

Motores movidos a biodiesel como alternativa para a diversificação da matriz energética brasileira

Biodiesel engines as an alternative for the diversification of the Brazilian energy matrix

DOI:10.34117/bjdv7n8-295

Recebimento dos originais: 07/07/2021

Aceitação para publicação: 12/08/2021

Wagner Luis Ferreira

Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biosistemas, Escola de Engenharia

Universidade Federal Fluminense

Endereço: Rua Passo da Pátria, 152, 24210-240, Niterói, RJ, Brasil

E-mail: w.ferreira@globo.com

Cristina Moll Huther

Pós-doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas a Produtos para a Saúde, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal Fluminense

Endereço: Dr. Mario Vianna, 523, 24241-000, Niterói, RJ, Brasil

E-mail: cristinahuther@gmail.com

Ivenio Moreira da Silva

Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental

Universidade Federal Fluminense

Endereço: Rua Passo da Pátria, 152, 24210-240, Niterói, RJ, Brasil

E-mail: ivenio.turmas@gmail.com

Daiane Cecchin

Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental

Universidade Federal Fluminense

Endereço: Rua Passo da Pátria, 152, 24210-240, Niterói, RJ, Brasil

E-mail: daianececchin@yahoo.com.br

Carlos Domingos da Silva

Departamento de Ciências Ambientais

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Endereço: BR 465, Km 47, 23890-000, Seropédica, RJ, Brasil

E-mail: cdomingos@ufrj.br

Carlos Rodrigues Pereira

Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental

Universidade Federal Fluminense

Endereço: Rua Passo da Pátria, 152, 24210-240, Niterói, RJ, Brasil

E-mail: crpereira@id.uff.br

RESUMO

Visto a crescente demanda por atividades econômicas sustentáveis, tornam-se necessários estudos científicos que contribuam para a gestão ambiental, visando a melhoria da cadeia produtiva. No caso dos transportes, com a elevada emissão de agentes poluidores provenientes de motores a combustão, tal contexto se faz ainda mais evidente. Desde março de 2021 os motores movidos a diesel têm, por obrigação legal, uma mistura composta por 13% de biodiesel, participando, ainda, timidamente na matriz energética brasileira. Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar ações economicamente viáveis que possam introduzir o biodiesel em larga escala, substituindo o modelo tradicional de transportes no Brasil, ainda concentrado no petróleo. Para levantamento de dados foram avaliados diagnósticos de indicadores setoriais. Os resultados demonstraram que cerca de 80% da produção de biodiesel provém da soja, observando-se a necessidade de incentivos para uma maior diversificação de matérias-primas. Além disso, o agricultor poderá ter uma valoração dos serviços ecossistêmicos, pois, além de participar da sua cadeia de produção, contribui para a manutenção da qualidade da água e do solo, sequestro de carbono e até preservação de espécies, podendo ser remunerado por serviços ambientais.

Palavras-chave: Biocombustíveis, Sustentabilidade, Energia Renovável, Transportes.

ABSTRACT

Given the growing demand for sustainable economic activities, scientific studies are needed that contribute to environmental management, aiming at improving the production chain. In the case of transport, with the high emission of pollutants from combustion engines, this context is even more evident. Since March 2021 diesel engines have, by legal obligation, a mixture composed of 13% of biodiesel, still participating timidly in the Brazilian energy matrix. Thus, the objective of this work was to verify economically feasible actions that could introduce biodiesel on a large scale, replacing the traditional transportation model in Brazil, still concentrated in oil. For data collection, diagnostic indicators of sectoral indicators were evaluated. The results showed that about 80% of biodiesel production comes from soybean, considering a need of incentives for greater diversification of raw materials. In addition, the farmer can have a valuation of ecosystem services, as well as participating in the its production chain, contributes to the maintenance of water and soil quality, carbon sequestration and even species preservation, and can be remunerated for environmental services.

Keywords: Biofuels, Sustainability, Renewable Energy, Transportation.

1 INTRODUÇÃO

Visto a crescente demanda por atividades econômicas sustentáveis, em virtude dos impactos ambientais oriundos da ação humana, principalmente no setor industrial, torna-se necessária a busca de informações através de estudos científicos que contribuam na gestão ambiental, visando a melhoria da cadeia produtiva.

É neste aspecto que a otimização no emprego de recursos, desde o fornecimento de insumos até o descarte de resíduos, se torna de extrema importância para as empresas e comunidades onde as mesmas se encontram. No caso dos transportes, com a elevada

emissão de agentes poluidores provenientes de motores a combustão, tal contexto se faz ainda mais relevante. Utilizando predominantemente combustíveis não renováveis, principalmente os de origem no petróleo, os motores liberam substâncias nocivas, como o monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂), representando riscos para a saúde das pessoas e para o meio ambiente. Assim, os esforços para a sua gestão e controle devem ser constantes e ininterruptos.

Neste sentido, o emprego de motores movidos a biocombustível – produzidos a partir da biomassa (matéria orgânica), isto é, de fontes renováveis (produtos vegetais ou compostos de origem animal) – tem se apresentado como uma alternativa sustentável para o meio ambiente e de responsabilidade social. Assim, aqui a relevância se apresenta com uma amplitude extremamente coletiva.

O transporte rodoviário de cargas tem um peso predominante na Matriz de Transportes do nosso país. Há um sentimento comum de inquietação por se tratar de uma atividade tão importante que ainda convive com níveis de improdutividade, causados por carência de maior atenção por parte de diversas esferas relacionadas ao setor. Assim, há contínua motivação para melhorias empregadas nesta atividade, no sentido de contribuir diretamente para o desenvolvimento econômico nacional.

Mas, se por um lado o Brasil é referência mundial em biocombustíveis, por que a matriz energética brasileira ainda é fortemente pautada no petróleo? Dessa forma, como os motores movidos a biodiesel podem se tornar uma alternativa efetiva para a sua diversificação?

Os dois principais biocombustíveis líquidos usados no Brasil são o etanol obtido a partir de cana-de-açúcar e, em escala crescente, o biodiesel. Este último é produzido a partir da biomassa (matéria orgânica), isto é, de fontes renováveis (produtos vegetais ou compostos de origem animal), podendo substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia. Enfim, uma alternativa para alcançar o desenvolvimento sustentável, com ganhos econômicos e melhoria da qualidade de vida das pessoas (Mendes, 2015).

Cerca de 48% da energia e 25% dos combustíveis consumidos pelo setor de transportes no Brasil são renováveis. Por outro lado, no resto do mundo, 86% da energia vêm de fontes energéticas não renováveis. Pioneiro mundial no uso de biocombustíveis, o Brasil alcançou uma posição almejada por muitos países que buscam desenvolver fontes renováveis de energia como alternativas estratégicas ao petróleo (ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2020).

Não obstante a tal cenário, no Brasil esta iniciativa pode ser ainda bem mais desenvolvida e disseminada, explorando as potencialidades de acordo com as proporções de um país que foi a sétima economia do mundo, com Produto Interno Bruto (PIB) em torno de 2,3 trilhões de dólares.

Assim, o objetivo deste trabalho é identificar ações economicamente viáveis que possam introduzir o biodiesel em larga escala, substituindo o modelo tradicional de transportes predominante no Brasil que, por sua vez, ainda privilegia uma matriz energética concentrada no petróleo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo teve um caráter exploratório sobre as indústrias e meios de transporte brasileiros, comparando-os com as referências mundiais em desenvolvimento e utilização de biocombustíveis. Os setores agroindustrial e automotivo brasileiros estão entre os maiores do mundo, exportando produtos, tecnologia e inovação. Portanto, uma rica fonte de pesquisa.

O trabalho foi realizado com base às tecnologias e inovações desenvolvidas no setor agroindustrial e automotivo, estudos de viabilidade econômica, consultas a entidades públicas e privadas relacionadas ao assunto, além das fontes de pesquisa e bibliografias, tendo como enfoque a Matriz energética brasileira, Usuários de energia no Brasil, Consumo de energia nos transportes e Matriz de Transportes, para a partir de então, identificar ações economicamente viáveis que possam introduzir o biodiesel em larga escala.

Matriz energética brasileira

Em 2020, a participação de recursos renováveis na Matriz Energética Brasileira manteve-se entre as mais elevadas do mundo, com pequeno crescimento devido particularmente à queda da oferta interna de petróleo e derivados, assim como pela expansão da geração hidráulica, conforme Tabela 1, a seguir:

Tabela 1: Participação de recursos renováveis na Matriz Energética Brasileira (2012 a 2020)

Local	Ano	Participação
Brasil	2012	42,3%
	2013	40,4%
	2014	39,4%
	2015	41,3%
	2016	43,5%
	2017	42,9%
	2018	45,5%
	2019	46,1%
	2020	48,4%
Mundo	2018	13,8%
OCDE	2018	11,0%

Fonte: MME / EPE / BEN, 2021 (Baseado na IEA).

Analisando com maior detalhe através da Tabela 2, a participação entre recursos renováveis e não renováveis, a Matriz Energética Brasileira, em 2020, apresentou a seguinte distribuição:

Tabela 2: Matriz Energética Brasileira - 2020

Recurso	Participação	Total
Biomassa de Cana	19,1%	Renováveis
Hidráulica ⁽¹⁾	12,6%	
Lenha e Carvão	8,9%	
Outras renováveis	7,7%	
Petróleo e derivados	33,1%	Não
Gás Natural	11,8%	
Carvão Mineral	4,9%	
Urânio	1,3%	
Outras não renováveis	0,6%	
Total	100,0%	100,0%

⁽¹⁾ Inclui importação de eletricidade oriunda de fonte

Fonte: MME / EPE / BEN, 2021.

E, ainda mais em detalhe, de acordo com a Tabela 3, especificamente no caso da repartição de ‘Outras renováveis’, temos:

Tabela 3: Detalhe da participação de Outras renováveis (7,7%) - 2020

Recurso	Participação
Lixívia	43,1%
Biodiesel	23,8%
Eólica	22,1%
Outras biomassas ⁽¹⁾	5,1%
Solar	4,2%
Biogás	1,4%
Gás industrial de carvão	0,4%
Total	100,0%

⁽¹⁾ Inclui casca de arroz, capim-elefante e óleos

Fonte: MME / EPÉ / BEN, 2021.

A Tabela 4 demonstra que a variação no uso de outras renováveis, entre 2019 e 2020, teve um acréscimo geral de 7,4% e, neste mesmo período, houve um acréscimo de 8,6% no caso do biodiesel:

Tabela 4: Variação no uso de outras renováveis (2019 vs. 2020), em mil tep

Recurso	2019	2020	□%
Lixívia	8.948	9.576	7,0%
Biodiesel	4.878	5.300	8,6%
Eólica	4.815	4.906	1,9%
Outras biomassas ⁽¹⁾	1.149	1.139	-0,9%
Solar	572	924	61,5%
Biogás	269	311	15,7%
Gás industrial de carvão	81	85	4,3%
Total	20.712	22.241	7,4%

⁽¹⁾ Inclui casca de arroz, capim-elefante e óleos vegetais.

Fonte: MME / EPE / BEN, 2021.

Usuários de energia no Brasil

Mapeando os usuários nacionais de energia, em 2020, pode-se observar que a produção industrial (32,1%) e o transporte (31,2%), juntos, correspondem a mais de 63% (quase 2/3) do consumo de energia no país. Além do setor industrial, nota-se pela Tabela 5, portanto, a importância do setor de transportes – tanto de cargas, como de mobilidade da população – por demanda de energia:

Tabela 5: Usuários de Energia no Brasil - 2020 (%)

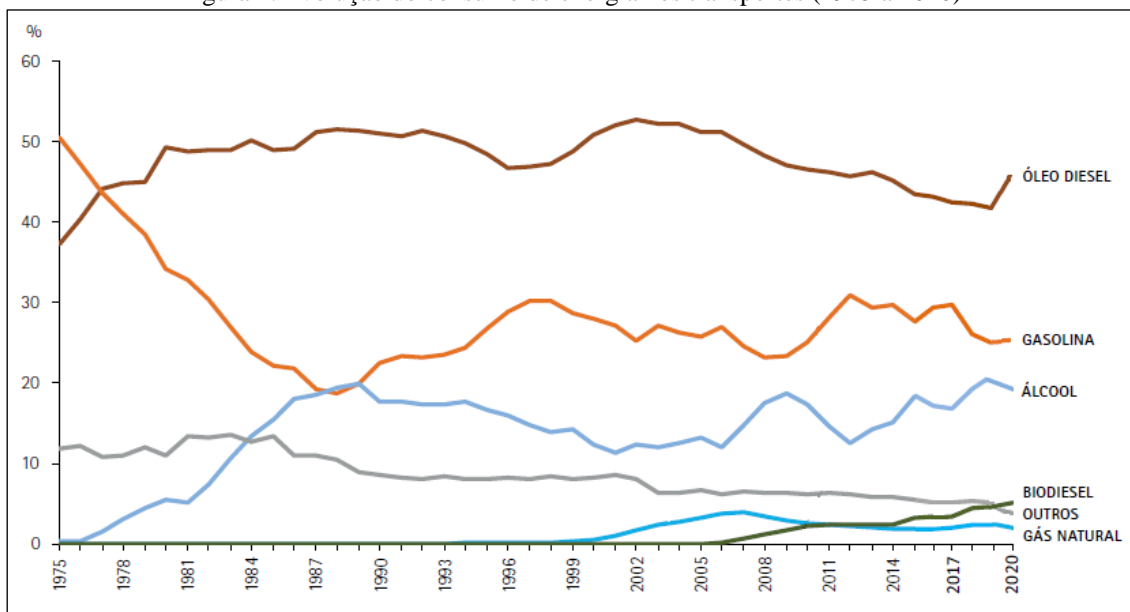
Usuário	Participação
Indústrias	32,1%
Transportes	31,2%
Setor Energético	11,2%
Residências	10,8%
Agropecuária	5,1%
Serviços	4,7%
Uso não energético	4,9%
Total	100,0%

Fonte: MME / EPE / BEN, 2021.

Consumo de energia nos transportes

O consumo de energia no setor de transporte, de acordo com a evolução histórica, está representado na Figura 1.

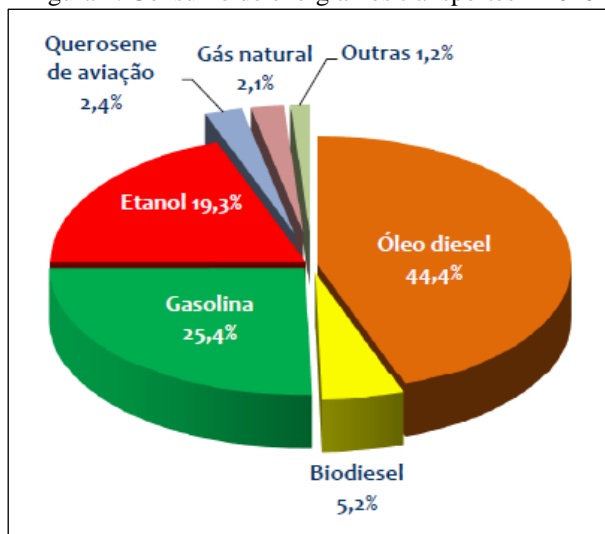
Figura 1: Evolução do consumo de energia nos transportes (1975 a 2020)



Fonte: MME / EPE / BEN, 2021.

Em 2020, o consumo de energia nos transportes através de recursos renováveis foi em torno de 25%, conforme Figura 2, a seguir:

Figura 2: Consumo de energia nos transportes – 2020



Fonte: MME / EPE / BEN, 2021.

Matriz de Transportes

De acordo com o Boletim Estatístico 2021 da Confederação Nacional do Transporte - CNT, o Brasil possui forte dependência em relação ao modal rodoviário, responsável por 64,9% do total de cargas transportadas no país, conforme apresentado na Tabela 6, em bilhões de TKU (tonelada por quilômetro útil).

Tabela 6: Matriz de Transportes de Carga no Brasil – 2020, em bilhões de TKU

Modal	Bilhões	Participação
Rodoviário	1.548,0	64,9%
Ferrovário	356,8	14,9%
Cabotagem	249,9	10,5%
Hidroviário	125,3	5,2%
Dutoviário	106,1	4,4%
Aéreo	0,6	0,0%
Total	2.386,7	100,0%

Fonte: Boletim Estatístico CNT, 2021.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando que as fontes de matérias-primas para a produção de biodiesel são predominantemente de origem vegetal, sua cadeia produtiva pode ser dividida em três elos: 1- Agrícola, 2- Industrial, e 3- Distribuição (Mendes, 2015), conforme a seguir:

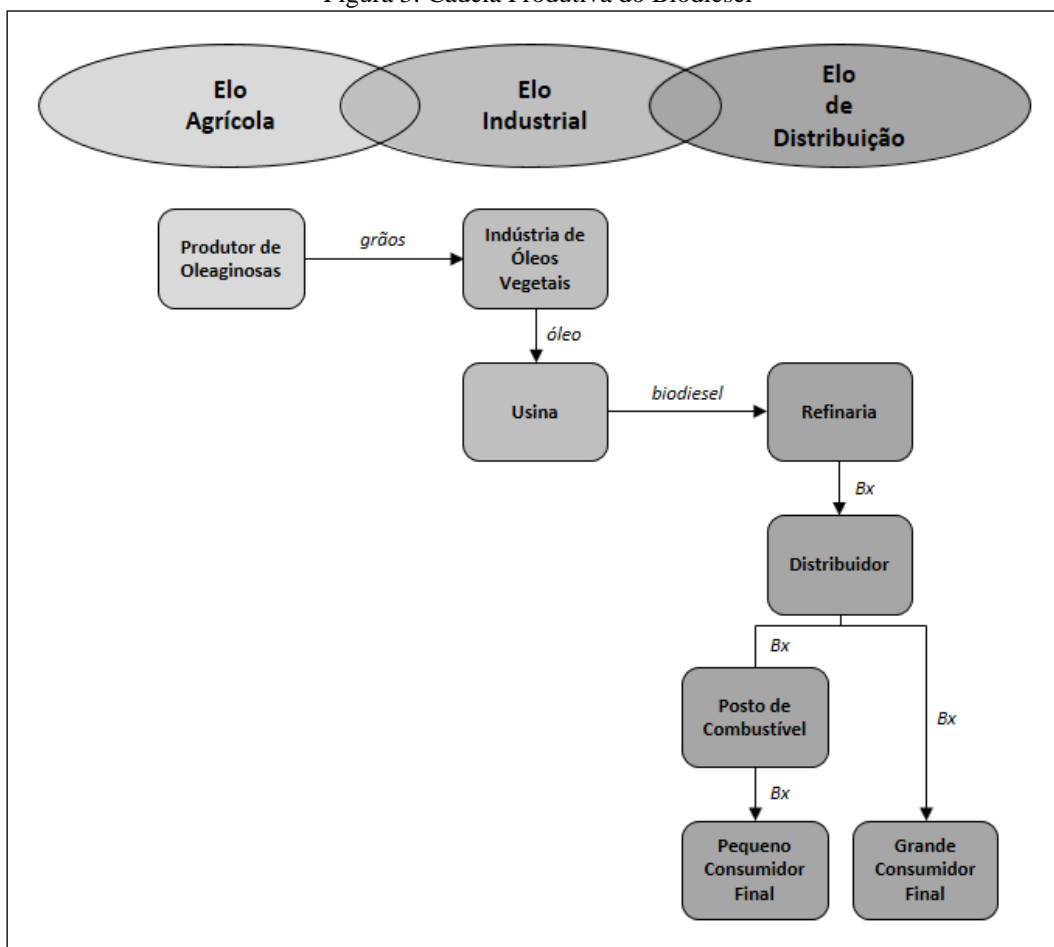
1. O Elo Agrícola compreende a escolha da oleaginosa – levando-se em consideração a produção de alimentos, desmatamento e a biodiversidade – e o sistema de produção agrícola adotado (incluindo a capacidade produtiva da terra, insumos de produção e acesso à terra);

2. O Elo Industrial envolve as empresas de esmagamento e extração de óleo dos grãos e as Usinas, abrangendo a rota tecnológica de produção e seus respectivos requisitos normativos; e

3. O Elo de Distribuição engloba a venda do biodiesel puro (B100), a distribuição e a entrega da mistura diesel/biodiesel (por exemplo, o B10) aos consumidores.

A cadeia produtiva do biodiesel está representada na Figura 3, a seguir:

Figura 3: Cadeia Produtiva do Biodiesel



Fonte: ANP, 2020.

Gargalos

Os três elos acima apresentam significativos gargalos à cadeia produtiva do biodiesel.

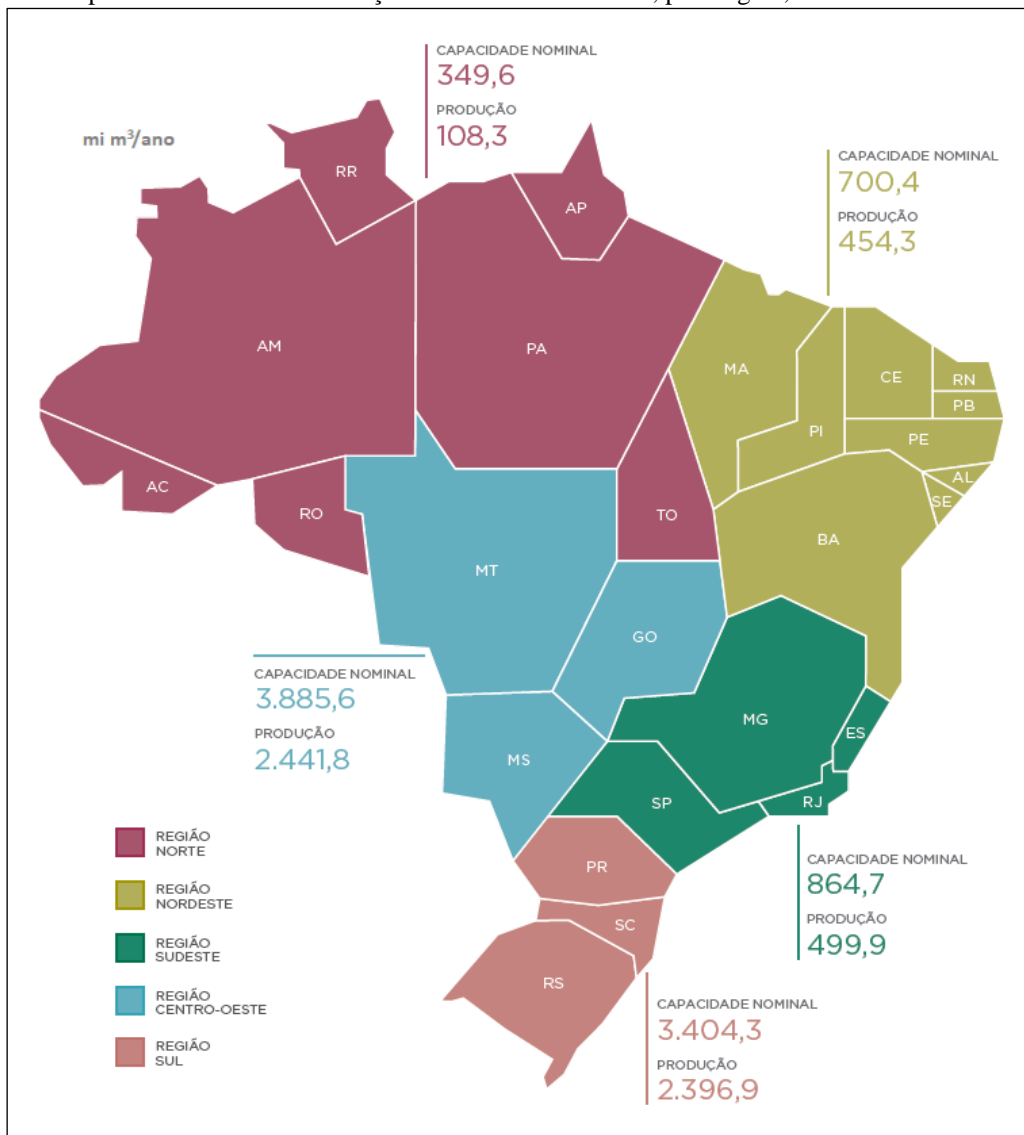
Os principais gargalos do elo agrícola podem ser divididos em dois níveis: a) global, e b) nacional.

a) No nível global, a polêmica ‘biocombustíveis versus alimentos e desmatamento’ para plantação de oleaginosas para produção de biodiesel que levam a mudanças direta e indireta do uso da terra para produção de combustíveis.

b) No nível nacional, o principal gargalo tem sido uma participação tímida da agricultura familiar na cadeia produtiva com 110 mil famílias, das quais 55 mil estão inseridas na cadeia produtiva das Usinas da Petrobras Biocombustíveis. Uma das principais explicações para este problema está na natureza cultural e produtiva das regiões norte e nordeste do país, sendo necessário estabelecer uma nova base produtiva em oposição a este modelo tradicional.

A seguir temos o mapeamento da capacidade nominal e produção de biodiesel no Brasil, por região, em 2019, apresentado pela Figura 4:

Figura 4: Capacidade Nominal e Produção de Biodiesel no Brasil, por Região, em mil m³/ano – 2019



Fonte: ANP – Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2020.

Analisando a Figura 4 acima, podemos identificar a ociosidade da infraestrutura na produção nacional do biodiesel, conforme Tabela 7, a seguir:

Tabela 7: Ociosidade da infraestrutura na produção de Biodiesel no Brasil – 2019 (em milhões de m³/ano)

Região	Capac.	Produção	Improdutividade	Ociosidade
Norte	349,6	108,3	241,3	69,0%
Nordeste	700,4	454,3	246,1	35,1%
Centro-Sudeste	3.885,6	2.441,8	1.443,8	37,2%
Sul	864,7	499,9	364,8	42,2%
Total	3.404,3	2.396,9	1.007,4	29,6%
Total	9.204,6	5.901,2	3.303,4	35,9%

Fonte: ANP – Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2020.

Os principais gargalos do elo industrial podem ser identificados sob dois aspectos:

a) rota produtiva, e b) qualidade.

a) No Brasil têm-se predominado a adoção da rota metílica ao invés da etílica, aumentando o impacto ambiental do uso de biodiesel, conforme a análise de ciclo de vida, tendo em vista que o metanol é de origem fóssil.

b) A baixa qualidade do biodiesel tem causado problemas à motorização dos veículos brasileiros. Após os sucessivos aumentos dos teores de biodiesel (B100) ao diesel, chegando-se aos atuais 10%, começaram a surgir reclamações por parte dos transportadores, operadores logísticos, carreteiros e demais proprietários de veículos sobre a formação de borra nos tanques de armazenamento, gerando a necessidade de uma maior troca de filtros e limpeza dos tanques, onerando seus custos com manutenção.

Por fim, o elo de distribuição apresenta três principais gargalos:

I. Falta de uma metodologia analítica simples para detectar o correto percentual de mistura de biodiesel no diesel;

II. Alto custo do biodiesel frente ao diesel de petróleo:

De forma geral, o local de produção de biomassa está distante dos principais centros consumidores. Assim, briquetes de madeira, por exemplo, não têm valor agregado e pagam frete caro. Quando estes briquetes são de alta qualidade, podem sair do interior do estado de Santa Catarina, por exemplo, e viajar 850 km até a cidade de São Paulo ainda com bom lucro para o fabricante, mesmo sabendo-se que adensados lignocelulósicos são de baixo preço e sem valor agregado por serem para queima. Dependendo da biomassa, distâncias maiores que 150 km entre fabricante e consumidor podem tornar o energético antieconômico. Quando a biomassa agrega valor, distâncias maiores são possíveis e ainda podem permanecer lucrativas.

No caso do frete de galhos de árvores para queima em fornalhas, as termelétricas movidas a este tipo de resíduos precisam de estar dentro da floresta para reduzir custos de transporte.

Dessa forma, alternativas podem ser usadas para reduzir o valor do frete, como:

- Realizar plantios próximos aos locais de uso;
- Secar a matéria-prima antes de carregar;
- Adensar ao máximo a carga;
- Adotar veículos com maior capacidade de carga (treminhões ou rodotrens de até 35 toneladas por viagem, por exemplo);
- Contratar fretes simultâneos de ida e volta (otimizando viagens com outros produtos);
- Promover ganho de escala com o transporte de grandes volumes num menor espaço de tempo;
- Estimular a produtividade por veículo (possibilitando o máximo de viagens num determinado período, com veículo em regime de 24 horas e múltiplos motoristas);
- Reduzir os tempos de carga e descarga, etc.

Outra alternativa é elevar a densidade energética, visto que a matéria-prima é adquirida por esta característica, e não por seu volume físico.

III. Entraves logísticos à distribuição do biodiesel:

A logística do biodiesel tem sido problemática, pois o modal utilizado tem sido o rodoviário e faltam dutos, ferrovias e hidrovias para escoamento da produção. Segundo estudos do Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Combustíveis e de Lubrificantes – SINDICOM, o tempo médio de coleta do biodiesel em 2010 pelas distribuidoras nas Usinas de biodiesel é de 5,5 dias para uma distância média percorrida de 1304 km. No caso do diesel fóssil, o produto é bombeado por duto diretamente da refinaria para as bases primárias das distribuidoras.

O PNPB

Lançado em 2004, o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) é um Programa Interministerial do Governo Federal, com o objetivo de implementar, de modo sustentável, econômica e tecnicamente, a produção e uso de biodiesel, focando a inclusão social e o desenvolvimento regional por meio da criação de emprego e renda,

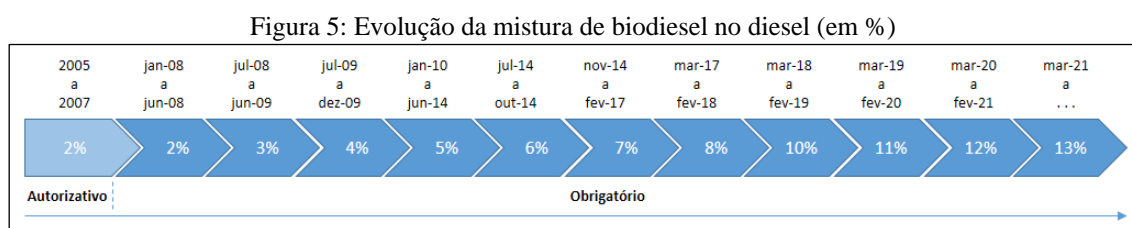
com a consequente redução da dependência externa de importações de óleo diesel, além de garantir preços competitivos, qualidade e suprimento.

Os biocombustíveis representam, portanto, uma oportunidade para um novo ciclo de desenvolvimento rural, podendo contribuir para a construção de uma sociedade moderna baseada em biomassa, que é também sustentável ambientalmente e que permite a inclusão social.

O princípios e diretrizes do PNPB são:

- Implantação de um programa de desenvolvimento sustentável;
- Promoção da inclusão social;
- Garantia de preços competitivos, qualidade e suprimento;
- Produção de biodiesel de diferentes plantas oleaginosas em regiões diversas.

Com o PNPB, a evolução da mistura de biodiesel no diesel pode ser observada através da Figura 5, a seguir:



Fonte: ANP, 2021.

Fronteira Agrícola

Em 2017, um estudo do Grupo de Inteligência Territorial Estratégica (Gite) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) aponta que a vegetação nativa preservada ocupa 61% de todo o território brasileiro. Dos 850.280.588 hectares que compõem o território brasileiro, temos:

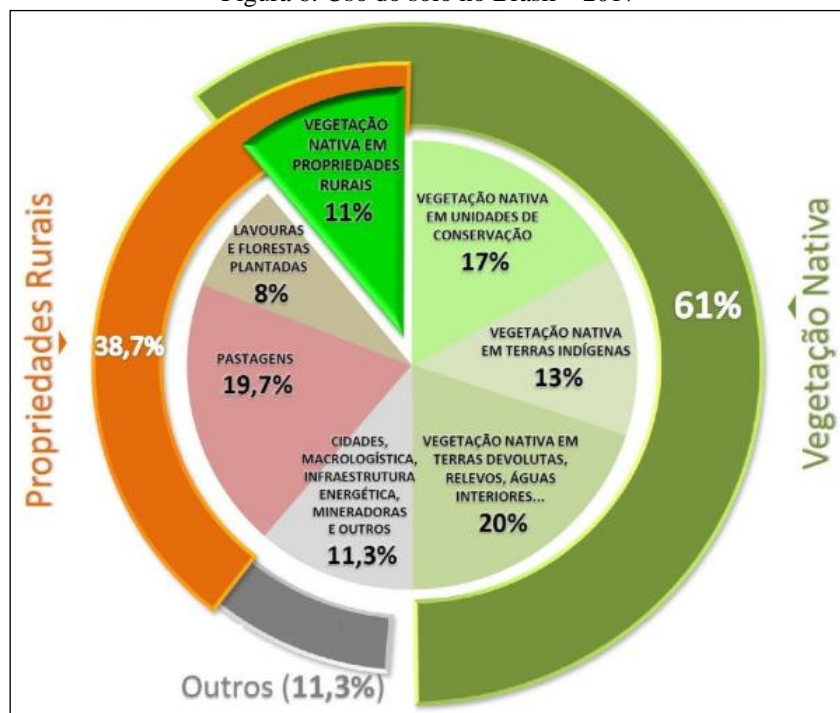
- 11% são de áreas de vegetação nativa em propriedades rurais, como as de Reserva Legal (RL) e as Áreas de Proteção Permanente (APPs);
- 17% compreendem vegetação nativa em unidades de conservação;
- 13% correspondem vegetação nativa em terras indígenas; e
- 20% são vegetação nativa em terras devolutas, relevos, águas interiores, etc., totalizando 61%.

Tais dados foram atualizados no fim de 2016 pela EMBRAPA com base em informações da própria instituição e de outros órgãos do Poder Público e entidades da

iniciativa privada, como: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), Ministério do Meio Ambiente, Fundação Nacional do Índio (Funai), Agência Nacional das Águas (ANA) e Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (MPOG).

O uso do solo no Brasil, em 2017, é ilustrado com detalhes na Figura 6, a seguir:

Figura 6: Uso do solo no Brasil – 2017



Fonte: EMBRAPA, IBGE, CNA, MMA, Funai, DNIT, ANA e MPOG, 2017.

Os outros 39% do território brasileiro estão distribuídos entre as áreas ocupadas pelas lavouras e florestas plantadas (8%), pastagens (19,7%) e cidades, macrologística, infraestrutura, energética, mineradoras e outras (11,3%).

Quando somada a área da agricultura e da pecuária e ainda as áreas de vegetação nativa preservadas dentro dos imóveis rurais, as propriedades rurais representam um total de 38,7% do território nacional, demonstrando o quanto nossa fronteira agrícola pode avançar.

4 CONCLUSÕES

É necessário um ambiente mercadológico mais favorável a investimentos em a) novas matérias-primas, b) novas regiões produtoras, e c) produtos e logística mais econômicos, viabilizando maiores investimentos em pesquisa, produção e distribuição. E o PNPB, protagonista deste setor, apresenta-se como o melhor candidato a seguir adiante

com sua vocação estratégica, mas a partir de agora através de uma abordagem inovadora e mais consistente a longo prazo, viabilizando o desenvolvimento e rentabilidade dos atuais players e o interesse de players entrantes. O zoneamento agroecológico no Brasil ainda oferece condições para uma exploração mais otimizada de áreas cultiváveis, como por exemplo: a) as novas fronteiras agrícolas localizadas nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste; b) o uso de tecnologia avançada voltada para a agricultura com baixa emissão de carbono; e c) a elevada produtividade por hectare.

Por fim, a produção de outros produtos agrícolas para aumentar a diversificação de matérias-primas como alternativa à produção de biodiesel. Além de evitar o elevado nível de dependência da soja, a maior diversificação de matérias-primas proporciona também variação nas formas de renda em diferentes períodos de colheita ao longo do ano. Várias opções são possíveis, como os óleos de milho, algodão, babaçu, pinhão-manso, colza (amplamente utilizado na Europa); outros materiais graxos, como o óleo de palma (dendê), de amendoim, de nabo-forrageiro, de girassol, de mamona, de sésamo, de fritura usada, entre outros; a gordura animal (bovina, de frango e de porco); e até algas, tanto de água salgada, como de água doce. Com a diversificação de culturas, o agricultor poderá ter uma valoração dos serviços ecossistêmicos, pois, além de participar da cadeia de produção do biodiesel, contribui para a manutenção da qualidade da água e do solo, sequestro de carbono e até preservação de espécies, podendo ser remunerado por serviços ambientais.

CONFLITO DE INTERESSES

Não há conflito de interesses.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ.

REFERÊNCIAS

ACCARINI, J. H. Programa Nacional de Biodiesel, Cenário Atual e Perspectivas. In: Seminário Biodiesel – Fonte de energias das oleaginosas em Pernambuco: evolução do cenário e novas perspectivas no Brasil. Recife, Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS – ANP. Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis – 2020. Rio de Janeiro: ANP, 2020. <<http://www.anp.gov.br/arquivos/central-conteudos/anuario-estatistico/2020/anuario-2020.pdf>>. 10 Abr. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS – ANP. Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis – 2011. Rio de Janeiro: ANP, 2011. <<http://www.anp.gov.br/arquivos/central-conteudos/anuario-estatistico/2011/anuario-2011.pdf>>. 21 Nov. 2018.

CHIAVARI, J. Assessment of the Potencial for Producing Liquid Biofuels from Alternative Feedstocks Grown on Degraded Land and Saline Soils. Journal of biobased materials and bioenergy, v. 4, n. 3, p. 267-287, 2010.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. Boletim Estatístico – 2021. Brasília: CNT, 2021. <<https://www.cnt.org.br/boletins>>. 17 Abr. 2021.

DEMIRBAS, M. F. Biofuels for future transportation necessity. Energy education science and technology - part a: Energy science and research, v. 26, n. 1, p. 13-23, 2010.

DEMIRBAS, M. F. Biorefineries for biofuel upgrading: a critical review. Applied energy, v. 86, n. S151-S161, 2009.

GARCEZ, C.; VIANNA, J. Brazilian Biodiesel Policy: social and environmental considerations. Energy, v. 34, p. 645-654, 2009.

GRANDA, C. B.; ZHU, L.; HOLTZAPPLE, M. T. Sustainable liquid biofuels and their environmental impact. Environmental progress, v. 26, n. 3, p. 233-250, 2007.

GUARIEIRO, L.; PINTO, A.; AGUIAR, P.; RIBEIRO, N. Metodologia analítica para quantificar o teor de biodiesel na mistura biodiesel: diesel utilizando espectroscopia na região do infravermelho. Química Nova, São Paulo, vol. 31, n. 2, 2008.

HOLANDA, A. Biodiesel e inclusão social. Série caderno de altos estudos. Brasília: Câmara dos Deputados, 2004.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. <<https://www.iea.org/>>. Acesso em: 7 Out. 2020.

JAIN, S.; SHARMA, M. P. Prospects of biodiesel from Jatropha in India: A review. Renewable & sustainable energy reviews, v. 14, n. 2, p. 763-771, 2010.

KARAS, E. L. Programas de utilização de combustível alternativo. In: BIODIESEL CONGRESS, São Paulo. Anais... São Paulo: Informa Group, 2010.

LAPOLA, D.; SCHALDACHA, R.; ALCAMOA, J.; BONDEAUD, A.; KOCHA, J.; KOLKINGA, C.; PRIESSE, J. Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil. PNAS, v. 107, n. 8, p. 3393, 2010.

MAJER, S.; MUELLER-LANGER, F.; ZELLER, V.; KALTSCHMITT, M. Implications of biodiesel production and utilisation on global climate - A literature review. European Journal of Lipid Science and Technology, v. 111, n. 8, p. 747-762, 2009

MARCONDES, F. Desafios logísticos para o transporte e distribuição dos combustíveis com novas especificações. In: FÓRUM DE DEBATES SOBRE QUALIDADE E USO DE COMBUSTÍVEIS - 2010, São Paulo. Anais... São Paulo, IBP, 2010.

MARTINS, J. Logística de distribuição de biodiesel no Brasil. In: Seminário Lationamericano y Del Caribe de Biocombustíveis – 2007. El Salvador. Anais... El Salvador: OLADE, 2007.

MENDES, P. A. S.; BARROS, A. K.; D'AVILA, L. Papel estratégico da ANP: a importância dos leilões e o desafio da produção sustentável de biocombustíveis. RIO OIL & GAS EXPO AND CONFERENCE – 2010, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: IBP, 2010.

MENDES, PIETRO ADAMO SAMPAIO. Sustentabilidade na Produção e Uso do Biodiesel. Curitiba: Appris, 2015.

PATTERSON, T.; DINSDALE, R.; ESTEVES, S. Review of energy balances and emissions associated with biomass-based transport fuels relevant to the United Kingdom context. Energy & Fuels, v. 22, n. 5, p. 3506-3512, 2008.

RAMOS, L.; WILHELM, H. M. Current status of biodiesel development in Brazil. Applied Biochemistry and Biotechnology, v. 121, p. 807-819, 2005.

SACHS, I. The Biofuels Controversy. The United Nations Conference on Trade and Development. New York, 2007.

SANTOS, O. I. B.; RATHMANN, R. Identification and analysis of local and regional impacts from the introduction of biodiesel production in the state of Piauí. Energy Policy, v. 37, n. 10, p. 4011-4020, 2009.

SHEEHAN, J. J. Biofuels and the conundrum of sustainability. Current Opinion on Biotechnology, v. 20, n. 3, p. 318-324, 2009.

SMYTH, B. M.; GALLACHOIR, B. P. O.; KORRES, N. E.; MURPHY, J. D. Can we meet targets for biofuels and renewable energy in transport given the constraints imposed by policy in agriculture and energy? Journal of Cleaner Production, v. 18, n. 16-17, p. 1671-1685, 2010.

SOLOMON, B. D. Biofuels and sustainability. *Ecological Economics Reviews*, v. 1185, p. 119-134, 2010.

TAKAHASHI, F.; ORTEGA, E. Assessing the sustainability of Brazilian oleaginous crops - possible raw material to produce biodiesel. *Energy Policy*, v. 38, n. 5, p. 2446-2454, 2010.

TAO, J.; DAI, C. C.; JIANG, B. J. The Current Status and Prospect of Biodiesel. *Energy & Environment*, v. 20, n. 8, v. 21, n. 1, p. 1397-1406, 2009.

UPHAM, P.; THORNLEY, P.; TOMEI, J.; BOUCHER, P. Substitutable biodiesel feedstocks for the UK: a review of sustainability issues with reference to the UK RTFO. *Journal of Cleaner Production*, v. 17, p. 37-45, 2009.

VACCARO, G. L. R.; POHLMANN, C.; LIMA, A. C.; DOS SANTOS, M. S.; DE SOUZA, C. B.; AZEVEDO, D. Prospective scenarios for the biodiesel chain of a Brazilian state. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, v. 14, n. 4, p. 1263-1272, 2010.

WEI, P. C.; MAY, C. Y.; NGAN, M. A. Life Cycle Assessment for the Production and Use of palm biodiesel (part5). *Journal of Oil Palm Research*, v. 22, p. 927-933, 2010.

WICHE, B.; DORNBURG, V.; JUNGINGER, M.; FAAIJ, A. Different palm oil production systems for energy purposes and their greenhouse gas implications. *Biomass & Bioenergy*, v. 32, n. 12, p. 1322-1337, 2008.

WORLD BANK. *The World Bank Annual Report 2014*. Washington, DC. ©World Bank, 2014. < <https://elibrary.worldbank.org/doi/abs/10.1596/978-1-4648-0245-4>>. 8 Nov. 2018.