}), o que equivale a, aproximadamente, 0,50% de monoglicerídeos totais (MG_{total}), se considerarmos os perfis graxos do biodiesel de soja, ou apenas 0,40% no caso de uma mistura 70% soja e 30% sebo, uma vez que a última matéria-prima tem perfil mais saturado. Nesse caso, é possível inferir que a especificação atual de máximo 0,70% m/m para monoglicerídeos totais no biodiesel não produziria um B12 que atendesse ao máximo de monoglicerídeos saturados recomendado.

Tabela 24. Previsão de teor de monoglicerídeos totais e saturados no biodiesel a ser utilizado na composição de B12 e B15 com até 90 mg/L de MG_{Sat} , segundo EN 14214.

Parâmetro	Teor de monoglicerídeos (% m/m)	
	B12 com 90 mg/L de MG_{Sat}	B15 com 90 mg/L de MG_{Sat}
MG_{Sat} B100	0,08	0,07
MG_{total} B100 Soja	0,5	0,4
MG_{total} B100 70% Soja/30% Sebo	0,4	0,3

185. Na Indonésia, com a previsão de entrada do B30, foram definidos novos valores de monoglicerídeos a partir da medição de precipitados que eram encontrados no B10 e no B20 com 0,8% de monoglicerídeos (teor especificado à época do B10 e do B20). Assim, formularam o B30 a partir de diferentes tipos de biodiesel, com diferentes teores de monoglicerídeos, de forma a verificar qual o máximo teor poderia ser admitido no B100 para que a quantidade de precipitados presentes na mistura B30 não fosse superior ao que era antes encontrado no B10 e B20. Concluíram que o B100 deve ser especificado com máx. de 0,62% de monoglicerídeos, caso seja interessante manter o máximo de precipitados que era verificado no B20, ou de, no máximo, 0,50%, caso o interesse seja manter o máximo de precipitados do B10 (PARYANTO, 2019).

186. Diante do exposto e considerando a necessidade de atualização da especificação até o B15 em 2023, **sugere-se a redução do limite do teor de monoglicerídeos de 0,70 % para 0,40 % m/m no biodiesel brasileiro em 12 meses** a partir da entrada em vigor da nova regra, para limitar ao máximo a contaminação com monoglicerídeos saturados.

187. Considerando-se a necessidade de já produzir alguma melhoria imediata na redução da contaminação desse produto através de adaptações na reação e catalisador, sugere-se que haja de imediato no ato da vigência da regra redução no limite de monoglicerídeos em 0,60% em volume.

188. **Inclusão do método TFI, com limite máximo de 360 segundos.**

189. A norma ASTM D6751 estabelece limite máximo de 200 segundos para regiões mais frias e 360 segundos para fins gerais. Teresa Alleman, pesquisadora sênior do NREL, explicou à ANP, em consulta, que o limite de 200 segundos é adequado apenas para temperaturas inferiores a -12 °C. Assim, é proposto na especificação brasileira o limite menos restritivo, de 360 segundos.

190. A mudança deve exigir das usinas produtoras maior atenção à lavagem e decantação com consequente melhorias na purificação. Resíduos alheios à especificação, tais como esterilglicosídeos e monoglicerídeos saturados podem contribuir para a reaprovação no parâmetro, portanto somente combustíveis com grau de limpeza adequado e reação completa conseguem cumprir tal especificação. Estratégias como filtração a frio (winterização) vão favorecer o atendimento.

Eixo 3

191. A opção I (manter PEFF, reduzindo valores) se mostrou mais viável pela soma das pontuações do nível de risco, tendo os menores valores absolutos. Assim, a manutenção do PEFF, com alguns ajustes, como critério basilar de comportamento a frio para o biodiesel nacional pareceu, portanto, ser a decisão mais adequada.

192. O desafio seguinte é definir valores corrigidos considerando o cenário climatológico no país. Antes da proposição ser realizada, é preciso apresentar a atual regulamentação para o PEFF. Há limites para todos os estados e a lógica é bastante simples e traz mais rigor ao inverno e estados do Sul, valores intermediários nos equinócios e valores mais altos para todas as regiões no verão, aliados à questão da matéria-prima que impactou na definição dos limites.

Tabela 25 - Valores atuais de acordo com a RANP 45/2014

Regiões e/ou UFs	Limite máximo, °C											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
SP-MG-MS	14	14	14	12	8	8	8	8	8	12	14	14
DF/GO-MT-ES-RJ	14	14	14	14	10	10	10	10	10	14	14	14
PR -SC -RS	14	14	14	10	5	5	5	5	5	10	14	14

193. Complementada ainda pela nota 9 da mesma resolução:

“(9) Limites conforme Tabela II. Para os estados não contemplados na tabela o ponto de entupimento a frio permanecerá 19 °C.”

Avaliação climatológica

195. Após a utilização de banco de informações (XAVIER et al., 2016) foi possível chegar aos seguintes médias mínimas de temperaturas no país de 1980 a 2013 e atualização em 2017 (Tabela 26).

Tabela 26 – Temperatura média mínima (1980 a 2017) (Xavier et al., 2016) - Dados compilados pela ANP.

Mês	Norte	Nordeste	GO/DF/MT/ES/RJ	SP/MS/MG	Sul
Janeiro	19,8	16,7	16,6	13,0	13,3
Fevereiro	20,0	16,9	16,6	12,7	13,8
Março	20,2	17,1	16,2	12,1	12,1
Abri	19,9	16,4	14,5	10,0	9,9
Maio	18,2	15,0	11,8	6,7	6,8
Junho	16,8	13,7	11,1	5,2	5,2
Julho	15,7	12,8	10,6	4,6	5,3
Agosto	16,8	13,1	11,0	5,3	6,3
Setembro	19,4	14,3	12,4	7,7	7,2
Outubro	20,1	16,0	14,1	10,1	9,3
Novembro	20,1	16,5	15,1	11,2	10,4
Dezembro	20,0	16,7	16,5	12,6	12,4

196. É preciso reiterar que os valores acima são médios. Portanto, há incidência recorrente de temperaturas menores que as descritas.

197. Como esperado, temperaturas mais baixas são verificadas com maior frequência em latitudes maiores. A Região Norte possui mínimas médias sempre superiores a 15,7°C. No Nordeste, o padrão climático é de mínimas médias levemente inferiores àquelas da Região Norte.

198. Com base nesses dados atualizados, é possível perceber que a tabela hoje disposta na Resolução ANP nº 45/2014 está defasada com relação à realidade climática brasileira mesmo considerada a diversidade de matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel. Por ser utilizado para mistura em bases e ser transportado até elas, o biodiesel produzido se submete através, principalmente do circuito rodoviário, muitas vezes em longos trajetos, a essas temperaturas mínimas ao longo do ano. Tal situação pode ocasionar cristalizações e formação de aglomerados no produto que inclusive, podem não retornar à forma líquida, após aquecimento, e causar entupimento de filtros e outros transtornos ao longo da cadeia de distribuição.

199. Nas Regiões Norte e Nordeste, por exemplo, a temperatura de 19 °C parece ser factível apenas no cenário da Região Norte, fora do inverno. A Região Nordeste se mantém com mínimas inferiores a 19 °C ao longo de todo o ano. Do mesmo modo, a temperatura de 14 °C nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro parece ajustada apenas para GO/DF/MT/ES/RJ que possuem valores ajustados até mesmo para o inverno, já na regra atual. Foi observada, inclusive, a possibilidade de flexibilização, no verão, nessas Unidades da Federação, já que as temperaturas mínimas nos meses de dezembro a março parecem ser superiores ao disposto na regra atual.

200. Outro ponto importante foi trazido pelos dados climáticos de SP/MG/MS que são mais rigorosos que os 8 °C mínimos exigidos para o PEFF, hoje dispostos em Resolução. Os pontos de PEFF para a Região Sul, especialmente fora do inverno, também não parecem corresponder à realidade da região. Os dados climáticos médios das Regiões Sudeste e Sul parecem ser mais próximos do disposto na Resolução ANP nº 45/2014.

201. Assim, apresenta-se na Tabela 28, novos limites com ajustes considerando a realidade climatológica.

Tabela 28 - Valores propostos para PEFF (minuta de revisão da Resolução ANP nº 45/2014). Em vermelho, estão dispostas as temperaturas que sofreram redução e se tornaram mais rigorosas em relação aos limites de PEFF atual e, em verde, temperaturas que foram flexibilizadas.

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

A maior parte das alterações nas temperaturas propostas no parâmetro PEFF não parecem oferecer impacto pronunciado na produção do biodiesel, porquanto são mudanças pontuais e aderentes à parte preponderante do perfil de oleaginosas utilizadas no país, podendo ser mais bem trabalhados em mix adequado de matéria-prima.

Maior atenção deve ser dada, no entanto, às alterações propostas para os estados de SP e MG que absorvem volume considerável do biodiesel nacional e passarão por alterações mais significativas ao longo de todo o ano. Muito provavelmente o balanço de matéria-prima proposto deslocar-se-á levemente para gorduras menos parafínicas, hipótese que será discutida no capítulo 12 com impacto nos custos de matéria-prima.

Eixo 4

202. Redução do limite do teor de sódio + potássio de 5,0 ppm para 2,5 ppm.
203. Redução do limite do teor de cálcio + magnésio de 5,0 ppm para 2,5 ppm.
204. Redução do limite do teor de fósforo de 10,0 ppm para 3,0 ppm. Com entrada imediata da exigência em 4 ppm.
205. A redução dos teores dos metais sódio, potássio, cálcio e magnésio e do fósforo no biodiesel visa a harmonizar o produto com a implementação da fase P8 do Proconve que deverá ser iniciada em 2022, especialmente no que diz respeito às emissões atmosféricas e seu controle por meio dos sistemas de pós-tratamento.
206. Quanto aos valores propostos, parte do setor produtivo já se manifestou indicando que seria possível o atendimento a novo limite de 2,8 ppm para os parâmetros Na+K e Ca+Mg, assim como 4,0 ppm para o teor de fósforo. Os dados de qualidade disponíveis na ANP referentes aos lotes certificados para comercialização, apresentados na Figura 7, deixam claro o cenário atual quanto aos teores desses elementos e permite ponderação quanto à proposta apresentada.

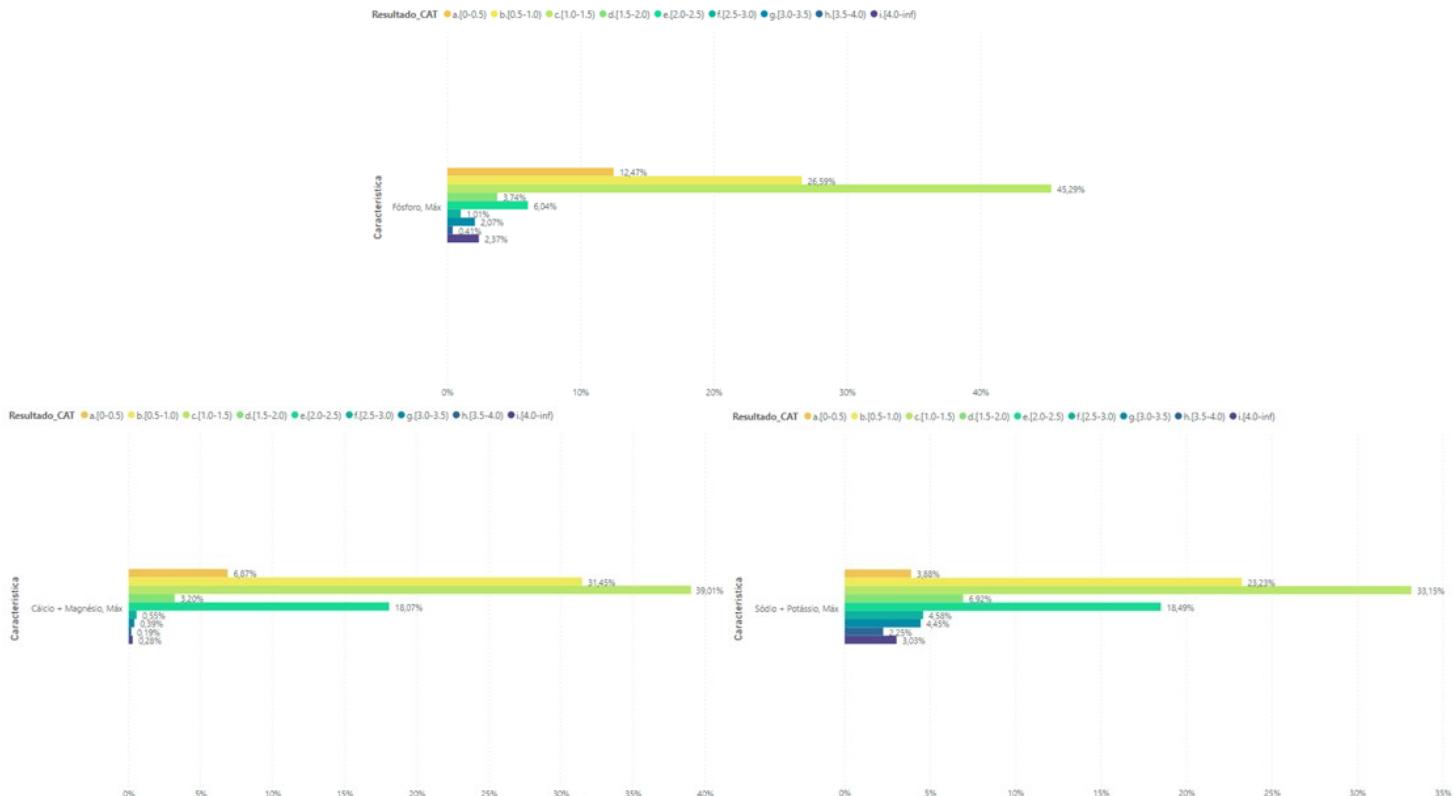


Figura 7. Dados de qualidade dos certificados de biodiesel referentes aos teores de Na+K, Ca+Mg e P para o período de 2018 – 2020.

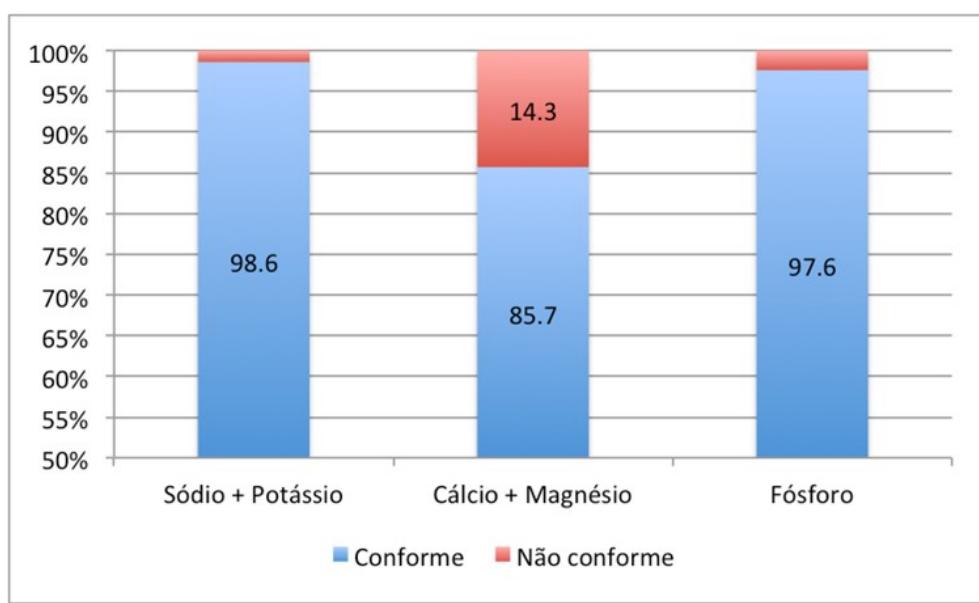


Figura 8. Análise de conformidade dos dados atuais declaratórios de teor de elementos em biodiesel na produção considerando o cenário proposto pela ANP, 2018 – 2020.

207. A proposta da ANP é bastante similar à apresentada pelo setor produtivo, especialmente quando os limites são considerados à luz dos dados de precisão do método previsto na norma ABNT NBR 15553 para análise dos parâmetros considerados. A alteração proposta trará redução significativa do teor e permitirá melhor compatibilidade com o padrão de emissões da fase P8 do Proconve. A redução mais abrupta será exigida de forma mais imediata considerando que os dados de qualidade já indicam cenário em que o atendimento ocorre de forma relativamente confortável para a maior parte absoluta dos produtores. Em 12 meses, será exigida redução em mais 25% do teor de fósforo para que seja atingida a meta em 3 ppm. Adicionalmente, essa diminuição resultará em benefício aos consumidores especialmente no que diz respeito à manutenção da performance dos sistemas de pós-tratamento de veículos novos.

208. Cabe destacar, portanto, que o biodiesel nacional já atende, na sua imensa maioria, a requisitos bastante rigorosos de elementos. Suportando essa afirmação, as três principais associações de produtores de biodiesel solicitaram à ANP a redução imediata dos teores, conforme cartas enviadas em 2019 e 2020:

Tabela 29 – Propostas de diversas associações de produtores de biodiesel para novos limites para elementos

Característica	RANP 45/2014	Abiove	Aprobio	Ubrabio
Na + K, mg/kg	5	3	2,8	3
Ca + Mg, mg/kg	5	3	2,8	3
P, mg/kg	10	6	4	6

209. Uma das associações sugeriu inclusive a "homologação" da norma ASTM D7111/2016 (determinação de elementos em destilados médios por plasma indutivamente acoplado – ICP) para o B100, no menor prazo possível, o que poderia possibilitar a determinação do teor de contaminantes entre 0,1 e 2,0 mg/kg, já que atualmente o limite inferior é de 1,0 mg/kg.

Eixo 5

210. Propõe-se a alteração da especificação do parâmetro 'aspecto' para permitir a reaprovação de amostras heterogêneas, da seguinte forma: o produto deve apresentar-se homogêneo, límpido e isento de impurezas.

211. Além disso, propõe-se a inclusão da obrigatoriedade de instalação de filtros, sugerido na linha (tubulação) em ponto mais próximo possível da expedição. O tipo de filtro pode ser definido pelo produtor de biodiesel, o tamanho do poro recomendado é de no máximo 10 micrômetros.

212. Atenção deve ser dada a eventuais contaminações do produto pós-filtração carreadas pelo cartucho/malha ou matriz filtrante que possa introduzir ao invés de reter contaminantes. A ANP não detalhará qual filtro deve ser configurado e em que ponto da produção. Apenas será exigida a presença do filtro em inspeções regulares da Agência.

Eixo 6

213. Com respeito a prática de armazenamento, transporte e abastecimento propõe-se a inclusão na resolução das seguintes obrigatoriedades:

214. Tanques de transporte ou armazenamento de biodiesel devem ser inspecionados em relação à presença de água, partículas sólidas, contaminação microbiana e impurezas uma vez por semana. Ademais, os registros comprobatórios de cada inspeção realizada devem ser arquivados pelo produtor e distribuidor de biodiesel e deve estar à disposição da ANP pelo prazo mínimo de um ano;

215. Os tanques de biodiesel dos produtores e distribuidores de combustíveis devem ser limpos com periodicidade ideal de 3 meses e máxima de um ano, independente das inspeções periódicas. Os registros comprobatórios também devem ficar à disposição da ANP por cinco anos;

216. Devem ser mantidos os registros de drenagens de tanques e filtros, os registros de limpeza e inspeção de tanques, bem como os registros de datas de substituição de elementos filtrantes por cinco anos para inspeção da ANP.

217. Todos os registros devem possuir a assinatura de responsável técnico do agente econômico.

Outros ajustes na Resolução

218. Foram incluídas novas normas para número de cetano (EN 15195, EN 16715, EN 17155, ASTM D7668 e ASTM D8133) e viscosidade cinemática (ASTM D4072) na tabela de especificação considerando a equivalência das mesmas com as já previstas na Resolução ANP nº 45/2014.

219. Foram removidas normas não aplicáveis e redundantes em elementos e glicerídeos para evitar impasses em disputas e avaliação de conformidade. (NBR 15554, NBR 15555, NBR 15556, EN 14107, EN 14108, EN 14109, ASTM D4951, NBR 15771, NBR 15342, NBR 15344, EN 14106).

220. Foi adicionada na resolução regra específica para o caso de uso de métodos cujo escopo não contemplam certos materiais graxos ou a rota de produção étlica. Será exigido, nesse caso, estudo de validação específico, seguindo, no que couber, as orientações do documento DOQ-CGCRE-008 - Orientação sobre validação de métodos analíticos publicado pelo INMETRO.

221. Foram selecionados os métodos de referências para teor de fósforo (EN 16294) e monoglicerídeos (ASTM D6584).

222. Finalmente, foi proposta alteração na Resolução ANP nº 828/2020 que trata dos dados de qualidade, no sentido de que novos parâmetros físico-químicos, eventualmente introduzidos como requisitos para certificação de qualidade nas especificações de biodiesel sejam acreditados junto ao INMETRO, de acordo com a NBR ISO IEC 17025, em um prazo de até 18 meses a partir da data de vigência do novo parâmetro. Considerou-se o prazo razoável para a adequação proposta.

AVALIAÇÃO ECONÔMICA RELACIONADA AS ALTERAÇÕES PROPOSTAS

223. As mudanças propostas trabalham a questão dos contaminantes de forma mais ativa de modo que o processo produtivo necessita ser mais orientado à retirada agressiva de certos contaminantes para que o atendimento se dê a contento.

224. Os custos envolvidos nas soluções industriais utilizadas para redução de contaminantes do biodiesel dependem de diversos fatores relacionados às características intrínsecas de cada usina produtora, como capacidade produtiva, processo industrial e matéria-prima utilizada.

225. Diversas empresas são responsáveis pela tecnologia adotada nas plantas produtoras do país. Algumas que podem ser citadas incluem: Crown, Desmet, Lurgi, Somar, Dedini e outras.

226. Algumas dessas empresas foram consultadas (Desmet, Crown e Air Liquide-Lurgi) e citaram que já possuem soluções no sentido de ser possível e em alguns casos relativamente simples ajustar plantas para melhorar a remoção dos contaminantes.

227. Em algumas usinas, as mudanças necessárias para adequação às mudanças na especificação de produto, ora propostas, são sutis e envolvem melhorias técnicas no processo de catálise, lavagem e decantação, em muitos casos afetando o tempo da operação de produção, portanto sem investimentos físicos, mas aumento dos custos operacionais (OPEX).

228. No entanto, poderá haver custos de investimento de capital (CAPEX) de boa parte das soluções disponíveis no mercado nacional, objetivando a melhoria do processo de purificação do produto.

229. Processos como clarificação e a pós-clarificação com sedimentação, sob resfriamento do produto em tanque-pulmão, são utilizados por plantas para a remoção de contaminantes. Outra técnica bastante conhecida é a filtração a frio ou *winterização*. Os custos envolvidos envolvem ajuste e instalação de tancagem e reorganização do fluxo de processos, além do tempo de residência do produto.

230. A instalação de destilação de biodiesel é outro exemplo de solução clássica para a resolução dos problemas ligados à contaminantes em geral. Uma empresa consultada (Air Liquide-Lurgi) estimou que para uma planta com produção de 450 toneladas por dia uma unidade de destilação demandaria investimento que pode variar de 1,65 milhão de euros a 11,3 milhões de reais, dependendo da flutuação do câmbio e das particularidades de cada usina. Já a unidade de remoção de sedimentos da mesma empresa, capaz de tratar 450 toneladas por dia gerando 448 toneladas de produto tratado e aproximadamente 2 toneladas por dia de resíduo sólido (sludge), demandaria quantidade significativamente menor de utilidades e de espaço físico na usina. Assim, nesse caso, o investimento necessário flutuaria em torno de 420 mil euros ou 2,9 milhões de reais.

231. Portanto, o investimento para a realização dos ajustes na produção é dependente de cada tecnologia empregada na usina podendo variar de milhares a milhões de reais de investimentos seja de OPEX ou CAPEX, ou ambos.

232. No caso específico do ponto de entupimento de filtro a frio, a matéria-prima, como tradicionalmente já conhecido pelo mercado, é a chave do processo industrial para atendimento às especificações, pois a natureza dos compostos químicos provenientes dos óleos e gorduras é que determinará especificamente essa propriedade. Sabe-se que as gorduras animais e algumas gorduras vegetais, como a palma são mais parafínicas e podem dificultar o alcance das reduções propostas. Portanto, muito provavelmente o balanço de matéria-prima deve ser revisto individualmente para cada usina, favorecendo a soja e outras oleaginosas mais insaturadas em detrimento ao sebo animal e o óleo de palma, por exemplo. Esse ponto pode afetar os custos envolvidos para aquisição da matéria-prima e o balanço como um todo dos insumos nacionais.

233. É importante destacar que o aumento de custos de produção, certificação e boas práticas da cadeia poderá, de certa forma, ser amenizado pelos aumentos gradativos do teor compulsório de biodiesel no diesel. A melhoria da qualidade do produto traz bons prognósticos para a utilização do produto com maior intensidade.

Entrevistas técnico-econômicas

234. A fim de compor retrato dos possíveis cenários das mudanças propostas em situações específicas da realidade nacional, foram entrevistadas 4 usinas de biodiesel para detalhamento técnico-econômicos a respeito do possível impacto que as medidas propostas demandam.

235. Para evitar a exposição do agente econômico, são citadas apenas características gerais das empresas e plantas e os desafios de cada uma delas para ilustração.

236. **Usina A**

237. Características: Usina de pequeno porte, com produção menor que 80 milhões de litros por ano com mix variado de matéria-prima. Tecnologia própria e reação de transesterificação metanólica.

238. A usina se utiliza de matérias-primas variadas tais como: restos de ácidos graxos, oleínas, óleo de palma, óleo de milho, óleo de soja e outros, compondo gama ampla de recursos para a produção de biodiesel. A matéria-prima deve possuir rígido controle desde a entrada com adequada estocagem, decantação e separação. Ensaios como teor de umidade e impurezas, acidez, iodo, teor de sabões e cinzas são medidos para ajustar a matéria-prima ao processo produtivo.

239. Para a usina, o maior desafio no atendimento às especificações, se dá na questão de elementos (sódio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre) e contaminação total.

240. A empresa alega que seu produto, trabalhado com relação à reação e lavagem, nunca teve dificuldades no atendimento ao teor de monoglicerídeos, conforme especificação atual.

241. De igual maneira, a empresa reporta que o PEFF é um parâmetro que depende da estação climática e da matéria-prima e não há maiores dificuldades para o atendimento.

242. Fósforo e enxofre, no entanto, são especificações por vezes mais desafiadoras a cumprir.

243. A empresa argumenta, após conhecer a proposta da ANP, que muito provavelmente terá que aprimorar o processo de lavagem e adicioná-lo de nova operação unitária e que os custos finais envolvidos teriam que ser calculados através de estudo específico de viabilidade econômica.

244. Alega, ademais, que um dos componentes mais importantes para estabelecer o custo do biodiesel é a matéria-prima, responsável por 70 a 80% do custo final do produto, junto com o metanol e catalisador.

245. Demonstrou também preocupação com a proposição de instalação de filtro pós-tanque de expedição, em virtude do risco de contaminação com umidade do produto a ser despachado, considerando o baixo limite hoje permitido para o parâmetro. Argumentou que a limpeza do tanque de expedição é realizada a cada 3 meses ou em até menos tempo e que isso já evitaria o carreamento de sujidades para a expedição.

246. **Usina B**

247. Empresa tradicional e de grande porte com plantas com capacidade de mais de 200 milhões de litros por ano.

248. Opera com gorduras diversas, mas especialmente com o óleo de soja e gordura animal. Há análise criteriosa dos insumos antes da entrada no processo.

249. O óleo é degomado e passa pelo mesmo processo do óleo alimentício, com a retirada dos fosfolipídeos e neutralização química.

250. No caso do sebo, o processo passa pela seleção de fornecedor adequado e ensaios específicos para verificação, entre outros contaminantes, quanto à presença de polietileno. O tratamento do sebo é mais difícil, porém a reação de transesterificação é mais fácil e rápida com esse insumo, otimizando inclusive o catalisador. Cabe ressaltar que o sebo animal é por volta de 10% mais barato que o óleo de soja.

251. A medição do iodo na matéria-prima guia a seleção do material para ajustar o ponto de entupimento do biodiesel: quanto maior o índice de iodo, menor o PEFF.

252. Os tanques da empresa são limpos trimestralmente como requisito de boas práticas.

253. O aditivo antioxidante é adicionado antes da expedição. A empresa relatou que o produto pode atrapalhar a eficiência dos filtros que utiliza, o que já ocorreu na planta e foi solucionado após estudos técnicos.

254. A usina detalhou o seu processo produtivo e foi apresentada às propostas da ANP. No que se refere às mudanças sugeridas nas especificações técnicas, as impressões vão no sentido de que haverá necessidade de investimentos em CAPEX e OPEX para ajustar o processo. Ressaltou ainda que as plantas hoje têm pouca margem para ajustar monoglicerídeos: um valor mais confortável seria por volta de 0,65%. Relatou também que não possui problemas com o cumprimento das atuais especificações para elementos.

255. Por fim, aduziu que modificações industriais levariam aproximadamente 10 meses a um ano, no mínimo, para serem realizadas.

256. **Usina C**

257. Planta de grande porte (maior que 200 milhões de litros/ano) que utiliza gordura animal como matéria-prima prioritária, além de óleos de fritura, soja, milho e algodão, entre outros. A empresa apresentou o processo de pré-tratamento da matéria-prima que passa por decantação e refino físico ou químico. Relatou que, apesar do preço ser parâmetro fundamental na seleção da matéria-prima, a qualidade do insumo é fundamental para o processo e uma série de análises são realizadas antes da entrada do material no fluxo de produção. Em geral, quantificam-se impurezas, água, acidez e ponto de fulgor. Água e acidez elevada foram citadas como problema importante para o rendimento do catalisador.

258. Na questão do pré-tratamento do sebo, o polietileno é analisado a cada carreta que chega ao pátio da usina. Fosfolipídeos são retirados do processo através de coluna química. Caso não se retire o fósforo, há problema na reação de transesterificação mais à frente.

259. Após o reator, o produto vai para o decantador, onde são retirados sólidos e as impurezas e, por transbordo, é direcionado para lavagem. No processo de lavagem (água acidulada com ácido cítrico), ocorre a remoção da resíduos e sabões. Em seguida, é feita a centrifugação e a remoção da glicerina livre. O processo segue para o secador para retirada da umidade.

260. Com relação às boas práticas, a usina é rigorosa com a limpeza de tanques que são verificados periodicamente e limpos a cada três meses. Os drenos são verificados e o produto é checado com relação à homogeneidade. Há também procedimentos para os caminhões que transportam o produto.

261. Comentou, durante a entrevista, que vários motoristas apontam oportunidades de melhorias nos procedimentos de boas práticas de manuseio, transporte e armazenamento fora da usina, especialmente os conduzidos pela distribuição.

262. Apresentadas às novas especificações de biodiesel propostas pela ANP, a usina se posicionou que seriam necessários testes para dimensionar o impacto, mas fatalmente seriam necessários investimentos em CAPEX para ajustar processo pelo grau das modificações. Todo o processo é ajustado para a especificação atual.

263. O teor de elementos é tema menos problemático, uma vez que a usina é certificada por programa voluntário de qualidade e seus produtos já apresentam baixos teores desses componentes: Na + K e Ca + Mg em 3 mg/kg e fósforo em aproximadamente 6 mg/kg, máximo.

264. Com relação ao PEFF, pela especificação ser regida pelo clima e região, os ajustes devem ser feitos na matéria-prima.

265. Outro ponto comentado é que o novo modelo de comercialização vai naturalmente beneficiar produtos com maior qualidade.

266. Outro aspecto abordado pela usina foi solicitação sobre a possível retirada de algum ensaio da atual especificação, como, por exemplo, número de cetano, uma vez que poucos laboratórios têm capacidade de executar.

267. **Usina D**

268. Usina de médio porte, com produção de cerca de 150 milhões de litros por ano. Há utilização de 100% de óleo de soja como matéria-prima para a produção de biodiesel, bem como tratamento com polimento e lavagem ácida para não precisar de refino físico. Mas, há aumento da acidez do insumo. A qualidade da matéria-prima depende da estação climática e outros fatores. É preciso retirar ao máximo a umidade porque qualquer excesso de água vira sabão no processo.

269. Com relação ao processo e às especificações, aduziu que os parâmetros mono-, di- e triglicerídeos e fósforo são os mais difíceis de especificar.

270. A maior parte dos contaminantes inorgânicos presentes é retirada na primeira decantação com glicerina.

271. Após tomar conhecimento das novas especificações de biodiesel, a impressão da empresa é de que será necessário estudo interno para verificar o impacto das propostas na operação. Expressou entendimento de que, certamente, serão necessários investimentos, bem como que o pré-tratamento atualmente adotado precisará ser modificado.

272. Na opinião dos prepostos entrevistados, a redução de monoglicerídeos não vai resolver as questões apontadas. Têm a visão de que as questões apresentadas pelos diversos setores reclamantes têm relação com processos ruins de produção de biodiesel que devem ser trabalhados no âmbito da regulação/fiscalização da ANP.

273. A Desmet é uma empresa multinacional, com filiais em várias partes do mundo, sendo uma das líderes mundiais no mercado quanto à tecnologia de plantas de processamento de oleoquímicos e biodiesel.

274. A reunião envolveu representantes do Brasil e Argentina, onde a empresa possui escritório. Apresentada sobre as possíveis alterações na especificação, relatou que a matéria-prima é crucial para uma planta operar de forma eficiente. Quanto mais pura a entrada da matéria-prima, melhor a operação da reação e do processo como um todo. Demonstrou preocupação especialmente com plantas menores que podem não ter tecnologia adequada para as modificações necessárias para purificar o produto.

275. Com relação à remoção de monoglicerídeos, argumentou que seria necessário avanço na reação e lavagem eficiente, e que empresas com tecnologias de primeira linha não teriam dificuldades em fazer essa adaptação.

276. Entre os processos adequados para melhor limpeza do produto, foi citada a clarificação ou pós-clarificação, em que se resfria o produto a 20 °C e envia-se a tanque-pulmão para decantação e centrifugação.

277. Na questão dos elementos, argumentou que algumas usinas terão dificuldades na transição. A neutralização química e o uso de terras ativadas podem ser utilizadas como possível solução técnica.

278. Aduziu que o biodiesel produzido a partir de sebo animal tem dificuldade em atender ao ensaio de contaminação total após processamento, e expressou que a matéria-prima seria desafiadora para o atendimento ao teste de filtrabilidade de imersão a frio (TFIF). Para a empresa, possivelmente as soluções passariam por destilação do produto.

279. Foram citados os contextos da Argentina e Indonésia com relação ao produto. Conforme relatou, a Argentina é um dos grandes produtores mundiais de biodiesel e possui a maior planta de extração de óleo vegetal do mundo. Possui plantas de grande portes e de primeira linha. Não utiliza gordura animal nas suas plantas porque o item é vendido para empresas alimentícias. Quanto à Indonésia, cujo mandato é de B30, se beneficia por possuir matéria-prima exclusiva de óleo de palma, produto mais estável e mais eficiente para transesterificação, utilizando menos catalisador. As plantas da Indonésia por motivos diversos tem migrado para a destilação como processo principal nas plantas.

Crown Iron Works

280. Empresa de engenharia de processos centenária com sede nos Estados Unidos. Dedica-se a processo com óleo vegetal desde 1940. Possui inúmeras especialidades, entre as quais: o refino de glicerina, uma divisão específica de pré-tratamento de diesel verde com catálise heterogênea e transesterificação de óleos. No Brasil, possuía parceria com a empresa Intecnial (em processo de recuperação judicial). Responsável por plantas da PBio em Candeeiros, Quixadá e Montes Claros e plantas da BsBios em Passo Fundo, Bunge em Nova Mutum e ADM em Joaçaba. Além do Brasil, a empresa está presente em mercados como a Malásia, China e Estados Unidos.

281. Sempre teve a visão de que a especificação brasileira era bastante mais viável e menos desafiadora em termos de atendimento que outras especificações internacionais.

282. Comentou sobre o aspecto estrutural das plantas no Brasil: em 15 anos ficaram 10 vezes maiores, sob regime de muitas expansões e renovações.

283. Nas plantas em que atua, um dos maiores desafios enfrentado ocorreu na alteração da especificação de glicerina do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em que novas exigências para metanol foram adicionadas.

284. Ao tomar conhecimento das propostas, a empresa expressou que para o atendimento à especificação proposta deve haver melhoria na reação (tempo de catalisador) com consequente necessidade de mais vasos de reação, especialmente para a mudança proposta para os monoglicerídeos. Poderá haver aumento de 20 a 30% do uso do catalisador para avanço da reação e aumento do tempo de residência.

285. Para a redução de elementos, o processo de lavagem deve ser melhorado. Há ainda a opção de se utilizar adsorção com terras ativadas ou resinas iônicas.

286. Com relação à introdução do teste de filtração por imersão a frio (TFIF), aduziu que grande parte dos contaminantes se tornam insolúveis a baixas temperaturas, mas que os monoglicerídeos não se reduziriam por filtração a frio em processo e outras estratégias devem ser utilizadas. No processo Crown, já existe etapa de filtração a frio com terras diatomáceas em placas que favoreceriam o atendimento ao teste. No entanto, no Brasil, o processo não é feito sob resfriamento e, sim, à temperatura ambiente, apesar de ser possível fazê-lo a 14°C.

287. A empresa estimou que para adaptação de plantas (CAPEX) com volume de 500m³/dia seriam necessários investimentos da ordem de 2 a 5 milhões de reais para implementar o processo de filtração a frio. Além disso, a adição de reator e decantador poderiam custar cerca de 3 a 4 milhões de reais para as unidades. A empresa, no entanto, alegou que as modificações não seriam absurdamente impactantes considerando que uma planta nova (green field) custa cerca de 120 milhões de reais.

288. A empresa alegou, no entanto, que para algumas unidades haverá pressão sobre o *break even* (equilíbrio econômico), pois sobrevirá redução da capacidade e manutenção dos custos fixos.

289. Ressaltou ainda que a entrega no país de itens para adaptação das plantas pode levar de 6 a 8 meses, não considerando o tempo de instalação. Nesse cenário, modificação nesse nível poderá levar de 10 a 12 meses.

Outras soluções para remoção de contaminantes do Biodiesel

290. A busca de soluções que visem a remoção de contaminantes do biodiesel no processo produtivo é um trabalho bastante desafiador, pois a literatura elenca diversas técnicas para remoção dos mais diversos tipos de contaminantes empregando meios filtrantes, resinas de troca iônica, técnicas de extração líquido-líquido ou mesmo processos de destilação, como apresentado. Além da clarificação, pós-clarificação e filtração a frio citadas pelas empresas Desmet e Crown.

291. A aplicabilidade destas técnicas no ambiente industrial, no entanto, depende de diversos fatores relacionados às características intrínsecas de cada usina produtora, podendo implicar em mudanças consideráveis no processo produtivo e impactos econômicos relacionados a investimentos em novos processos e unidades de tratamento de produto, além de custos operacionais relacionados a manutenção e operação destes novos processos. Tendo em vista esses fatores, a ANP buscou algumas soluções disponíveis no mercado que permitiriam a redução dos contaminantes no biodiesel produzido no mercado nacional.

Planta de destilação de biodiesel (Air Liquide - Lurgi)

292. A unidade de destilação de biodiesel constitui-se em processo complementar que visa à remoção de contaminantes com altos pontos de ebulição como esterílicos glicosídeos, compostos contendo enxofre ou componentes polimerizados que são retidos como resíduo de destilação.

293. A carga do processo é seca e tratada para remoção de ar dissolvido para evitar reações indesejadas como hidrólise e oxidação. Posteriormente, a carga passa em um trocador de calor que a aquece enquanto resfria a corrente de biodiesel destilado que sai da unidade e segue para a unidade de destilação. A unidade utiliza tecnologias que diminuem o tempo de residência do produto na unidade, assim como o estresse térmico através de pequeno diferencial de temperatura entre o fluido de aquecimento e o produto. O processo consiste em destilação direta em condições de vácuo e o condensador no topo da coluna de destilação pode ser utilizado como gerador de vapor de baixa pressão recuperando parte da energia do processo. Dependendo da matéria-prima, a unidade pode ser utilizada para fracionar o biodiesel em uma fração mais leve e uma corrente pesada que pode ser utilizada como óleo combustível.

294. Esse tipo de unidade permite a diminuição dos valores de contaminação total, do teor de monoglicerídeos, diglicerídeos e triglicerídeos, aumento do teor de éster e aumento da estabilidade oxidativa do biodiesel.

295. A unidade de destilação seria capaz de tratar 450 toneladas de produto por dia que atendam, quase na integralidade, à especificação do biodiesel, gerando 435 toneladas por dia de produto com aproximadamente 0,2% de monoglicerídeos.

296. A instalação da unidade em planta com produção de 450 toneladas por dia requer área de 12 m x 12 m x 18 m e utilidades como: energia elétrica (5 kWh), água para resfriamento da unidade e óleo de aquecimento a 290°C (175kWh).

Unidade de Remoção de Sedimentos (Air Liquide - Lurgi)

297. A referida unidade constitui-se em processo alternativo que já é utilizada em usinas no mercado europeu para conseguir produto com qualidade premium. O biodiesel tratado dessa forma atende aos limites de contaminação total e filtrabilidade mesmo após exposição em condições adversas.

298. A unidade de remoção de sólidos fica localizada após a unidade de lavagem e visa remover principalmente os monoglicerídeos e os esteril glicosídeos que são precipitados em baixas temperaturas. A unidade utiliza um separador centrífugo, tratando-se de processo físico de remoção de contaminantes. Após esse processo, a carga é transferida para uma unidade de remoção de água para ajuste final. A corrente intermediária obtida no processo consiste das impurezas retidas, água e traços de ésteres que podem ser separados em duas fases: sedimentos e água e uma fase dos ésteres. Essa fase superior pode ser recirculada para o processo enquanto a fase inferior é descartada como resíduo.

299. A unidade de remoção de sólidos seria capaz de tratar 450 toneladas por dia gerando 448 toneladas de produto tratado e aproximadamente 2 toneladas por dia de resíduo sólido (*sludge*). A operação da unidade requer quantidade significativamente menor de utilidades e de espaço físico na usina exigindo: 0.01 m³ de água de processo, 3,2 kWh de energia elétrica e 1 Nm³ de ar a 6 barg e uma área de 6 m x 6 m x 12 m.

Unidade de Winterização (Ecirtec)

300. Essa unidade consiste em uma série de colunas onde o biodiesel é bombeado em contracorrente com fluxo de água resfriada que vai reduzindo a temperatura da carga de biodiesel gradualmente até 5°C para favorecer a precipitação dos contaminantes presentes que são retidos em filtros de placas.

301. O processo é o único que resfria a carga de biodiesel para precipitar os contaminantes que poderiam causar problemas em ambientes frios e se relaciona diretamente o ensaio de TFIF que está sendo proposto como melhoria para qualidade do biodiesel.

302. Até onde foi possível verificar, esse tipo de unidade possui larga aplicação no tratamento de óleos vegetais de diferentes matérias-primas no estágio que se encontra e poderia ser adaptado para o tratamento do biodiesel.

Cenário de custos e expectativas de impacto

303. As mudanças propostas na especificação devem desencadear a necessidade de investimentos significativos nas plantas de produção de biodiesel no país. Muitas dessas plantas já passaram por algumas ampliações e adaptações em virtude do aumento gradativo do teor ao longo dos últimos 15 anos e do rigor crescente das especificações técnicas. Em geral, estima-se que os custos de CAPEX de investimento global das plantas nacionais em conjunto vai representar algumas centenas de milhões de reais, além das modificações na estrutura de processo que podem levar a: 1) aumento no uso de catalisador, 2) aumento do tempo de residência do produto, 3) modificação no mix de matérias-primas e no seu pré-tratamento.

A estimativa de impacto nos preços de comercialização do produto é tarefa bastante difícil por diversos motivos, entre os quais podem ser citados:

- 1) O choque de preços recente das oleaginosas, em especial, o óleo de soja, imprevisíveis no curto e médio prazos;
- 2) A elevação abrupta recente do câmbio que afetou o balanço de matéria-prima e cujo movimento influencia diretamente o custo do produto.;
- 3) A mudança no modelo de comercialização de biodiesel que será implementada a partir de 1º de janeiro de 2022.
- 4) A iminente possibilidade de importação de produto a partir de 2023, já autorizado pelo CNPE.

5) As diferenças de tecnologia, porte e estrutura de cada usina.

6) A ampliação do teor de biodiesel no óleo diesel já prevista para 15% até 2023.

Esses fatores tornam complexa qualquer aferição com relação ao impacto dos custos no preço de comercialização do produto que vem sofrendo pressões diversas no pós-pandemia. Sabe-se que o impacto no preço do biodiesel no preço final do óleo diesel B se conforma em torno de 11% e melhorias na qualidade do biodiesel vão afetar o custo final ao consumidor do óleo diesel em algumas unidades percentuais ainda indefinidas. Sabe-se, no entanto, que as medidas a serem tomadas de modificações estruturais podem impactar em 5 a 10% no custo final de uma planta industrial de biodiesel e que, certamente, esses custos serão repassados às distribuidoras quando da aquisição do produto. Soma-se a isso os custos de operação e insumos que vão afetar o volume de capacidade produtiva, pelo menos no curto e médio prazos.

304. O movimento, no entanto, é inevitável no sentido de garantir que o consumidor tenha produto adequado ao propósito e possa evitar possíveis intercorrências relacionadas à qualidade a medida que se amplia o teor de biodiesel no óleo diesel B.

PRINCIPAIS ESTRATÉGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA ESCOLHIDA

305. Finalmente, para implementação da proposta selecionada, são formuladas as seguintes sugestões:

306. Considerar prazo de transição em 12 meses a partir da publicação da nova resolução para algumas das modificações propostas, tais como monoglicerídeos (0,4%), TFIF (360 s) e fósforo (3 ppm).

307. Considerar prazo de transição de 18 meses para acreditação dos laboratórios junto ao CCGRE/INMETRO (NBR ISO/IEC 17025) nos novos ensaios (TFIF e ésteres de ácido linolênico) a partir da vigência do novo ato normativo.

308. Avaliar a eficácia da nova regra à solução do problema abordado no item 3, a partir de evidências do setor automotivo e dos consumidores em geral

309. Ampliar ações de fiscalização tanto nos produtores de biodiesel, como nos distribuidores para monitorar a eficácia de cumprimento do mercado à nova norma. Ademais, é possível vislumbrar se há cumprimento em termos de especificação (fiscalização no produtor) e ainda em termos de boas práticas na cadeia de distribuição (fiscalização no distribuidor);

310. Implementar o Programa de Monitoramento da Qualidade do Biodiesel -PMQBio;

311. Criar indicadores da qualidade do biodiesel a partir do eventual número de reclamações por diferentes canais, programa de monitoramento da qualidade e ações de fiscalização, de forma a acompanhar a eficácia, eficiência e efetividade da intervenção regulatória realizada.

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, Andres *et al.* Enzymatic hydrolysis of steryl glucosides, major contaminants of vegetable oil-derived biodiesel. *Applied microbiology and biotechnology*, v. 98, n. 9, p. 4033-4040, 2014.

ALBERT, Kouadio Brou *et al.* The influence of chemical poisoning, hydrothermal aging and their co-effects on Cu-SAPO-34 catalyst for NOx reduction by NH3-SCR. *Applied Surface Science*, v. 479, p. 1200-1211, 2019.

ALLEMAN, Teresa. Assessment of BQ-9000 Biodiesel Properties for 2017, 2018 e 2019. National Renewable Energy Lab. (NREL), Golden, CO (United States). <https://www.nrel.gov/docs/fy20osti/75795.pdf> (2017); <https://www.nrel.gov/docs/fy20osti/75796.pdf> (2018); <https://www.nrel.gov/docs/fy20osti/76840.pdf> (2019).

ALLEMAN, Teresa L. *et al.* Biodiesel handling and use guide. National Renewable Energy Lab. (NREL), Golden, CO (United States), 2016.

ANP, 2020. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/producao-de-biocombustiveis/biodiesel/informacoes-de-mercado>>. Acesso em 13 de maio de 2020.

- BATENI, Hamed; SARAIEAN, Alireza; ABLE, Chad. A comprehensive review on biodiesel purification and upgrading. *Biofuel Research Journal*, v. 4, n. 3, p. 668-690, 2017.
- BOTELLA, Lucía, *et al.* Oxidation stability of biodiesel fuels and blends using the Rancimat and PetroOXY methods. Effect of 4-allyl-2, 6-dimethoxyphenol and catechol as biodiesel additives on oxidation stability. *Frontiers in Chemistry*, 2014, 2: 43.
- BQ-9000 Quality Management System Marketer Requirements Revision 7. Effective Date: February 12, 2014
- CASA CIVIL. Avaliação de políticas públicas: guia prático de análise ex ante, volume 1 / Casa Civil da Presidência da República, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. – Brasília: Ipea, 2018a.
- CASA CIVIL. Diretrizes gerais e guia orientativo para elaboração de Análise de Impacto Regulatório – AIR / Subchefia de Análise e Acompanhamento de Políticas Governamentais [*et al.*], Brasília. Presidência da República, 2018b.
- CAVALHEIRO, Leandro Fontoura *et al.* Characterization of residues and evaluation of the physico chemical properties of soybean biodiesel and biodiesel: Diesel blends in different storage conditions. *Renewable Energy*, v. 151, p. 454-462, 2020.
- CHUPKA, G. M. *et al.* Saturated monoglyceride effects on low-temperature performance of biodiesel blends. *Fuel processing technology*, v. 118, p. 302-309, 2014.
- CONCAWE. Guidelines for handling and blending FAME. Report n° 9/09
- DEPARTMENT OF DEFENSE. RISK MANAGEMENT GUIDE FOR DOD ACQUISITION. Sixth Edition (Version 1.0), 2006. Disponível em: <https://www.acq.osd.mil/damir/documents/DAES_2006_RISK_GUIDE.pdf>. Acesso em: 30 de abril de 2019.
- EPE, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/EPE_Jos%C3%A9A9%20Mauro_Proje%C3%A7%C3%A5oB5es%20de%20Oferta%20e%20Demandas_26mar.pdf>. Acesso em 13 de maio de 2020.
- FAN, Chi *et al.* Steam and alkali resistant Cu-SSZ-13 catalyst for the selective catalytic reduction of NOx in diesel exhaust. *Chemical Engineering Journal*, v. 334, p. 344-354, 2018.
- FU, Jinxia *et al.* Storage and oxidation stabilities of biodiesel derived from waste cooking oil. *Fuel*, v. 167, p. 89-97, 2016.
- GAUTAM, Anirudh; MISRA, Ravindra Nath; AGARWAL, Avinash Kumar. Biodiesel as an Alternate Fuel for Diesel Traction on Indian Railways. In: *Locomotives and Rail Road Transportation*. Springer, Singapore, 2017. p. 73-112.
- GOTO, S., M. OGUMA, and N. CHOLLACOOP. Benchmarking of Biodiesel Fuel Standardization in East Asia Working Group (2010), 'Biodiesel Fuel Quality' in , EAS-ERIA Biodiesel Fuel Trade Handbook: 2010, Jakarta: ERIA, pp.27-62.
- HASAN, M. M.; RAHMAN, M. M. Performance and emission characteristics of biodiesel–diesel blend and environmental and economic impacts of biodiesel production: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 74, p. 938-948, 2017.
- JÄÄSKELÄINEN, H. Low Temperature Operability of Biodiesel. Disponível em: <https://dieselnet.com/tech/fuel_biodiesel_lowtemp.php>. Acesso em: 27 de abril de 2020.
- KNOTHE, Gerhard. Analysis of oxidized biodiesel by 1H-NMR and effect of contact area with air. *European journal of lipid science and technology*, v. 108, n. 6, p. 493-500, 2006.
- KOMARIAH, Leily Nurul; APRISAH, Sucia; ROSA, Yangia SL. Storage tank materials for biodiesel blends; the analysis of fuel property changes. In: *Matec Web of Conferences*. EDP Sciences, 2017. p. 02012.
- LEE, Inmok *et al.* The role of sterol glucosides on filter plugging. *Biodiesel Mag*, v. 4, p. 105-112, 2007.
- LIU, Xuesong *et al.* Durability of Cu/SAPO-34 catalyst for NOx reduction by ammonia: Potassium and sulfur poisoning. *Catalysis Communications*, v. 59, p. 35-39, 2015.
- LIU, Yi *et al.* Chemical deactivation of commercial vanadium SCR catalysts in diesel emission control application. *Chemical Engineering Journal*, v. 287, p. 680-690, 2016.
- Manual de Gestão de Integridade, Riscos e Controles Internos da Gestão – Ministério do Planejamento, 2017.
- MING, Shujun *et al.* Chemical deactivation of Cu-SAPO-18 de NOx catalyst caused by basic inorganic contaminants in diesel exhaust. *Chinese Journal of Catalysis*, v. 40, n. 4, p. 590-599, 2019.
- NICOSIA, D.; CZEKAJ, I.; KRÖCHER, O. Chemical deactivation of V2O5/WO3–TiO2 SCR catalysts by additives and impurities from fuels, lubrication oils and urea solution: Part II. Characterization study of the effect of alkali and alkaline earth metals. *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 77, n. 3-4, p. 228-236, 2008.
- NRDDI. Canadian Petroleum Institute and Natural Resources Canada under National Renewable Diesel Demonstration Initiative (NRDDI) Low Temperature Storage Test Phase 2- Identification of Problem Species. R498-2009. Disponível em: <<https://www.canadianfuels.ca/website/media/Images/The%20Fuels%20Industry/PDF/Low-Temperature-Storage-Test-Report-Dec-09-Publication-EN.pdf>>. Acesso em 29 de abril de 2020.
- OROZCO, Francisco D. Avila *et al.* A new flow UV–Vis kinetics spectrophotometric method based on a photodegradative reaction for determining the oxidative stability of biodiesel. *Fuel*, v. 262, p. 116197, 2020.
- PARYANTO, Imam *et al.* Determination of the upper limit of monoglyceride content in biodiesel for B30 implementation based on the measurement of the precipitate in a Biodiesel–Petrodiesel fuel blend (BXX). *Fuel*, v. 258, p. 116104, 2019.
- PLATA, Vladimir; GAUTHIER-MARADEI, Paola; KAFAROV, Viatcheslav. Influence of minor components on precipitate formation and filterability of palm oil biodiesel. *Fuel*, v. 144, p. 130-136, 2015.
- REVISTA EXAME, 2019. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/revista-exame/um-ano-de-conquistas/>>. Acesso em 13 de maio de 2020.
- SIA, Chee Bing *et al.* Evaluation on biodiesel cold flow properties, oxidative stability and enhancement strategies: A review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 24, p. 101514, 2020.
- VAN GERPEN, Jon *et al.* Biodiesel production technology. *National renewable energy laboratory*, v. 1617, p. 80401-3393, 2004.
- U.S. Department of Energy, 2016. Alleman, Teresa L., McCormick, Robert L., Christensen, Earl D., Fioroni, Gina, Moriarty, Kristi, and Yanowitz, Janet. *Biodiesel Handling and Use Guide* (Fifth Edition). United States: N. p., 2016. Web.
- WANG, Huali *et al.* Analysis of sterol glycosides in biodiesel and biodiesel precipitates. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 87, n. 2, p. 215-221, 2010.
- XIE, Kunpeng *et al.* Deactivation of Cu-SSZ-13 SCR catalysts by vapor-phase phosphorus exposure. *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 256, p. 117815, 2019.
- XAVIER, A. C., King, C. W. and Scanlon, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013), *International Journal of Climatology*, pg 2644–2659, May 2016. DOI: 10.1002/joc.4518
- XAVIER, A. C., King, C. W. and Scanlon, B. R. An update of Xavier, King and Scanlon (2016) daily precipitation gridded data set for the Brazil. In *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR. Santos-SP.2017*.
- ZHANG, Hailong *et al.* Effect of Biodiesel impurities (K, Na, P) on non-catalytic and catalytic activities of Diesel soot in model DPF regeneration conditions. *Fuel Processing Technology*, v. 199, p. 106293, 2020.
- ZHU, Na *et al.* Effects of alkali and alkaline earth metals on Cu-SSZ-39 catalyst for the selective catalytic reduction of NOx with NH₃. *Chemical Engineering Journal*, v. 388, p. 124250, 2020.

[1] Ministério de Minas e Energia - Grupo de trabalho para testes com biodiesel. Relatório de consolidação dos testes de ensaios para validação da utilização de biodiesel B15 em motores e veículos. Brasília, 2019. 331 p.

[2] Biodieselbr – Especificação. Frio intenso parou caminhões na BR-277 no Paraná. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/noticias/qualidade/espec/frio-intenso-parou-caminhoes-na-br-277-no-parana-090719>>. Acessado em: 01/04/2020.

[3] Gazeta o Povo. Pane pelo frio causa fila de caminhões na BR-277. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/curitiba/breves/pane-pelo-frio-causa-fila-de-caminhoes-na-br-277>>. Acessado em: 01/04/2020.

[4] Biodiesel Handling and Use Guide (*Fifth Edition*) - November 2016 (https://afdc.energy.gov/files/u/publication/biodiesel_handling_use_guide.pdf)

[5] Recommendation on Additional Requirements for FAME as Blend Component - https://www.agqm-biodiesel.com/application/files/4216/0819/0655/Additional_Requirements.pdf



Documento assinado eletronicamente por **ALEX RODRIGUES BRITO DE MEDEIROS**, Chefe de Núcleo do CPT, em 17/09/2021, às 23:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS ORLANDO ENRIQUE DA SILVA**, Superintendente, em 17/09/2021, às 23:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **ALEXANDRE CARDOSO COSTA CALDEIRA**, Assistente Técnico I, em 03/11/2021, às 11:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **CELMA DA SILVA ANASTACIO ROCCO**, Assessora Técnica de Regulação de Qualidade de Produtos, em 03/11/2021, às 12:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **EDNEIA CALIMAN**, Coordenadora de Qualidade de Combustíveis, em 03/11/2021, às 12:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **ROSSINE AMORIM MESSIAS**, Especialista em Regulação, em 03/11/2021, às 14:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **FILLIPE AUGUSTO DA COSTA GARCIA**, Especialista em Regulação, em 03/11/2021, às 14:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **VALERIA SILVA FERREIRA**, Especialista em Regulação, em 03/11/2021, às 14:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.anp.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1607120** e o código CRC **E25D96CD**.