

RELATÓRIO TÉCNICO – P3

Projeto:

Desenvolvimento de metodologia de baixo custo para mensurar, reportar e verificar as emissões CO₂, MP e Consumo Energético em Transportes Urbanos.

Agência de Fomento:

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ.

SEI Processo:

260003/011958/2021

Proponente:

Cintia Machado de Oliveira

Equipe técnica:

Rodrigo Rodrigues de Freitas

Joyce Azevedo Caetano

Matheus de Souza e Silva

Sophia Lay

Sumário

Projeto – Parte 3.....	3
Resumo do Projeto	3
Objetivo do Projeto	3
Resultados Esperados.....	3
Descrição do Produto	4
Resultados	4
1. Diagnóstico das regiões de estudo	4
1.1. Noroeste Fluminense.....	6
1.2. Norte Fluminense	10
1.3. Centro Fluminense.....	13
1.4. Baixadas Litorâneas.....	16
1.5. Sul Fluminense	19
1.6. Metropolitana do Rio de Janeiro	22
2. Painel de dados	26
3. Prospecção de cenários	26
3.1 Noroeste Fluminense.....	26
3.1.2 Dados de emissões da mesorregião Noroeste Fluminense	27
3.2 Norte Fluminense	32
3.2.1 Dados de emissões da mesorregião Norte Fluminense	33
3.3 Centro Fluminense.....	38
3.3.1 Dados de emissões da mesorregião Centro Fluminense	39
3.4 Baixada Litorânea Fluminense.....	45
3.4.1 Dados de emissões da mesorregião Baixada Litorânea Fluminense	46
3.5 Sul Fluminense	51
3.5.1 Dados de emissões da mesorregião Sul Fluminense	53
3.6 Metropolitana Fluminense.....	58
3.6.1 Dados de emissões da mesorregião Metropolitana Fluminense	60
4. Eficiência Energética em Transporte.....	65
4.1 Prospecção do consumo energético em transporte	67
5. Material Particulado.....	71
5.1 Prospecção do consumo energético em transporte	75
6. Indicadores de Desempenho.....	77
7. Conclusões.....	78
Referências	82
Apêndice – Síntese das emissão de CO ₂ dos 92 municípios do estado do Rio de Janeiro.....	86

Projeto – Parte 3

Desenvolvimento de metodologia de baixo custo para mensurar, reportar e verificar as emissões CO₂, MP e Consumo Energético em Transportes Urbanos. Processo SEI: 260003/011958/2021.

Resumo do Projeto

O impacto na adição do biodiesel no combustível para transporte e sua relação entre dióxido de carbono (CO₂), material particulado (MP) e consumo energético tem apresentado lacunas na busca por pesquisas que utilizam uma abordagem diferenciada para que todas as cidades possam mensurar as emissões que prejudica o meio ambiente, sem a necessidade de mensurar a frota circulante. O elevado custo de pesquisa para as cidades não permite que muitas calculem esses dados, a fim de desenvolver e analisar a série histórica e o impacto de políticas de mitigação de emissões. A metodologia apresenta um processo para estimar as emissões divididas em quatro etapas como: venda de diesel, fluxo de veículos que entram e saem da cidade, distância viajada e cálculos das emissões de CO₂, MP e consumo energético. Pesquisas anteriores apontam que políticas de aumento do consumo de biodiesel apenas atenua as emissões de CO₂, MP, pois pneus, freios e pista possuem partículas que podem contribuir para o aumento de mortes por doenças respiratórias.

Objetivo do Projeto

A pesquisa busca desenvolver uma metodologia de baixo custo, para que as cidades de médio a grande porte possam mensurar e avaliar as emissões de CO₂, MP e consumo energético, de forma a desenvolver políticas de boas práticas e mitigar os danos ao meio ambiente. Como objetivos específicos, pretende-se verificar a relação das emissões locais com número de casos de doenças respiratórias e desenvolver um processo tecnológico que seja prático e de fácil utilização para o monitoramento das emissões, a fim de comparar os períodos e os impactos sazonais.

Resultados Esperados

Como o enfoque desta pesquisa é tornar as cidades mais sustentáveis através da Logística de Transportes Urbanos (transporte de carga e passageiros em área urbana) espera-se como resultados:

- a) Incentivar as cidades a conhecerem suas emissões relacionadas ao transporte urbano. O propósito é mapear os principais problemas causados pelas emissões e desenvolver políticas públicas e parcerias regionais com entes privados para soluções sustentáveis que envolvam os aspectos econômico, social e ambiental. Neste caso, a pesquisa utilizará de forma intrínseca para mensurar as emissões a metodologia da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC) e conformidade com a discussão do Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação da Mudança do Clima (PSTM);
- b) Desenvolver conhecimento através de relatórios para que o desenvolvimento urbano seja de forma sustentável, e que no longo prazo, as questões fundamentais de qualidade de vida alcancem toda a sociedade, de maneira a organizar a seleção dos dados, aplicação do método e validação através de *backtests* computacionais;

- c) Incrementar procedimentos tecnológicos de verificação das emissões relacionadas a Logística dos Transportes Urbanos e o desenvolvimento de banco de dados, a fim de comparar as emissões antes e depois de implantação de boas práticas, esse processo é conhecido como *business as usual* (BAU). Neste caso, poderão ser utilizadas outras metodologias que ao longo do projeto possam demandar.

Descrição do Produto

No que tange ao escopo mapeado para o terceiro e último ano da pesquisa em questão, as atividades foram desenvolvidas conforme cronograma de execução destacado na proposta do projeto.

Considerando então a conclusão de tais tarefas, o relatório final aqui apresentado objetiva sintetizar os resultados obtidos durante a pesquisa, bem como divulgar alguns indicadores que permitem avaliar o desempenho do projeto. O documento também sintetiza as conclusões do estudo.

Resultados

Esta seção apresenta os resultados do Produto P3, de acordo com as atividades mapeadas para o terceiro ano da pesquisa.

1. Diagnóstico das regiões de estudo

Conforme aponta a Companhia de Desenvolvimento Industrial do Estado do Rio de Janeiro (2024), o estado do Rio de Janeiro possui uma economia diversificada e estratégica, se destacando por sua forte presença nos setores industrial, de serviços e de tecnologia, além de contar com o segundo maior parque industrial do país. Essa estrutura favorece o transporte de cargas e passageiros em larga escala, impactando diretamente o consumo energético e as emissões veiculares. Além disso, a relevância do Rio de Janeiro como um dos principais destinos turísticos do Brasil e centro comercial do país amplia ainda mais a demanda por transporte. Diante desse cenário, busca-se destacar a evolução das emissões de CO₂, material particulado (MP) e o consumo energético dos veículos no estado ao longo dos anos, analisando tendências e possíveis influências externas que afetaram esses indicadores.

A emissão de dióxido de carbono pelos veículos no estado do Rio de Janeiro apresentou uma tendência de crescimento até o ano de 2015 – Figura 1. Esse aumento pode estar relacionado à expansão da frota de veículos, ao crescimento econômico e ao aumento da demanda por transporte. No entanto, a partir de 2015, observou-se uma redução nas emissões, influenciado pela crise econômica que afetou o Brasil nesse período. Após essa queda, as emissões voltaram a subir em 2019, sugerindo uma retomada da economia, ainda que pouco expressiva. Em 2020, verificou-se uma nova queda nas emissões de CO₂, diretamente relacionada à pandemia da Covid-19, que resultou em restrições de mobilidade em geral. Com a flexibilização das restrições e a recuperação gradual da economia, as emissões voltaram a subir nos anos seguintes, justificando a variação dos níveis de CO₂ emitidos pelos veículos no estado.

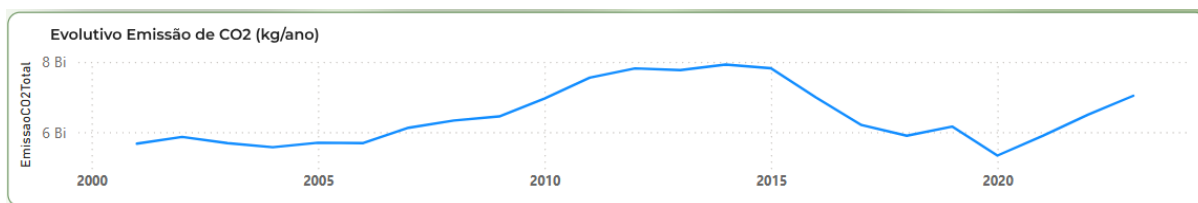


Figura 1: Emissão de CO2 por veículos no estado do Rio de Janeiro.

A Figura 2 mostra a emissão de material particulado por veículos de carga e de passageiros no estado do Rio de Janeiro. Quanto aos veículos de carga, observa-se uma certa estabilidade nas emissões entre 2000 e 2010, seguida por um aumento gradual até 2015. Esse crescimento pode ser atribuído à expansão da atividade econômica, incluindo setores industriais, comerciais e de serviços, provocando o aumento do transporte rodoviário de mercadorias, fundamental para a economia do estado. Nos anos seguintes, as emissões oscilaram, mas permaneceram em níveis elevados, retomando a tendência de alta após 2020. Esse comportamento pode estar ligado ao aumento da movimentação de mercadorias, refletindo a recuperação econômica e a intensificação das atividades logísticas, especialmente impulsionadas pelo crescimento do comércio eletrônico.

Para os veículos de passageiros, a tendência foi de um crescimento mais constante ao longo dos anos. Desde 2000, as emissões de material particulado por essa categoria aumentaram progressivamente. Esse comportamento pode estar relacionado à dinâmica da mobilidade urbana, influenciada pelo aumento populacional e pela urbanização das cidades, fatores que impulsionam a maior circulação de pessoas e, conseqüentemente, de veículos nas áreas urbanas.

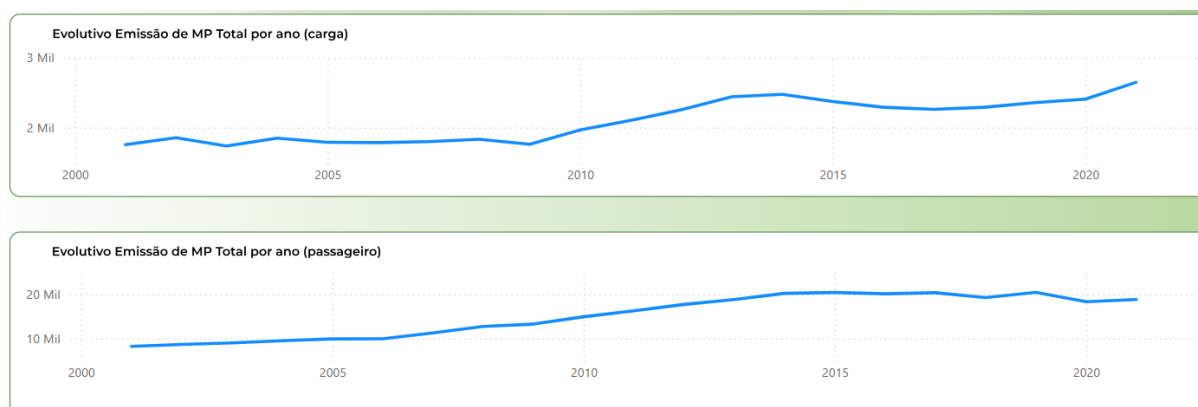


Figura 2: Emissão de MP por veículos de carga e de passageiros no estado do Rio de Janeiro.

O consumo energético dos veículos no estado do Rio de Janeiro pode ser analisado com base no tipo de combustível utilizado, destacando-se o diesel e o biodiesel (Figura 3). Nos últimos anos, houve esforços para a introdução de combustíveis alternativos, como o biodiesel, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais. O monitoramento das emissões de poluentes atmosféricos, atribuído ao PROCONVE, gradativamente, incentivou a adição de biodiesel ao diesel como forma de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, gases poluentes e material particulado. Esse processo ocorreu com a autorização do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE, 2019), a adição de 2% em 2005, 3% em 2008, 4% em 2009, 5% em 2010, 6% em 2014 e 7% em 2015, sabendo que no corrente ano, o volume obrigatório é de 12%, alcançando 14% em março de 2024 e para 15% em 2025.

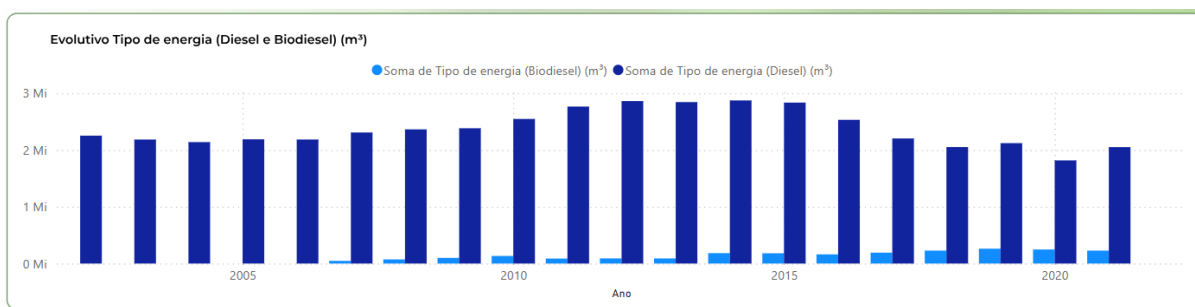


Figura 3: Consumo energético por veículos no estado do Rio de Janeiro conforme tipo – diesel e biodiesel.

Nas subseções a seguir são exploradas as mesorregiões do estado do Rio de Janeiro, analisando de forma mais detalhada as variações nas emissões em diferentes áreas, considerando as particularidades regionais e os desafios enfrentados em cada uma delas.

1.1. Noroeste Fluminense

O Noroeste Fluminense é composto por 13 (treze) municípios: Aperibé, Bom Jesus do Itabapoana, Cambuci, Italva, Itaocara, Itaperuna, Laje do Muriaé, Miracema, Natividade, Porciúncula, Santo Antônio de Pádua, São José de Ubá e Varre-Sai. De acordo com o IBGE (2022), essa mesorregião concentra cerca de 2% da população do estado do Rio de Janeiro e apresenta a menor densidade demográfica entre todas as regiões do Estado. O conjunto de municípios se caracteriza, principalmente, por atividades relacionadas ao setor de comércio e serviços, com destaque também para a administração pública e a produção agropecuária.

Um ponto interessante a ser destacado é que, apesar do crescimento contínuo da frota de veículos entre 2001 e 2023 (SENATRAN, 2024), o comportamento das emissões de dióxido de carbono no Noroeste Fluminense não apresentou a mesma tendência, o que pode estar relacionado a mudanças econômicas e/ou sociais ao longo desse período – ver Figura 4. Em particular, entre 2002 e 2006, essa diferença pode ser explicada por um período de estagnação econômica, pela crise no setor agropecuário e por questões ambientais.

O Noroeste Fluminense, historicamente, sofre com problemas estruturais da economia regional, caracterizada por baixo dinamismo e pela incapacidade de reter a força de trabalho, somado à periferação em relação à mesorregião Norte Fluminense (Piraciaba e Lemos, 2005; Marafon e Ribeiro, 2017). Tais fatores, associados a dificuldades econômicas, podem ter levado a uma menor circulação de veículos e a uma redução da mobilidade regional durante os períodos de baixa atividade econômica, refletindo no comportamento das emissões no setor de transporte. Além disso, os desmatamentos tornaram a região mais vulnerável e suscetível a migrações populacionais (Marafon e Ribeiro, 2017), o que também pode ter contribuído para a redução da demanda por deslocamentos e, conseqüentemente, para a menor intensidade no setor.

Posteriormente, a partir de 2006, observa-se uma tendência de crescimento nas emissões de CO₂ até 2014, com destaque para o ano de 2012, quando foi registrado o maior nível de emissões. Este comportamento pode estar relacionado ao crescimento econômico. De acordo com a Secretaria de Estado da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico (2017a), o Produto Interno Bruto (PIB) e o Valor Adicionado Bruto (VAB) tiveram variações positivas entre 2006 e 2012, refletindo uma expansão da atividade econômica, incluindo setores industriais, comerciais e de serviços. Além disso, entre 2006 e 2014, a elevação do número total de empregados em ocupações formais no Noroeste Fluminense esteve acima do crescimento do estado, principalmente em atividades

ligadas à indústria de transformação, a serviços de utilidade pública (empresas geradoras e distribuidoras de energia elétrica, gás, água, esgoto e limpeza urbana), ao comércio e serviços e à administração pública. Para mais, pontua-se que o pico de emissões em 2012 pode ter sido influência da redução do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual ou Intermunicipal e de Comunicações (ICMS), comparando o ano de 2012 ao de 2006. Esse cenário pode ter contribuído para o aumento da movimentação de mercadorias e, por consequência, do transporte de carga, pois o menor custo tributário torna as operações comerciais mais baratas e atrativas.

Após 2014, observa-se uma reversão significativa na tendência de crescimento das emissões, mantendo-se em queda até 2018. Esse período coincide com a recessão no Brasil (2014 a 2016), cujos efeitos se estenderam ao triênio posterior (até 2019), marcado por uma recuperação lenta (Balassiano, 2020). Essa redução pode ser explicada, em grande parte, pela retração na atividade econômica, que afetou significativamente o transporte rodoviário. Com a queda de 3,1% no PIB em 2015 e a retração de 4,6% no setor de transporte rodoviário de cargas no mesmo ano, houve uma diminuição expressiva na demanda por serviços de transporte (Confederação Nacional do Transporte, 2016). O período também foi marcado por um aumento significativo nas taxas de desemprego, o que reduziu o poder de compra da população e, conseqüentemente, a demanda por bens e serviços. Esses fatores, somados ao aumento dos custos operacionais, levaram muitas transportadoras a operarem com margem negativa, restringindo suas atividades e investimentos no setor (Confederação Nacional do Transporte, 2016; Balassiano, 2020). Seguindo a tendência nacional, o Noroeste Fluminense, durante esse período, teve impactos negativos relacionados a emprego e renda, além de perceber os efeitos da queda dos repasses dos royalties, que agravou a situação no estado do Rio de Janeiro (Silveira, 2018). Essa combinação resultou em um impacto direto sobre o panorama de emissões observado na mesorregião.

Nota-se que, entre 2018 e 2019, houve um leve aumento nas emissões de CO₂. Este comportamento acompanha o crescimento a nível nacional. Conforme pontuado pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente (2020), os modos de transporte no Brasil emitiram 196,5 Mt de CO₂e em 2019, o que representa um aumento de 1% em relação a 2018, provocado pelo acréscimo da demanda por combustíveis. O IEMA aponta ainda que as emissões só não foram mais expressivas, pois em 2019 foi o ano em que mais se consumiu biocombustíveis (etanol e biodiesel) no país. Somado ao aumento na demanda, tem-se o crescimento do PIB fluminense (Sistema FIRJAN, 2019a). A melhora, ainda que suave, da atividade econômica no Estado pode então ter contribuído para o aumento das emissões entre os anos citados.

O menor nível de emissões foi observado em 2020, reflexo do início da pandemia do novo coronavírus, que resultou em uma desaceleração da atividade econômica e na redução da demanda por petróleo, cenário intensificado pela queda acentuada na cotação internacional do barril de petróleo (Sistema FIRJAN, 2020). Ainda, o ano foi marcado por desligamentos em postos de trabalho formais. De acordo com o Sistema FIRJAN (2021), entre as atividades econômicas, o setor do comércio foi o mais impactado pela crise, registrando um saldo negativo de 469 demissões em 2020, seguido pela indústria, com a perda de 135 postos de trabalho formais no mesmo período. De modo semelhante, mas não em mesma magnitude, o setor de transporte registrou grande impacto negativo. Por conta de restrições sanitárias, os deslocamentos urbanos foram menos frequentes, incluindo entre os passageiros do transporte público por ônibus, que utilizam motores a diesel. O transporte de carga também foi afetado em 2020, embora de maneira distinta em relação ao transporte de passageiros. Houve necessidade de adaptação das operações logísticas ao novo padrão de consumo em função do comércio eletrônico. Este novo formato de compras (e-commerce) contribuiu para o aumento gradual das emissões observado a partir de

2021. Conforme aponta uma matéria publicada pela E-commerce Brasil (2021), o comércio eletrônico no Brasil registrou um faturamento recorde em 2021, que totalizou mais de R\$ 161 bilhões, um crescimento de 26,9% comparado ao ano anterior.

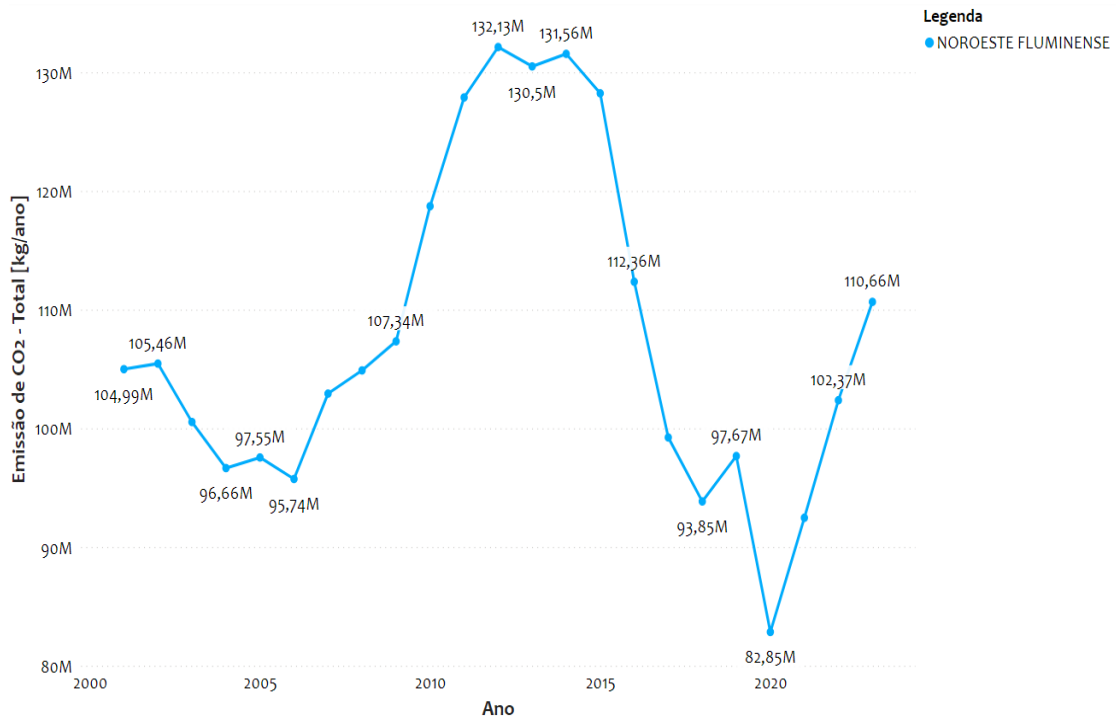


Figura 4: Emissão de CO₂ por veículos na mesorregião Noroeste Fluminense.

A Figura 5 evidencia as emissões de CO₂ no Noroeste Fluminense, segmentada por diferentes categorias de veículos. Essa análise permite uma compreensão mais detalhada sobre a contribuição de cada tipo de frota ao longo do período observado. Nota-se que as curvas de emissão acompanham o comportamento da frota presente na mesorregião. Caminhonetes, caminhões e camionetas se destacam como os veículos mais representativos na região, o que justifica suas maiores taxas de emissão de CO₂ em comparação com os demais, entre 2001 e 2023. É importante notar que, até 2015, houve um aumento considerável no número de caminhonetes, bem como nas emissões associadas a esse tipo de veículo. Por outro lado, observa-se um comportamento menos expressivo das camionetas, o que pode estar relacionado ao perfil das atividades regionais. Como o Noroeste Fluminense é marcado pela agropecuária e pelo comércio, a preferência por caminhonetes pode ser explicada pela sua maior versatilidade, permitindo o uso tanto para fins pessoais quanto para o transporte de pequenas e médias cargas.

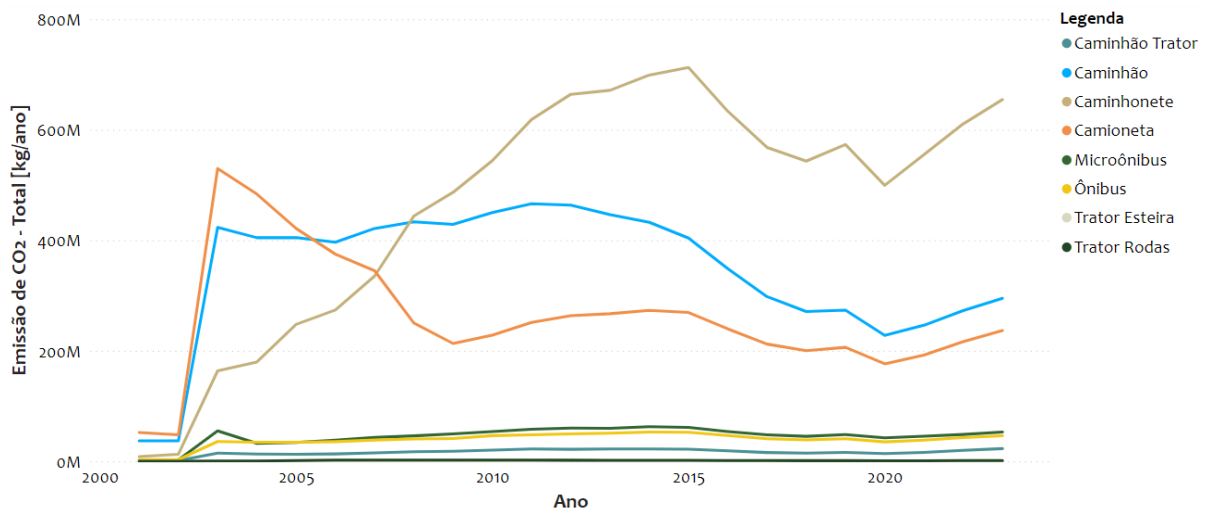


Figura 5: Emissão de CO₂ por veículos (por tipo) na mesorregião Noroeste Fluminense.

A Figura 6 demonstra a distribuição das emissões de CO₂ entre os municípios da mesorregião, com destaque para Itaperuna e Santo Antônio de Pádua. O maior número de habitantes e a quantidade de veículos nessas cidades são fatores que contribuem para esse panorama, assim como sua importância no contexto regional, especialmente em relação às atividades econômicas. Itaperuna e Santo Antônio de Pádua se destacam na mesorregião por sua relevância econômica, com Itaperuna ocupando uma posição de liderança, devido ao valor gerado pelos setores de serviços, indústria e administração pública. Além disso, Itaperuna é o principal polo da região, concentrando grande parte da população e das atividades comerciais e de serviços (Silva e Santos, 2022).

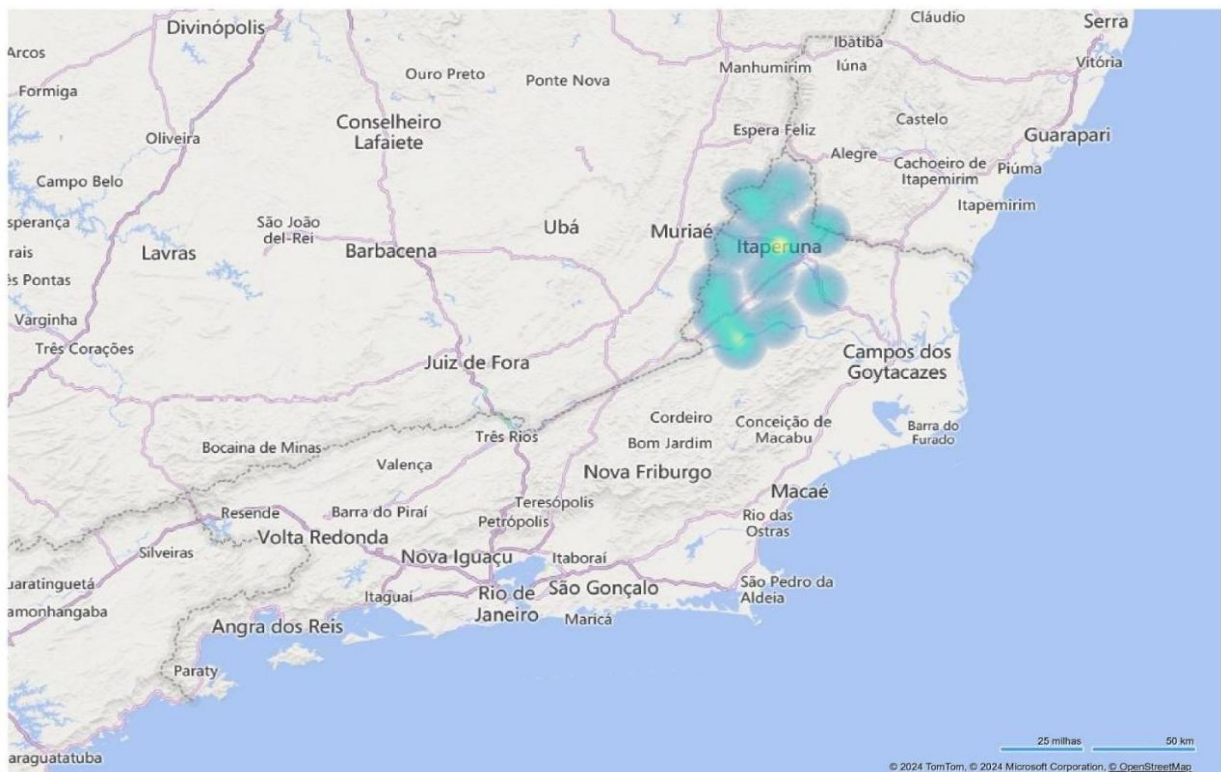


Figura 6: Emissão de CO₂ por veículos (por município) na mesorregião Noroeste Fluminense.

Seguindo o padrão identificado na mesorregião, Itaperuna e Santo Antônio de Pádua registram as maiores emissões de CO₂ provenientes de caminhonetes e caminhões, com destaque para o ano

de 2012, quando foi registrado o maior nível de emissões. Para mais informações sobre essas e outras cidades no Noroeste Fluminense, consulte o Anexo I deste documento.

1.2. Norte Fluminense

O Norte Fluminense é composto por 9 (nove) municípios: Campos dos Goytacazes, Carapebus, Cardoso Moreira, Conceição de Macabu, Macaé, Quissamã, São Fidélis, São Francisco de Itabapoana e São João da Barra. De acordo com o IBGE (2022), essa mesorregião concentra 5,74% da população do estado do Rio de Janeiro. O conjunto de municípios se caracteriza, principalmente, por operações no setor de óleo e gás, que garantem à localidade uma relevância significativa no contexto regional, dada a empregabilidade e atratividade de investimentos.

Diferentemente do Noroeste Fluminense, que apresentou uma redução nas emissões de CO₂ entre 2002 e 2006, o Norte Fluminense possui uma tendência de crescimento entre 2001 e 2014 – ver Figura 7. Essa diferença pode ser atribuída às dinâmicas econômicas da região. No caso do Norte Fluminense, a exploração intensiva de petróleo na Bacia de Campos, somada ao desenvolvimento de grandes projetos, como o Complexo Portuário do Açú, levou a uma expansão significativa das atividades industriais e logísticas. Essa expansão aumentou o uso de veículos para transporte de cargas, incluindo insumos, equipamentos e mercadorias, contribuindo diretamente para o crescimento das emissões na região (Ribeiro, 2010; Perez, 2010).

Além disso, a concentração de investimentos em infraestrutura e serviços industriais especializados consolidou o Norte Fluminense como um importante centro econômico. Contudo, essa transformação econômica também intensificou os impactos ambientais, com destaque para o aumento nas emissões de CO₂, resultantes da dependência de combustíveis fósseis no transporte e na logística (Ribeiro, 2010; Perez, 2010; Oliveira & Natal, 2004). Entre 2006 e 2014, o número de estabelecimentos na região também cresceu significativamente, superando a média estadual. Esse aumento reflete a expansão econômica regional, intensificado pela demanda por transporte rodoviário a fim atender às necessidades logísticas e de distribuição. Somado ao aumento da frota, esse cenário corrobora os dados sobre as emissões de dióxido de carbono neste período (Secretaria de Estado da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico, 2017b).

Entre 2014 e 2018, as emissões apresentaram uma reversão significativa, entrando em um ciclo de queda que coincidiu com o período de recessão econômica no país e seus desdobramentos (Balassiano, 2020). No Norte Fluminense, a crise econômica foi agravada pela redução dos repasses dos royalties do petróleo, resultando em demissões em setores estratégicos, como offshore, e uma retração de até 40% no comércio local em 2015. O aumento do desemprego e a consequente queda na demanda por deslocamentos diários, somados à redução das atividades econômicas e de serviços, contribuíram diretamente para a diminuição do uso de veículos a diesel na região, refletindo a queda das emissões de CO₂ (G1 Norte Fluminense, 2015).

Cruz e Azevedo Neto (2020) ressaltam que a dependência das atividades de extração de petróleo revelou-se uma vulnerabilidade crítica, uma vez que a queda do preço internacional do barril de petróleo, iniciada em 2014, impactou diretamente a arrecadação de royalties e participações especiais, essenciais para os orçamentos municipais. Esse cenário intensificou a recessão local, resultando em demissões em massa, fechamento de empresas e retração no comércio e na prestação de serviços. Esses fatores, ao reduzir a circulação de pessoas e bens, podem ter contribuído para a diminuição das emissões no setor de transportes.

Para o período entre 2018 e 2019, o aumento significativo dos investimentos no Norte Fluminense, especialmente no Porto do Açú, pode estar diretamente relacionado ao crescimento das emissões

de CO₂ na região (G1 Norte Fluminense, 2019). Os recursos direcionados para o setor de petróleo, gás natural e infraestrutura podem resultar em maior circulação de veículos pesados, predominantemente a diesel, devido à necessidade de transporte de materiais e equipamentos para as obras e operações. Além disso, o aumento significativo nas exportações e importações registrado na região Norte Fluminense no primeiro semestre de 2019 provavelmente contribuiu para o crescimento das emissões de transporte a diesel nesse período. Esse incremento na conta corrente de comércio internacional, que resultou em um aumento no volume total de mercadorias movimentadas, provavelmente acarretou uma maior demanda por transporte rodoviário (Sistema FIRJAN, 2019b).

Assim como o Noroeste Fluminense, o Norte Fluminense também apresentou uma redução nas emissões de CO₂ em 2020. Esse cenário foi diretamente influenciado pelo início da pandemia do novo coronavírus, que resultou em uma desaceleração significativa da atividade econômica e em restrições de deslocamento. Além disso, a pandemia agravou o déficit financeiro no estado do Rio de Janeiro, com reduções no recebimento de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) e dos royalties do petróleo, o que se refletiu nos municípios da mesorregião. A combinação desses fatores levou à retração das atividades produtivas e à menor circulação de veículos, contribuindo para a queda das emissões neste ano. O período após 2020 registrou um aumento gradual das emissões de CO₂, impulsionado pela retomada das atividades econômicas e pelo aumento dos serviços de entrega e do comércio eletrônico.

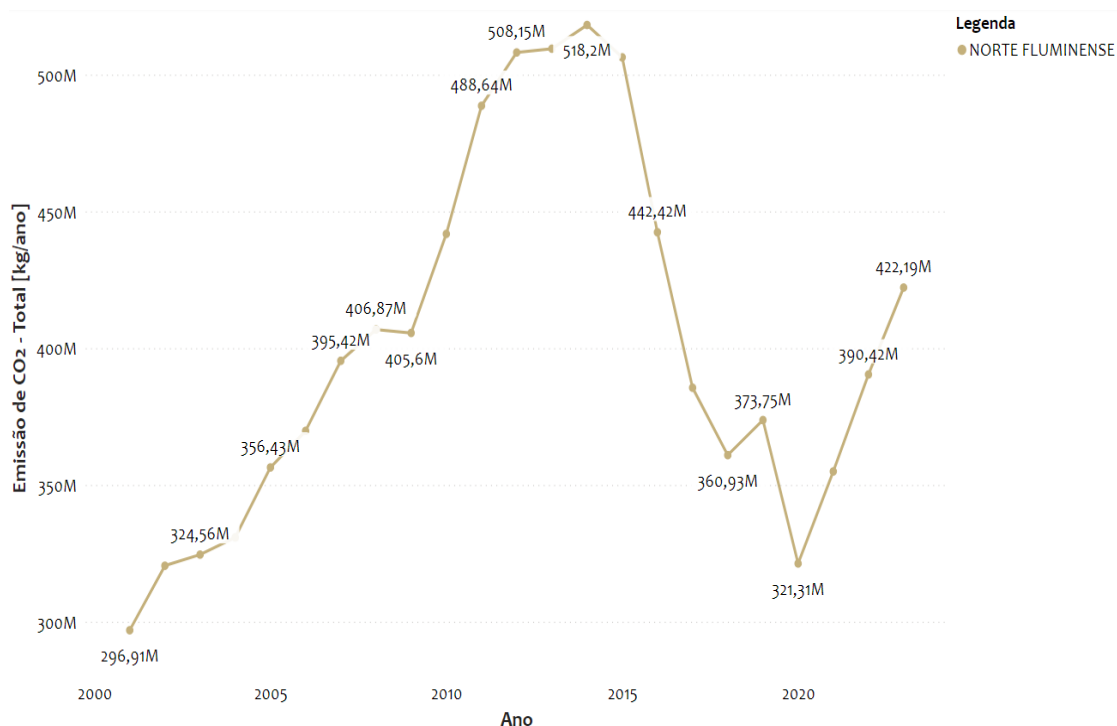


Figura 7: Emissão de CO₂ por veículos na mesorregião Norte Fluminense.

A Figura 8 apresenta as emissões de CO₂ no Norte Fluminense, distribuídas conforme as categorias de veículos. Caminhonetes, camionetas e caminhões destacam como os veículos mais representativos na região, o que justifica suas maiores taxas de emissão de CO₂ em comparação com os demais, entre 2001 e 2023. O predomínio desses tipos de veículos pode estar associado ao perfil econômico da região, bem como de suas atividades e setores principais.

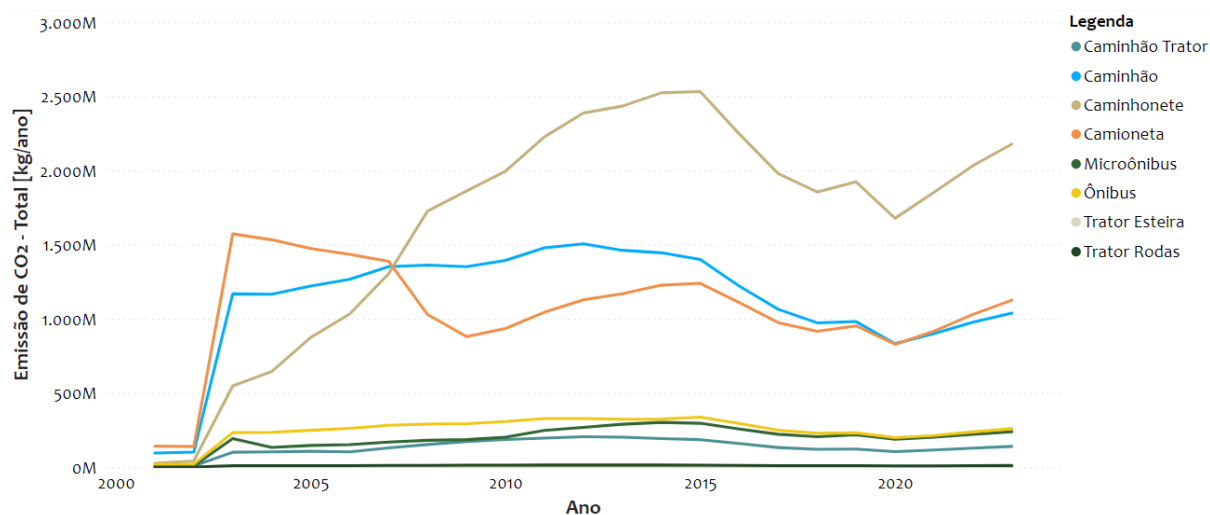


Figura 8: Emissão de CO₂ por veículos (por tipo) na mesorregião Norte Fluminense.

A Figura 9 apresenta a distribuição das emissões de CO₂ entre os municípios da mesorregião, destacando Campos dos Goytacazes e Macaé como os principais emissores. O elevado contingente populacional e a expressiva frota de veículos nessas cidades, somados à relevância econômica no contexto regional, especialmente no que se refere às atividades produtivas, são fatores determinantes para esse cenário. Campos dos Goytacazes se sobressai como o maior município em extensão territorial do estado do Rio de Janeiro e por abrigar a Bacia de Campos, responsável por grande parte da produção nacional de petróleo. O setor comercial também desempenha um papel significativo na economia local. Macaé, por sua vez, possui papel estratégico na mesorregião com o Porto de Imbetiba, operado pela Petrobras, que funciona como base de apoio às operações de extração de petróleo na Bacia de Campos. A Rodovia Amaral Peixoto, principal via para o escoamento da produção e transporte de passageiros, contribui para o intenso fluxo de veículos.

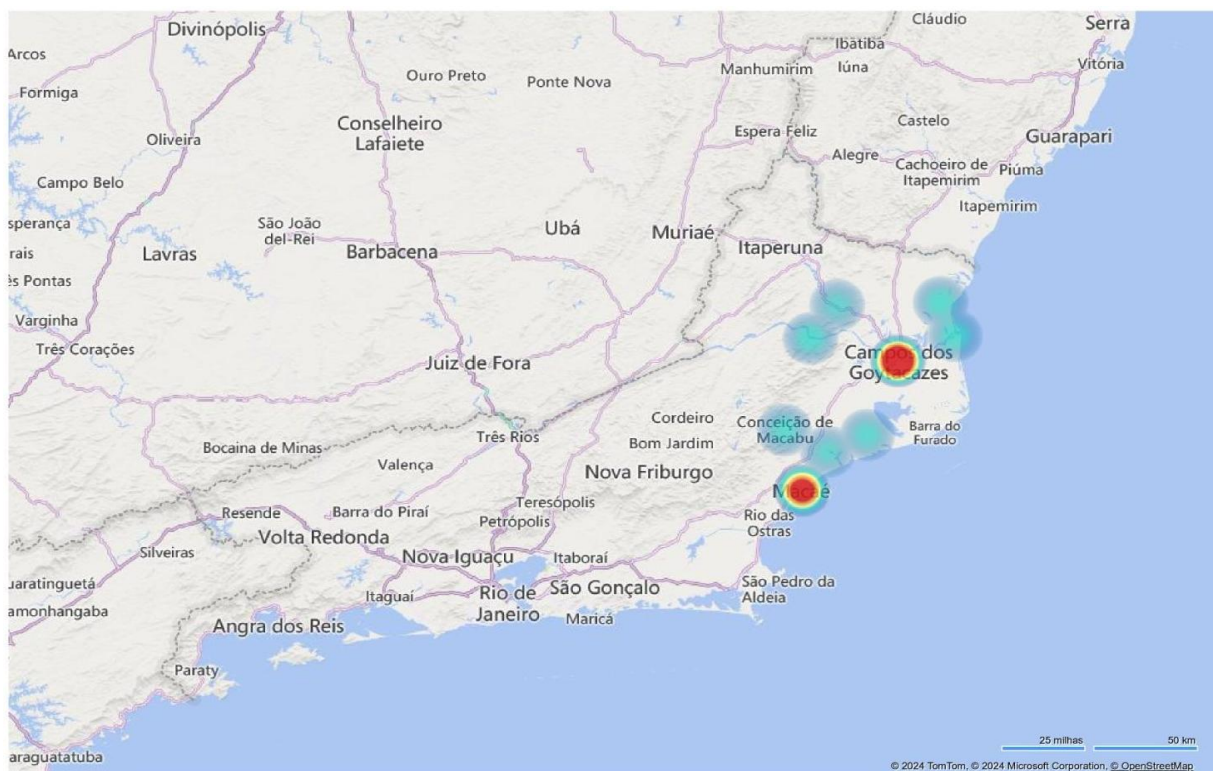


Figura 9: Emissão de CO₂ por veículos (por município) na mesorregião Norte Fluminense.

Campos dos Goytacazes registrou as maiores emissões de CO₂ em 2012. Em contrapartida, seguindo o padrão observado na mesorregião, Macaé apresentou níveis mais elevados em 2014, com as caminhonetes sendo os veículos mais responsáveis por esse cenário. Para mais detalhes sobre essas e outras cidades do Norte Fluminense, consulte o Anexo I deste documento.

1.3. Centro Fluminense

O Centro Fluminense é composto por 16 (dezesseis) municípios: Areal, Comendador Levy Gasparian, Paraíba do Sul, Sapucaia, Três Rios, Cantagalo, Carmo, Cordeiro, Macuco, Bom Jardim, Duas Barras, Nova Friburgo, Sumidouro, Santa Maria Madalena, São Sebastião do Alto e Trajano de Moraes. Segundo o IBGE (2022), essa mesorregião concentra cerca de 3% da população do estado do Rio de Janeiro. O conjunto de municípios se caracteriza pela expressividade do setor industrial na sua economia, sobretudo as cidades de Três Rios, importante entroncamento rododiferroviário no território fluminense (Secretaria de Estado da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico, 2017c) e a Nova Friburgo, com sua ampla diversificação dos setores econômicos, com destaque para a indústria têxtil, a taxa do PIB do município cresceu entre 2006 e 2021, 116,5% e nos últimos 5 anos foi de 31,7%.

Conforme ilustrado na Figura 10, entre 2002 e 2006, as emissões no Centro Fluminense apresentaram uma tendência de queda. Esse comportamento pode estar associado ao menor dinamismo econômico da região, semelhante ao observado no Noroeste Fluminense, especialmente quando comparado ao Norte do Estado. Entre os municípios do Centro Fluminense, o baixo desempenho econômico no período de 2000 a 2006 pode ser associado a um contexto de fragilidade econômica que influenciou diversos setores, inclusive o transporte. Sapucaia, por exemplo, estava classificada no grau de baixo desenvolvimento em 2000, avançando apenas para o grau de desenvolvimento regular em 2005. Outros municípios, como Paraíba do Sul e Comendador Levy Gasparian, também enfrentaram dificuldades econômicas, com oscilações ao longo do período. Essa situação reflete a dificuldade na geração de empregos formais e no dinamismo econômico local, que pode ter levado à redução do fluxo de bens e pessoas, impactando a demanda por transporte e, conseqüentemente, as emissões de CO₂ (BAYLÃO, 2014).

Entre 2006 e 2014, os municípios da mesorregião apresentaram crescimento econômico significativo, impulsionado especialmente pelo setor industrial. Cidades como Engenheiro Paulo de Frontin e Paraíba do Sul se destacaram, com variações no VAB (Valor Acrescentado Bruto) de 269,1% e 179,5%, respectivamente. Esse crescimento também se refletiu no aumento do PIB real da região. O desenvolvimento econômico no Centro Sul Fluminense esteve associado ao aumento da frota de veículos a diesel, que cresceu aproximadamente 66% entre 2006 e 2014 (SENATRAN, 2024). Segundo a Secretaria de Estado da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico (2017c), esse aumento foi impulsionado pelo crescimento da renda per capita e pela facilidade de aquisição de veículos, resultando em uma maior taxa de emplacamentos, principalmente em Três Rios. Vale destacar que a frota de veículos a diesel, composta majoritariamente por camionetas e caminhões, representava uma parcela significativa do total na mesorregião, contribuindo para o aumento das emissões.

Em particular, em 2014, quando fora identificado o pico do registro de emissões de CO₂, foi um ano de destaque para a região. Três Rios teve 26.935 empregados neste ano, o triplo do quantitativo do segundo maior empregador, Paraíba do Sul. O Centro Fluminense concentrou boa parte do emprego da indústria de transformação do Estado, refletindo a importância histórica e econômica de segmentos como a indústria têxtil e as mais modernas, fábricas de embalagem, de material rodante, entre outras (Secretaria de Estado da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico, 2017c).

A partir de 2014 nota-se uma queda nas emissões que se estende até 2018, como observado nas demais mesorregiões do Estado. Esse comportamento é atribuído principalmente à redução da demanda por transporte rodoviário em decorrência da crise econômica do Brasil neste período, ao aumento nos custos operacionais e ao endividamento das transportadoras (Reis, 2016). Em 2016, cidades como Sumidouro e Santa Maria Madalena, pertencentes ao Centro Fluminense, estiveram na classificação dos dez menores municípios do Estado, em nível de desenvolvimento (Silveira, 2018). Em 2019, a economia fluminense voltou a crescer, o que pode ter se refletido em um aumento da demanda de transportes e, por este motivo, no acréscimo nas emissões.

No Centro Fluminense, o impacto da pandemia também trouxe desafios significativos para o setor industrial, especialmente em polos como Nova Friburgo. Em 2020, as restrições à circulação e ao funcionamento das atividades econômicas resultaram em uma desaceleração regional. No entanto, a crise forçou uma rápida adaptação. Nos anos subsequentes, com a retomada gradual da economia e o fortalecimento de setores como o comércio eletrônico e os serviços de entrega, as emissões de CO₂ voltaram a crescer.

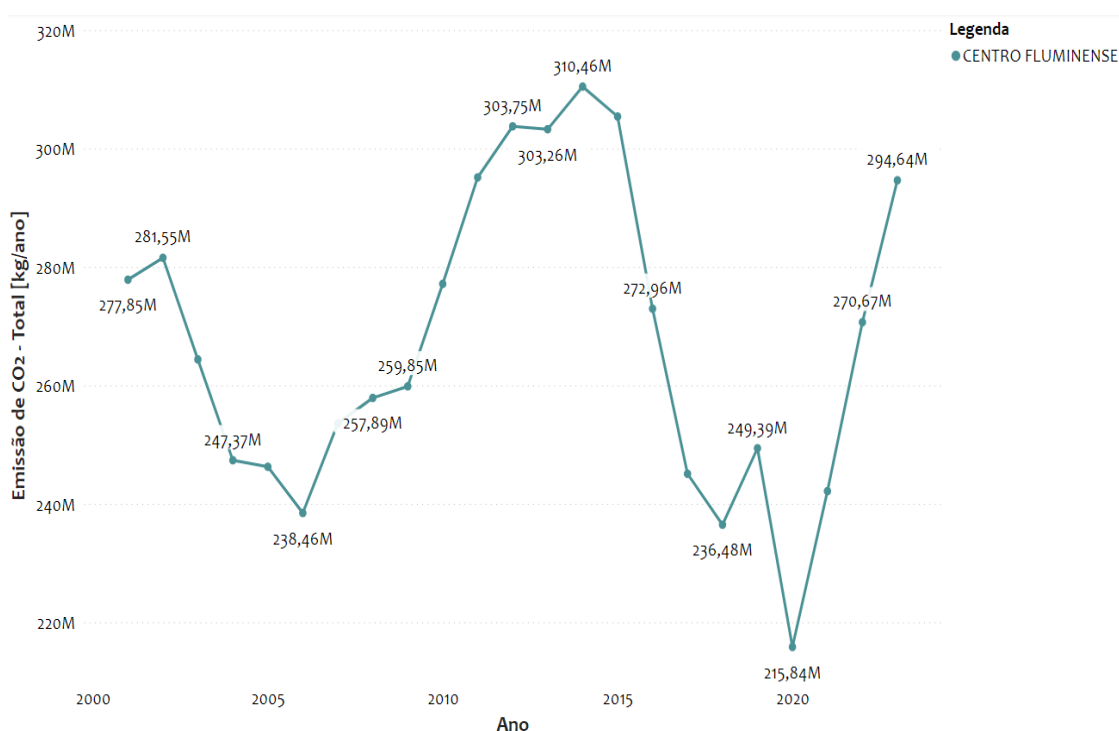


Figura 10: Emissão de CO₂ por veículos na mesorregião Centro Fluminense.

Conforme aponta a Figura 11, as emissões de CO₂ no Centro Fluminense também são influenciadas pela predominância de caminhonetes, camionetas e caminhões, que se destacam como as categorias de veículos com maiores taxas de emissão. Assim como observado no Noroeste e Norte Fluminense, essa mesorregião apresenta uma maior representatividade de caminhonetes em sua frota, o que evidencia a importância de veículos de carga, e camioneta, destinados ao transporte simultâneo de passageiros e carga, no contexto econômico local.

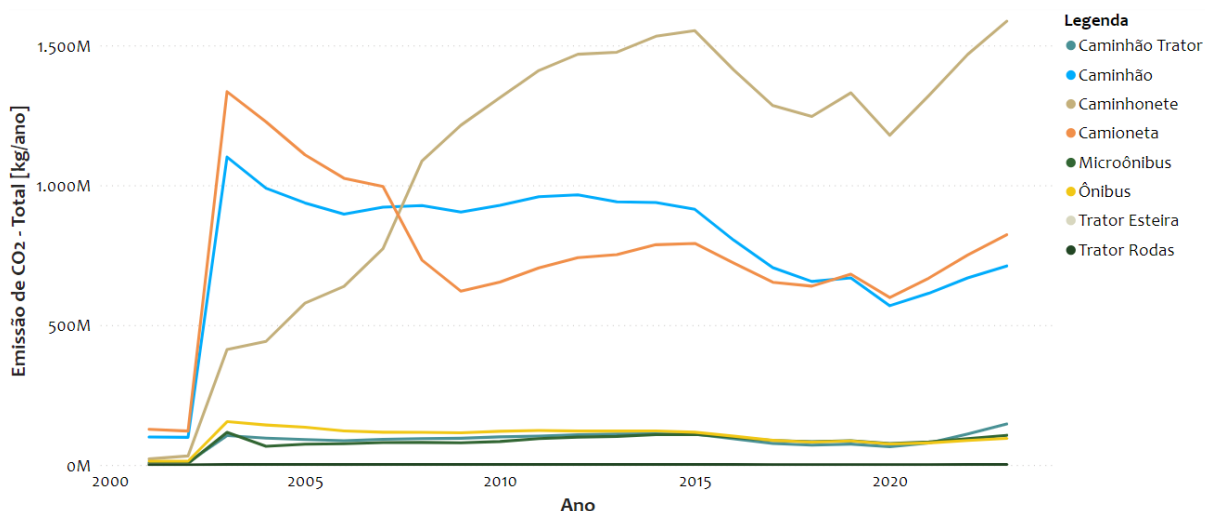


Figura 11: Emissão de CO₂ por veículos (por tipo) na mesorregião Centro Fluminense.

A distribuição das emissões de CO₂ entre os municípios do Centro Fluminense revela que Nova Friburgo e Três Rios são os principais responsáveis pelas maiores taxas de emissão – ver Figura 12. Esses municípios se destacam não apenas pelo elevado número de habitantes, mas também pela grande frota de veículos e pela importância econômica na região.

Nova Friburgo, que concentra a maior parte da população da mesorregião, desempenha um papel significativo não só no Centro Fluminense, mas também no âmbito estadual e nacional. Conforme aponta a Agência Senado (2024a), o complexo de moda do município é um dos principais motores da economia local, respondendo por uma parcela relevante da produção estadual e nacional nesse setor. Além das atividades industriais e comerciais, o turismo também se destaca como uma importante fonte de dinamismo econômico para a região. De acordo com a classificação do Ministério do Turismo, que considera indicadores como a geração de emprego e renda no setor, infraestrutura turística, número de visitantes e a organização dos destinos, Nova Friburgo está entre os melhores destinos do país no Mapa do Turismo (G1 Região Serrana, 2024).

O município de Três Rios, por sua vez, destaca-se no Centro Fluminense por seus investimentos voltados à atração de empresas de diversos segmentos. De acordo com a Agência Senado (2024b), a cidade recebeu o título de Capital Nacional do Incentivo às Microempresas e Pequenas Empresas, evidenciando seu papel no fomento da economia local, com ênfase na geração de emprego e renda.

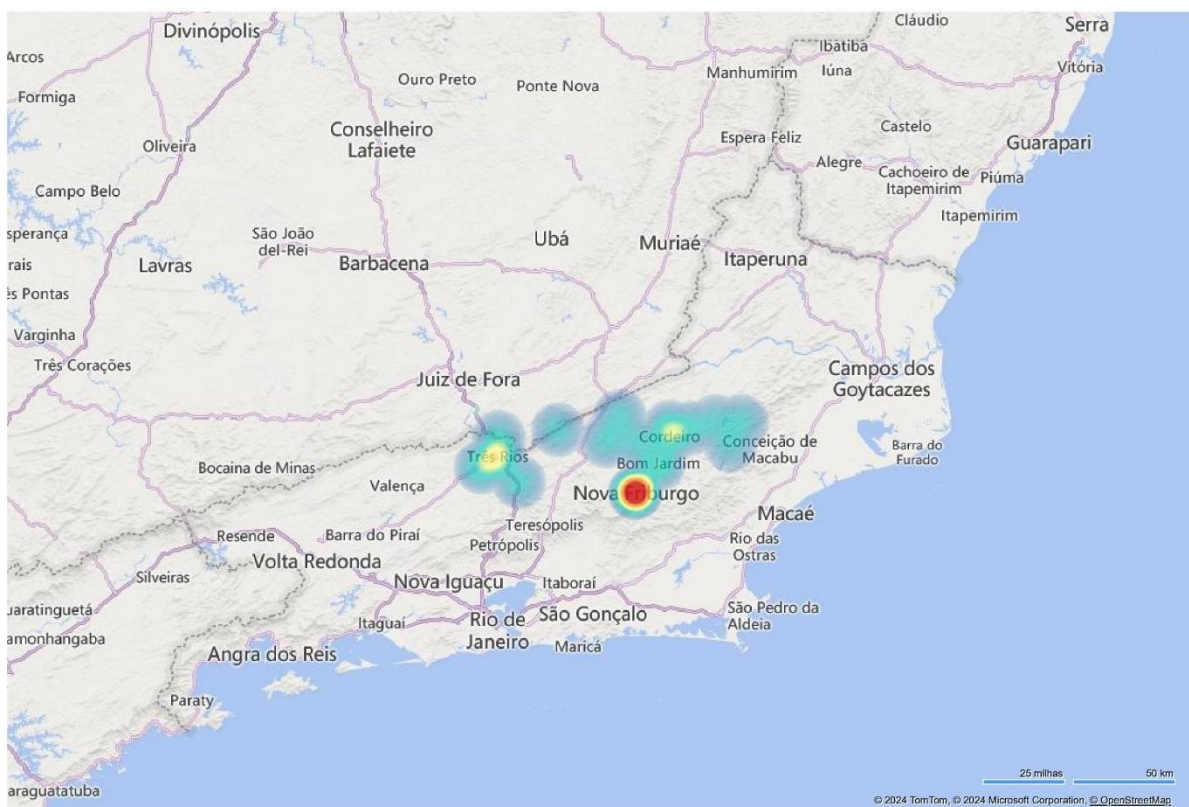


Figura 12: Emissão de CO₂ por veículos (por município) na mesorregião Centro Fluminense.

Nova Friburgo registrou emissões de aproximadamente 3,14 bilhões de toneladas de CO₂ entre 2001 e 2023, representando 2,11% das emissões totais do estado do Rio de Janeiro. Em Trés Rios, o volume de emissões, no mesmo período, foi de 0,78 milhões de toneladas de CO₂, destacando o ano de 2014 com 0,04 milhões de toneladas, maior da série histórica. Para mais detalhes sobre essas e outras cidades do Centro Fluminense, consulte o Anexo I deste documento.

1.4. Baixadas Litorâneas

As Baixadas Litorâneas são compostas por 10 (dez) municípios: Casimiro de Abreu, Rio das Ostras, Silva Jardim, Araruama, Armação dos Búzios, Arraial do Cabo, Cabo Frio, Iguaba Grande, São Pedro da Aldeia e Saquarema. De acordo com o IBGE (2022), essa mesorregião concentra 5,41% da população do estado do Rio de Janeiro. O conjunto de municípios se caracteriza, principalmente, pela participação do setor de turismo e de serviços, embora atividades relacionadas à indústria, à agropecuária e à pesca também estejam presentes (Vasconcellos *et al.*, 2022; Pinto *et al.*, 2011).

Nota-se que as Baixadas Litorâneas apresentaram uma tendência de crescimento das emissões de CO₂ entre 2001 e 2015 – ver Figura 13. Esse aumento pode ser explicado pela crescente complexidade econômica da região, impulsionada pela indústria petrolífera (Vasconcellos *et al.*, 2022). Além disso, a expansão imobiliária resultou em um número maior de visitantes à mesorregião e no desenvolvimento de outros setores, como comércio e agropecuária. Esses fatores contribuíram para uma maior demanda por transporte, intensificando as emissões. Um dado que corrobora o avanço econômico é apresentado pela Secretaria de Estado da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico (2017e), que indica um aumento de 32,6% no VAB da Região das Baixadas Litorâneas entre 2006 e 2012, com crescimento positivo em todos os municípios. Esse crescimento econômico foi acompanhado pelo aumento do emprego na região, o que, por sua vez, pode ter impulsionado o crescimento da frota de veículos e o volume de deslocamentos.

Além disso, importa mencionar que, entre 2006 e 2012, a região destacou-se em segmentos industriais com crescimentos superiores à média estadual, especialmente na extrativa mineral, na indústria de transformação, nos serviços industriais de utilidade pública e na construção civil (Secretaria de Estado da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico, 2017e). Esse crescimento industrial pode não só ter aumentado a atividade econômica, mas também a necessidade de transporte de insumos e produtos, muitas vezes utilizando veículos a diesel, o que contribuiu para o aumento das emissões associadas ao transporte na mesorregião. Em 2014, municípios como Casimiro de Abreu e Silva Jardim apresentaram os maiores valores de investimento per capita na região, o que sugere um incremento nas infraestruturas locais que poderia incluir o setor de transporte (Observatório SEBRAE, 2016).

Posteriormente, a partir de 2015, é possível observar a queda nas emissões de CO₂, que se estende até 2018. Esse efeito é reflexo da crise experienciada no período, com recessão econômica no país. Nas Baixadas Litorâneas, o resultado da crise foi ainda agravado pela dependência da indústria, incluindo a de petróleo, e a redução dos repasses dos royalties (Vieira, 2017). Somado a este cenário, a região também foi marcada pelo saldo negativo nos empregos formais (Observatório SEBRAE, 2016). A diminuição da atividade econômica pode ter acarretado uma menor demanda por transporte de bens e pessoas, resultando em uma queda significativa no uso de veículos movidos a diesel, como caminhões e ônibus. Assim, a redução na intensidade de uso dos transportes contribuiu para a diminuição das emissões de dióxido de carbono.

Em 2019, observou-se um aumento nas emissões de CO₂ em comparação ao ano anterior, o que pode estar relacionado à recuperação gradual da economia. Esse crescimento foi refletido em uma maior demanda por transportes, o que, por sua vez, contribuiu para o incremento das emissões. No entanto, em 2020, as restrições à circulação e o impacto nas atividades econômicas causaram uma desaceleração nas emissões. Esse cenário, embora negativo para a economia, resultou em uma diminuição temporária das emissões. Contudo, à medida que a economia começou a se recuperar nos anos seguintes, as emissões de CO₂ voltaram a subir.

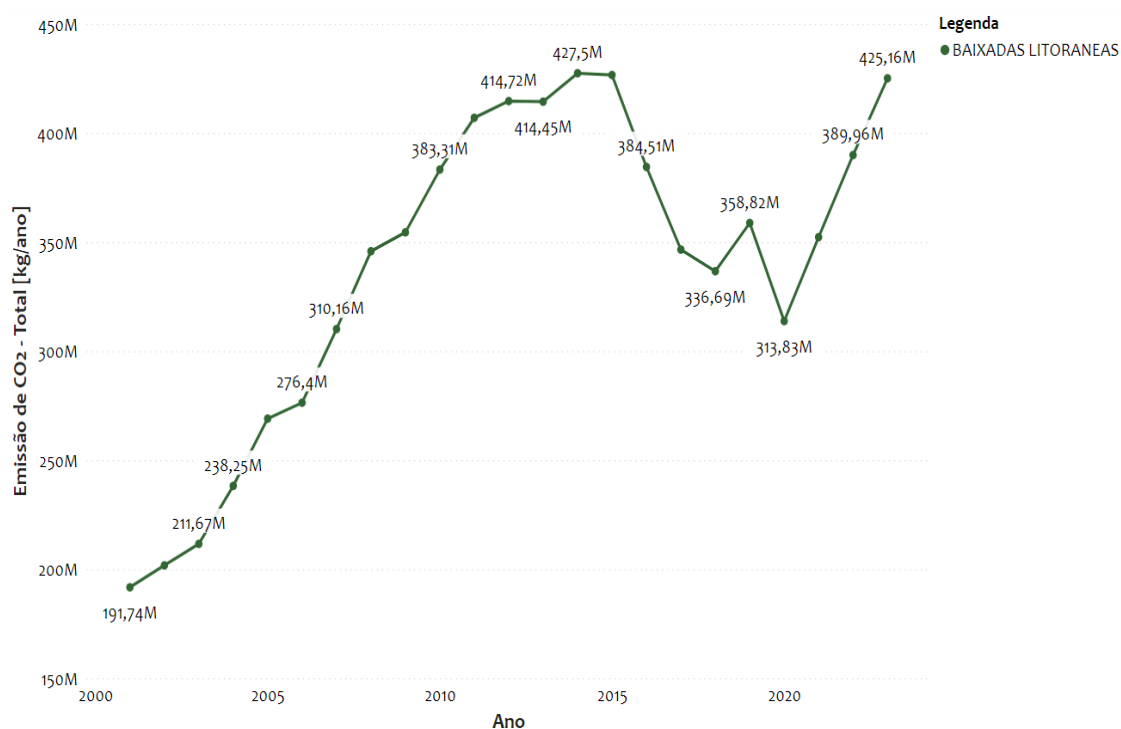


Figura 13: Emissão de CO₂ por veículos na mesorregião Baixadas Litorâneas.

A Figura 14 destaca as emissões de CO₂ por tipo de veículo nas Baixadas Litorâneas. Nota-se uma predominância de caminhonetes, camionetas e caminhões, que se destacam como as categorias de veículos com maiores taxas de emissão.

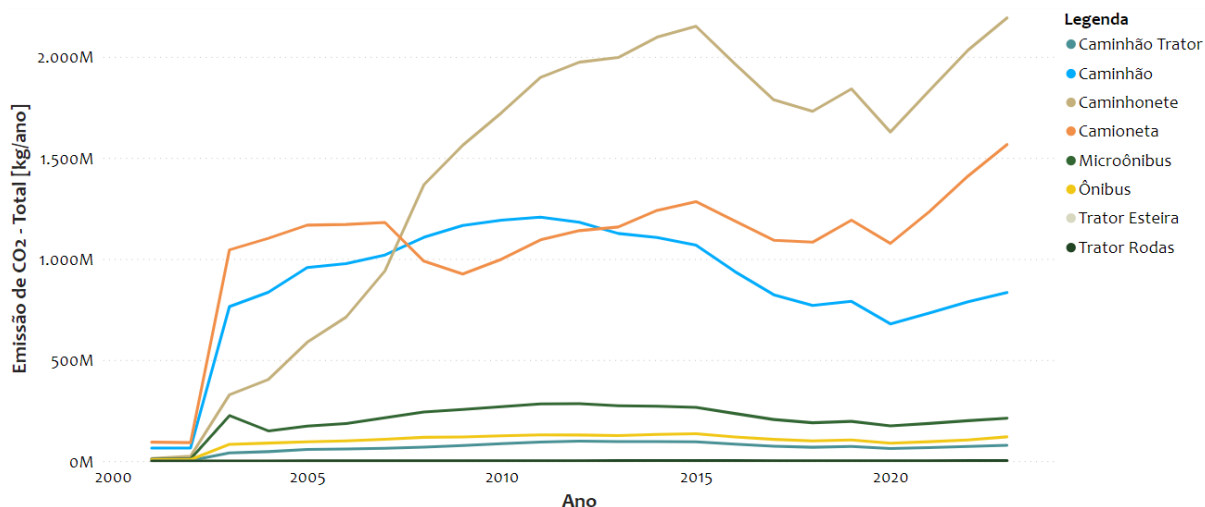


Figura 14: Emissão de CO₂ por veículos (por tipo) na mesorregião Baixadas Litorâneas.

A distribuição das emissões de CO₂ entre os municípios das Baixadas Litorâneas revela que Cabo Frio, Araruama e Rio das Ostras são os principais responsáveis pelas maiores taxas de emissão – ver Figura 15. Além de se destacarem pelo elevado número de habitantes, tais cidades também desempenham um papel significativo na região.

Cabo Frio possui uma variedade de atividades que impulsionam a economia local, incluindo áreas ligadas ao turismo, pesca, vestuário, extração de petróleo, agropecuária e artesanato (Prefeitura Municipal de Cabo Frio, 2024). Além disso, o município se destaca como um dos que mais criaram postos de trabalho formais em junho de 2023, reflexo da crescente diversificação de sua economia. A expansão do setor turístico, aliada a investimentos em infraestrutura e outros projetos (Secretaria de Comunicação Social, 2024), tem contribuído significativamente para aumentar a atratividade de Cabo Frio, o que fortalece a economia local e regional.

Em 2023, Araruama também se destacou na geração de empregos, liderando o ranking de trabalho formais no mês de julho, superando até municípios com maior arrecadação de royalties, como Saquarema. O crescimento da economia local é atribuído aos investimentos em obras em seus distritos, o que tem impulsionado a criação de empregos e atraído novas empresas, gerando um ciclo de desenvolvimento não só na cidade, mas na mesorregião em geral (Prefeitura Municipal de Araruama, 2023).

O município de Rio das Ostras apresentou, no último Censo, o segundo maior crescimento populacional do Estado, motivado, principalmente, pelo surgimento de novas atividades econômicas e empreendimentos e o reaquecimento da indústria petrolífera (Prefeitura Municipal de Rio das Ostras, 2023). Além disso, por ser uma cidade turística, contribui para o fortalecimento do comércio e do turismo na região.

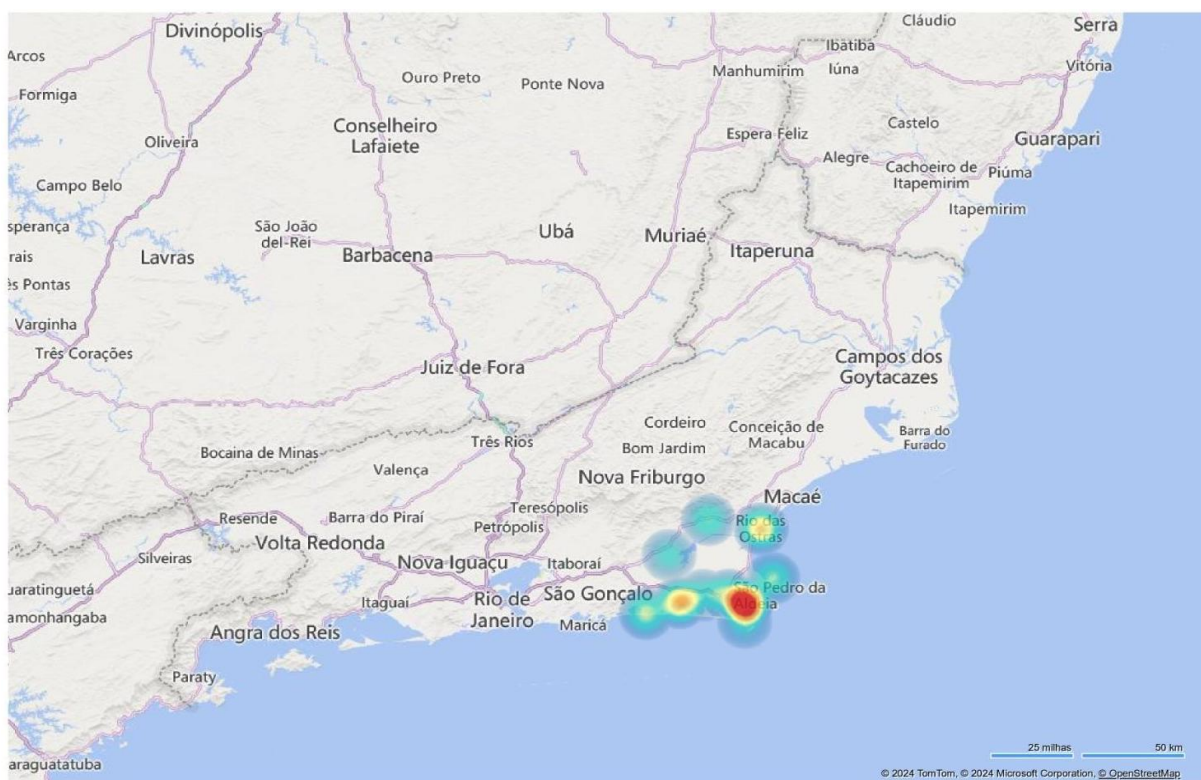


Figura 15: Emissão de CO₂ por veículos (por município) na mesorregião Baixadas Litorâneas.

Entre os anos de 2001 e 2023, os veículos movidos a diesel que circularam em Cabo Frio foram responsáveis pela emissão de aproximadamente 2,59 milhões de toneladas de CO₂, representando 1,74 % das emissões totais do estado do Rio de Janeiro. Em Araruama, o ano de 2014 destacou-se com a maior quantidade de emissões, totalizando aproximadamente 0,07 milhões de toneladas de CO₂. Entre os diferentes tipos de veículos em Rio das Ostras, a categoria responsável pelas maiores emissões foi a de caminhonete, com 0,39 milhões de toneladas de CO₂, o equivalente a 38,02% das emissões do município. Para mais detalhes sobre essas e outras cidades das Baixadas Litorâneas, consulte o Anexo I deste documento.

1.5. Sul Fluminense

O Sul Fluminense é composto por 14 (quatorze) municípios: Barra Mansa, Itatiaia, Pinheiral, Piraí, Porto Real, Quatis, Resende, Rio Claro, Volta Redonda, Barra do Piraí, Rio das Flores, Valença, Angra dos Reis e Paraty. De acordo com o IBGE (2022), essa mesorregião concentra 6,71% da população do estado do Rio de Janeiro. O conjunto de municípios se caracteriza, principalmente, pelo setor industrial e serviços, com destaque também para o turismo.

Embora tenha apresentado alguns períodos de queda, o Sul Fluminense apresentou uma tendência de crescimento nas emissões de CO₂ entre 2001 e 2014 (Figura 16). Esse cenário pode estar relacionado à influência de políticas de caráter social-desenvolvimentista implementadas no Brasil a partir dos anos 2000, assim como ocorreu no Norte Fluminense (Gonçalves & Strauch, 2021).

O Sul Fluminense, especialmente a microrregião do Vale do Paraíba Fluminense, experimentou uma industrialização acelerada desde os anos 1990, intensificada na década de 2000 com a instalação de grandes fábricas automobilísticas, como Volkswagen (1996, em Resende) e Peugeot-Citroën (2001, em Porto Real). Essas empresas, atraídas por incentivos fiscais e investimentos em infraestrutura, transformaram a região em um importante polo industrial do estado do Rio de Janeiro. A chegada dessas indústrias gerou impactos significativos. A ampliação da atividade

industrial aumentou a emissão de CO₂ devido ao funcionamento das fábricas e à logística associada ao transporte e fornecimento de insumos. Além disso, o crescimento econômico resultante impulsionou a urbanização, com aumento da frota de veículos e maior consumo energético, fatores que também contribuem para as emissões (Gonçalves & Strauch, 2021; Secretaria de Estado da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico, 2017d; Nascimento & Vieira, 2016).

Além do fortalecimento industrial, o setor de serviços e comércio também acompanhou a expansão econômica, consolidando a Região Sul Fluminense como um polo de empregabilidade. No período de 2008 a 2013, o mercado de trabalho da região cresceu em ritmo superior ao estadual (Sistema FIRJAN, 2015). Esse dinamismo econômico impulsionou a intensificação do uso de transporte rodoviário, tanto para o deslocamento de indivíduos quanto para o escoamento da produção industrial. Como resultado, a pressão sobre a infraestrutura regional e o aumento das emissões de CO₂ passaram a ser consequências diretas dessa expansão.

Entre 2014 e 2018, como observado em todo o Estado, houve uma redução nas emissões, reflexo de um período de recessão econômica que afetou os níveis nacional, estadual e municipal. No Sul Fluminense, essa tendência também se confirmou. Em cidades como Volta Redonda e Barra Mansa, a queda no número de passageiros do transporte coletivo foi significativa, com redução de aproximadamente 10 mil passageiros pagantes por dia em entre 2015 e 2016 em ambas as cidades. Essa diminuição na demanda não apenas reduziu a circulação de ônibus movidos a diesel, contribuindo para a queda das emissões, mas também trouxe desafios para as empresas do setor, devido à relação direta entre a quantidade de passageiros transportados, os quilômetros rodados e o cálculo das tarifas (Diário do Vale, 2016). Além do transporte de passageiros, o transporte rodoviário de cargas também foi fortemente impactado pela crise econômica, com uma redução de 4,7% na demanda em 2015 (Sindicato das Empresas de Transportes e Cargas de Campinas e Região, 2016). Esse cenário agravou os desafios enfrentados pelas transportadoras devido ao aumento de custos operacionais e ao alto endividamento do setor. Em 2019, a economia fluminense voltou a crescer, o que pode ter se refletido em um aumento da demanda de transportes e, por este motivo, no acréscimo nas emissões.

Em 2020, por conta da pandemia, registrou-se o menor pico de emissões observado na mesorregião. O ano foi marcado, entre outras questões, por um alto índice de desemprego, resultado das restrições sanitárias impostas e dificuldade da manutenção das atividades frente às incertezas. De acordo com a Tribuna Sul Fluminense (2020), Resende teve o pior desempenho entre as quatro maiores cidades da região no que tange ao saldo de postos de emprego. Esse cenário impactou diretamente a demanda por transporte a diesel, tanto de passageiros quanto de cargas, uma vez que a redução das atividades econômicas e o isolamento social levaram a uma queda significativa nos deslocamentos e na movimentação de mercadorias. Como consequência, houve uma redução no volume de emissões de CO₂ associadas ao transporte rodoviário. Nos anos seguintes, à medida que a economia se recuperava gradualmente e setores como o comércio eletrônico e os serviços de entrega se expandiam, observou-se um novo aumento nas emissões

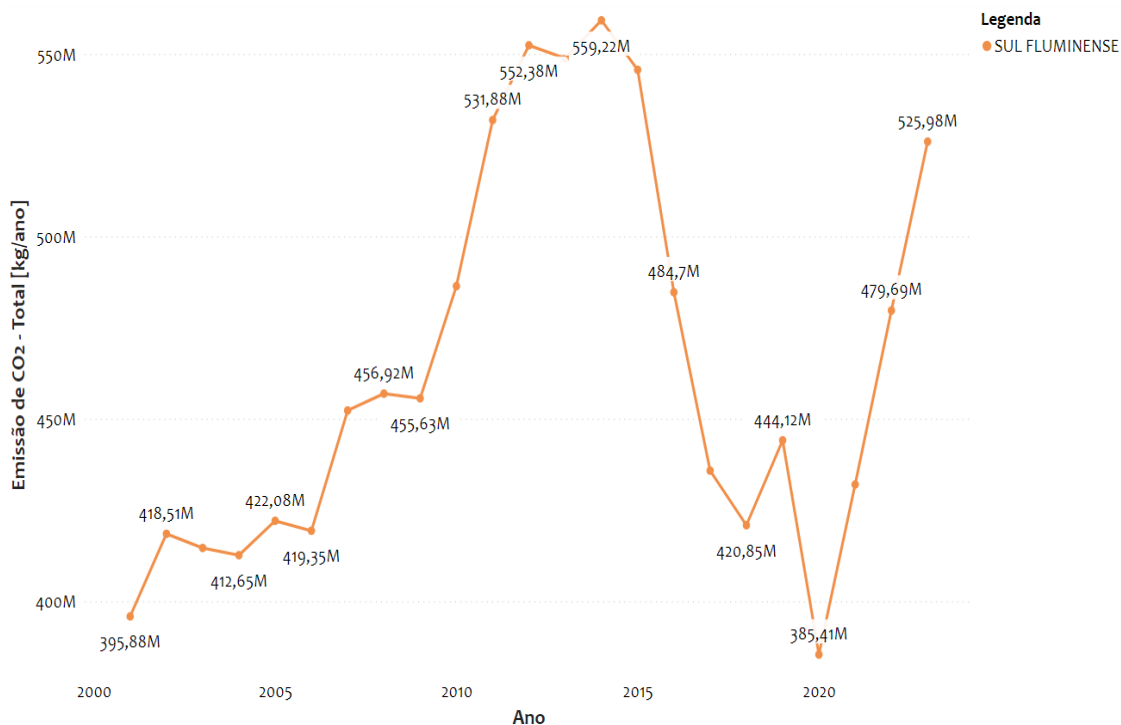


Figura 16: Emissão de CO₂ por veículos na mesorregião Sul Fluminense.

Conforme aponta a Figura 17, as emissões de CO₂ no Sul Fluminense são influenciadas, principalmente, pelo uso de caminhonetes, camionetas e caminhões, que se destacam como as categorias de veículos com maiores taxas de emissão. Importa mencionar que, embora a mesorregião seja mais conhecida por suas atividades industriais e de serviços, há também áreas rurais que utilizam caminhonetes para transporte de produtos agrícolas e suporte a atividades no campo, contribuindo para as emissões.

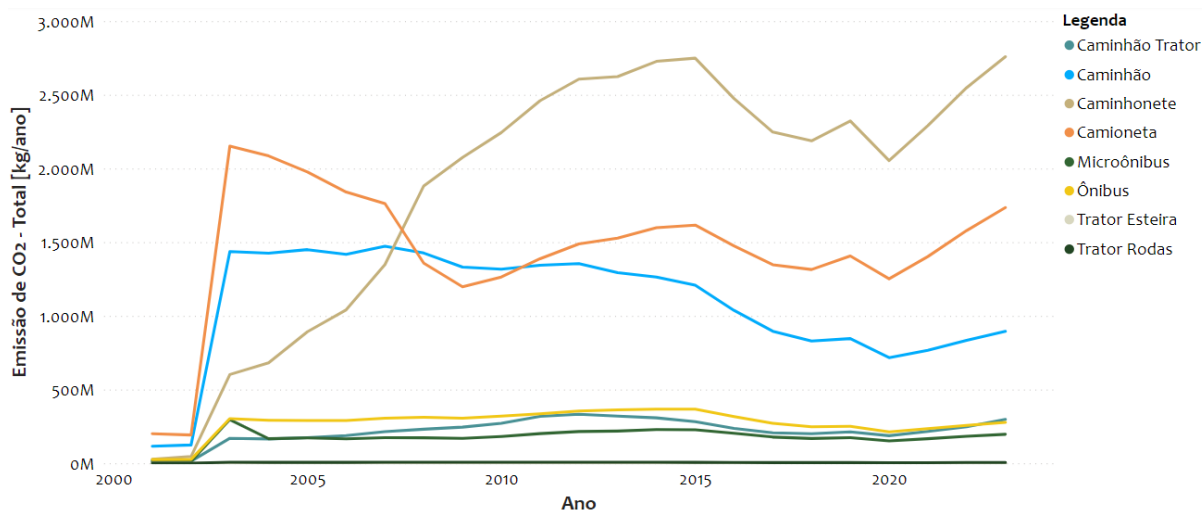


Figura 17: Emissão de CO₂ por veículos (por tipo) na mesorregião Sul Fluminense.

A distribuição das emissões de CO₂ entre os municípios do Sul Fluminense é apresentada na Figura 18. Nota-se que Volta Redonda, Barra Mansa e Angra dos Reis possuem as maiores taxas de dióxido de carbono na região. Esses municípios concentram grande parte da população da mesorregião e têm significativa relevância econômica. Conforme aponta o Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro (2008), Barra Mansa e Volta Redonda exercem influência direta sobre o Sul Fluminense, principalmente devido à implantação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), que

desempenhou um papel multiplicador na atividade industrial da região, resultando em um consequente aumento dos serviços, incluindo os de transporte.

Angra dos Reis, por sua vez, também possui uma influência significativa no Sul Fluminense. O município é caracterizado principalmente por empreendimentos hoteleiros e atendimento ao mercado da construção naval e offshore de óleo e gás. Além disso, o porto da cidade tornou-se grande exportador de produtos agrícolas, contribuindo para a dinamicidade da região e movimentação da economia (Prefeitura Municipal de Angra dos Reis, 2024).

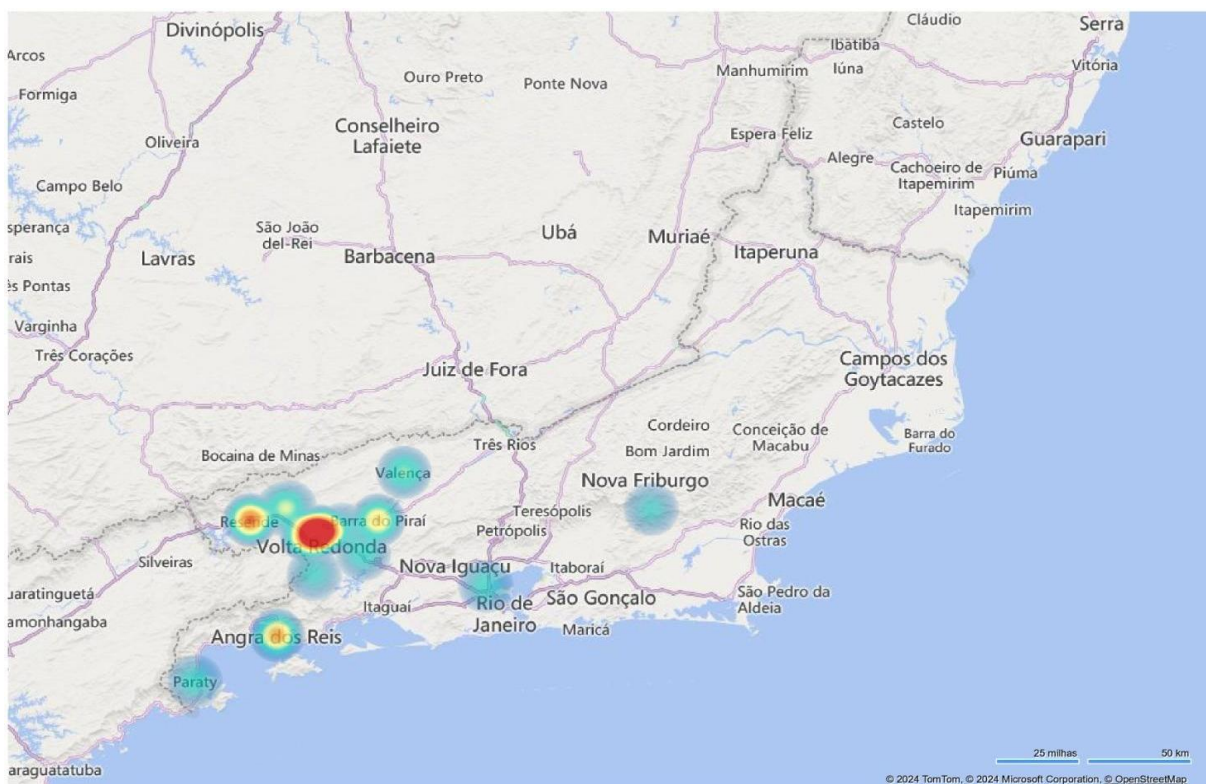


Figura 18: Emissão de CO₂ por veículos (por município) na mesorregião Sul Fluminense.

Em Volta Redonda, o ano de 2014 destacou-se com a maior quantidade de emissões, totalizando aproximadamente 0,15 milhões de toneladas de CO₂. Entre os diferentes tipos de veículos, a categoria responsável pelas maiores emissões foi a de caminhonete. Em Barra Mansa, no entanto, a maior expressividade das emissões ocorreu em 2012, com 0,10 milhões de toneladas de CO₂. Em Angra dos Reis, entre os anos de 2001 e 2023, os veículos movidos a diesel que circularam no município foram responsáveis pela emissão de aproximadamente 1,31 milhões de toneladas de CO₂, representando 0,88 % das emissões totais do estado do Rio de Janeiro. Para mais detalhes sobre essas e outras cidades do Sul Fluminense, consulte o Anexo I deste documento.

1.6. Metropolitana do Rio de Janeiro

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro é composta por 30 (trinta) municípios: Engenheiro Paulo de Frontin, Mendes, Miguel Pereira, Paracambi, Paty do Alferes, Vassouras, Petrópolis, Teresópolis, São José do Vale do Rio Preto, Cachoeiras de Macacu, Rio Bonito, Itaguaí, Mangaratiba, Seropédica, Belford Roxo, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Japeri, Magé, Maricá, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Queimados, Rio de Janeiro, São Gonçalo, São João de Meriti e Tanguá. De acordo com o IBGE (2022), essa mesorregião concentra cerca de 77% da população do estado do Rio de Janeiro.

Destaca-se que, apesar do crescimento quase contínuo da frota de veículos a diesel entre 2001 e 2023 (SENATRAN, 2024), as emissões de CO₂ apresentaram períodos de queda (Figura 19), possivelmente associadas a diferentes acontecimentos na região. Considerando a trajetória de endividamento do Estado entre 2000 e 2016 (Mercês e Freire, 2017), nota-se que o ano de 2002 chegou a um percentual de 232% da Receita Corrente Líquida (RCL). Esse elevado nível de endividamento pode ter levado a cortes em investimentos públicos, o que pode ter influenciado a redução no uso (intensidade) do transporte a diesel. Além disso, a crise econômica decorrente dessa dívida pode ter diminuído a atividade econômica geral, resultando em menor demanda por transporte e, conseqüentemente, na redução das emissões de CO₂.

Conforme destaca a Secretaria de Estado da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico (2017e), a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) respondeu, em 2012, por 64,4% do PIB estadual. No âmbito regional, o município do Rio de Janeiro foi o mais representativo, produzindo cerca de 68% do PIB metropolitano, seguido por Duque de Caxias (8,4%), Niterói (4,7%), São Gonçalo (3,7%) e Nova Iguaçu (3,3%). Além disso, a RMRJ foi responsável por 61,2% do Valor Adicionado Bruto (VAB) estadual, impulsionado principalmente pelo Setor de Serviços. Juntos, Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Niterói e São Gonçalo responderam por 82,9% do VAB total da região. A concentração econômica e populacional da RMRJ também se reflete em sua frota de veículos, a maior do estado, fator que impacta diretamente as emissões de CO₂ associadas ao transporte. Entre 2006 e 2012, com o crescimento das atividades econômicas e do setor de serviços, houve um aumento significativo no fluxo de transporte de carga e de passageiros, elevando as emissões de poluentes. Paralelamente, a Região Metropolitana concentrava, em 2014, 77,4% das ocupações formais do estado, consolidando-se como um polo de atração de empregos e, por consequência, de viagens.

Entre 2014 e 2018, a recessão econômica vivida no país teve reflexos nos níveis estadual e municipal, resultando na diminuição das emissões, com a Região Metropolitana do Rio de Janeiro acompanhando a tendência observada em todo o Estado. Conforme aponta Abreu (2015), os desafios encontrados no âmbito econômico fizeram alguns municípios da Baixada Fluminense diminuir os investimentos e os serviços. Efeitos na indústria também foram observados no período. Um relatório publicado pelo Observatório SEBRAE (2017) indica que a indústria foi o ramo de atividade mais atingido pela desaceleração econômica. Com o aumento do desemprego e os impactos na renda familiar, houve uma queda na demanda por transporte, tanto de carga quanto de passageiros, o que pode ter levado a menos veículos em circulação ou operando com menor frequência.

Em 2019, a retomada gradual da economia impulsionou as emissões de CO₂ na Região Metropolitana, acompanhando o aumento da demanda por transporte e outras atividades produtivas. No entanto, em 2020, as restrições à circulação e a desaceleração econômica levaram a uma queda significativa nessas emissões, refletindo o impacto das medidas adotadas para conter a pandemia. Esse declínio, embora temporário, evidenciou a relação direta entre a atividade econômica e os níveis de poluição. Nos anos seguintes, com a recuperação econômica, as emissões voltaram a crescer, retomando a tendência observada antes da crise.

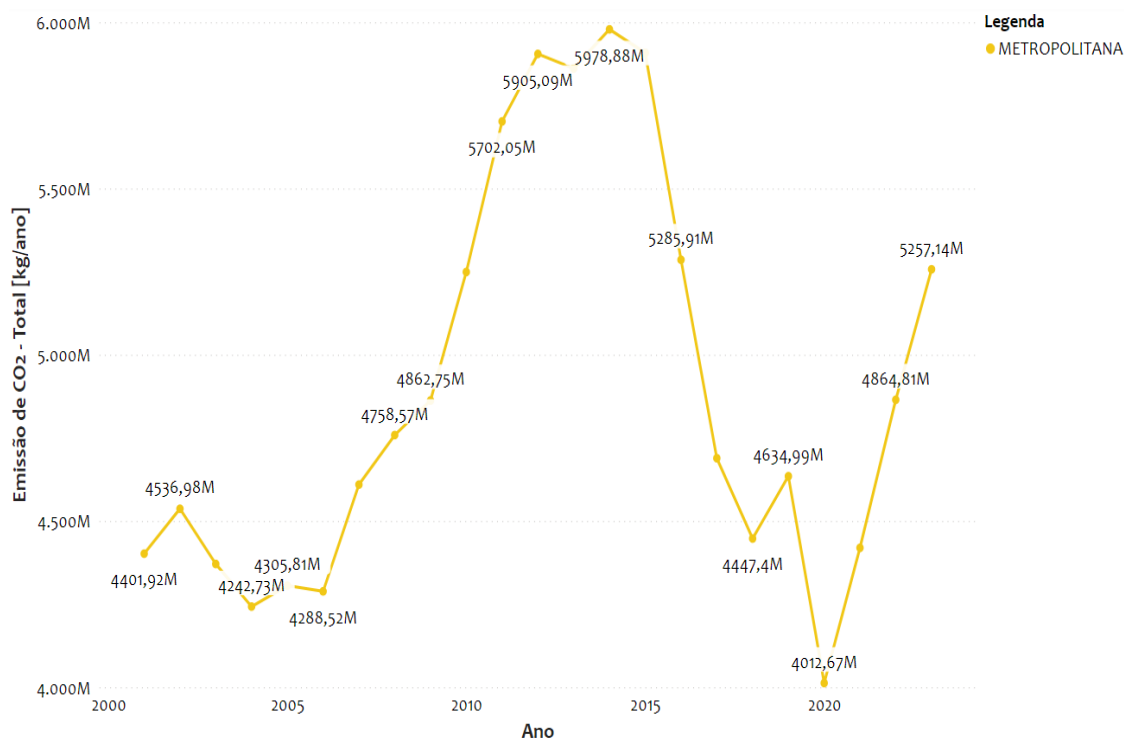


Figura 19: Emissão de CO₂ por veículos na mesorregião Metropolitana do Rio de Janeiro.

Conforme aponta a Figura 20, as emissões de CO₂ na Região Metropolitana são influenciadas pela predominância de caminhonetes, camionetas e caminhões, que se destacam como as categorias de veículos com maiores taxas de emissão.

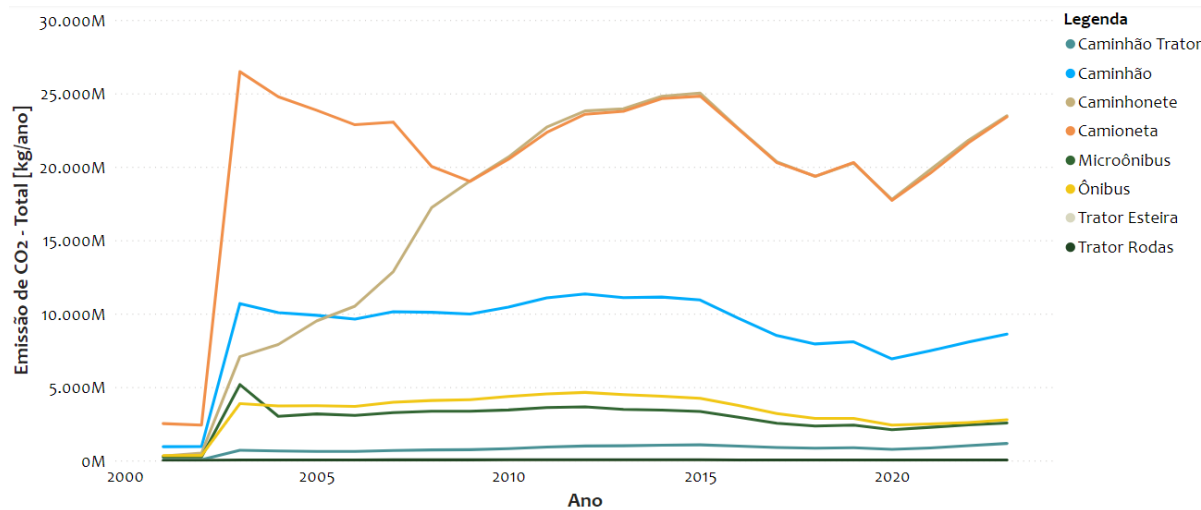


Figura 20: Emissão de CO₂ por veículos (por tipo) na mesorregião Metropolitana do Rio de Janeiro.

A distribuição das emissões de CO₂ entre os municípios da Região Metropolitana é apresentada na Figura 21. Destacam-se aqui os municípios do Rio de Janeiro, São Gonçalo, Duque de Caxias, Nova Iguaçu e Itaguaí, que exercem influência significativa na dinâmica da mesorregião.

O desenvolvimento da Região Metropolitana está diretamente associado ao crescimento do município do Rio de Janeiro, impulsionado pela maior oferta de oportunidades e pela concentração de atividades culturais, econômicas e comerciais. (SECRETARIA DE ESTADO DA CASA CIVIL DO RIO DE JANEIRO, 2017e). No âmbito dos transportes, tanto no de passageiros como no de cargas, o

município do Rio de Janeiro concentra o maior percentual da frota do Estado, seguido pelos municípios de São Gonçalo, Duque de Caxias e Nova Iguaçu (SENATRAN, 2024).

O município de São Gonçalo tem investido em mudanças socioeconômicas que fortalecem sua posição estratégica para negócios. Além de ser um ponto de passagem para áreas turísticas, como a Região dos Lagos, e culturais, como o Rio de Janeiro e Niterói, o município possui importantes fábricas, diversificada produção agrícola e um setor expressivo de comércio e serviços, intensificando a movimentação na região (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO GONÇALO, 2025a, 2025b).

Duque de Caxias, devido à sua posição privilegiada e proximidade com importantes vias, como a Rodovia Washington Luiz (BR-040), o Arco Metropolitano do Rio de Janeiro (BR-493), a Linha Vermelha, a Linha Amarela, a Rodovia Presidente Dutra (BR-116) e a Avenida Brasil, atrai um grande volume de viagens e se consolida como um relevante polo industrial e comercial (PREFEITURA MUNICIPAL DE DUQUE DE CAXIAS, 2025). Nova Iguaçu, por sua vez, possui um setor industrial diversificado e em expansão, com destaque para a fabricação de alimentos, atividade tradicional no município e com grande potencial de crescimento. Além disso, o município abriga centros de ensino e pesquisa, que impulsionam o desenvolvimento e a dinâmica econômica da região (CÂMARA MUNICIPAL DE NOVA IGUAÇU, 2025).

Para o município de Itaguaí, destaca-se a ligação com a BR-493, que contorna a região metropolitana fluminense e faz a interseção com as importantes rodovias que ligam a metrópole carioca em diferentes direções, como São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo e demais regiões brasileiras (SECRETARIA DE ESTADO DA CASA CIVIL DO RIO DE JANEIRO, 2017e). Conforme apontado por Regazzi (2021), Itaguaí possui uma diversificação econômica expressiva, aumentando significativamente a sua infraestrutura portuária, logística e industrial.

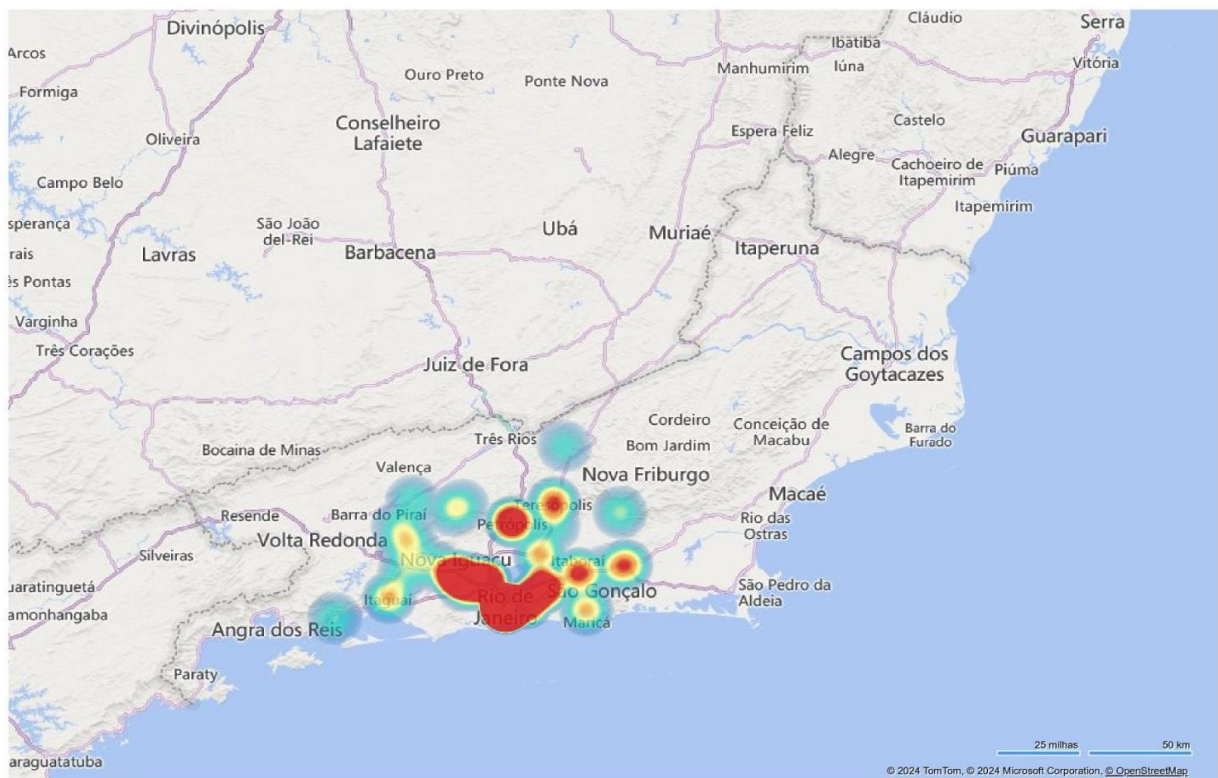


Figura 21: Emissão de CO₂ por veículos (por município) na mesorregião Metropolitana do Rio de Janeiro.

Entre 2001 e 2023, os veículos a diesel no município do Rio de Janeiro emitiram cerca de 62,38 milhões de toneladas de CO₂, o que corresponde a 41,89% das emissões totais do Estado. Em São Gonçalo, o ano de 2015 destacou-se com a maior quantidade de emissões, totalizando aproximadamente 0,30 milhões de toneladas de CO₂. Entre os diferentes tipos de veículos de Duque de Caixas, a categoria responsável pelas maiores emissões foi a de camioneta com 2,01 milhões de toneladas de CO₂, o equivalente a 28,01% das emissões do município. Em Nova Iguaçu, a caminhoneta também representou a maior parcela das emissões, com 1,82 milhões de toneladas de CO₂. Em Itaguaí, 2012 foi o ano com maior emissão, totalizando aproximadamente 0,07 milhões de toneladas de CO₂. Para mais detalhes sobre essas e outras cidades do Sul Fluminense, consulte o Anexo I deste documento.

2. Painel de dados

O painel de dados tem como principal objetivo fornecer informações detalhadas sobre as emissões de dióxido de carbono e material particulado provenientes de motores a diesel no estado do Rio de Janeiro e seus municípios. A iniciativa visa dar suporte técnico as equipes de trabalho de prefeituras ou quaisquer outras entidades, assim como orientar de maneira positiva a aplicação das boas práticas em transporte sustentável e aumento de eficiência na mobilidade urbana.

A ferramenta é intuitiva e permite filtrar informações por período, município ou considerar a totalidade do estado do Rio de Janeiro, oferecendo uma visão abrangente e detalhada das emissões. Dessa forma, tomadores de decisão podem acessar dados concretos para fundamentar investimentos em soluções sustentáveis, tais como o uso de veículos elétricos ou a biodiesel, e demais tecnologias menos poluentes.

Para garantir que os gestores públicos utilizem de maneira eficaz as informações fornecidas pelo painel, a equipe do projeto prevê treinamentos e capacitações para o uso da ferramenta. O objetivo é educar os interessados sobre as fontes de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e material particulado dentro das operações de transporte e as melhores práticas para reduzi-las.

O projeto reafirma a importância da integração entre pesquisa científica, desenvolvimento tecnológico e formulação de políticas públicas voltadas para um futuro com menor impacto ambiental. Mais informações sobre o painel podem ser obtidas em: <https://transporte-carbonozero.com.br/painel-de-dados/>.

3. Prospecção de cenários

O estado do Rio de Janeiro possui 92 municípios, na qual esse relatório foi dividido nas 6 (seis) mesorregiões do estado, organizadas da seguinte forma: Noroeste Fluminense, 13; Norte Fluminense, 9; Centro Fluminense, 16; Baixadas Litorâneas, 10; Sul Fluminense, 14; e Metropolitana do Rio de Janeiro com 30. Cada uma delas com suas características próprias, inclusive formação econômica, cultural e ambiental.

3.1 Noroeste Fluminense

A região noroeste, está na fronteira com os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, os aspectos geográficos e naturais possuem o relevo variado, com áreas de planícies, colinas e serras. Clima

tropical, com temperaturas elevadas no verão e chuvas concentradas em alguns períodos com rios importantes como o Rio Muriaé e o Rio Itabapoana cortam a região.

A região depende fortemente de rodovias para transportar produtos agropecuários e industriais. As principais são: i) BR-356, que liga Itaperuna a Campos dos Goytacazes; ii) RJ-116, que passa por municípios como Aperibé, Cambuci e Itaocara; e iii) BR-393, que também é usada para ligação com o sul de Minas e o centro do RJ.

A região possui uma Infraestrutura rodoviária deficiente com muitas estradas são malconservadas, com trechos precários, principalmente nas áreas rurais. Isso aumenta o tempo de transporte e os custos logísticos, assim como em épocas de chuva, alguns trechos ficam intransitáveis.

O transporte de carga é direcionado aos produtos agropecuários como leite, milho, cana, café, frutas. Produtos industrializados como alimentos processados, material de construção e artigos de pequeno porte produzidos em Itaperuna e outros polos locais, e o transporte de gado vivo e derivados da pecuária.

A região possui estrutura precária em sistemas logístico e local de armazenagem. Armazéns e galpões são em sua maioria pequenos e localizados nos próprios sítios ou áreas industriais urbanas. Isso limita a eficiência e aumenta a dependência de centros maiores como Campos dos Goytacazes, Macaé e o próprio Rio de Janeiro.

O transporte de passageiros é predominantemente rodoviário. Ônibus intermunicipais e vans são os principais meios de transporte coletivo, empresas regionais ligam cidades como Itaperuna, Miracema, Pádua, Bom Jesus do Itabapoana, e outras de maneira secundária., podendo ocorrer nas áreas mais movimentadas o transporte por mototáxis, vans e aplicativos. O comportamento pendular dessa região está relacionado com serviços para estudar, trabalhar ou acesso a centros maiores. A maior dificuldade está no acesso as áreas rurais.

Os maiores desafios em transporte dessa região é melhorar a frequência dos ônibus, aumentar quantidade de rotas, renovar a frota, pois algumas vezes apresentam sinais de má conservação, tarifas muito altas em contraste com a renda da população.

A renda per capita na mesorregião Noroeste Fluminense é inferior à média estadual. De acordo com dados de 2012, o Produto Interno Bruto (PIB) per capita da região era de aproximadamente R\$ 14.587,87, enquanto a média estadual alcançava R\$ 31.064,63 no mesmo período (CADERNO REGIONAL NOROESTE, 2017).

3.1.2 Dados de emissões da mesorregião Noroeste Fluminense

Tabela 1: Dados de emissões em transporte de carga da mesorregião noroeste fluminense.

Ano	Emissão de CO2 - Diesel (kg/ano)	Emissão de CO2 - Biodiesel (kg/ano)	Emissão de CO2 TOTAL. Diesel [kg/ano]	Demanda de Veículos (Noroeste)
2001	104.988.523	0	104.988.523	7.815
2002	105.460.229	0	105.460.229	7.723
2003	100.540.250	0	100.540.250	7.735
2004	96.656.653	0	96.656.653	7.852
2005	97.549.952	0	97.549.952	8.041
2006	95.737.177	0	95.737.177	8.235
2007	101.006.199	1.925.142	102.931.341	8.702

2008	101.940.419	2.944.467	104.884.887	9.168
2009	103.316.496	4.020.400	107.336.896	9.925
2010	113.158.892	5.562.191	118.721.082	11.015
2011	121.894.260	5.991.567	127.885.828	12.052
2012	125.939.365	6.190.400	132.129.765	13.071
2013	124.384.221	6.113.958	130.498.179	14.056
2014	124.156.448	7.401.223	131.557.670	14.881
2015	121.020.630	7.214.290	128.234.920	15.387
2016	106.034.975	6.320.964	112.355.939	15.629
2017	91.783.213	7.453.774	99.236.986	15.870
2018	85.023.899	8.822.858	93.846.757	16.266
2019	87.564.237	10.107.418	97.671.655	16.811
2020	73.488.653	9.359.004	82.847.658	16.836
2021	83.775.101	8.693.271	92.468.372	17.492
2022	92.748.082	9.624.390	102.372.472	18.071
2023	98.158.746	12.500.816	110.659.562	18.706

Os dados da Tabela 1 correspondem as emissões de dióxido de carbono (CO₂) para as emissões totais do diesel (diesel e biodiesel) consumido na região noroeste, as emissões provenientes do diesel tradicional (sem biodiesel) e biodiesel. Todos relacionados com a demanda de veículos a diesel regional (passageiros e carga). Essa decisão é importante, pois a demanda tem forte relação com a renda per capita na renovação ou expansão da frota.

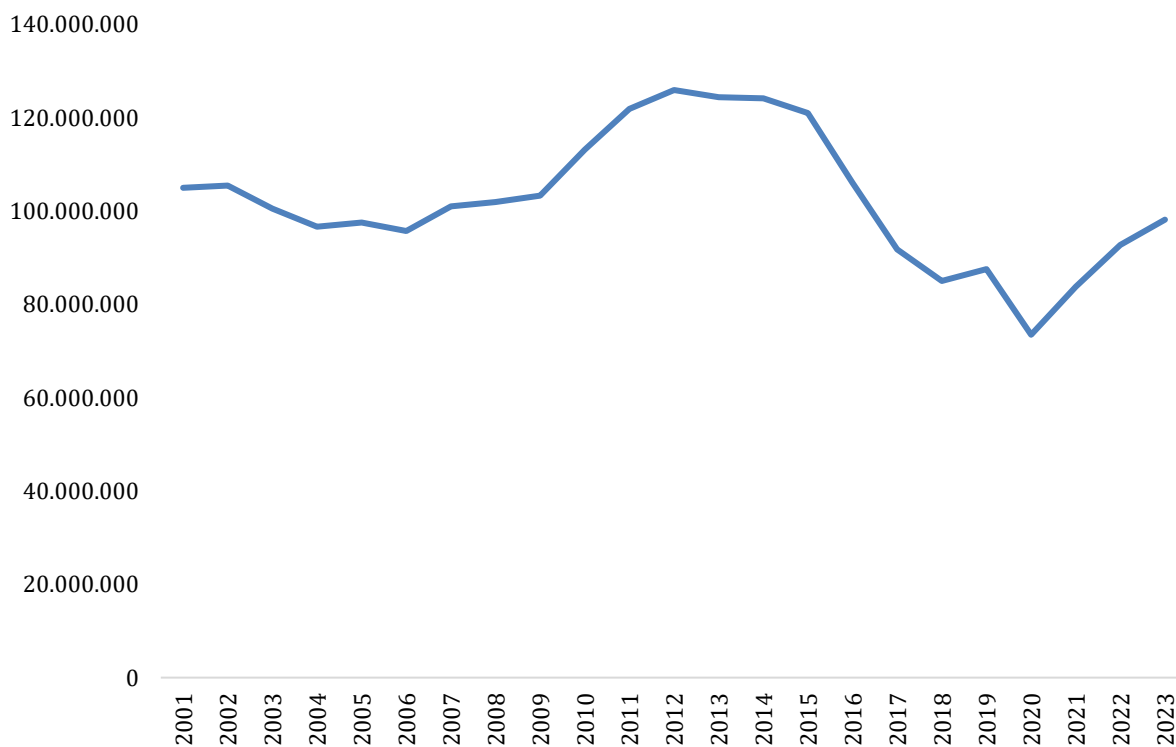


Figura 22: Emissão de CO₂ - Diesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião noroeste do estado do Rio de Janeiro.

Os dados da Figura 22 não apresentam correlação e nem hipótese para projeção econométrica dos dados. Contudo, em 2023 observa-se uma recuperação crescente das emissões de CO₂ em transportes provenientes do diesel. Em 2014, houve forte redução da atividade econômica, as emissões estavam em tendência de queda, ainda que tenham ocorrido aumento de demanda de veículos na região. Esses dados refletem uma mudança na motorização e no tipo de combustível utilizado, o que descreve o aumento da inserção de biocombustível na mistura do diesel. Itaperuna é o município com maior impacto da mesorregião e deve ter tratamento diferenciado por comportar mais de 40% dos veículos em circulação, responsável pelas emissões de 30,5% do total ou 29.938 ton/CO₂, proveniente do diesel.

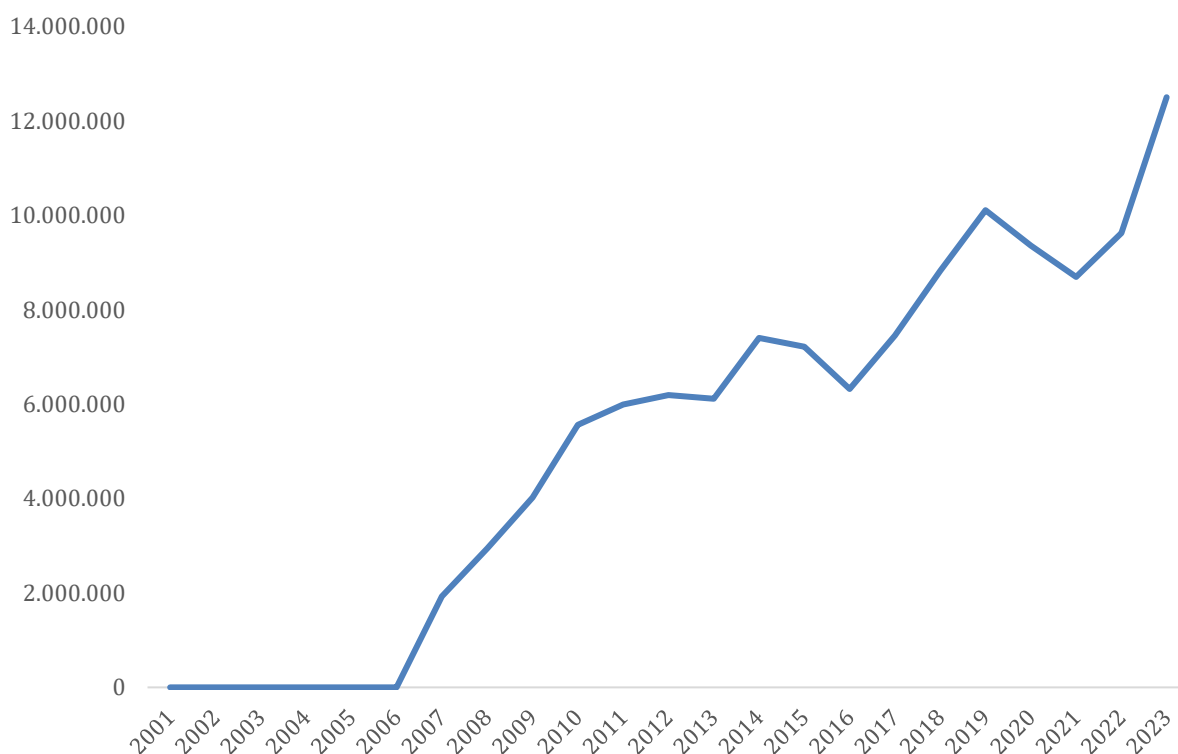


Figura 23: Emissão de CO₂ - Biodiesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião noroeste do estado do Rio de Janeiro.

Na Figura 23, os dados de biocombustível apresentam uma tendência crescente constante ao longo do tempo, entre os períodos de 2001 a 2023 houve um crescimento de 549,35%, isso reflete o aumento da utilização do biocombustível no diesel como alternativa de reduzir as emissões de CO₂, a priori esse aumento pode impressionar, porém se a combustão fosse realizada pelo diesel tradicional, as emissões poderiam ser bem maiores. A taxa de emissão de CO₂.m³ do biodiesel é menor que a taxa de emissão de CO₂.m³ do diesel tradicional. A primeira experiência foi a inserção de 2% na mistura, que atualmente alcançou 14%. Vários estudos apontam que a adição necessita ser lenta, justamente para acompanhar a mudança de tecnologia da motorização e do sistema de injeção. Parte do problema está relacionada aos óxidos nitrogênio (NO_x) e dióxido de enxofre (SO₂) que contribuem para corrosão do sistema de injeção. Em veículos mais velhos podem aumentar a manutenção e a quantidade de veículos quebrados.

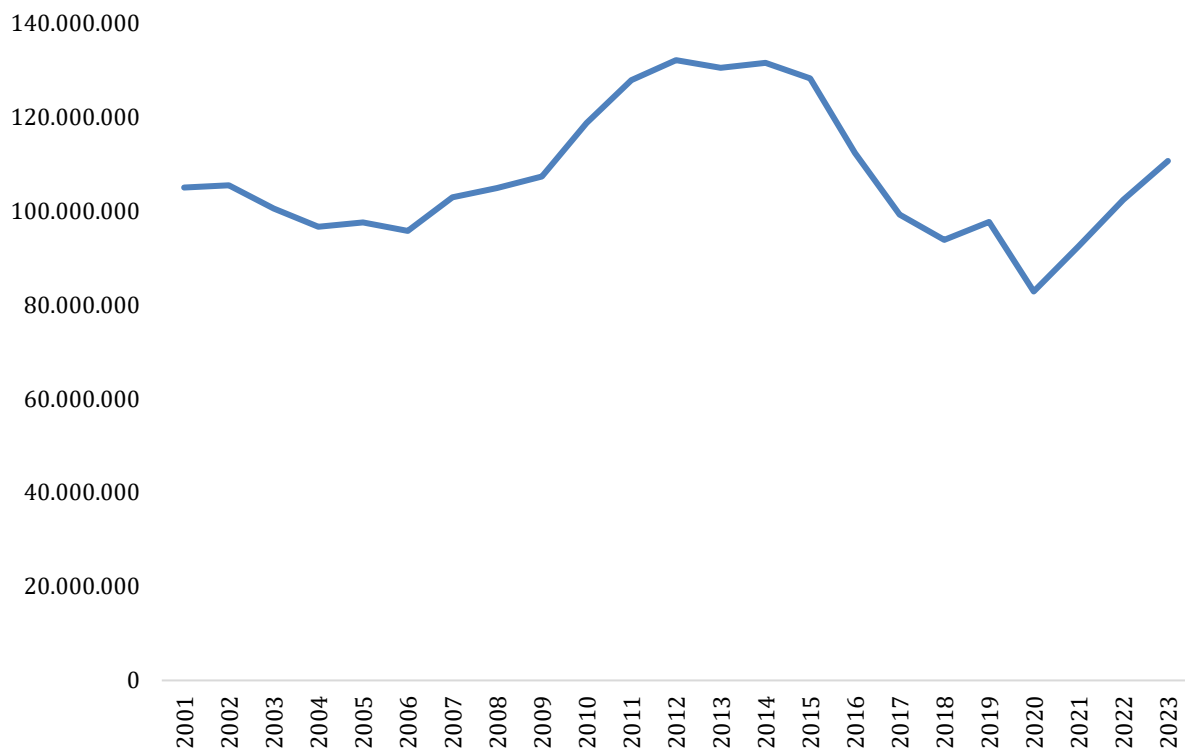


Figura 24: Emissão de CO₂ Total - Diesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião noroeste do estado do Rio de Janeiro.

A emissões de CO₂ total é a mistura do diesel tradicional com biodiesel, percebe-se que ao longo do tempo, a adição de biodiesel pouco refletiu para mudar o formato da curva, não apresentando dados suficiente para projeção econométrica, contudo, a emissão total, representada pela Figura 24, entre os períodos de 2001 à 2023, possui taxa de crescimento de 5,4%, menor que a taxa de crescimento da demanda de veículos da região, representada por 139,36% no mesmo período, logo o biodiesel foi responsável por efeitos consideráveis.

A retomada da atividade econômica a partir de 2021, reflete no aumento das emissões de CO₂ na região, porém o crescimento não foi substancial, observado o crescimento da demanda, na Figura 25. A percepção de crescimento econômico está intrínseca no aumento da demanda de veículos, e não aparentemente no aumento das emissões, pois a taxa de ambas não apresenta o mesmo crescimento no período.

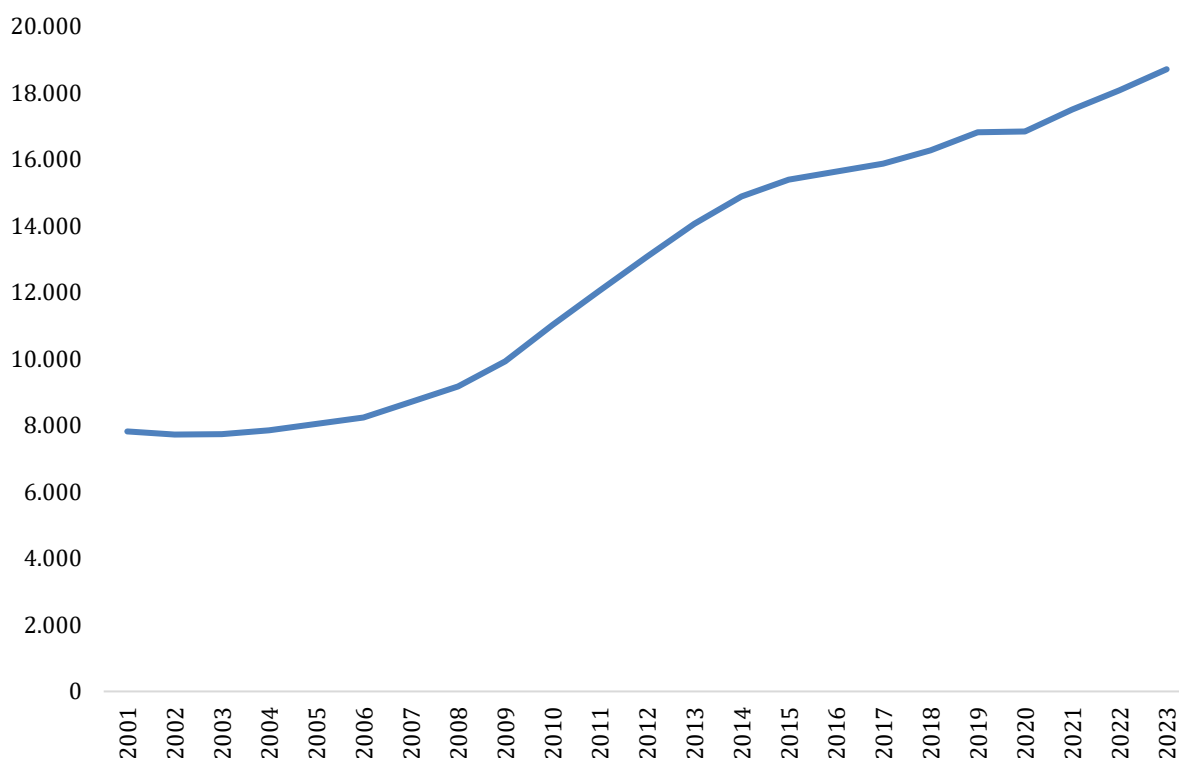


Figura 25: Demanda de veículos a diesel na mesorregião noroeste do estado do Rio de Janeiro.

A demanda de veículos na região noroeste apresentou entre os períodos de 2001 a 2009 uma taxa de crescimento de 27%, entre 2009 e 2019 a taxa foi de 69,38%, totalizando um crescimento entre 2001 e 2023 de 139,36%. Percebe-se que nem a redução da atividade economia em 2014 refletiu em grandes quedas para o setor.

Em resumo, as análises em relação a demanda de veículos com o diesel, ou demanda de veículos com diesel tradicional não apresentam dados suficientes para projeções econométricas. O R^2 , p-valor e fator F estão faixa adequada de aceitação. Esse resultado é observável, pois as Figuras 22 e 24 não apresenta tendência no período analisado. Porém a análise do biodiesel com a demanda de veículos, apresenta dados, aparentemente, com significância estatística, conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Regressão Noroeste: MQO, usando as observações 2007-2023 (T = 17) Variável dependente: Emissão de CO₂/kg Biodiesel e independente: Demanda de Veículos.

	Coeficiente	Erro Padrão	razão-t	p-valor	
const	-4,34263e+06	1,09705e+06	-3,958	0,0013	***
Demanda Veículos Noroeste	795,575	74,7600	10,64	<0,0001	***
Média var. dependente	7073302				D.P. var. dependente 2680301
Soma resíd. quadrados	1,34e+13				E.P. da regressão 946720,3
R-quadrado	0,883037				R-quadrado ajustado 0,875240
F(1, 15)	113,2459				P-valor(F) 2,19e-08
Log da verossimilhança	-256,9910				Critério de Akaike 517,9819
Critério de Schwarz	519,6484				Critério Hannan-Quinn 518,1476

O R² apresenta significância, assim como o P-valor, contudo, os dados entre demanda de veículos e emissões de CO₂ provenientes do biodiesel apresentam baixa intensidade de violações estatística dos dados, aparentemente, podendo apresentar perturbação no resultado. Como os dados estão anualizados para apenas 17 observações e foram analisados de maneira cruzada, julga-se, ainda que de forma cautelosa, necessários para projeção.

Desde 2001, a taxa de crescimento média da venda de veículos a diesel na região noroeste do estado do Rio de Janeiro é de 4,09%, logo se permanecer a mesma taxa até 2035, a demanda aumentará em 61,86% para aumento das emissões de CO₂, proveniente do biodiesel em 92,69%, a partir de 2023. Com incremento, progressivo de biodiesel na mistura com diesel tradicional, espera-se aumentos dos impactos na redução das emissões totais de CO₂ no longo prazo.

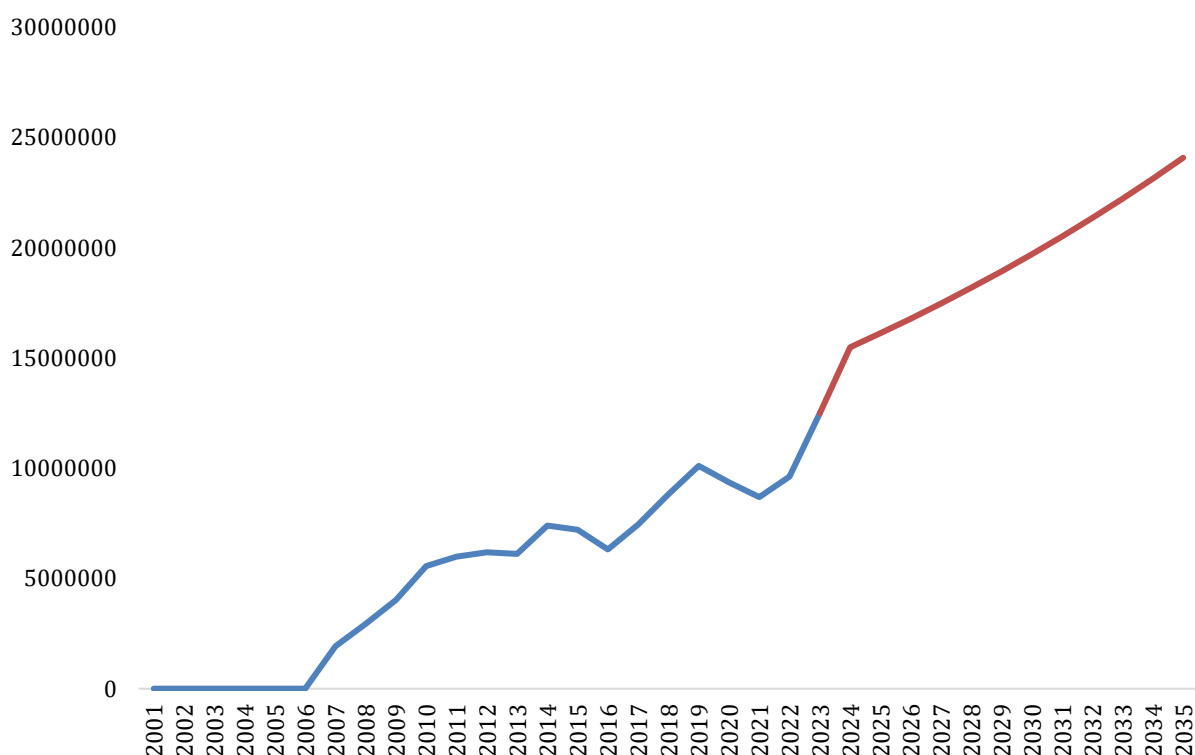


Figura 26: Projeção das Emissão de CO₂ - Biodiesel (kg/ano) para a mesorregião noroeste do estado do Rio de Janeiro a partir de 2023 até 2035. Faixa azul: período entre 2001 e 2023. Faixa vermelha: período entre 2023 e 2035.

3.2 Norte Fluminense

A mesorregião Norte Fluminense é uma das mais importantes do estado, tanto do ponto de vista econômico quanto geográfico, fazendo divisa com o Espírito Santo. A formação econômica está fortemente impulsionada pela exploração de petróleo e gás, principalmente em Macaé e Campos dos Goytacazes (Bacia de Campos), sendo os principais ramo da economia em setor de energia, logística e serviços petrolíferos.

Nesta região, existe forte presença da atividade agropecuária, provenientes da cana-de-açúcar, leite, frutas e pecuária bovina. O clima tropical quente úmido, assim como planícies, restingas, lagoas e áreas litorâneas formam um ambiente para o turismo verde como o Parque Nacional da

Restinga de Jurubatiba. Nas cidades de Campos e Macaé estão bastantes desenvolvidos o comércio, universidades, hospitais regionais e centros administrativos.

Parte da região é cortada pela rodovia federal BR-101, entre outras rodovias estadual, com boa qualidade de rolamento. Novamente, Campos e Mace se destacam por possuírem aeroportos e portos, onde em Macaé se destaca por grandes empreendimentos nas áreas de óleo e gás, e em Campos, além das atividades de óleo e gás, as atividades de escoamento de minério.

O porto do Açú, localizado em Barra de São João tem papel estratégico na exportação e importação, com ligação direta com a produção do interior da região, além de ser ponto de exportação de mercadorias.

A região possui infraestrutura percaria para o transporte ferroviária, que nesse caso, seria de grande ganho para a redução dos custos logísticos. O transporte de minério é realizado por mineroduto da empresa Anglo American, esse produto é proveniente do estado de Minas Gerais. Uma alternativa seria o aumento do transporte de cabotagem, justamente para o escoamento com menos emissões de gases nocivos, além do ganho de escala para redução o custo logístico.

O transporte de passageiros é relativamente estruturado, devido aos grandes centros econômicos em Macaé e Campos. As principais rodovias são a BR-101, federal, e as rodovias estadual RJ-158, RJ-216, RJ-224, conectando zonas urbanas e rurais.

Macaé possui um sistema mais bem organizado da região, o transporte de ônibus é dividido em pequenas rodoviários nos principais pontos da cidade, desta forma, o cidadão pode se transportar pela cidade com apenas uma passagem, desde que não saia da rodoviária. Além disso, o transporte é subsidiado pela prefeitura, que por vez, recebe royalties pela extração de petróleo na região.

A região norte possui o maior PIB per capita do estado do Rio de Janeiro. Em 2012 e PIB per capita era de R\$ 82.726,17, valor 266% superior à média estadual (R\$ 31.064,63). Os maiores destaques dos últimos 10 anos foram os municípios de São João da Barra e São Francisco do Itabapoana. O valor adicionado bruto (VAB) destaca a indústria com 73%; serviço, 19; Administração Público, 7%; e agropecuária, 1%. Ao todo o VAB da região norte representa 16,1% do estado do Rio de Janeiro (CADERNO REGIONAL NORTE, 2017).

Percebe-se que grande parte do escoamento dos produtos agropecuários é depende das rodovias da região, contudo representa somente 1% do VAB, logo existe um problema de custo logístico para uma atividade, necessitando de investimento na fase de suprimento para o ganho de escala.

3.2.1 Dados de emissões da mesorregião Norte Fluminense

Tabela 3: Dados de emissões em transporte de carga da mesorregião norte fluminense.

Ano	Emissão de CO2 - Diesel (kg/ano)	Emissão de CO2 - Biodiesel (kg/ano)	Emissão de CO2 TOTAL. Diesel [kg/ano]	Demanda de Veículos (Norte)
2001	296.909.589	0	296.909.589	18.006
2002	320.492.228	0	320.492.228	20.033
2003	324.555.700	0	324.555.700	21.722
2004	330.844.242	0	330.844.242	23.546
2005	356.434.106	0	356.434.106	25.873
2006	369.801.609	0	369.801.609	28.128
2007	388.020.291	7.395.527	395.415.819	29.457

2008	395.444.511	11.422.098	406.866.609	31.142
2009	390.411.739	15.192.261	405.604.000	32.645
2010	421.114.399	20.699.377	441.813.777	36.098
2011	465.750.024	22.893.388	488.643.413	40.628
2012	484.346.204	23.807.461	508.153.666	44.539
2013	485.655.018	23.871.795	509.526.813	48.517
2014	489.048.832	29.153.212	518.202.044	51.829
2015	477.888.656	28.487.931	506.376.587	53.700
2016	417.533.937	24.890.061	442.423.998	54.104
2017	356.609.641	28.960.498	385.570.139	54.119
2018	327.000.292	33.932.544	360.932.836	54.736
2019	335.074.922	38.677.233	373.752.155	56.037
2020	285.010.831	36.297.000	321.307.831	56.775
2021	321.603.547	33.372.528	354.976.076	58.474
2022	353.717.400	36.704.956	390.422.356	59.994
2023	374.500.174	47.693.741	422.193.914	61.994

Os dados da Tabela 3 correspondem as emissões de dióxido de carbono (CO₂) para as emissões totais do diesel (diesel e biodiesel) consumido na região norte, as emissões provenientes do diesel tradicional (sem biodiesel) e biodiesel. Todos relacionados com a demanda de veículos a diesel regional (passageiros e carga). Essa decisão é importante, pois a demanda tem forte relação com a renda per capita na renovação ou expansão da frota.

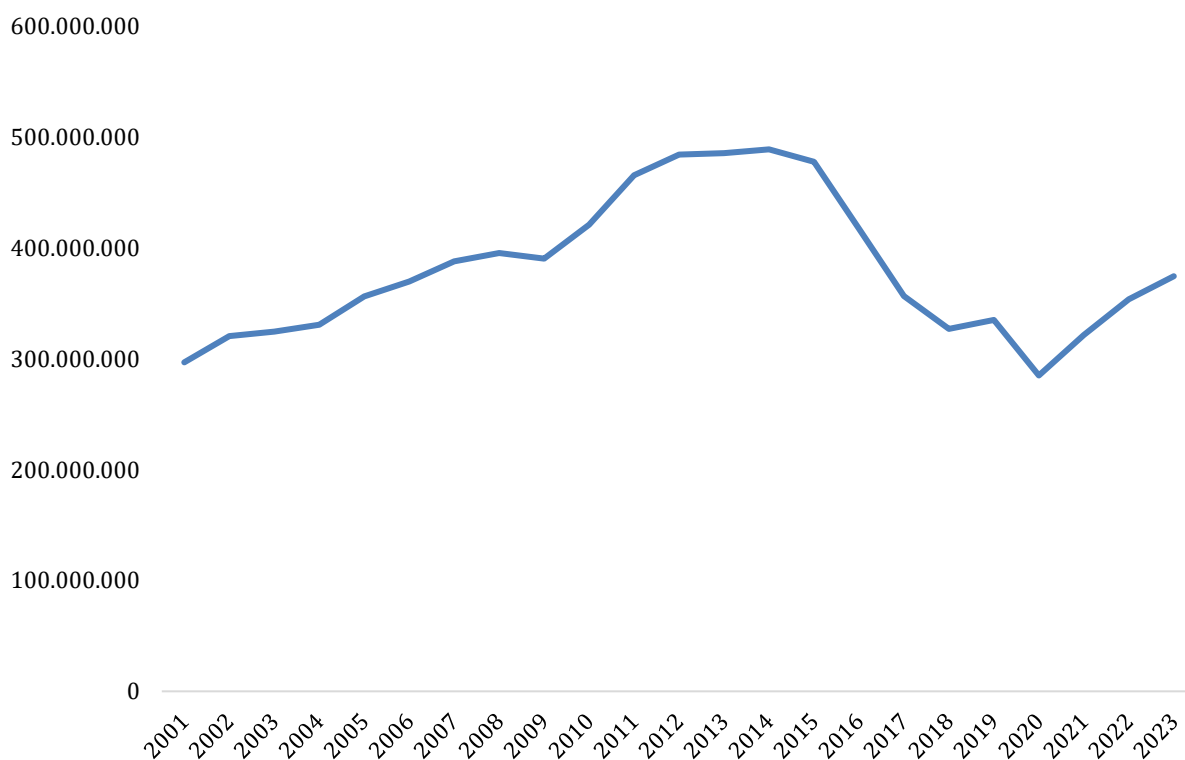


Figura 27: Emissão de CO₂ - Diesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião norte do estado do Rio de Janeiro.

Os dados da Figura 27, apresentam a emissões proveniente do diesel, onde não apresentam correlação e nem hipótese para projeção econométrica dos dados. Muito semelhante a região noroeste, os dados apresentam forte redução da atividade econômica a partir de 2014 com pequena melhoria em 2018, porém com a COVID-19, as emissões começaram a aumentar a partir de 2021. Ainda é muito recente a inserção de veículos de carga ou passageiros elétricos ou gás natural em escala, logo não percebe impactos relevantes ao longo do período. As cidades de Campos e Macaé são destaques com maiores emplacamentos de veículos da região, logo as maiores emissões de gases de efeito estufa e poluentes provenientes de veículos. A cidade de Campos emitiu em 2023, 190.122 ton/CO₂ provenientes do diesel, correspondente a 50,79% do total da região, seguida por Macaé que emitiu 120.292 ton/CO₂, ou 32,12% do total. A proporção nas emissões das outras cidades somadas representa 17,09% das emissões de totais.

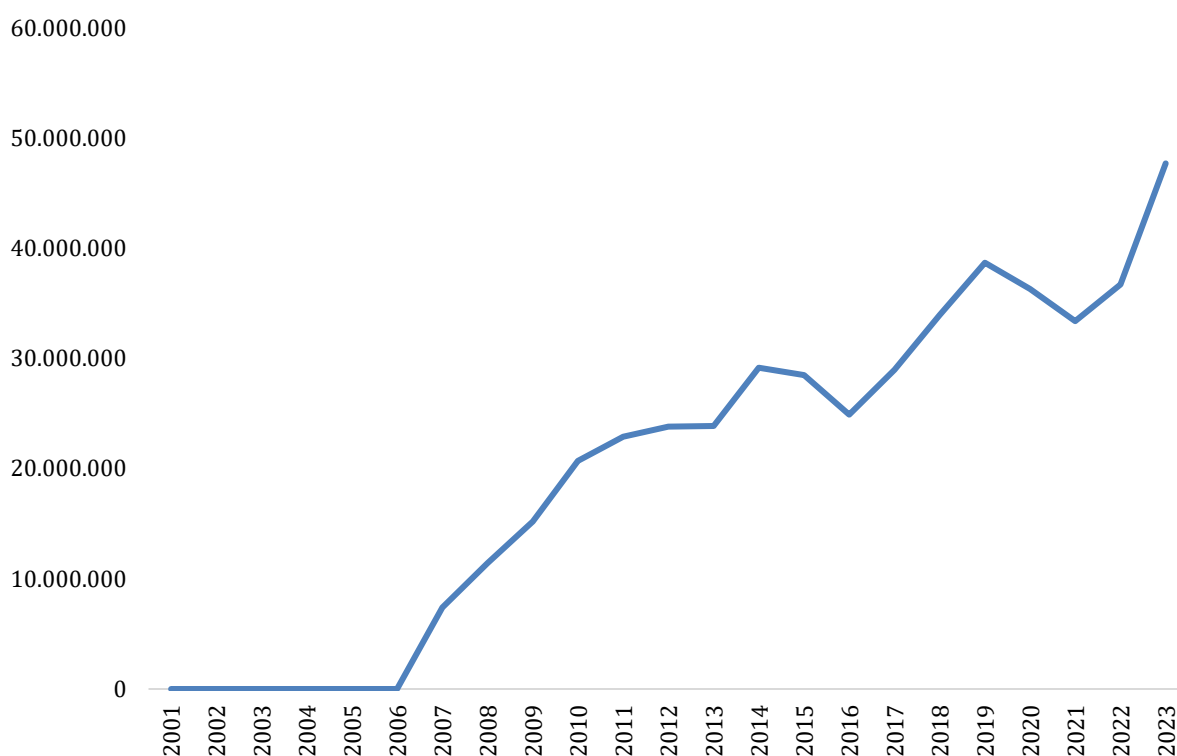


Figura 28: Emissão de CO₂ - Biodiesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião norte do estado do Rio de Janeiro.

Na Figura 28, os dados de biocombustível apresentam uma tendência crescente constante ao longo do tempo, entre os períodos de 2007 a 2023, houve um crescimento de 544,90%, esse aumento está ligando os esforços para a redução das emissões de CO₂, proveniente de combustíveis diesel. O formato do gráfico é semelhante ao da região noroeste, pois o aumento da porcentagem nacional, desde 2007, reflete no aumento do consumo a nível regional. A adição de biodiesel representa menos emissões de CO₂, pois o fator de queima desse combustível é menor que os níveis de emissão no diesel tradicional.

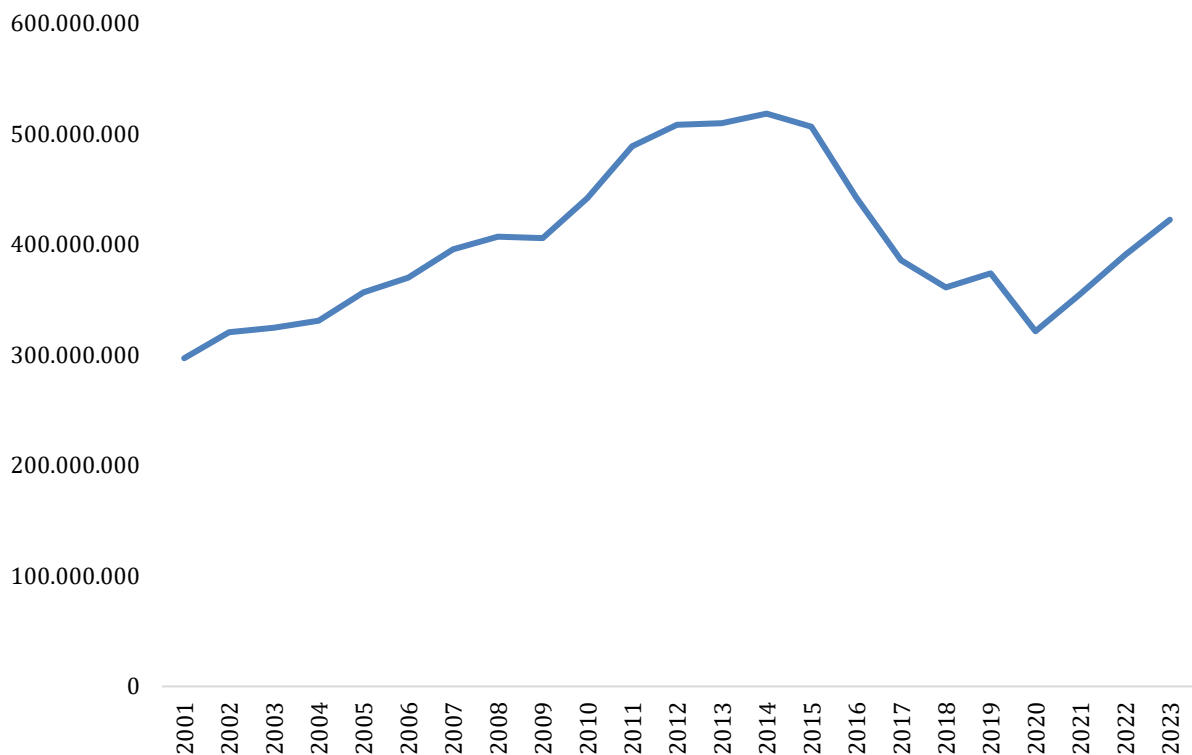


Figura 29: Emissão de CO₂ Total - Diesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião norte do estado do Rio de Janeiro.

A curva de consumo do diesel total não apresenta dados suficiente para projeção econométrica, o formato é semelhante a região noroeste do estado. As emissões de gases estão fortemente relacionadas a demanda de veículos e a renda per capita da região, logo em 2023, o gráfico apresenta uma correção aos efeitos da Pandemia de 2019, ficando um pouco acima do período pré-pandemia, e abaixo do pico de 2014, período de maior atividade econômica do período analisado. Figura 29, entre os períodos de 2001 a 2023, possui taxa de crescimento de 42,20%, menor que a taxa de crescimento da demanda de veículos da região, representada por 244,30% no mesmo período, logo o biodiesel foi responsável por efeitos consideráveis.

Assim como na região noroeste, a retomada da atividade econômica a partir de 2021, reflete no aumento das emissões de CO₂ na região, a Figura 30 demonstra que, em todo período analisado, houve crescimento da demanda de veículos, de fato, a adição de biocombustível no diesel total, reduziu as missões de CO₂, porém, essa mesma análise ainda é incipiente, em relação a veículos de carga ou passageiros elétricos.

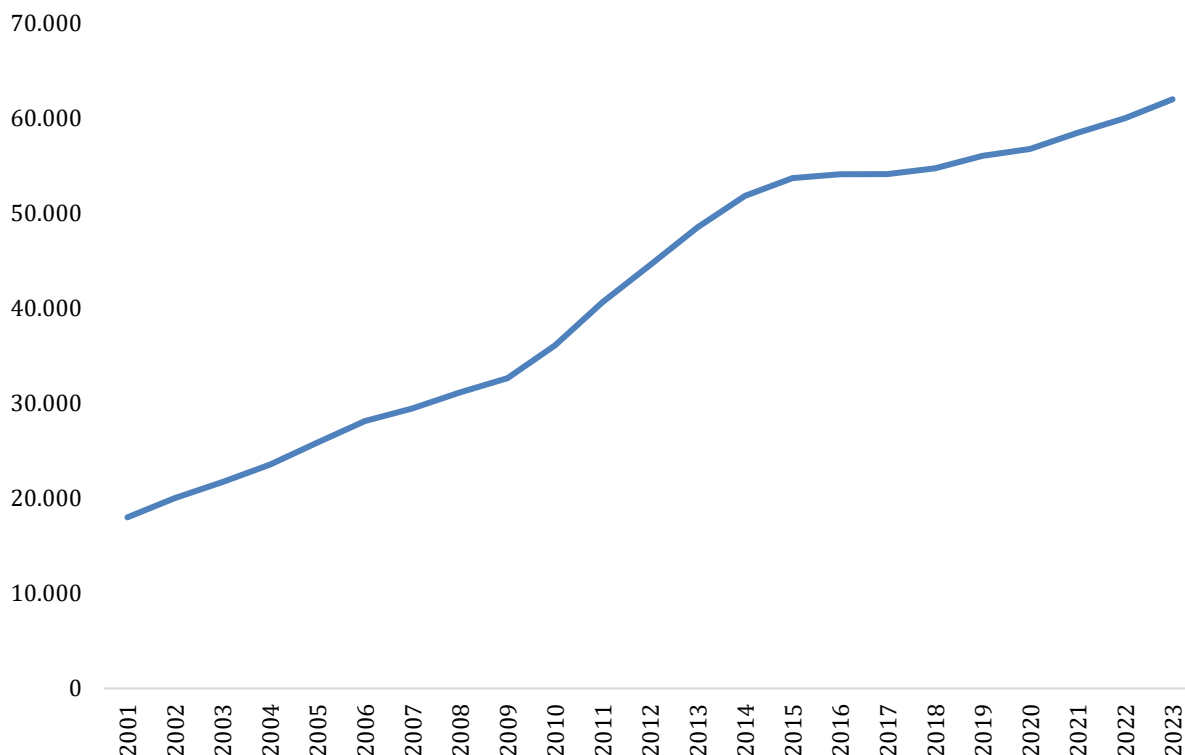


Figura 30: Demanda de veículos a diesel na mesorregião norte do estado do Rio de Janeiro.

A demanda de veículos na região norte apresentou entre os períodos de 2001 a 2009 uma taxa de crescimento de 81,30%, entre 2009 e 2019 a taxa foi de 71,66%, totalizando um crescimento entre 2001 e 2023 de 244,30%. Percebe-se que nem a redução da atividade economia em 2014 refletiu em grandes quedas para o setor.

Em resumo, as análises em relação a demanda de veículos com o diesel, ou demanda de veículos com diesel tradicional não apresentam dados suficientes para projeções econométricas. O R^2 , p-valor e fator F estão faixa adequada de aceitação. Esse resultado é observável, pois as Figuras 27 e 29 não apresentam tendência no período analisado. Porém a análise do biodiesel com a demanda de veículos, apresenta dados, aparentemente, com significância estatística, conforme a Tabela 4.

Tabela 4: Regressão Norte: MQO, usando as observações 2007-2023 (T = 17) Variável dependente: Emissão de CO₂/kg Biodiesel e independente: Demanda de Veículos.

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-1,60683e+07	4,59175e+06	-3,499	0,0032	***
Demanda de Veículos Norte	893,093	92,5543	9,649	<0,0001	***
Média var. dependente	27261860		D.P. var. dependente	10279918	
Soma resid. quadrados	2,35e+14		E.P. da regressão	3954712	
R-quadrado	0,861254		R-quadrado ajustado	0,852004	
F(1, 15)	93,11094		P-valor(F)	7,97e-08	
Log da verossimilhança	-281,2952		Critério de Akaike	566,5904	
Critério de Schwarz	568,2568		Critério Hannan-Quinn	566,7560	

O R² apresenta significância, assim como o P-valor, contudo, os dados entre demanda de veículos e emissões de CO₂ provenientes do biodiesel apresentam baixa intensidade de violações estatística dos dados, aparentemente, podendo apresentar perturbação no resultado. Como os dados estão anualizados para apenas 23 observações e foram analisados de maneira cruzada, julga-se, ainda que de forma cautelosa, necessários para projeção.

Desde 2001, a taxa de crescimento média da venda de veículos a diesel na região norte do estado do Rio de Janeiro é de 5,84%, logo se permanecer a mesma taxa até 2035, a demanda aumentará em 97,74% para aumento das emissões de CO₂, proveniente do biodiesel em 129,55%, a partir de 2023. Com incremento, progressivo de biodiesel na mistura com diesel tradicional, espera-se aumentos dos impactos na redução das emissões totais de CO₂ no longo prazo.

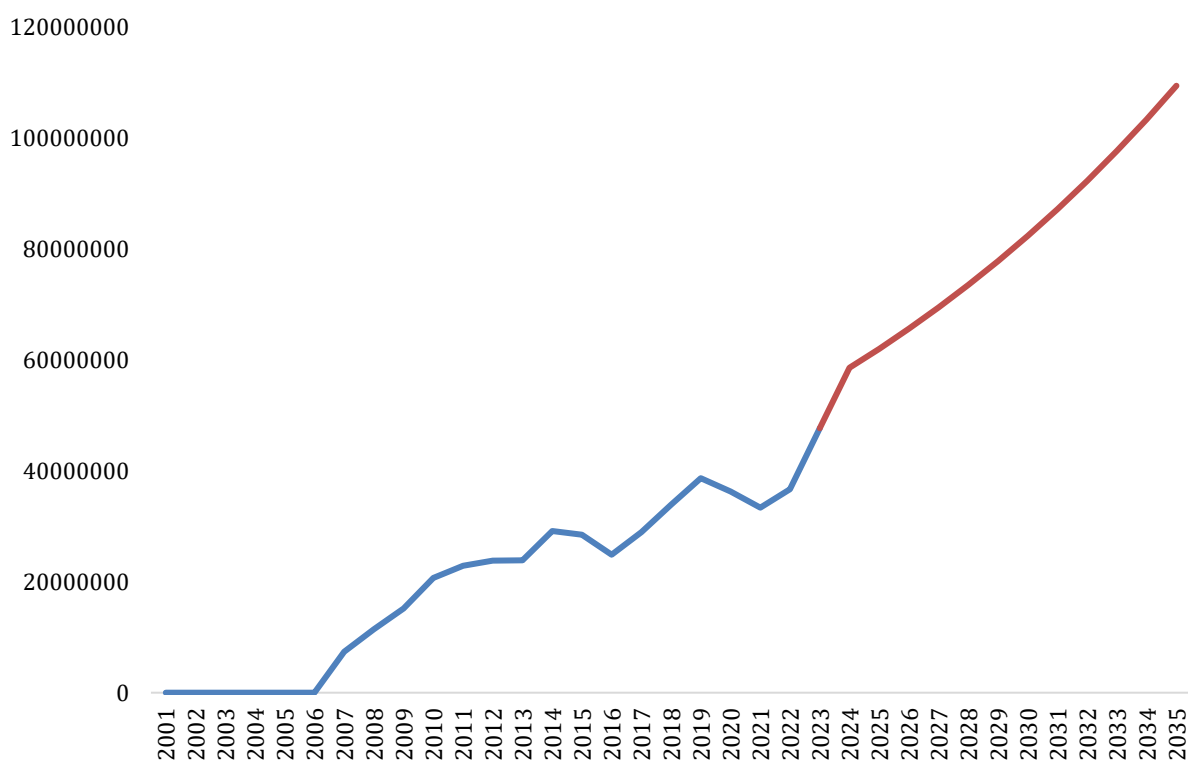


Figura 31: Projeção das Emissão de CO₂ - Biodiesel (kg/ano) para a mesorregião norte do estado do Rio de Janeiro a partir de 2023 até 2035. Faixa azul: período entre 2001 e 2023. Faixa vermelha: período entre 2023 e 2035.

3.3 Centro Fluminense

A mesorregião Centro Fluminense é uma das mais tradicionais e diversificadas do estado do Rio de Janeiro, tanto em aspectos naturais quanto econômicos. Composta por 16 municípios com clima tropical e alguns deles localizado na altitude, a região é banhada por dois importantes rios, Paraíba do Sul e Piabanha, com potencial para turismo rural e ecológico.

A vocação econômica está direcionada as atividades de agropecuária, com cultivo de cultivo de hortaliças, legumes, frutas e criação de gado leiteiro, e industrial, principalmente em Três Rios e Nova Friburgo, com polos têxtil, alimentício, químico e metalúrgico. A atividade comercial é bem distribuída entre os municípios da região.

A principal rodovia é a BR-040, com ligação entre RJ, MG e Brasília — eixo crucial para o transporte de cargas e passageiros, servindo como corredor logístico. Inclusive em Três Rios existe um ponto de interligação ferroviária, apesar do transporte ferroviário de passageiros estar desativado.

O transporte de carga é influenciado por sua posição estratégica, sua proximidade com a Região Metropolitana e a ligação com Minas Gerais, além da BR-040, outras rodovias estaduais importantes são: RJ-116, RJ-130, RJ-134, que ligam centros urbanos e áreas rurais. Os tipos de carga que são transportados são: i) Produtos agropecuários: frutas, hortaliças, laticínios; ii) Materiais de construção e produtos industriais (metalúrgicos, alimentícios e químicos), com origem nos polos industriais de Três Rios, Paraíba do Sul e Sapucaia; e iii) Madeira e produtos florestais, em menor escala.

A desativação da malha ferroviária e a precária conservação de vias secundárias tornam a região dependente do modo rodoviário na via federal, esses são alguns desafios para o desenvolvimento socioeconômico, uma vez que a região é um ponto de escoamento de cargas para o Sudeste e Centro-Oeste.

O transporte de passageiros é fortemente influenciado pela sua posição geográfica estratégica e por seu poder histórico como rota entre o litoral e o interior. Existe transporte regular de ônibus e vans dentro dos municípios, ainda que o transporte alternativo por vans e serviços de aplicativo são complementares ao sistema.

Os maiores PIB per capita da região em 2021, Três Rios com R\$ 76.977,41, seguido Sapucaia, R\$ 54.765,99; e Comendador Levy Gasparian, R\$ 70.311,39, são os destaques em investimento industriais e logísticos. Os outros municípios, as principais atividades estão relacionadas a agropecuária e serviços, resultando em PIBs per capita mais baixos. Para dados de 2012, o PIB per capita das região centro-sul fluminense era de apenas 22.890,25, abaixo da média do estado, ainda que nesse período, evoluiu 66,6% em relação a 2006. terceira maior evolução no período (CADERNO REGIONAL CENTRO-SUL, 2017).

A cidade de Nova Friburgo é o destaque da região, com receita total em 2023 de R\$ 6,324 bilhões. Contudo, como a cidade é mais populosa da região, o PIB per capita foi de R\$ 33.000, abaixo de outras cidades da região. Com a população de 190 mil/hab., a cidade é a mais industrializada na região, com comércio desenvolvido em diversos setores da economia. As receitas são representadas por serviços (59,2%), administração (28,1%) e indústria (10,5%) das atividades. A cidade se destaca na exportação de produtos industrializados, principalmente cadeados e fechaduras, que tiveram um aumento de 154% em um ano, e de bebidas alcoólicas e moda íntima. A cidade também exporta cachaça, vestuário, partes para automóveis, circuitos elétricos e chuveiros. Parte da produção de moda íntima é vendida nas lojas da própria cidade, fortalecendo o turismo de compras, assim como o ecológico e cultural.

3.3.1 Dados de emissões da mesorregião Centro Fluminense

Tabela 5: Dados de emissões em transporte de carga da mesorregião centro fluminense.

Ano	Emissão de CO2 - Diesel (kg/ano)	Emissão de CO2 - Biodiesel (kg/ano)	Emissão de CO2 TOTAL. Diesel [kg/ano]	Demanda de Veículos (Centro)
2001	277.847.749	0	277.847.749	16.850
2002	281.552.575	0	281.552.575	17.599
2003	264.386.940	0	264.386.940	17.695
2004	247.367.403	0	247.367.403	17.605

2005	246.265.067	0	246.265.067	17.876
2006	238.462.087	0	238.462.087	18.138
2007	248.827.216	4.742.557	253.569.773	18.890
2008	250.647.974	7.239.766	257.887.740	19.739
2009	250.117.050	9.732.913	259.849.963	20.914
2010	264.161.850	12.984.561	277.146.411	22.644
2011	281.297.974	13.826.867	295.124.842	24.538
2012	289.515.907	14.230.810	303.746.717	26.623
2013	289.048.670	14.207.843	303.256.513	28.876
2014	292.991.478	17.465.828	310.457.305	31.151
2015	288.219.365	17.181.352	305.400.717	32.387
2016	257.601.708	15.356.171	272.957.878	33.380
2017	226.667.437	18.407.808	245.075.245	34.399
2018	214.250.429	22.232.586	236.483.015	35.863
2019	223.580.606	25.807.599	249.388.205	37.391
2020	191.455.166	24.382.400	215.837.566	38.125
2021	219.387.145	22.765.619	242.152.763	39.889
2022	245.227.320	25.447.032	270.674.352	41.593
2023	261.353.930	33.284.221	294.638.151	43.264

Os dados da Tabela 5 correspondem as emissões de dióxido de carbono (CO₂) para as emissões totais do diesel (diesel e biodiesel) consumido na região norte, as emissões provenientes do diesel tradicional (sem biodiesel) e biodiesel. Todos relacionados com a demanda de veículos a diesel regional (passageiros e carga). Essa decisão é importante, pois a demanda tem forte relação com a renda per capita na renovação ou expansão da frota.

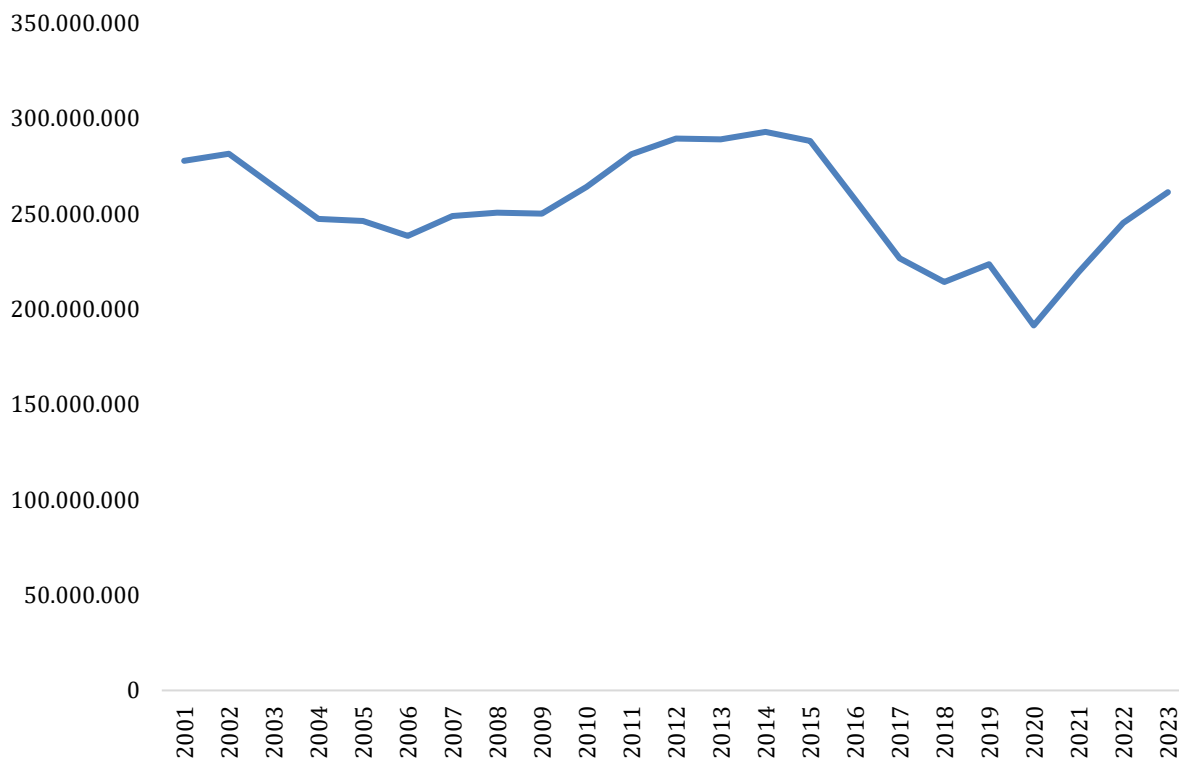


Figura 32: Emissão de CO₂ - Diesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião centro do estado do Rio de Janeiro.

Os dados da Figura 32, apresentam a emissões proveniente do diesel, onde não apresentam correlação e nem hipótese para projeção econométrica dos dados. Muito semelhante a região norte, os dados apresentam forte redução da atividade econômica a partir de 2014 com pequena melhoria em 2018, porém com a COVID-19, as emissões começaram a aumentar a partir de 2021. A cidade de Nova Friburgo emitiu em 2023, 116.475 ton/CO₂ provenientes do diesel, correspondente a 44,57% do total da região. Outras cidades como Três Rios, Bom Jardim, e Paraíba do Sul somadas representam 26,48% das emissões de Nova Friburgo.

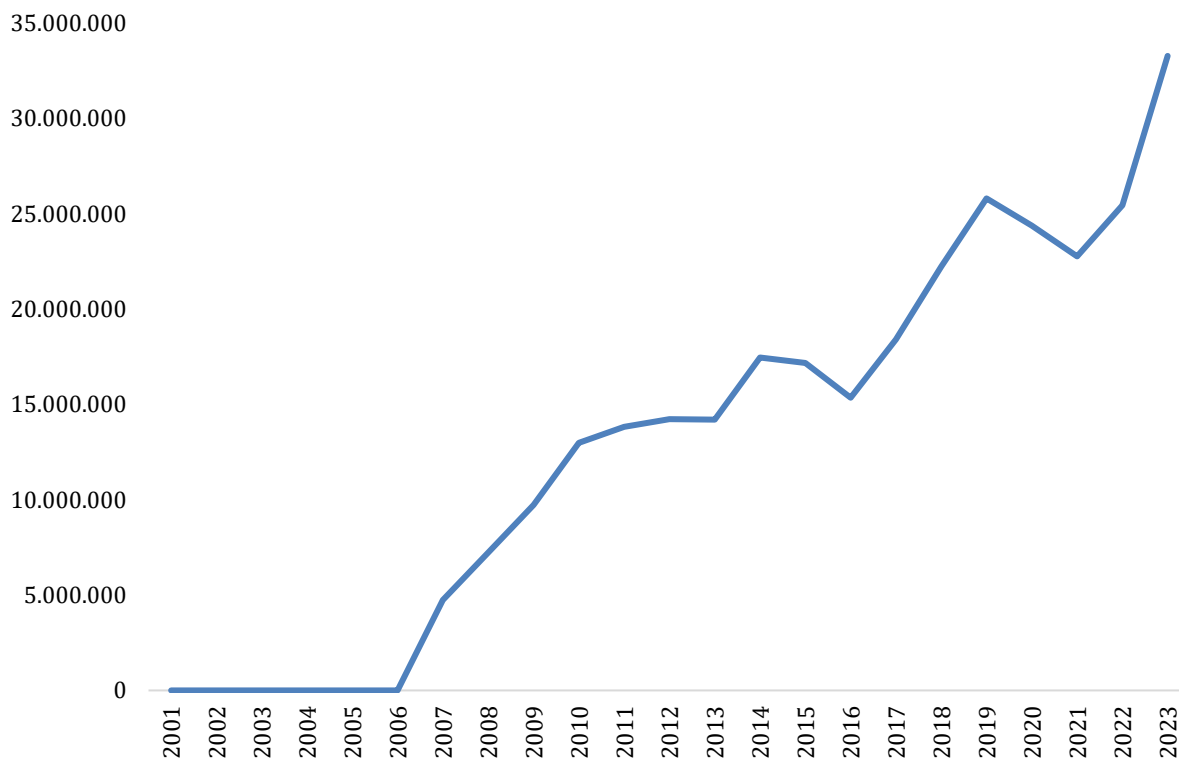


Figura 33: Emissão de CO₂ - Biodiesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião centro do estado do Rio de Janeiro.

Na Figura 33, os dados de biocombustível apresentam uma tendência crescente constante ao longo do tempo, entre os períodos de 2007 a 2023, houve um crescimento de 601,82%, esse aumento está ligando os esforços para a redução das emissões de CO₂ proveniente de combustíveis diesel. O formato do gráfico é semelhante ao da região norte, pois o aumento da porcentagem nacional, desde 2007, reflete no aumento do consumo a nível regional. A adição de biodiesel representa menos emissões de CO₂, pois o fator de queima desse combustível é menor que os níveis de emissão no diesel tradicional.

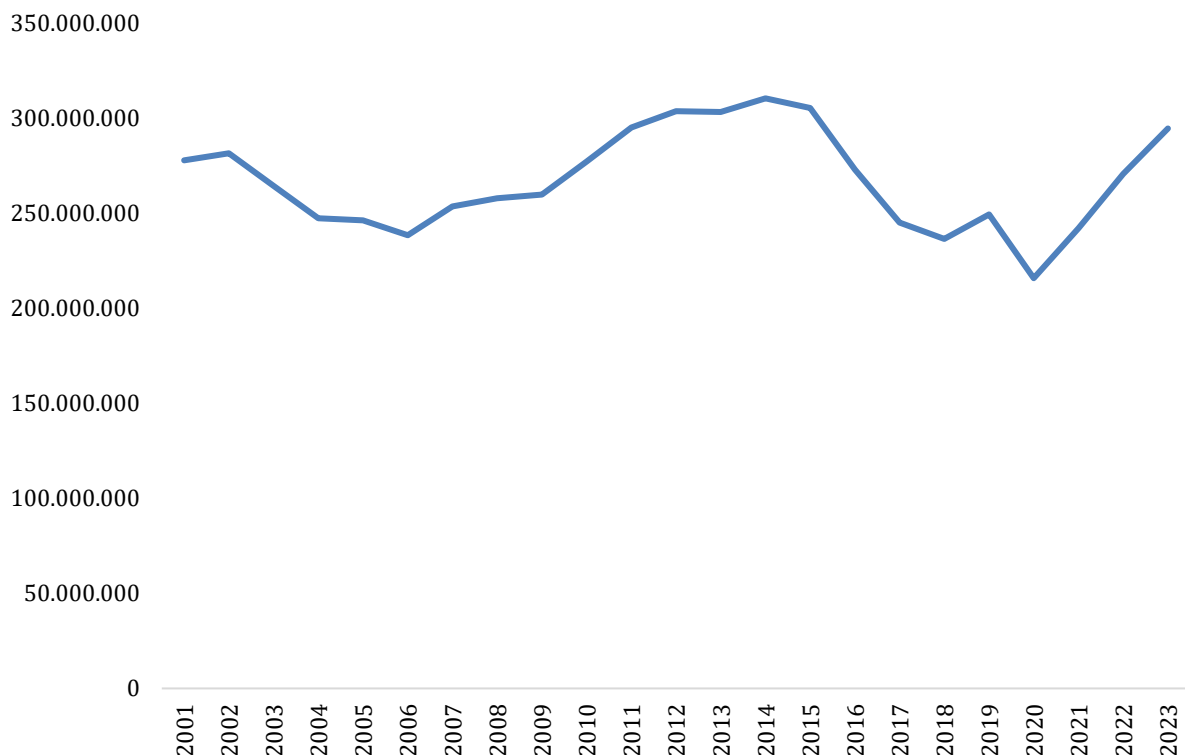


Figura 34: Emissão de CO₂ Total - Diesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião centro do estado do Rio de Janeiro.

A curva de consumo do diesel total não apresenta dados suficiente para projeção econométrica, o formato é semelhante a região noroeste do estado. As emissões de gases estão fortemente relacionadas a demanda de veículos e a renda per capita da região, logo em 2023, o gráfico apresenta uma correção aos efeitos da Pandemia de 2019, ficando um pouco acima do período pré-pandemia, e abaixo do pico de 2014, período de maior atividade econômica do período analisado. Figura 34, entre os períodos de 2001 a 2023, possui taxa de crescimento de 6,04%, menor que a taxa de crescimento da demanda de veículos da região, representada por 156,76% no mesmo período, logo o biodiesel foi responsável por efeitos consideráveis.

Assim como na região norte, a retomada da atividade econômica a partir de 2021, reflete no aumento das emissões de CO₂ na região, a Figura 35 demonstra que, em todo período analisado, houve crescimento da demanda de veículos, de fato, a adição de biocombustível no diesel total, reduziu as missões de CO₂, porém, essa mesma análise ainda é incipiente, em relação a veículos de carga ou passageiros elétricos.

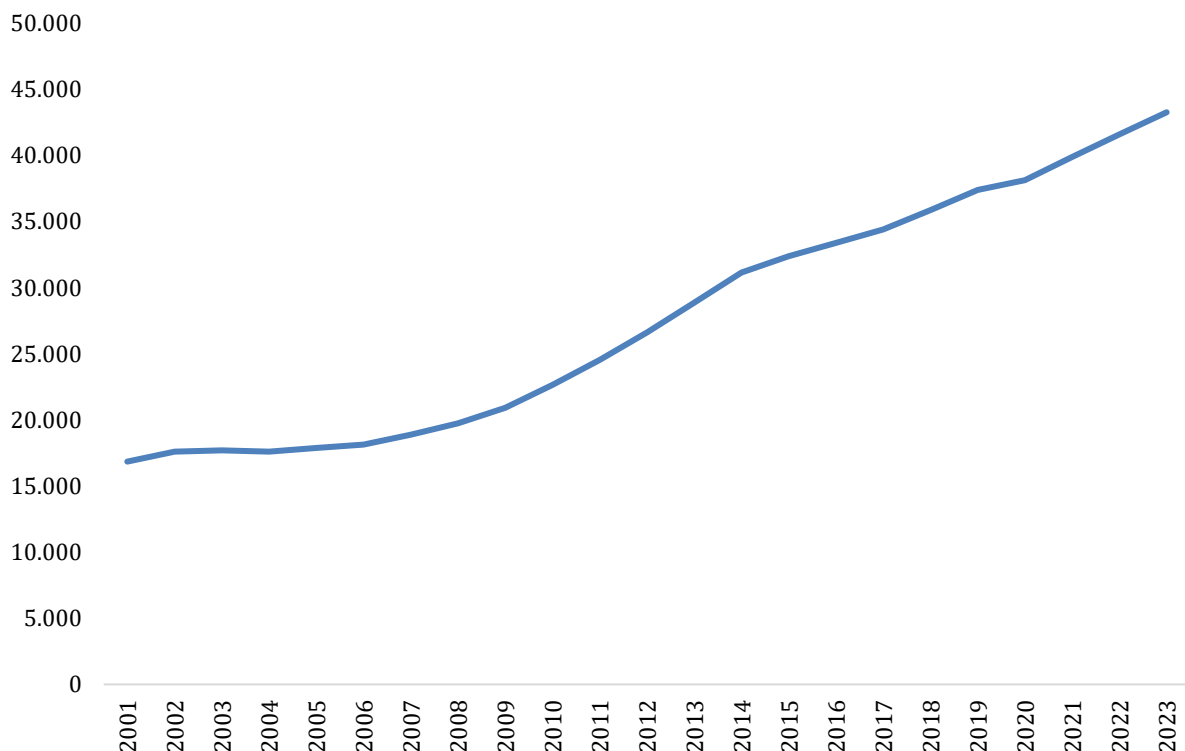


Figura 35: Demanda de veículos a diesel na mesorregião centro do estado do Rio de Janeiro.

A demanda de veículos na região centro apresentou entre os períodos de 2001 a 2009 uma taxa de crescimento de 24,12%, entre 2009 e 2019 a taxa foi de 78,78%, totalizando um crescimento entre 2001 e 2023 de 156,76%. Percebe-se que nem a redução da atividade economia em 2014 refletiu em grandes quedas para o setor.

Em resumo, as análises em relação a demanda de veículos com o diesel, ou demanda de veículos com diesel tradicional não apresentam dados suficientes para projeções econométricas. O R^2 , p-valor e fator F estão faixa adequada de aceitação. Esse resultado é observável, pois as Figuras 32 e 34 não apresentam tendência no período analisado. Porém a análise do biodiesel com a demanda de veículos, apresenta dados, aparentemente, com significância estatística, conforme a Tabela 6.

Tabela 6: Regressão Centro: MQO, usando as observações 2007-2023 (T = 17) Variável dependente: Emissão de CO₂/kg Biodiesel e independente: Demanda de Veículos.

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-1,01397e+07	2,44481e+06	-4,147	0,0009	***
Demanda de Veículos Centro	890,506	76,2235	11,68	<0,0001	***
Média var. dependente	17605643		D.P. var. dependente	7365024	
Soma resíd. quadrados	8,59e+13		E.P. da regressão	2393560	
R-quadrado	0,900983		R-quadrado ajustado	0,894381	
F(1, 15)	136,4885		P-valor(F)	6,23e-09	
Log da verossimilhança	-272,7590		Critério de Akaike	549,5181	
Critério de Schwarz	551,1845		Critério Hannan-Quinn	549,6837	

O R² apresenta significância, assim como o P-valor, contudo, os dados entre demanda de veículos e emissões de CO₂ provenientes do biodiesel apresentam baixa intensidade de violações estatística dos dados, aparentemente, podendo apresentar perturbação no resultado. Como os dados estão anualizados para apenas 23 observações e foram analisados de maneira cruzada, julga-se, ainda que de forma cautelosa, necessários para projeção.

Desde 2001, a taxa de crescimento média da venda de veículos a diesel na região centro do estado do Rio de Janeiro é de 4,41%, logo se permanecer a mesma taxa até 2035, a demanda aumentará em 67,86% para aumento das emissões de CO₂, proveniente do biodiesel em 94,3, a partir de 2023. Com incremento, progressivo de biodiesel na mistura com diesel tradicional, espera-se aumentos dos impactos na redução das emissões totais de CO₂ no longo prazo.

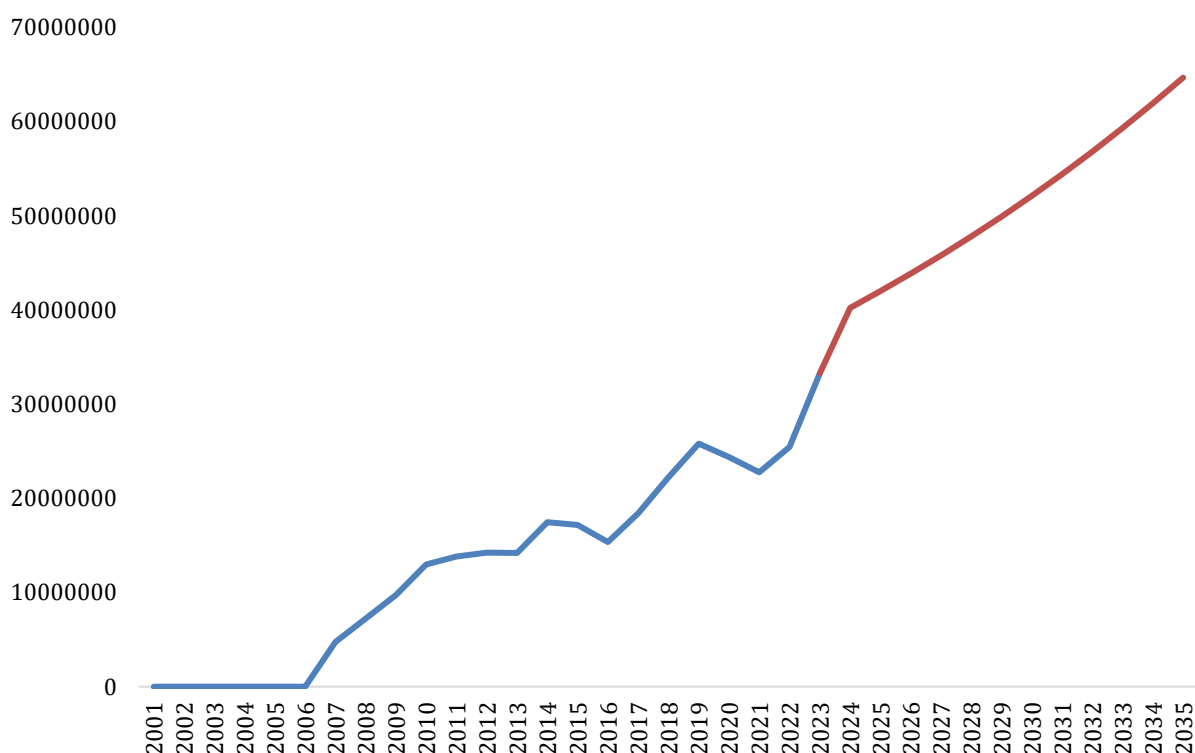


Figura 36: Projeção das Emissão de CO₂ - Biodiesel (kg/ano) para a mesorregião centro do estado do Rio de Janeiro a partir de 2023 até 2035. Faixa azul: período entre 2001 e 2023. Faixa vermelha: período entre 2023 e 2035.

3.4 Baixada Litorânea Fluminense

A mesorregião Baixada Litorânea do estado do Rio de Janeiro está localizada na parte noroeste da região composta por 10 municípios, na qual 7 (sete) deles formam a microrregião chamada lagos, e outros 3 (três) chamado bacia de São João.

A vocação econômica regional é o turismo com comércio forte nos centros de cada cidade. Deve-se observar os segmentos serviços (hotéis, comércio, alimentação), mercado imobiliário com forte expansão urbana de condomínios, pesca artesanal, e ainda que de maneira tímida um crescimento industrial.

A região é cortada pela BR-101, federal, entre as rodovias estaduais, se destacam RJ-106 (Amaral Peixoto) – principal ligação da região com o restante do estado, e RJ-124 (Via Lagos) – rodovia privatizada que liga à BR-101, usada para acesso turístico. A localização possui um sistema de transportes rodoviário desenvolvido. Nas cidades de Cabo Frio e Búzios possuem aeroportos para fins turísticos, não havendo linha férrea desenvolvida.

O transporte de carga é quase exclusivamente pelas rodovias BR-101 (área indústria); RJ-106 (região metropolitana); e RJ-124 (área turística). Os produtos transportados são típicos para o abastecimento turístico como alimentos, bebidas, materiais de construção, combustíveis entre outros. A maior parte da carga transportada é fracionada e diária, exigindo produtos frescos e perecíveis. Na cidade de São Pedro da Aldeia se destaca pela instalação de centros logísticos de empresas de bebida e alimento, compras por aplicativo e redistribuição de mercadorias, tipicamente, as rodovias RJ-106 e RJ-124 se conectam no município, facilitando o trânsito dessas mercadorias.

A dependência das rodovias para todo o tipo de transporte, apresenta desafios para a região, pois em alta temporada prejudica o fluxo de cargas, o tráfego e dificulta a circulação de veículos pesados.

O transporte de passageiros é realizado por ônibus, principalmente pelas rodovias RJ-106 e RJ-124, de maneira local, o transporte é desenvolvido com grande número de linhas, atendendo boa parte da população. Nos municípios menores se observa o transporte alternativo de maneira mais predominante como vans, mototáxis, aplicativos. Algumas cidades como Rio das Ostras, Búzios, Arraial do Cabo e Cabo Frio possui escunas e barcos-táxi para fins turísticos, sem transporte aquaviário regular de passageiros com fins de mobilidade urbana ou regional. A mobilidade por ciclovias ou ciclofaixas seria bem-vinda, porém ainda que existe em algumas cidades, não atende grande parte da população, se localizando somente perto das praias.

O PIB per capita da região baixada litorânea em 2012 era de R\$ 47.944,78 (CADERNO REGIONAL BAIXADA LITORÂNEA, 2017), as cidades de Rio das Ostras, Casemiro de Abreu, Armação de Búzios e Cabo Frio se destacam os PIB acima de 60 mil, o dobro do estado para o mesmo período. Essas regiões apresentam alta volatilidade nas receitas, por apresenta oscilação das atividades turísticas, devido a crises econômicas.

3.4.1 Dados de emissões da mesorregião Baixada Litorânea Fluminense

Tabela 7: Dados de emissões em transporte de carga da mesorregião baixada litorânea fluminense.

Ano	Emissão de CO2 - Diesel (kg/ano)	Emissão de CO2 - Biodiesel (kg/ano)	Emissão de CO2 TOTAL. Diesel [kg/ano]	Demanda de Veículos (Baixada L)
2001	191.739.681	0	191.739.681	11.628
2002	201.801.476	0	201.801.476	12.614
2003	211.673.907	0	211.673.907	14.167
2004	238.248.321	0	238.248.321	16.956
2005	269.092.390	0	269.092.390	19.533
2006	276.404.615	0	276.404.615	21.024
2007	304.362.184	5.801.034	310.163.218	23.106
2008	336.144.342	9.709.260	345.853.602	26.472
2009	341.247.007	13.279.093	354.526.100	28.534
2010	365.351.564	17.958.421	383.309.985	31.318

2011	387.968.349	19.070.123	407.038.472	33.843
2012	395.293.665	19.430.190	414.723.855	36.350
2013	395.034.516	19.417.452	414.451.968	39.464
2014	403.447.123	24.050.317	427.497.440	42.757
2015	402.672.363	24.004.132	426.676.496	45.248
2016	362.880.393	21.632.051	384.512.443	47.022
2017	320.572.424	26.033.893	346.606.317	48.650
2018	305.039.369	31.653.678	336.693.046	51.060
2019	321.686.754	37.131.855	358.818.609	53.798
2020	278.377.067	35.452.170	313.829.237	55.434
2021	319.189.073	33.121.980	352.311.054	58.035
2022	353.298.793	36.661.517	389.960.310	59.923
2023	377.134.010	48.029.168	425.163.178	62.430

Os dados da Tabela 7 correspondem as emissões de dióxido de carbono (CO₂) para as emissões totais do diesel (diesel e biodiesel) consumido na região norte, as emissões provenientes do diesel tradicional (sem biodiesel) e biodiesel. Todos relacionados com a demanda de veículos a diesel regional (passageiros e carga). Essa decisão é importante, pois a demanda tem forte relação com a renda per capita na renovação ou expansão da frota.

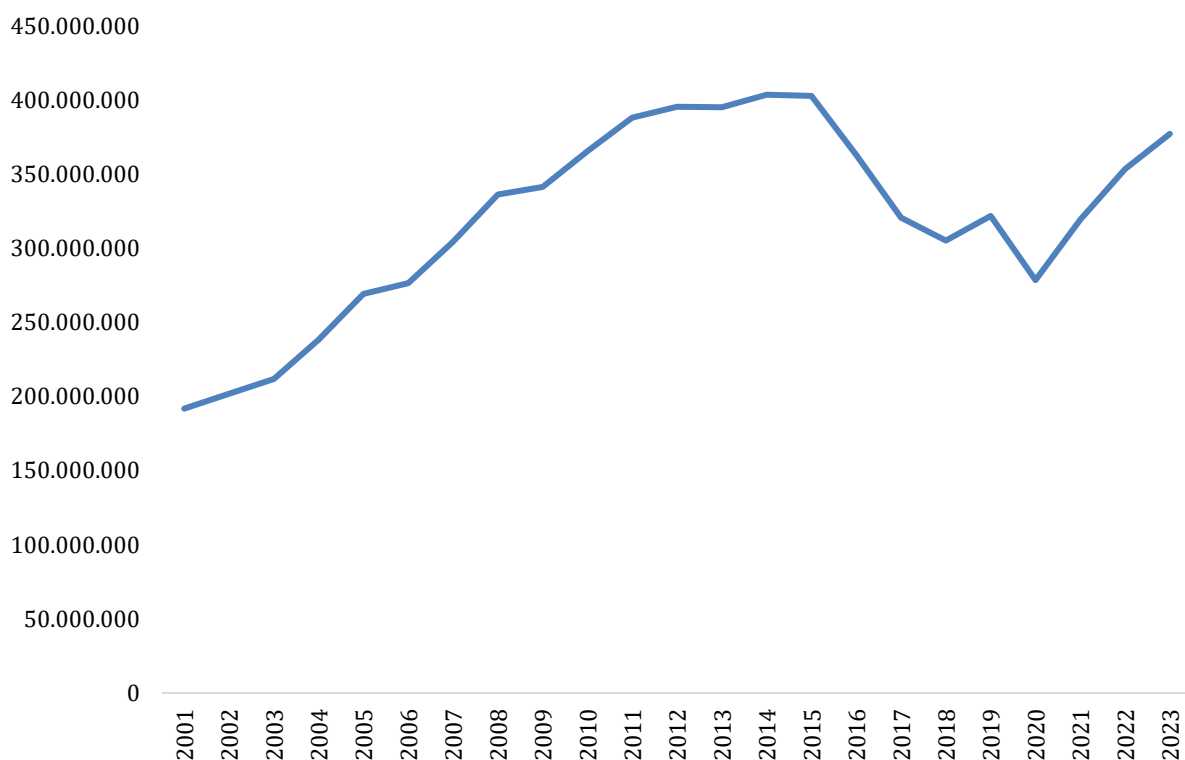


Figura 37: Emissão de CO₂ - Diesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião baixada litorânea do estado do Rio de Janeiro.

Os dados da Figura 37, apresentam a emissões proveniente do diesel, onde não apresentam correlação e nem hipótese para projeção econométrica dos dados. Muito semelhante a região norte, os dados apresentam forte redução da atividade econômica a partir de 2014 com pequena

melhoria em 2018, porém com a COVID-19, as emissões começaram a aumentar a partir de 2021. A cidade de Cabo Frio em 2023 possui 29,18%, quase o dobro das emissões de CO₂ da segunda colocada, Araruama com 16,29% e terceira colocada, Rio das Ostras com 15,78, respectivamente, 124 mil/ton, 69 mil/ton e 67 mil/ton. Outras cidades somadas correspondem a 38,76% das emissões.

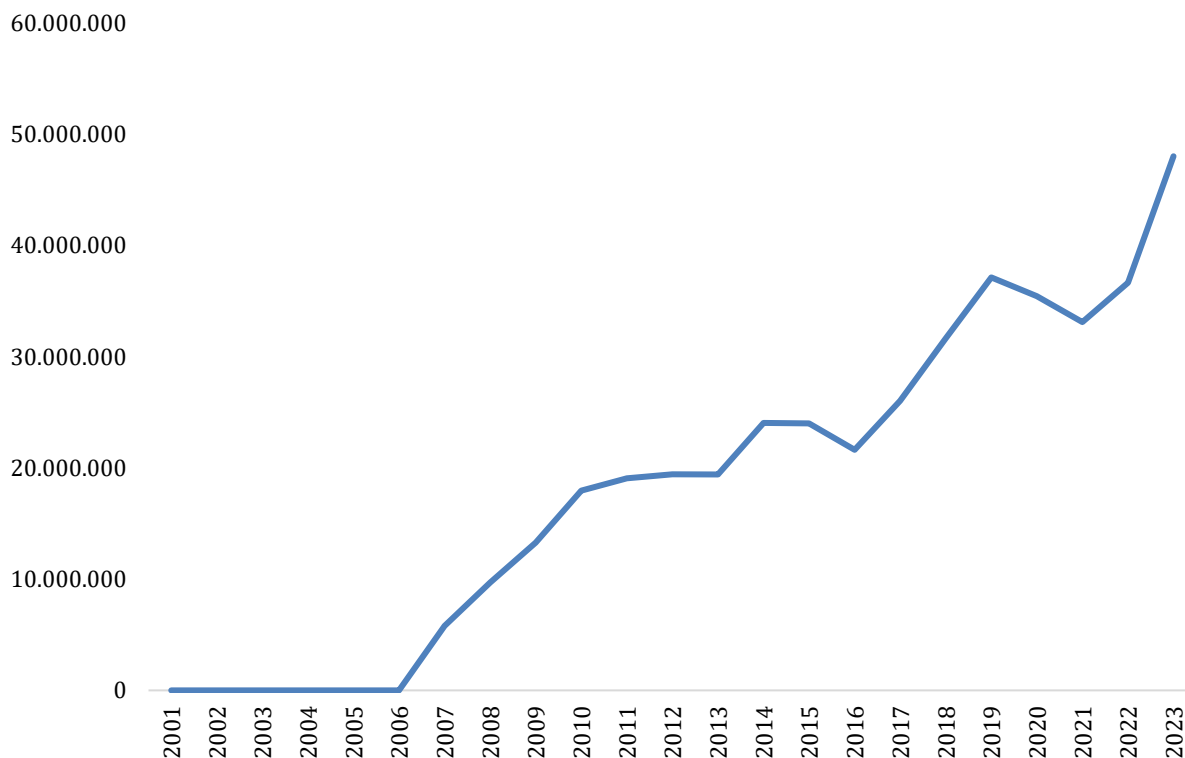


Figura 38: Emissão de CO₂ - Biodiesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião baixada litorânea do estado do Rio de Janeiro.

Na Figura 38, os dados de biocombustível apresentam uma tendência crescente constante ao longo do tempo, entre os períodos de 2007 a 2023, houve um crescimento de 727,94%, esse aumento está ligando os esforços para a redução das emissões de CO₂ proveniente de combustíveis diesel. O formato do gráfico é semelhante ao da região centro, pois o aumento da porcentagem nacional, desde 2007, reflete no aumento do consumo a nível regional. A adição de biodiesel representa menos emissões de CO₂, pois o fator de queima desse combustível é menor que os níveis de emissão no diesel tradicional.

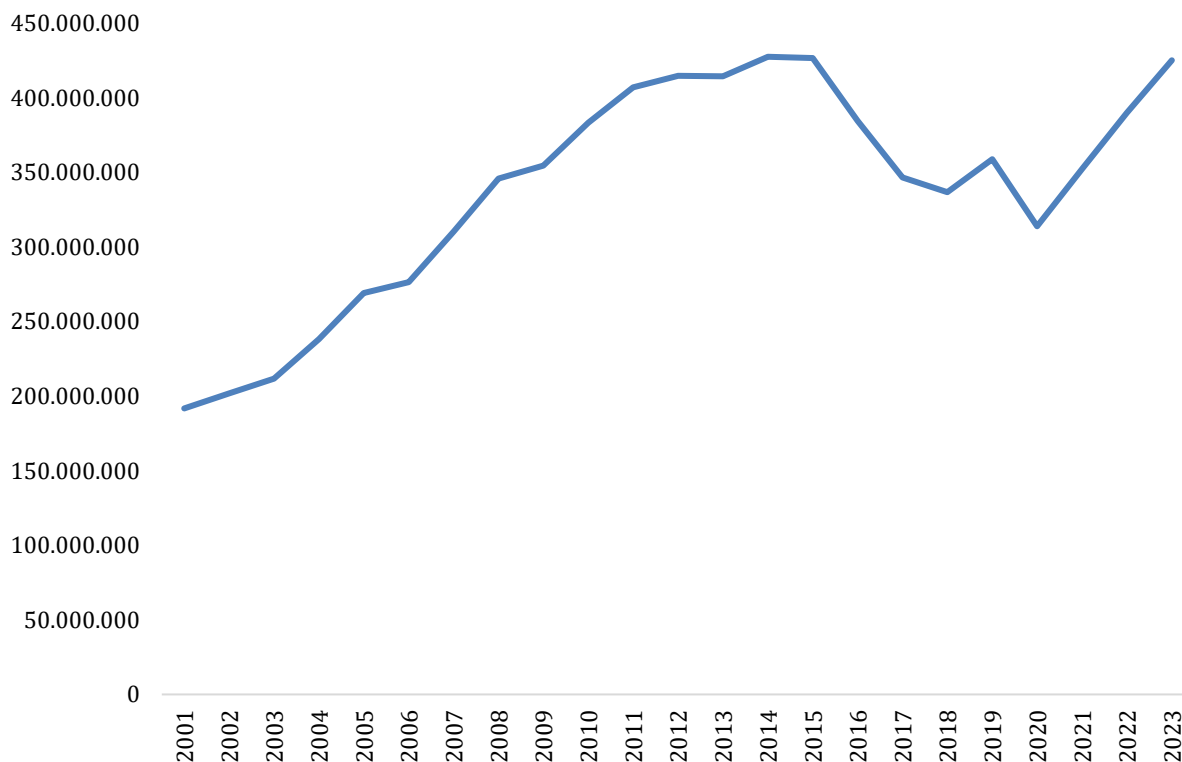


Figura 39: Emissão de CO₂ Total - Diesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião baixada litorânea do estado do Rio de Janeiro.

A curva de consumo do diesel total não apresenta dados suficiente para projeção econométrica, o formato é semelhante a região centro do estado. As emissões de gases estão fortemente relacionadas a demanda de veículos e a renda per capita da região, logo em 2023, o gráfico apresenta uma correção aos efeitos da Pandemia de 2019, ficando um pouco acima do período pré-pandemia, e abaixo do pico de 2014, período de maior atividade econômica do período analisado. Figura 39, entre os períodos de 2001 a 2023, possui taxa de crescimento de 121,74%, menor que a taxa de crescimento da demanda de veículos da região, representada por 436,89% no mesmo período, logo o biodiesel foi responsável por efeitos consideráveis.

Assim como na região centro, a retomada da atividade econômica a partir de 2021, reflete no aumento das emissões de CO₂ na região, a Figura 40 demonstra que, em todo período analisado, houve crescimento da demanda de veículos, de fato, a adição de biocombustível no diesel total, reduziu as missões de CO₂, porém, essa mesma análise ainda é incipiente, em relação a veículos de carga ou passageiros elétricos.

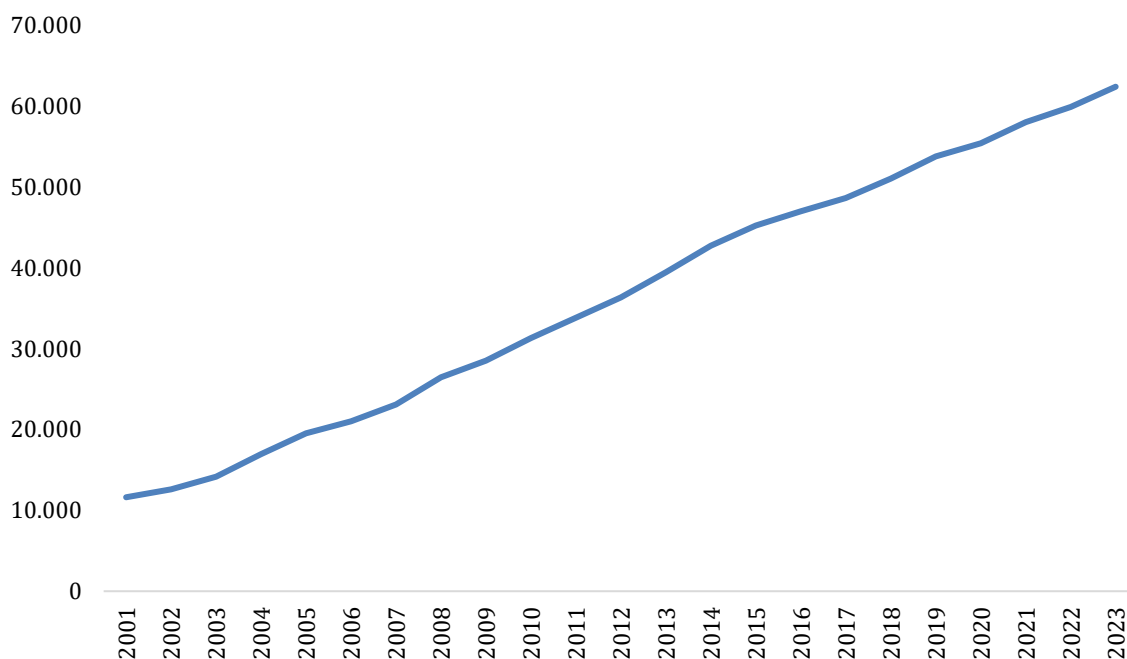


Figura 40: Demanda de veículos a diesel na mesorregião baixada litorânea do estado do Rio de Janeiro.

A demanda de veículos na região baixada litorânea apresentou entre os períodos de 2001 a 2009 uma taxa de crescimento de 145,39%, entre 2009 e 2019 a taxa foi de 88,54%, totalizando um crescimento entre 2001 e 2023 de 436,89%. Percebe-se que nem a redução da atividade economia em 2014 refletiu em grandes quedas para o setor.

Em resumo, as análises em relação a demanda de veículos com o diesel, ou demanda de veículos com diesel tradicional não apresentam dados suficientes para projeções econométricas. O R^2 , p-valor e fator F estão faixa adequada de aceitação. Esse resultado é observável, pois as Figuras 37 e 39 não apresentam tendência no período analisado. Porém a análise do biodiesel com a demanda de veículos, apresenta dados, aparentemente, com significância estatística, conforme a Tabela 8.

Tabela 8: Regressão baixada litorânea: MQO, usando as observações 2007-2023 (T = 17) Variável dependente: Emissão de CO₂/kg Biodiesel e independente: Demanda de Veículos.

	Coeficiente	Erro Padrão	razão-t	p-valor	
const	-1,24956e+07	3,05219e+06	-4,094	0,0010	***
Demanda de Veículos Baixada Litorânea	853,946	67,3268	12,68	<0,0001	***
Média var. dependente	24849196		D.P. var. dependente	10993299	
Soma resíd. quadrados	1,65e+14		E.P. da regressão	3315794	
R-quadrado	0,914712		R-quadrado ajustado	0,909026	
F(1, 15)	160,8738		P-valor(F)	2,02e-09	
Log da verossimilhança	-278,2996		Critério de Akaike	560,5992	
Critério de Schwarz	562,2656		Critério Hannan-Quinn	560,7648	

O R² apresenta significância, assim como o P-valor, contudo, os dados entre demanda de veículos e emissões de CO₂ provenientes do biodiesel apresentam baixa intensidade de violações estatística dos dados, aparentemente, podendo apresentar perturbação no resultado. Como os dados estão anualizados para apenas 17 observações e foram analisados de maneira cruzada, julga-se, ainda que de forma cautelosa, necessários para projeção.

Desde 2001, a taxa de crescimento média da venda de veículos a diesel na região baixada litorânea do estado do Rio de Janeiro é de 8,01%, logo se permanecer a mesma taxa até 2035, a demanda aumentará em 152,33% para aumento das emissões de CO₂, proveniente do biodiesel em 180,01%, a partir de 2023. Com incremento, progressivo de biodiesel na mistura com diesel tradicional, espera-se aumentos dos impactos na redução das emissões totais de CO₂ no longo prazo.

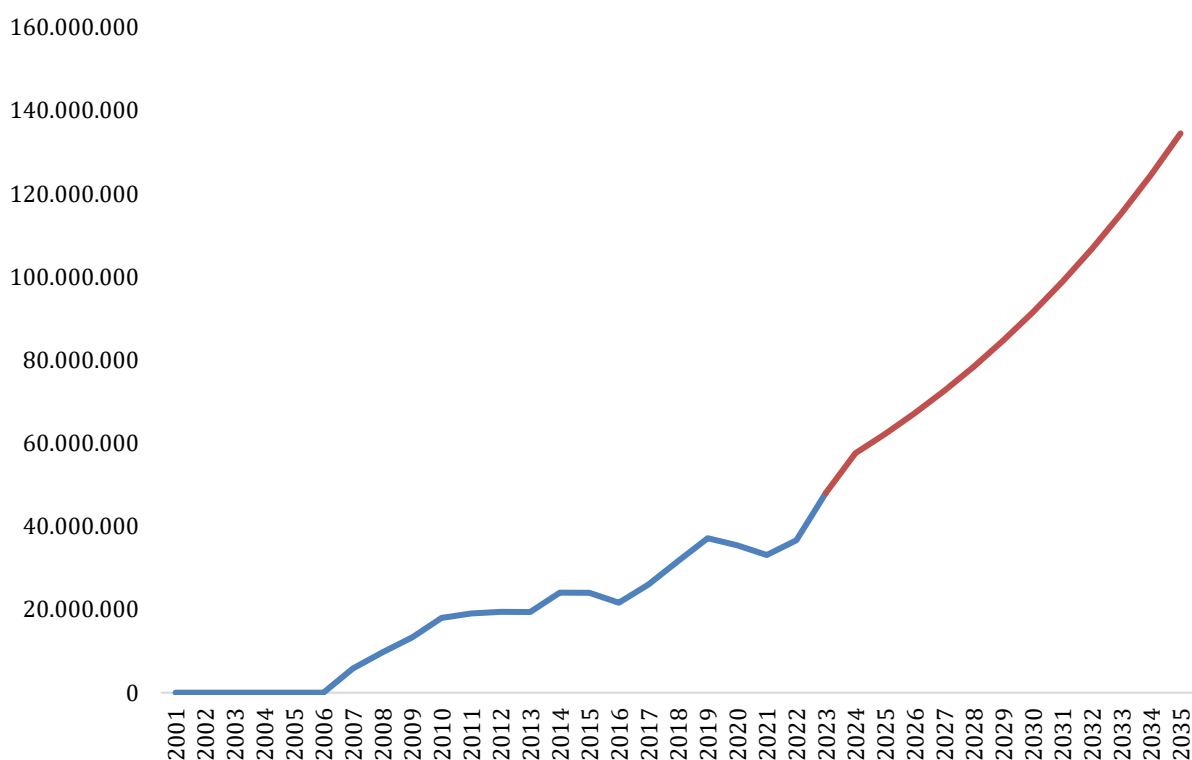


Figura 41: Projeção das Emissão de CO₂ - Biodiesel (kg/ano) para a mesorregião baixada litorânea do estado do Rio de Janeiro a partir de 2023 até 2035. Faixa azul: período entre 2001 e 2023. Faixa vermelha: período entre 2023 e 2035.

3.5 Sul Fluminense

A mesorregião sul do estado do Rio de Janeiro faz fronteira com o estado de São Paulo, as regiões centro fluminense e metropolitana, sendo composto por 14 municípios, dos quais os principais economicamente são: Volta Redonda, centro industrial e mais populoso da região; Barra Mansa, importante polo comercial e logístico; Resende, destaque no setor automotivo e militar; e Barra do Piraí, Valença, Vassouras, Itatiaia, Rio Claro, cidades com importância histórica, turística ou industrial.

Essa região possui base sólida e desenvolvida para a atividade industrial com Siderurgia (CSN – Companhia Siderúrgica Nacional, em Volta Redonda), Indústria automotiva (Nissan,

MAN/Volkswagen, Peugeot em Resende e Porto Real), e Indústrias de bebidas, papel, plástico e alimentos. Além disso as cidades de Valença e Vassouras são destaques nas atividades agropecuárias com produção de produção de leite, café, frutas e hortaliças. Toda a região possui estrutura turística e histórica, assim como boa rede de comércio nos principais centros.

A região é cortada pelas rodovias federal como BR-116, ligando os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, e BR-393, ligando os estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais. Além de outras estaduais, a rodovia RJ-155 é destaque por ligar as cidades de Barra Mansa e Angra dos Reis, conectando a BR-116 a BR-101. A ferrovia é exclusivamente para o transporte de minério, região estratégica do corredor logístico Sudeste-Sul.

A área é altamente urbanizada com grande capacidade turística e implantação de novos negócios, pois parte da região está as margens do rio Paraíba do Sul e próximo do Parque Nacional de Itatiaia. Existe instalações educacionais como escolas técnicas e universidade públicas e privadas e grande apego histórico e cultural com casarões dos barões do café, inclusive festas religiosas, festivais de música, feiras e turismo rural.

O transporte de carga é beneficiado não somente pela capacidade de escoamento das rodovias, mas pelo mercado consumidor, pois as cidades ficam entre os dois estados de maior renda e populosos do Brasil. Se tratando de transporte rodoviário observa-se a BR-116, BR 393, RJ-155, assim como a RJ-157, responsável pela conexão entre Barra Mansa a cidade de Bananal, no estado de São Paulo, rota turística e de escoamento de produtos agropecuários. Existe forte presença do transporte ferroviário, totalmente concedida a carga de minério pela operadora MRS logística.

As cidades de Resende, Volta Redonda, Porto Real e Barra do Piraí possuem distritos industriais bem estruturados com centros de distribuição e armazéns ligados ao comércio e à produção regional. Além disso, existe conexão com portos e aeroportos de médio e grande porte, no município de Itaguaí e Rio de Janeiro, respectivamente. A fragilidade no transporte está localizada nas áreas rurais e serranas através de rodovias secundárias com infraestrutura precária que dificultam a circulação de caminhões.

O transporte de passageiros é predominantemente realizado por rodovias, com maior fluxo entre as cidades de Volta Redonda, Barra Mansa, Resende, Valença, Vassouras e Barra do Piraí. As principais linhas interestaduais saem de Resende e Volta Redonda. A mobilidade urbana, ainda que rodoviária, é bem estrutura com diversas linhas, utilizando do transporte por aplicativo, vans e taxi como alternativa, nas áreas rurais mototáxi e carros particulares são mais utilizados. A tarifa é um problema para a região, pois muitas dessas linhas são conexões entre municípios, logo, possuem tarifas interestaduais altas com pouca integração, além de baixa acessibilidade para pessoas com deficiência.

A instalação de ciclovias e ciclofaixas pode melhorar mobilidade na região, com apego relacionado a saúde e sustentabilidade. Além disso, a região possui perfil urbano e industrial favorável a sistemas integrados de transporte, com possibilidade de aproveitamento de eixos ferroviários desativados para transporte de passageiros.

O PIB per capita da mesorregião sul em 2012 era de R\$ 22.890,25 (CADERNO REGIONAL CENTRO-SUL, 2017), as cidades de Porto Real, Itatiaia, Resende, Volta Redonda, Piraí, Três Rios e Angra dos Reis se destacam os PIB acima de 50 mil, acima da média estadual. Porto Real, Itatiaia, Resende e Volta Redonda, apresentam os maiores PIBs per capita da região. Por outro lado, municípios com economia mais voltada para o setor de serviços ou agropecuária tendem a ter PIBs per capita mais baixos.

3.5.1 Dados de emissões da mesorregião Sul Fluminense

Tabela 9: Dados de emissões em transporte de carga da mesorregião Baixada Litorânea fluminense

Ano	Emissão de CO2 - Diesel (kg/ano)	Emissão de CO2 - Biodiesel (kg/ano)	Emissão de CO2 TOTAL. Diesel [kg/ano]	Demanda de Veículos (Sul)
2001	395.879.452	0	395.879.452	24.008
2022	418.513.288	0	418.513.288	26.160
2003	414.622.074	0	414.622.074	27.750
2004	412.649.015	0	412.649.015	29.368
2005	422.078.157	0	422.078.157	30.638
2006	419.353.026	0	419.353.026	31.897
2007	443.831.880	8.459.276	452.291.156	33.694
2008	444.090.967	12.827.211	456.918.178	34.973
2009	438.559.929	17.065.873	455.625.801	36.671
2010	463.601.480	22.787.779	486.389.259	39.740
2011	506.962.276	24.919.128	531.881.403	44.223
2012	526.496.362	25.879.302	552.375.665	48.415
2013	523.092.406	25.711.985	548.804.391	52.257
2014	527.754.544	31.460.540	559.215.083	55.931
2015	514.953.949	30.697.470	545.651.419	57.865
2016	457.432.104	27.268.474	484.700.578	59.274
2017	403.077.816	32.734.209	435.812.025	61.171
2018	381.281.289	39.565.237	420.846.526	63.822
2019	398.158.963	45.958.936	444.117.899	66.587
2020	341.867.366	43.537.853	385.405.219	68.077
2021	391.408.798	40.616.160	432.024.958	71.166
2022	434.597.076	45.097.772	479.694.848	73.712
2023	466.557.601	59.417.535	525.975.136	77.233

Os dados da Tabela 9 correspondem as emissões de dióxido de carbono (CO₂) para as emissões totais do diesel (diesel e biodiesel) consumido na região norte, as emissões provenientes do diesel tradicional (sem biodiesel) e biodiesel. Todos relacionados com a demanda de veículos a diesel regional (passageiros e carga). Essa decisão é importante, pois a demanda tem forte relação com a renda per capita na renovação ou expansão da frota.

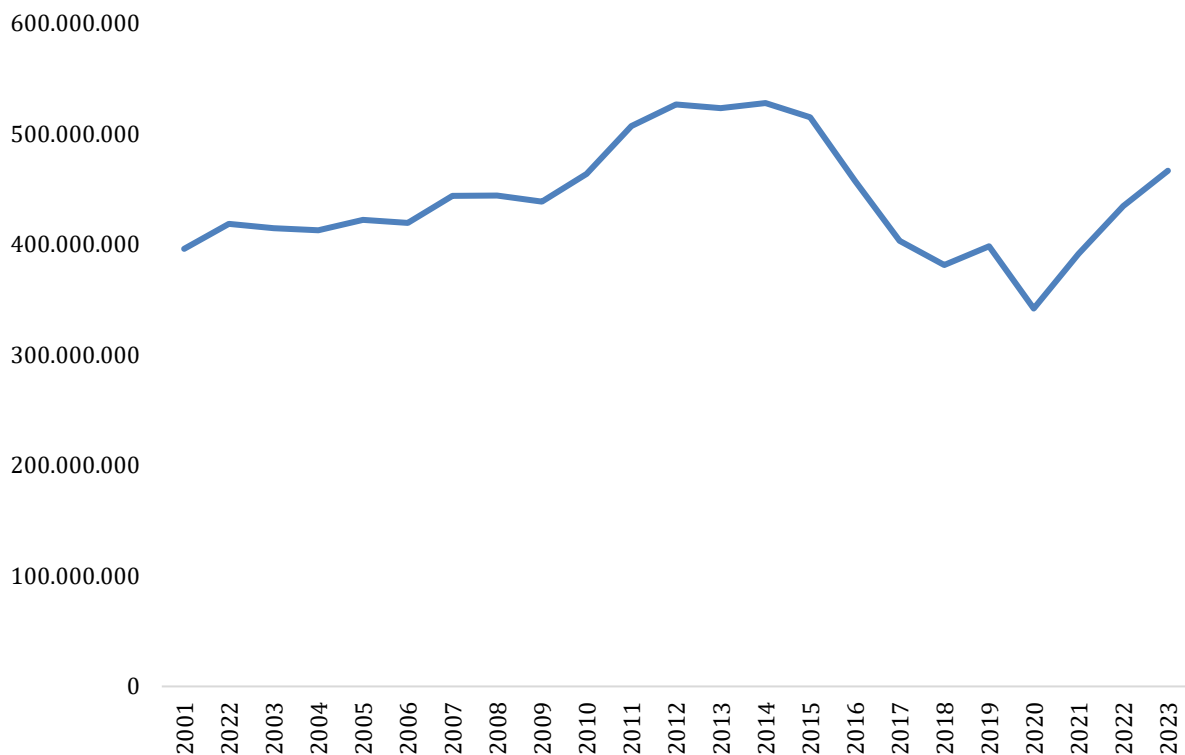


Figura 42: Emissão de CO₂ - Diesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião sul do estado do Rio de Janeiro.

Os dados da Figura 42, apresentam a emissões proveniente do diesel, onde não apresentam correlação e nem hipótese para projeção econométrica dos dados. Muito semelhante a região baixada litorânea, os dados apresentam forte redução da atividade econômica a partir de 2014 com pequena melhoria em 2018, porém com a COVID-19, as emissões começaram a aumentar a partir de 2021. A cidade de Volta Redonda possui 25,40% das emissões de CO₂, seguida de Resende, 17,86% e Barra Mansa com 16,39%. Possivelmente, a vocação industrial dessas cidades as destaca como maiores poluidoras, provenientes do diesel. As demais somadas são 40,35% das emissões da região.

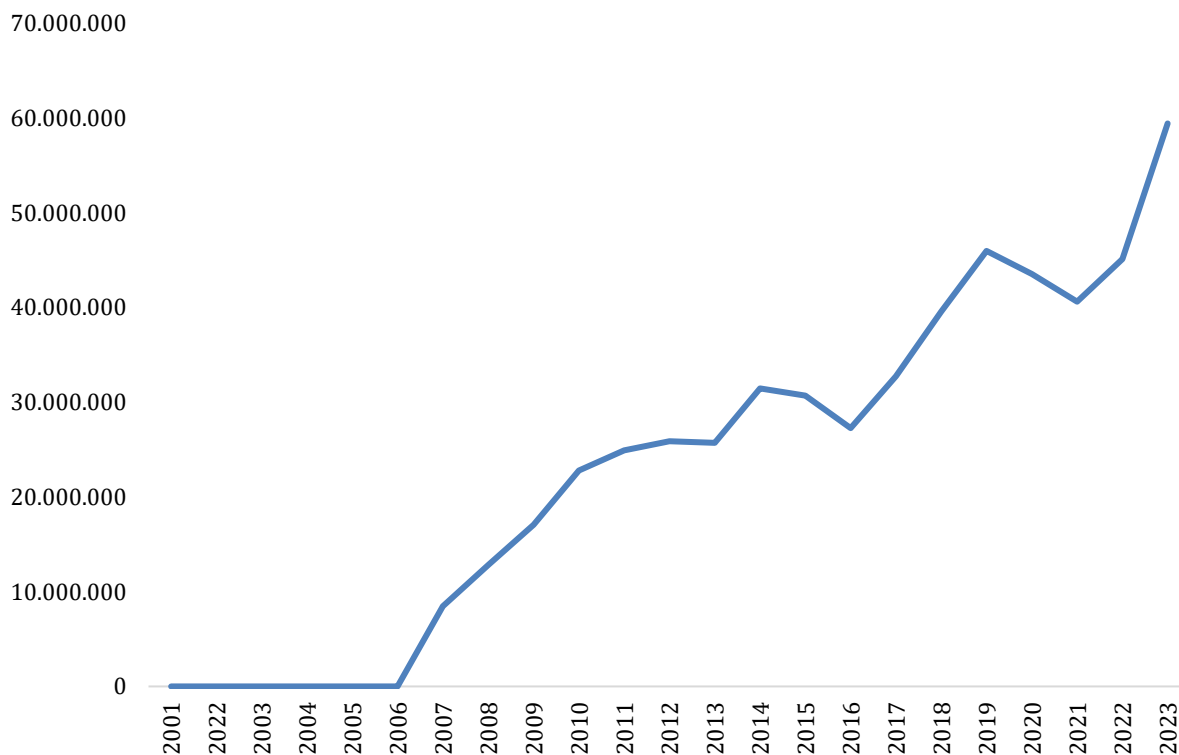


Figura 42: Emissão de CO₂ - Biodiesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião sul do estado do Rio de Janeiro.

Na Figura 42, os dados de biocombustível apresentam uma tendência crescente constante ao longo do tempo, entre os períodos de 2007 a 2023, houve um crescimento de 602,40%, esse aumento está ligando os esforços para a redução das emissões de CO₂ proveniente de combustíveis diesel. O formato do gráfico é semelhante ao da região baixada litorânea, pois o aumento da porcentagem nacional, desde 2007, reflete no aumento do consumo a nível regional. A adição de biodiesel representa menos emissões de CO₂, pois o fator de queima desse combustível é menor que os níveis de emissão no diesel tradicional.

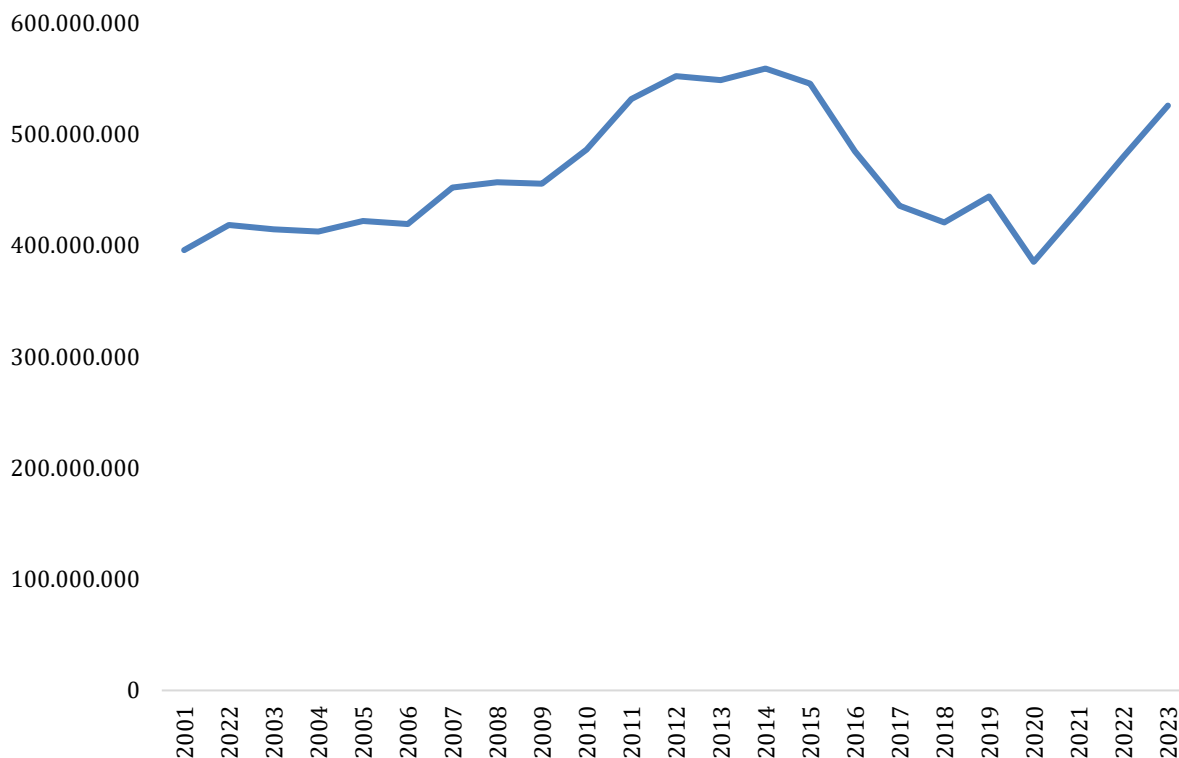


Figura 43: Emissão de CO₂ Total - Diesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião sul do estado do Rio de Janeiro.

A curva de consumo do diesel total não apresenta dados suficiente para projeção econométrica, o formato é semelhante a região baixada litorânea do estado. As emissões de gases estão fortemente relacionadas a demanda de veículos e a renda per capita da região, logo em 2023, o gráfico apresenta uma correção aos efeitos da Pandemia de 2019, ficando um pouco acima do período pré-pandemia, e abaixo do pico de 2014, período de maior atividade econômica do período analisado. Figura 43, entre os períodos de 2001 a 2023, possui taxa de crescimento de 32,86%, menor que a taxa de crescimento da demanda de veículos da região, representada por 221,70% no mesmo período, logo o biodiesel foi responsável por efeitos consideráveis.

Assim como na região baixada litorânea, a retomada da atividade econômica a partir de 2021, reflete no aumento das emissões de CO₂ na região, a Figura 44 demonstra que, em todo período analisado, houve crescimento da demanda de veículos, de fato, a adição de biocombustível no diesel total, reduziu as missões de CO₂, porém, essa mesma análise ainda é incipiente, em relação a veículos de carga ou passageiros elétricos.

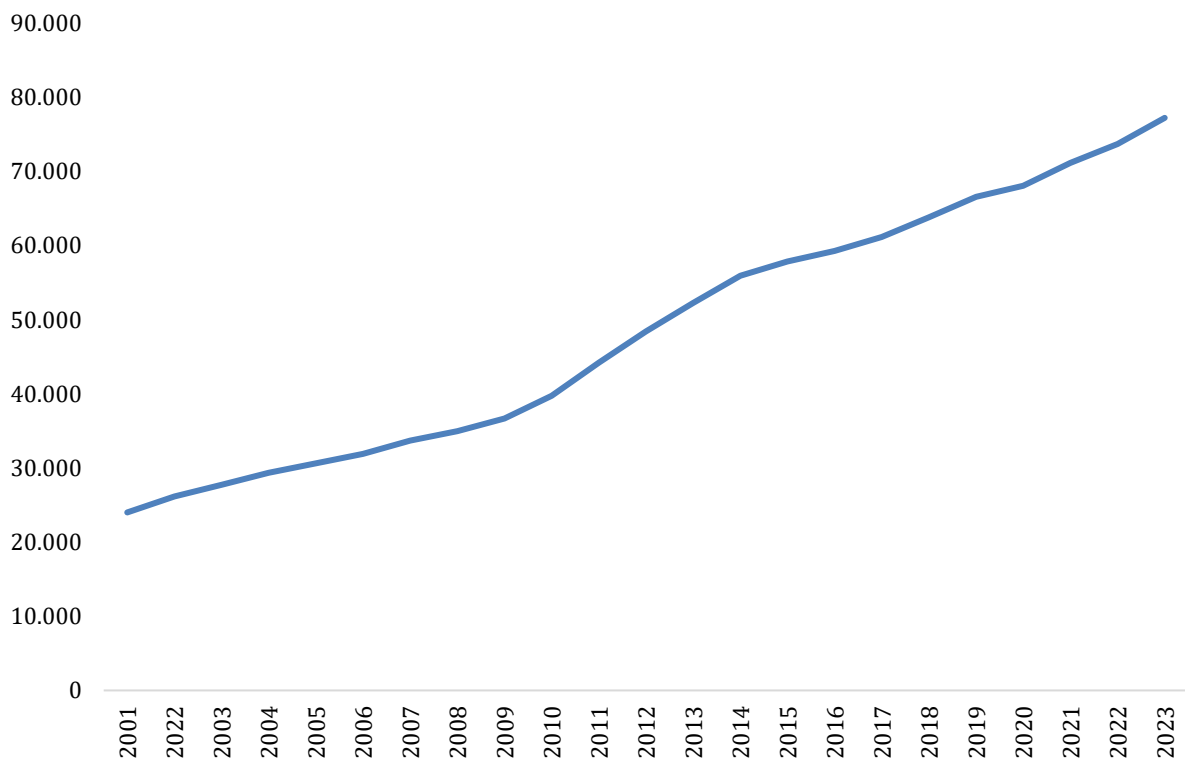


Figura 44: Demanda de veículos a diesel na mesorregião sul do estado do Rio de Janeiro.

A demanda de veículos na região sul apresentou entre os períodos de 2001 a 2009 uma taxa de crescimento de 52,74%, entre 2009 e 2019 a taxa foi de 81,58%, totalizando um crescimento entre 2001 e 2023 de 121,70%. Percebe-se que nem a redução da atividade economia em 2014 refletiu em grandes quedas para o setor.

Em resumo, as análises em relação a demanda de veículos com o diesel, ou demanda de veículos com diesel tradicional não apresentam dados suficientes para projeções econométricas. O R^2 , p-valor e fator F estão faixa adequada de aceitação. Esse resultado é observável, pois as Figuras 42 e 44 não apresentam tendência no período analisado. Porém a análise do biodiesel com a demanda de veículos, apresenta dados, aparentemente, com significância estatística, conforme a Tabela 10.

Tabela 10: Regressão Sul: MQO, usando as observações 2007-2023 (T = 17) Variável dependente: Emissão de CO₂/kg Biodiesel e independente: Demanda de Veículos.

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-1,80283e+07	4,36481e+06	-4,130	0,0009	***
Demanda Veículos Sul	889,582	76,2886	11,66	<0,0001	***
Média var. dependente	31412044		D.P. var. dependente	13130476	
Soma resid. quadrados	2,74e+14		E.P. da regressão	4274556	
R-quadrado	0,900644		R-quadrado ajustado	0,894021	
F(1, 15)	135,9729		P-valor(F)	6,39e-09	
Log da verossimilhança	-282,6173		Critério de Akaike	569,2346	
Critério de Schwarz	570,9010		Critério Hannan-Quinn	569,4003	

O R² apresenta significância, assim como o P-valor, contudo, os dados entre demanda de veículos e emissões de CO₂ provenientes do biodiesel apresentam baixa intensidade de violações estatística dos dados, aparentemente, podendo apresentar perturbação no resultado. Como os dados estão anualizados para apenas 17 observações e foram analisados de maneira cruzada, julga-se, ainda que de forma cautelosa, necessários para projeção.

Desde 2001, a taxa de crescimento média da venda de veículos a diesel na região baixada litorânea do estado do Rio de Janeiro é de 5,48%, logo se permanecer a mesma taxa até 2035, a demanda aumentará em 89,70% para aumento das emissões de CO₂, proveniente do biodiesel em 119,35%, a partir de 2023. Com incremento, progressivo de biodiesel na mistura com diesel tradicional, espera-se aumentos dos impactos na redução das emissões totais de CO₂ no longo prazo.

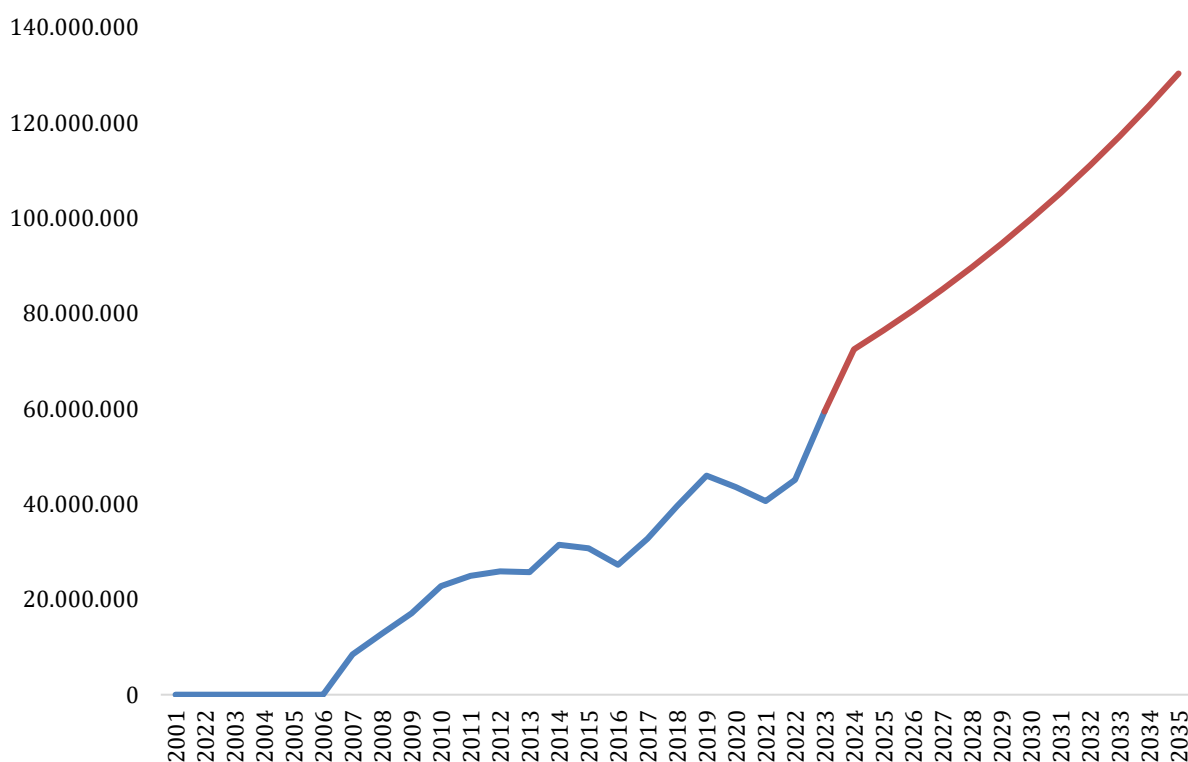


Figura 45: Projeção das Emissão de CO₂ - Biodiesel (kg/ano) para a mesorregião sul do estado do Rio de Janeiro a partir de 2023 até 2035. Faixa azul: período entre 2001 e 2023. Faixa vermelha: período entre 2023 e 2035.

3.6 Metropolitana Fluminense

A região metropolitana no estado do Rio de Janeiro está em torno da Bahia de Guanabara, sendo o centro político, econômico e cultural. As cidades mais importantes são a capital, cidade de Rio de Janeiro, Niterói, Duque de Caxias, São Gonçalo, Nova Iguaçu, Belford Roxo, Nilópolis, São João de Meriti e Magé, na qual, a sua totalidade é habitada por mais de 12 milhões de pessoas.

Essa região possui a economia bem diversificada e desenvolvida em serviço, comércio e indústria, sendo a matriz da maior empresa de petróleo do país, em que atrai diversas empresas de óleo e gás.

O sistema de transporte é bem desenvolvido com extensa malha rodoviária e ferroviária, ainda que apresente condições precárias em alguns trechos. Existem dois aeroportos, o Antônio Carlos Jobim e Santos Dumont, ainda que exista outros aeródromos como o aeroporto de Jacarepaguá, e outros menores que podem atender a necessidades específicas. Existe portos para o transporte de carga, e transporte aquaviário para passageiros, cuja o trajeto principal são as cidades do Rio de Janeiro e Niterói, porém existe outros trechos interligando bairros menores e ilhas. Por fim, somente na capital está o serviço metroviário com 3 (três) linhas, parte submerso, parte superfície.

A região é altamente urbanizada e densamente povoada, abrindo um contraste entre áreas nobres e centros empresariais, e favelas e periferias com baixo acesso a serviços públicos com desafios em segurança pública, habitação e mobilidade.

Os municípios da região estão localizados na mata atlântica com diversos parques naturais, baías, restingas e manguezais. Os eventos culturais são extremamente desenvolvidos para todos os públicos. A região conta com diversas instituições de ensino de prestígio nacional e internacional com centros tecnológicos e instituições ligadas à inovação, ciência e cultura.

Desigualdade socioeconômica acentuada, violência urbana, déficit habitacional e trânsito e transporte público saturado em diversas áreas são desafios primordiais para o crescimento socioeconômico. Contudo, a região conta com potencial para crescimento sustentável via revitalização urbana, inovação tecnológica e economia criativa, onde o turismo é uma das maiores fonte de renda.

O transporte de carga está distribuído por todos os modos de transporte. Na região estão dois dos maiores portos do Brasil, Porto do Rio de Janeiro (responsável pela importação/exportação de contêineres, grãos, combustíveis e produtos industriais), e Itaguaí (Especializado em minério de ferro, carvão, granel sólido e contêineres). As rodovias com capacidade de carga são BR-116 (maior do Brasil), BR-101 e BR-040, nessas localidades estão a concentração de centros de distribuição e logística, com trânsito intenso de caminhões e carretas. A malha ferroviária transporte tipicamente minério, aço, cimento, contêineres e produtos agrícolas, ainda com uso limitado para carga geral, mas com alto potencial de expansão. O transporte de carga está direcionado mercadorias expressas, medicamentos, peças industriais e eletrônicos.

Nas cidades próximas da capital abriga diversos distritos industriais e centros comerciais, sendo as principais Duque de Caxias, Itaguaí, Seropédica, Nova Iguaçu. Com produção de petróleo e derivados (Refinaria REDUC), e Produtos químicos, farmacêuticos, alimentícios, metalúrgicos, automotivos e logísticos.

O transporte de passageiros está interligado com ônibus urbanos e intermunicipais, Trens metropolitanos, metrô, barcas e Bus Rapid Transit (BRT). Ainda que bem desenvolvido, a conexão com aeroporto é realizada somente por via rodoviária. Parte da mobilidade é realizada por transporte por aplicativo, Vans, Táxis e mototáxis, estando mais presente em bairros distantes e mais desfavorecido economicamente.

Os desafios para o transporte são: i) mobilidade urbana precária em muitos trechos da Baixada e Zona Oeste; ii) superlotação, insegurança e infraestrutura deficiente; iii) falta de integração plena entre os modos e bilhetagens; e iv) desigualdade no acesso ao transporte de qualidade entre áreas centrais e periféricas. As principais iniciativas a melhoria do sistema de transporte são expansão de linhas de metrô e trens, projetos de corredores de ônibus e ciclovias em municípios da região, e unificação da bilhetagem eletrônica entre modos, com integração tarifária justa.

O PIB per capita da região tem variações significativas entre os municípios. Em 2021, o município do Rio de Janeiro registrou um PIB per capita de aproximadamente R\$ 53.078,23, totalizando o PIB da região de R\$ 405 bilhões para a população de 12,2 milhões de habitantes, logo o PIB per capita médio da região foi de aproximadamente R\$ 33.196.

3.6.1 Dados de emissões da mesorregião Metropolitana Fluminense

Tabela 11: Dados de emissões em transporte de carga da mesorregião Baixada Litorânea fluminense.

Ano	Emissão de CO2 - Diesel (kg/ano)	Emissão de CO2 - Biodiesel (kg/ano)	Emissão de CO2 TOTAL. Diesel [kg/ano]	Demanda de Veículos (Metropolitana)
2001	4.401.916.333	0	4.401.916.333	266.953
2002	4.536.981.606	0	4.536.981.606	283.593
2003	4.370.968.312	0	4.370.968.312	292.542
2004	4.242.733.857	0	4.242.733.857	301.953
2005	4.305.808.867	0	4.305.808.867	312.552
2006	4.288.518.053	0	4.288.518.053	326.195
2007	4.523.518.084	86.216.630	4.609.734.713	343.408
2008	4.624.981.460	133.588.880	4.758.570.339	364.226
2009	4.680.611.596	182.138.667	4.862.750.263	391.378
2010	5.003.197.905	245.926.241	5.249.124.146	428.875
2011	5.434.904.305	267.146.256	5.702.050.561	474.094
2012	5.628.427.178	276.658.642	5.905.085.820	517.573
2013	5.586.929.601	274.618.878	5.861.548.479	558.135
2014	5.642.513.306	336.361.886	5.978.875.192	597.989
2015	5.575.883.809	332.389.964	5.908.273.774	626.558
2016	4.988.536.561	297.376.980	5.285.913.541	646.414
2017	4.336.814.454	352.195.491	4.689.009.945	658.154
2018	4.029.285.694	418.115.573	4.447.401.266	674.455
2019	4.155.342.815	479.645.449	4.634.988.264	694.928
2020	3.559.373.750	453.297.118	4.012.670.868	708.788
2021	4.003.935.013	415.484.954	4.419.419.967	727.996
2022	4.407.452.997	457.357.674	4.864.810.672	747.548
2023	4.663.262.339	593.880.701	5.257.143.040	771.947

Os dados da Tabela 11 correspondem as emissões de dióxido de carbono (CO₂) para as emissões totais do diesel (diesel e biodiesel) consumido na região norte, as emissões provenientes do diesel tradicional (sem biodiesel) e biodiesel. Todos relacionados com a demanda de veículos a diesel regional (passageiros e carga). Essa decisão é importante, pois a demanda tem forte relação com a renda per capita na renovação ou expansão da frota.

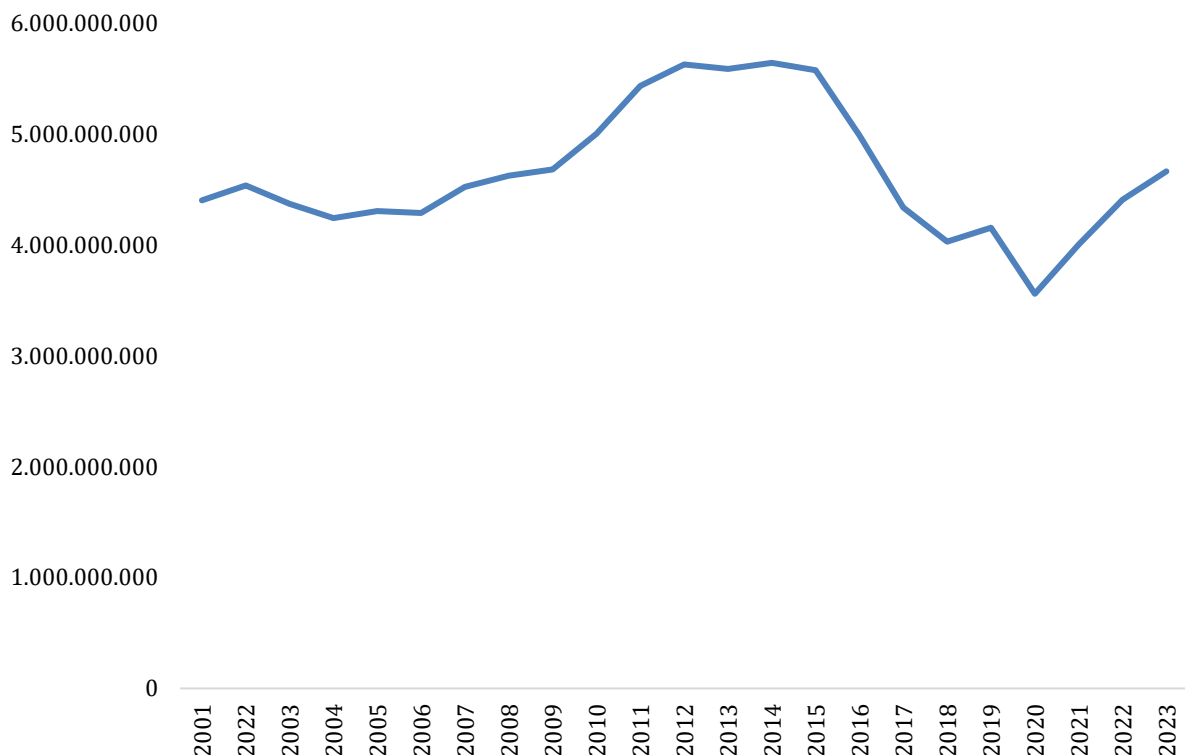


Figura 46: Emissão de CO₂ - Diesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião metropolitana do estado do Rio de Janeiro.

Os dados da Figura 46, apresentam a emissões proveniente do diesel, onde não apresentam correlação e nem hipótese para projeção econométrica dos dados. Muito semelhante a região sul, os dados apresentam forte redução da atividade econômica a partir de 2014 com pequena melhoria em 2018, porém com a COVID-19, as emissões começaram a aumentar a partir de 2021. A cidade do Rio de Janeiro tem 53,33% das emissões de CO₂, seguida de Duque de Caxias, 6,57%; São Gonçalo, 5,15%, Nova Iguaçu, 5,1%; e Niterói, 4,82%. Nessas cidades estão localizadas as maiores indústrias com alta atividade comercial da região, logo se destacam como as maiores poluidoras, provenientes do diesel. As demais somadas são 25,03% das emissões da região.

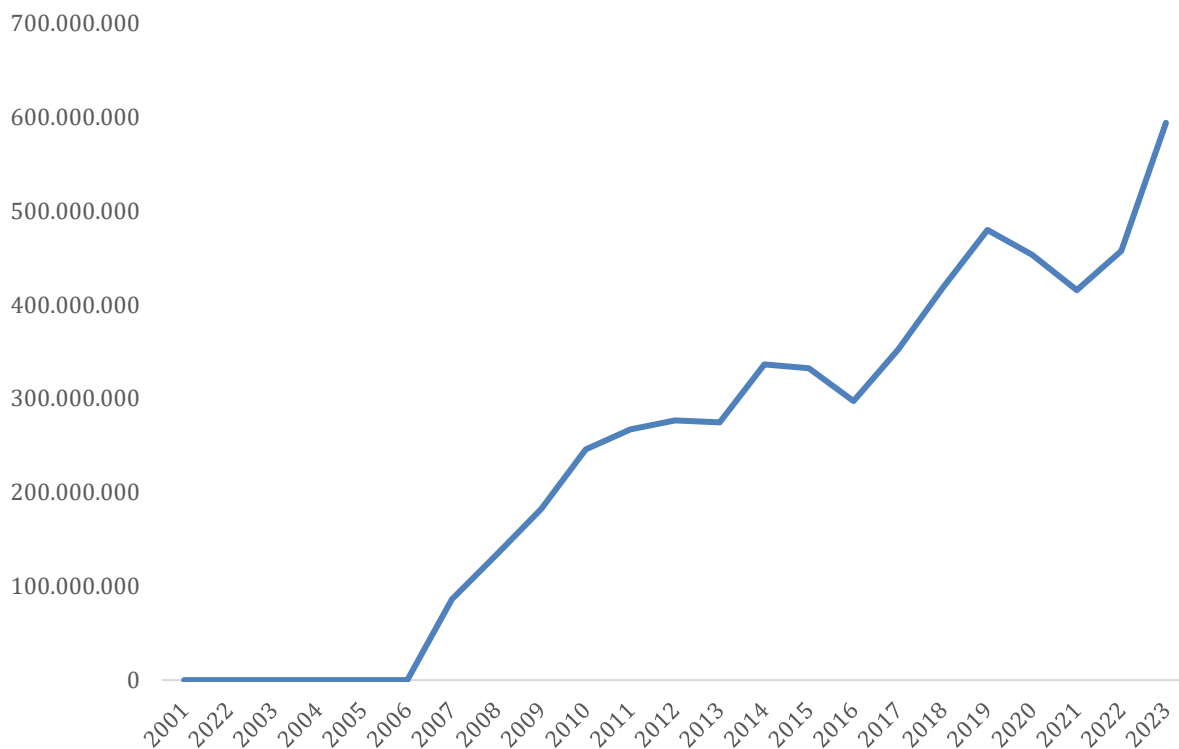


Figura 47: Emissão de CO₂ - Biodiesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião metropolitana do estado do Rio de Janeiro.

Na Figura 47, os dados de biocombustível apresentam uma tendência crescente constante ao longo do tempo, entre os períodos de 2007 a 2023, houve um crescimento de 588,82%, esse aumento está ligando os esforços para a redução das emissões de CO₂ proveniente de combustíveis diesel. O formato do gráfico é semelhante ao da região baixada litorânea, pois o aumento da porcentagem nacional, desde 2007, reflete no aumento do consumo a nível regional. A adição de biodiesel representa menos emissões de CO₂, pois o fator de queima desse combustível é menor que os níveis de emissão no diesel tradicional.

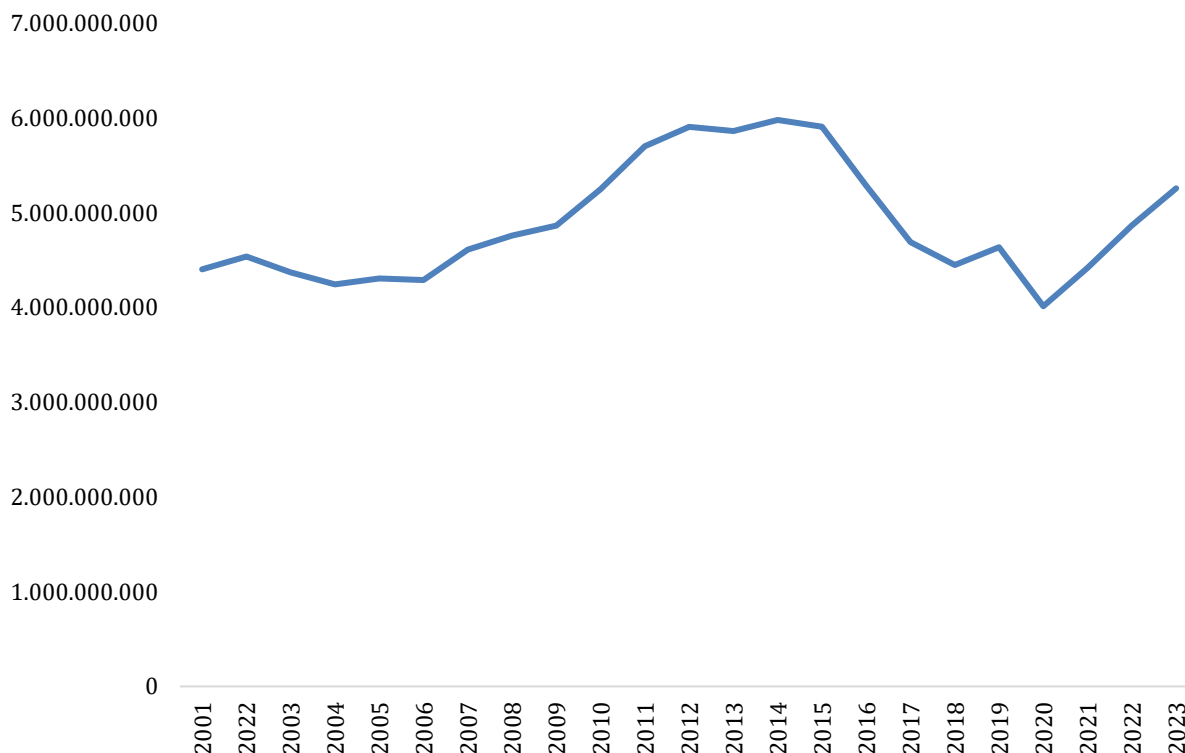


Figura 48: Emissão de CO₂ Total - Diesel (kg/ano) de veículos a diesel na mesorregião sul do estado do Rio de Janeiro.

A curva de consumo do diesel total não apresenta dados suficiente para projeção econométrica, o formato é semelhante a região sul do estado. As emissões de gases estão fortemente relacionadas a demanda de veículos e a renda per capita da região, logo em 2023, o gráfico apresenta uma correção aos efeitos da Pandemia de 2019, ficando um pouco acima do período pré-pandemia, e abaixo do pico de 2014, período de maior atividade econômica do período analisado. Figura 48, entre os períodos de 2001 a 2023, possui taxa de crescimento de 19,43%, menor que a taxa de crescimento da demanda de veículos da região, representada por 189,17% no mesmo período, logo o biodiesel foi responsável por efeitos consideráveis.

Assim como na região sul, a retomada da atividade econômica a partir de 2021, reflete no aumento das emissões de CO₂ na região, a Figura 49 demonstra que, em todo período analisado, houve crescimento da demanda de veículos, de fato, a adição de biocombustível no diesel total, reduziu as missões de CO₂, porém, essa mesma análise ainda é incipiente, em relação a veículos de carga ou passageiros elétricos.

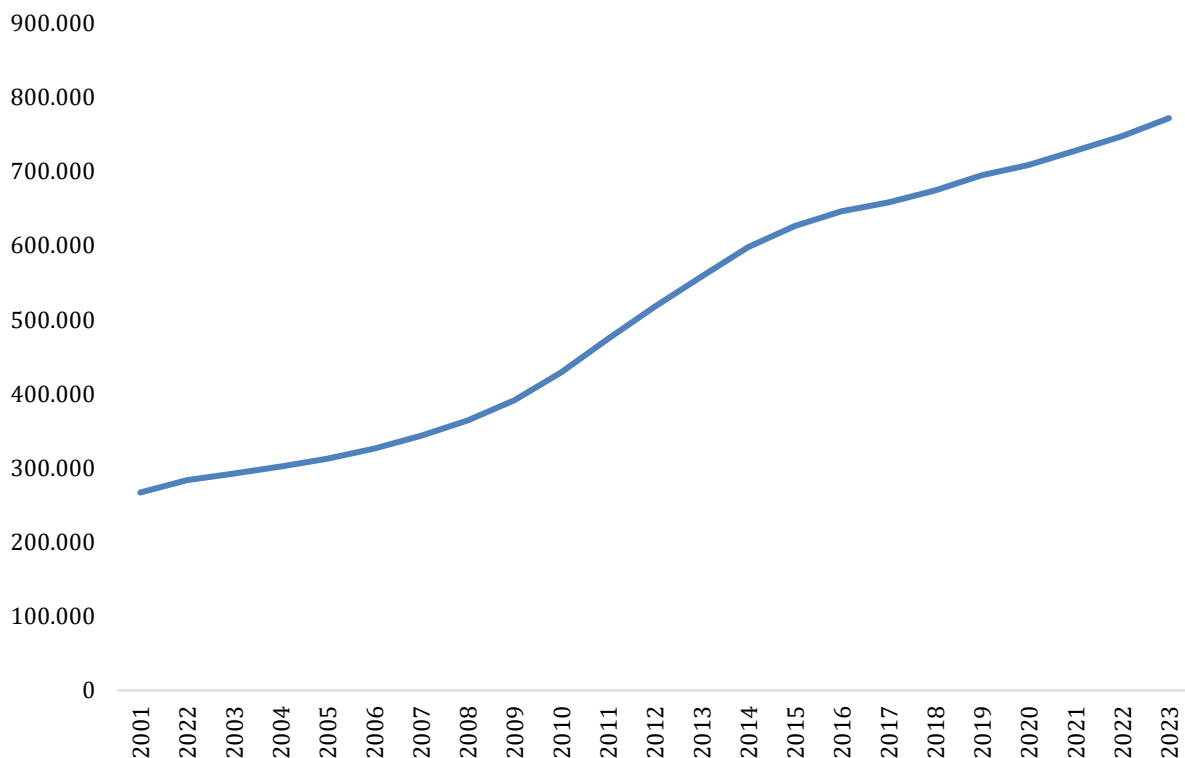


Figura 49: Demanda de veículos a diesel na mesorregião sul do estado do Rio de Janeiro.

A demanda de veículos na região metropolitana apresentou entre os períodos de 2001 a 2009 uma taxa de crescimento de 46,61%, entre 2009 e 2019 a taxa foi de 77,56%, totalizando um crescimento para todo período de 189,17%. Percebe-se que nem a redução da atividade economia em 2014 refletiu em grandes quedas para o setor.

Em resumo, as análises em relação a demanda de veículos com o diesel, ou demanda de veículos com diesel tradicional não apresentam dados suficientes para projeções econométricas. O R², p-valor e fator F estão faixa adequada de aceitação. Esse resultado é observável, pois as Figuras 49 e 48 não apresentam tendência no período analisado. Porém a análise do biodiesel com a demanda de veículos, apresenta dados, aparentemente, com significância estatística, conforme a Tabela 12.

Tabela 12: Regressão Metropolitana: MQO, usando as observações 2007-2023 (T = 17) Variável dependente: Emissão de CO₂/kg Biodiesel e independente: Demanda de Veículos.

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	-1,85921e+08	4,93101e+07	-3,770	0,0019	***
Demanda de Veículos Metropolitana	882,265	82,1973	10,73	<0,0001	***
Média var. dependente	3,30e+08		D.P. var. dependente	1,32e+08	
Soma resid. quadrados	3,19e+16		E.P. da regressão	46116916	
R-quadrado	0,884800		R-quadrado ajustado	0,877120	
F(1, 15)	115,2081		P-valor(F)	1,95e-08	
Log da verossimilhança	-323,0518		Critério de Akaike	650,1036	
Critério de Schwarz	651,7700		Critério Hannan-Quinn	650,2693	

O R² apresenta significância, assim como o P-valor, contudo, os dados entre demanda de veículos e emissões de CO₂ provenientes do biodiesel apresentam baixa intensidade de violações estatística dos dados, aparentemente, podendo apresentar perturbação no resultado. Como os dados estão anualizados para apenas 17 observações e foram analisados de maneira cruzada, julga-se, ainda que de forma cautelosa, necessários para projeção.

Desde 2001, a taxa de crescimento média da venda de veículos a diesel na região baixada litorânea do estado do Rio de Janeiro é de 4,98%, logo se permanecer a mesma taxa até 2035, a demanda aumentará em 79,10% para aumento das emissões de CO₂, proveniente do biodiesel em 105,39%, a partir de 2023. Com incremento, progressivo de biodiesel na mistura com diesel tradicional, espera-se aumentos dos impactos na redução das emissões totais de CO₂ no longo prazo.

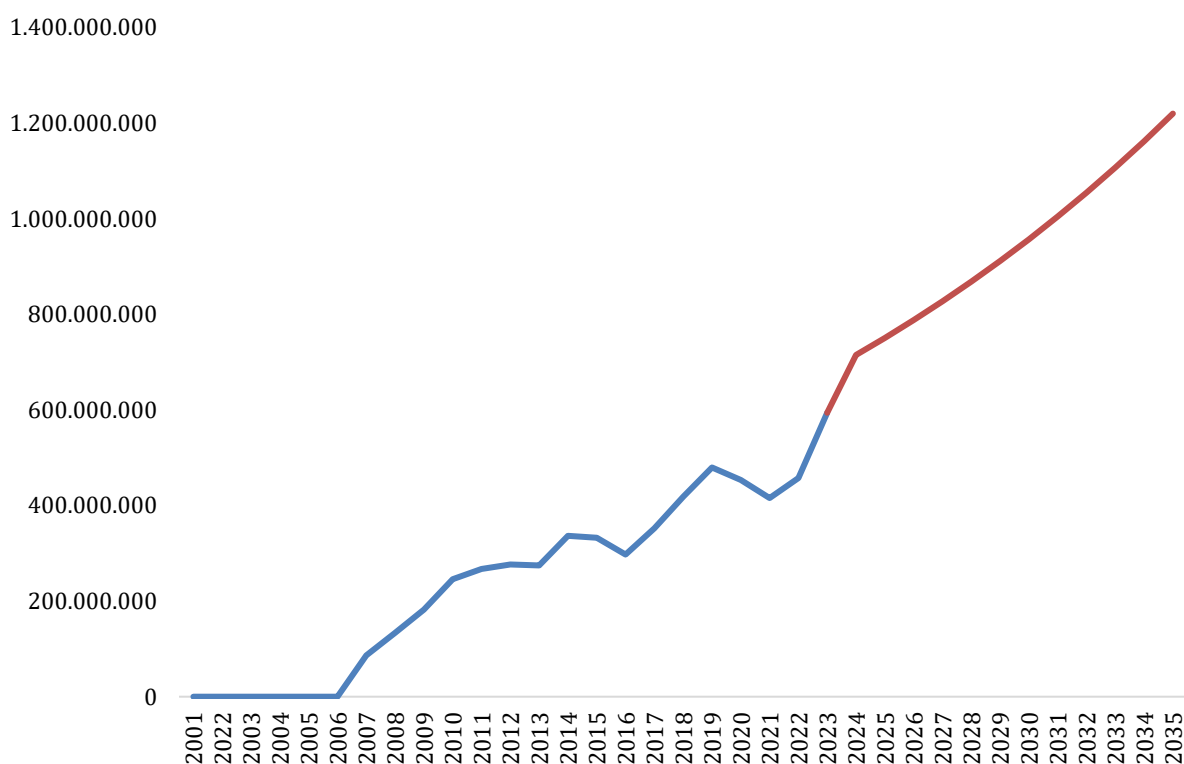


Figura 50: Projeção das Emissão de CO₂ - Biodiesel (kg/ano) para a mesorregião metropolitana do estado do Rio de Janeiro a partir de 2023 até 2035. Faixa azul: período entre 2001 e 2023. Faixa vermelha: período entre 2023 e 2035.

4. Eficiência Energética em Transporte

O setor de transporte é responsável por 27% das emissões de CO₂ relacionado a energia no mundo, contudo em 2019, as emissões globais em transporte cresceram 1%, abaixo da média anual de 2%, apresentando tendência de queda.

A utilização de veículos para o transporte de carga é fundamental para o suprimento e distribuição física de mercadorias e serviços. A eficiência no transporte de mercadorias aumenta o lucro das empresas e reduz o custo das operações. Os custos logísticos no Brasil representam 12,37% em relação ao faturamento bruto das empresas (FDC, 2017), e 7% a 9% do PIB mundial (ILOS, 2016). A maior parcela dos custos de transporte no Brasil está no combustível (CEL/COPPEAD, 2006; FDC,

2017), onde 55% do total de energia produzido, proveniente do petróleo, é direcionado ao transporte de carga em forma de óleo diesel (SEEG, 2017). A nível de comparação, nos Estados Unidos, o custo com mão de obra possui maior impacto nos custos de transporte, corresponde a maior peso dos custos fixos em sua composição.

O crescimento econômico possui uma forte correlação com o aumento da demanda no consumo de energia. Entre 2005 e 2015 houve um aumento médio de 4,8% no consumo de energia em transporte, a maior parte é direcionada ao modo rodoviário que corresponde por 93% do consumo total no Brasil, onde 77% são provenientes de combustíveis fósseis para o ano de 2015 (SEEG, 2017).

No Brasil, o transporte consome 64,4% de todo petróleo refinado (SEEG, 2017), e somente o óleo diesel, representa 43% (EPE, 2017). Sintetizando, a logística consome de 9% a 12% da energia consumida no mundo (Sims et al., 2014) e cerca de 19% da energia consumida no Brasil (D'AGOSTO, 2015). Esse consumo de energia foi responsável por emitir 204 MtCO_{2e}.

O Balanço Energético Nacional (BEN) em 2024 apresentou que o percentual de energia renovável no setor de transportes, considerado de difícil descarbonização, chegou a 22,5%, aumentando em 5% a utilização de energia renovável em transporte.

Na Figura 51, entre os anos de 2002 e 2023 houve um aumento de 4,4% no consumo de energia relacionado ao transporte no Brasil (EPE, 2024). O transporte, assim como no mundo, tem o segundo maior consumo de toda energia produzida no país. Em Tonelada Equivalente de Petróleo (TEP), utilizada para converter diferentes fontes de energia em uma unidade comum para padronizar e analisar os diferentes tipos de fontes. Neste caso, o transporte consumiu em 2022, 86,40 Mtep para um total de 271,7 Mtep, e em 2023, consumiu 89,84 Mtep, para um total de 271,7 Mtep.

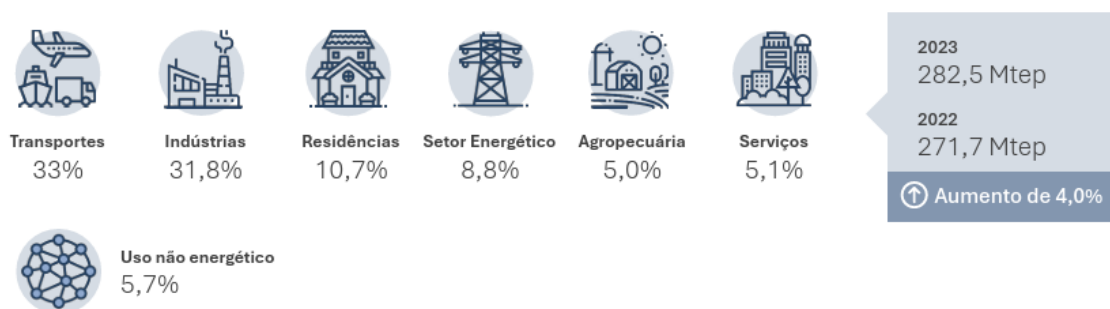


Figura 51: Consumo de Energia por atividade no Brasil entre os anos de 2022 e 2023. Fonte EPE, 2024)

Observando o estado do Rio de Janeiro, o consumo de energia, procedente do óleo diesel, aumentou 25,09% entre 2021 e 2023 para um aumento de frota de 198,97%. Esses dados reforçam que existe uma tendência de queda do consumo de combustível para a frota destacada. A Figura 52 destaca que em 2023 houve uma correção do consumo de energia em relação 2016, e mesmo com a frota de veículos maior em 2023, o consumo está menor que 2014. Deve-se salientar duas hipóteses: i) os veículos ficaram mais eficientes em relação a motorização, *ecodriving* (técnicas de pilotagem) etc, ou combustível; ii) parte do PIB per capita que, historicamente, tem forte correlação com a demanda de veículos, logo no consumo de combustível, se descolou dessa relação, pois mesmo com aumento da demanda de veículos não pode afirmar que houve aumento de quilometragem viajada, logo, aumento de consumo de energia.

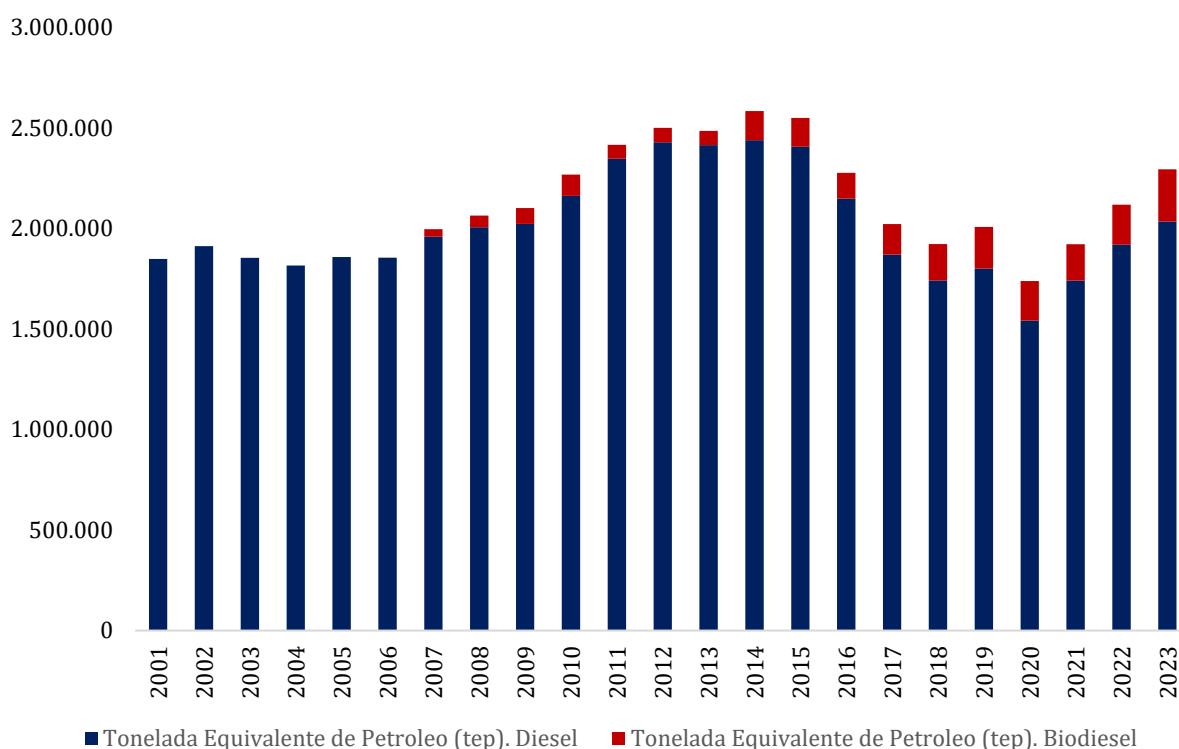


Figura 52: Consumo de energia de diesel tradicional e biodiesel em Tonelada Equivalente de Petróleo (TEP) em transporte para o estado do Rio de Janeiro.

Entre 2007 (primeiro ano da mistura) e 2023, a adição de biodiesel no diesel tradicional foi de 2% a 14%. Esse crescimento para cada tipo de combustível representa 3,85% para o diesel, e 593,91% para o biodiesel. Mesmo com esse crescimento, o consumo total do óleo diesel foi de 15,65%. Esses dados em TEP em 2023 para o diesel tradicional foi de 2.034.128 e 258.941 para o biodiesel.

Desde 2007, a redução do consumo energético com a adição do biodiesel foi de 313.914,58 TEP. Em comparação prática o consumo de aproximadamente 3,65 bilhões de kWh, convertendo o TEP mencionado, é comparável ao consumo anual de energia elétrica de uma cidade grande, como Recife ou Curitiba, ou poderia suprir aproximadamente 2 milhões de residências por um ano, considerando um consumo médio mensal de 150 kWh por residência.

4.1 Prospecção do consumo energético em transporte

Tabela 13 : Dados do Total da Tonelada Equivalente de Petróleo (TEP), Quilometragem viajada a diesel estadual e demanda de veículos do estado do Rio de Janeiro.

Ano	Total da Tonelada Equivalente de Petróleo (TEP)	Quilometragem viajada a diesel estadual (Milhares)	Demanda de veículos
2001	1.847.798	15.411	345.260
2002	1.911.524	16.245	367.722
2003	1.853.491	16.608	381.611
2004	1.814.950	17.536	397.280
2005	1.856.907	18.070	414.513

2006	1.853.989	18.092	433.617
2007	1.996.024	20.157	457.257
2008	2.063.442	22.476	485.720
2009	2.100.821	23.190	520.067
2010	2.267.299	26.065	569.690
2011	2.415.477	28.379	629.378
2012	2.499.779	30.832	686.571
2013	2.484.386	32.805	741.305
2014	2.583.208	35.017	794.538
2015	2.548.924	35.177	831.145
2016	2.275.881	34.603	855.823
2017	2.021.138	34.919	872.363
2018	1.921.684	33.257	896.202
2019	2.007.240	35.183	925.552
2020	1.737.750	32.027	944.035
2021	1.920.753	33.128	973.052

Tabela 14: : Regressão do Total da Tonelada Equivalente de Petróleo (TEP): MQO, usando as observações 2001-2021 (T = 21) Variável dependente: Total da Tonelada Equivalente de Petróleo e independente: Quilometragem viajada a diesel estadual e Demanda de Veículos do estado do Rio de Janeiro.

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	1,25277e+06	84199,1	14,88	<0,0001	***
Quilometragem viajada a diesel	109,624	9,65759	11,35	<0,0001	***
Demanda de veículos	-3,22605	0,331805	-9,723	<0,0001	***
Média var. dependente	2094403		D.P. var. dependente	272330,5	
Soma resíd. quadrados	1,65e+11		E.P. da regressão	95664,17	
R-quadrado	0,888942		R-quadrado ajustado	0,876603	
F(2, 18)	72,03899		P-valor(F)	2,57e-09	
Log da verossimilhança	-269,0197		Critério de Akaike	544,0394	
Critério de Schwarz	547,1730		Critério Hannan-Quinn	544,7195	

Em resumo, o modelo é estatisticamente muito significativo e ajustado, não apresenta sinais fortes de violações estatística. O R^2 , p-valor e fator F estão na faixa adequada de aceitação. Logo, os dados são suficientes para análise de longo prazo com grande confiabilidade. A tabela 13 apresenta os dados de quilometragem e demanda de veículos. Ambos foram necessários, pois a projeção dos valores de eficiência energética somente apresenta confiança estatística através das duas variáveis. O período de análise da TEP não possui uma tendência significativa, conforme a Figura 53, por isso, a inclusão das variáveis Quilometragem viajada a diesel, Figura 54, e Demanda de veículos, Figura 55 foram suficientes para ajustar o modelo. Neste caso, entre 2001 e 2021 os dados são *ex-tunc*, sendo usada para indicar que um ato ou decisão tem efeitos retroativos, e a partir de 20022 os dados são *ex-nunc*, a partir de agora.

Os dados da Tabela 14 demonstram o equilíbrio entre as variáveis de prospecção, contudo o coeficiente demanda de veículos apresenta valores negativos, ainda que esteja com tendência de

crescimento. Percebe-se que a inclinação da demanda está positiva, relativamente maior que a inclinação negativa do consumo de energia. Isso implica que, conforme a demanda de veículo aumenta, o consumo energético reduzirá, em uma proporção maior. Essa observação pode ser o início dos efeitos da inserção de veículos elétricos, ou mudanças tecnológicas de motorização, ambos relacionados a eficiência do uso do combustível.

Desde 2001, a taxa de crescimento média da demanda de veículos a diesel do estado do Rio de Janeiro é de 5,35%, logo se permanecer a mesma taxa até 2035, a demanda aumentará em 107,34% para aumento de tonelada equivalente de petróleo (tep), em 55,53%, e quilometragem viajada em 74,10%. Ainda que os dados de demanda influenciam no aumento do consumo de energia proveniente do diesel, os dados apresentam que a proporção de crescimento é menor em relação a demanda.

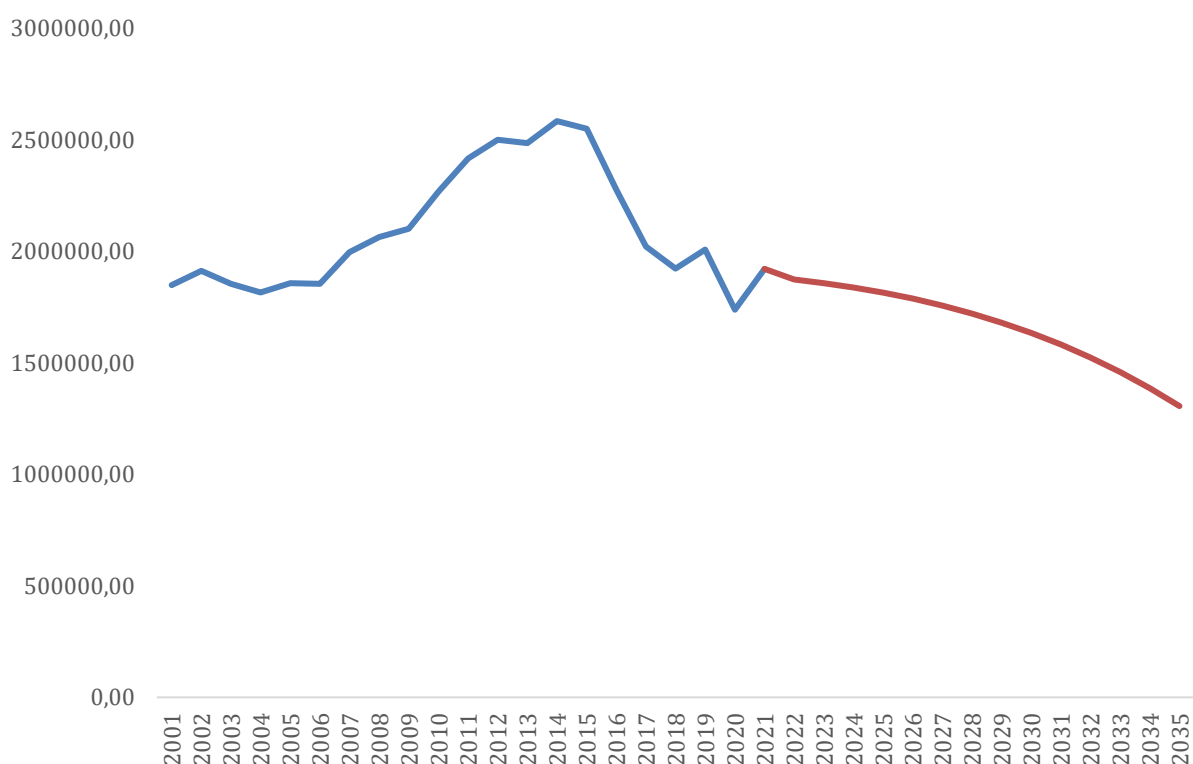


Figura 53: Projeção da Tonelada Equivalente de Petróleo (Tep) para o estado do Rio de Janeiro a partir de 2021 até 2035. Faixa azul: período entre 2001 e 2021. Faixa vermelha: período entre 2021 e 2035.

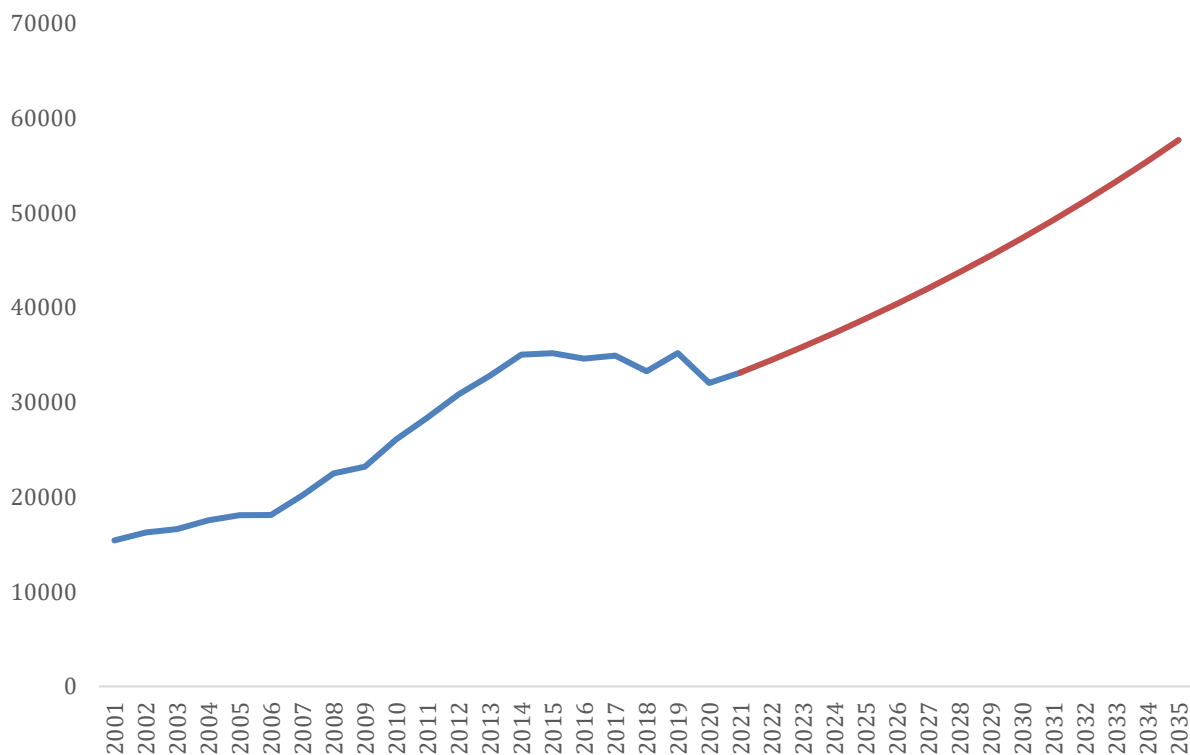


Figura 54: Projeção da quilometragem viajada a diesel estadual (Milhares) para o estado do Rio de Janeiro a partir de 2021 até 2035. Faixa azul: período entre 2001 e 2021. Faixa vermelha: período entre 2021 e 2035.

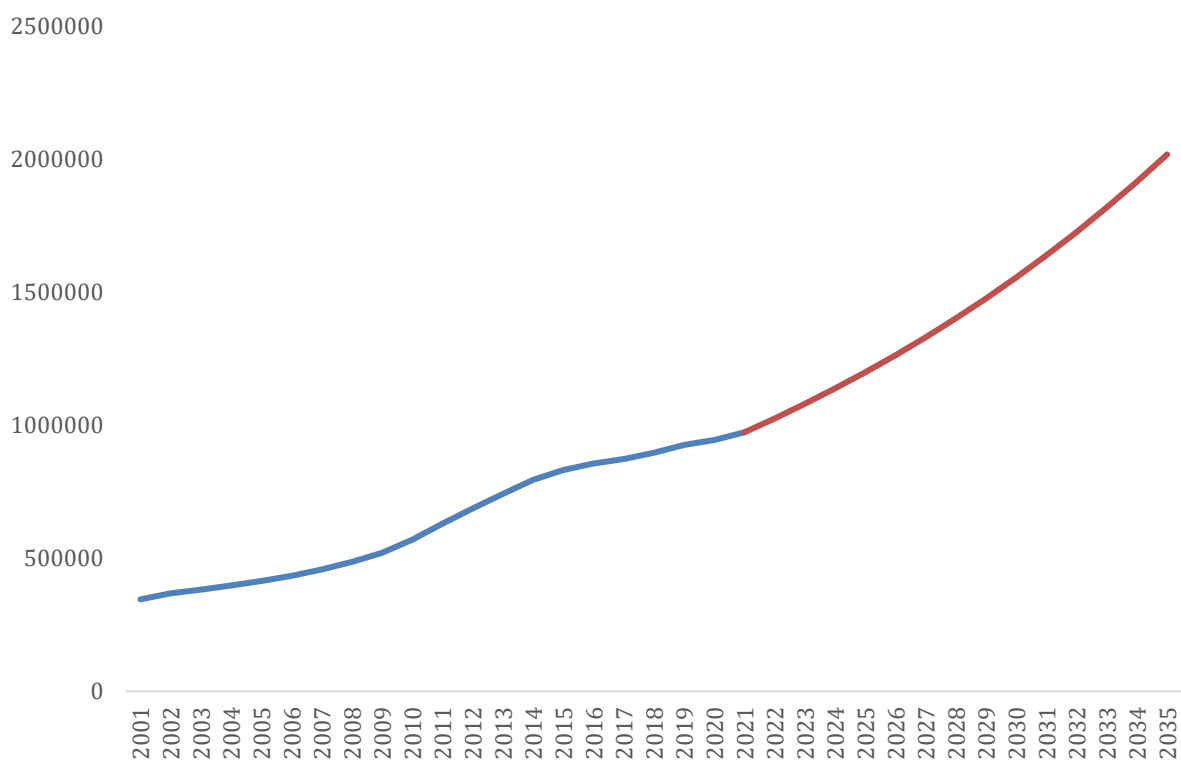


Figura 55: Projeção da Demanda de veículos para o estado do Rio de Janeiro a partir de 2021 até 2035. Faixa azul: período entre 2001 e 2021. Faixa vermelha: período entre 2021 e 2035.

5. Material Particulado

Os motores movidos a diesel destacam-se por sua superior eficiência energética em relação aos motores a gasolina. Contudo, essa vantagem técnica é acompanhada por um aumento significativo nas emissões de dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado do motor a diesel, inclusive poluentes diretamente associados a impactos ambientais relevantes, incluindo a corrosão atmosférica (Holmen & Niemeier, 2003). No setor de transporte de cargas, entretanto, a utilização do diesel é justificada pela demanda por elevada força motriz, indispensável ao deslocamento de veículos pesados. Ainda que exista uma crescente demanda por veículos de carga que utilizam o gás natural (GNV) e eletricidade, a proporção ainda é pequena se comparado aos demais veículos, logo, nesse relatório a ênfase central são os veículos de carga e passageiro movidos a diesel.

Segundo McKinnon et al. (2010) propõem a distinção entre impactos ambientais de primeira e segunda ordem decorrentes das atividades logísticas. Os efeitos de primeira ordem correspondem diretamente ao transporte, armazenamento e manuseio de cargas, enquanto os de segunda ordem referem-se às consequências indiretas dessas atividades, que afetam a sociedade de maneira mais ampla.

Particularmente, nas áreas urbanas, onde há maior densidade populacional, os efeitos indiretos da expansão das infraestruturas de transporte se tornam mais evidentes, tornando a população local mais suscetível às transformações ambientais. Entre os impactos diretos mais significativos, destacam-se o aumento do tráfego de caminhões e da frequência de voos. Estima-se que, em áreas urbanas, esses efeitos primários possam ser até três vezes mais intensos do que aqueles provocados por veículos que operam em rotas de longa distância, agravando ainda mais a qualidade ambiental nesses contextos.

O monitoramento das emissões de poluentes atmosféricos provenientes da frota veicular passou a ser responsabilidade do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE, 2011). Uma das estratégias promovidas pelo programa foi a adição de biodiesel ao diesel convencional, com o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE), gases poluentes e material particulado, especialmente as partículas com diâmetro inferior a 10 micrômetros (MP10), consideradas prejudiciais à saúde humana.

Entretanto, a adição de biodiesel, embora represente um avanço na redução das emissões durante a queima de combustível, revela-se insuficiente como única medida mitigadora. Isso porque o biodiesel não exerce influência sobre as emissões de partículas geradas por outras fontes veiculares, como o desgaste de pneus, freios e pavimentos. Assim, embora haja um efeito positivo de curto prazo na mitigação das emissões oriundas da combustão, esse benefício pode ser contrabalançado pelo crescimento contínuo da frota de veículos, o que intensifica a poluição atmosférica, contribuindo para a degradação ambiental (FREITAS, 2020).

Diante desse cenário, torna-se imprescindível que os centros urbanos, especialmente aqueles com alta densidade populacional, elaborem e mantenham sistemas de monitoramento ambiental sistemático. A produção de relatórios periódicos é fundamental para a mensuração, registro e verificação contínua das emissões, permitindo a comparação com metas e diretrizes estabelecidas por políticas públicas voltadas à sustentabilidade.

Além disso, os dados obtidos por meio desse monitoramento devem servir de base para o fortalecimento de pesquisas voltadas ao desenvolvimento de materiais menos agressivos ao meio ambiente. Especificamente, a investigação de alternativas sustentáveis na fabricação de pneus,

sistemas de frenagem e revestimentos asfálticos torna-se essencial, visto que os resíduos particulados oriundos desses componentes representam um fator de risco relevante para o aumento de doenças respiratórias e, conseqüentemente, da mortalidade associada a essas enfermidades.

Observando o estado do Rio de Janeiro o material particulado (MP) foi dividido em transporte de carga e passageiros, e cada uma delas em 3 (três) partes: combustível, freios, e pneus e pista. Todos em até 10 microns (μm).

Se tratando do transporte de carga, entre os anos de 2001 e 2021, conforme a Figura 56. A proporção de MP emitido por freio foi de 91,05%, logo, todo esforço para a redução deve se concentrar em novas tecnologias para a redução do desgaste desse material.

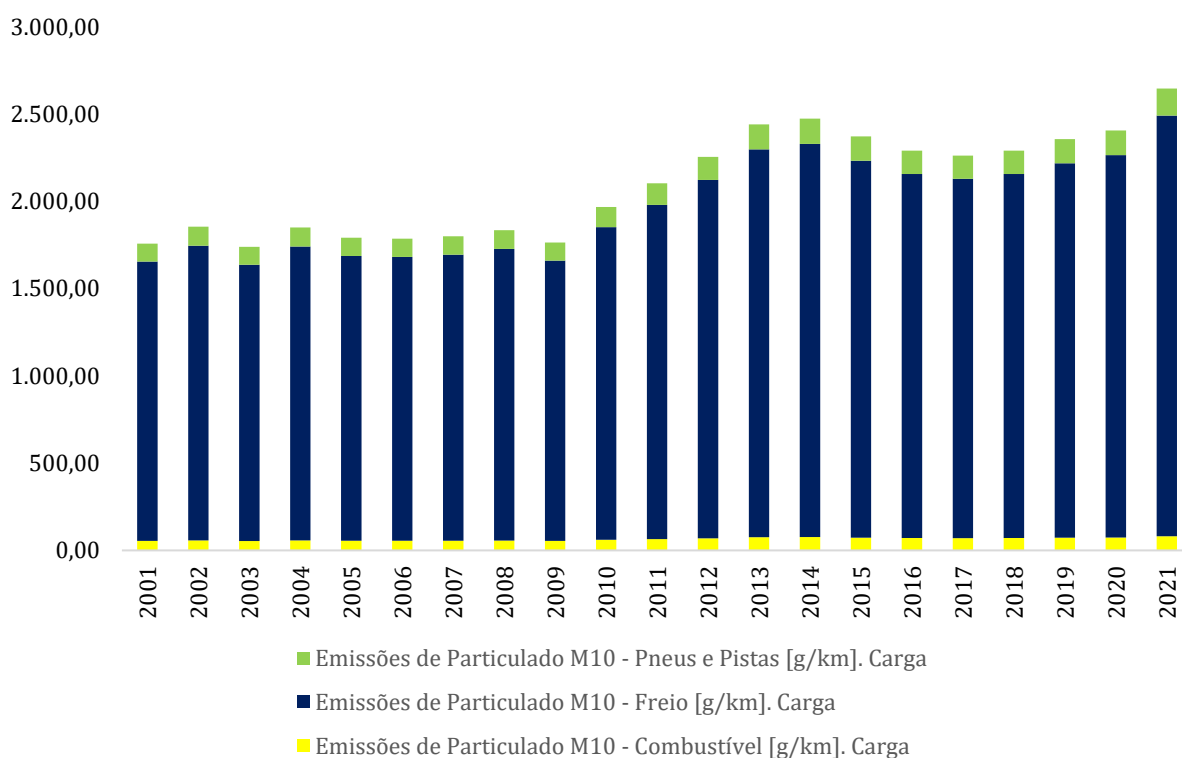


Figura 56: Emissões de material particulado M10 no transporte de carga por tipo em [g/km] (combustível, freio, e pneus e pista) para o estado do Rio de Janeiro.

Observa-se na Figura 57 que, entre 2001 e 2021, a quilometragem total aumentou em 50,53%, os valores permaneceram, relativamente estáveis, desde 2014, fortalecendo a hipótese da baixa taxa de crescimento da quilometragem viajada como componentes para a redução das emissões de gases.

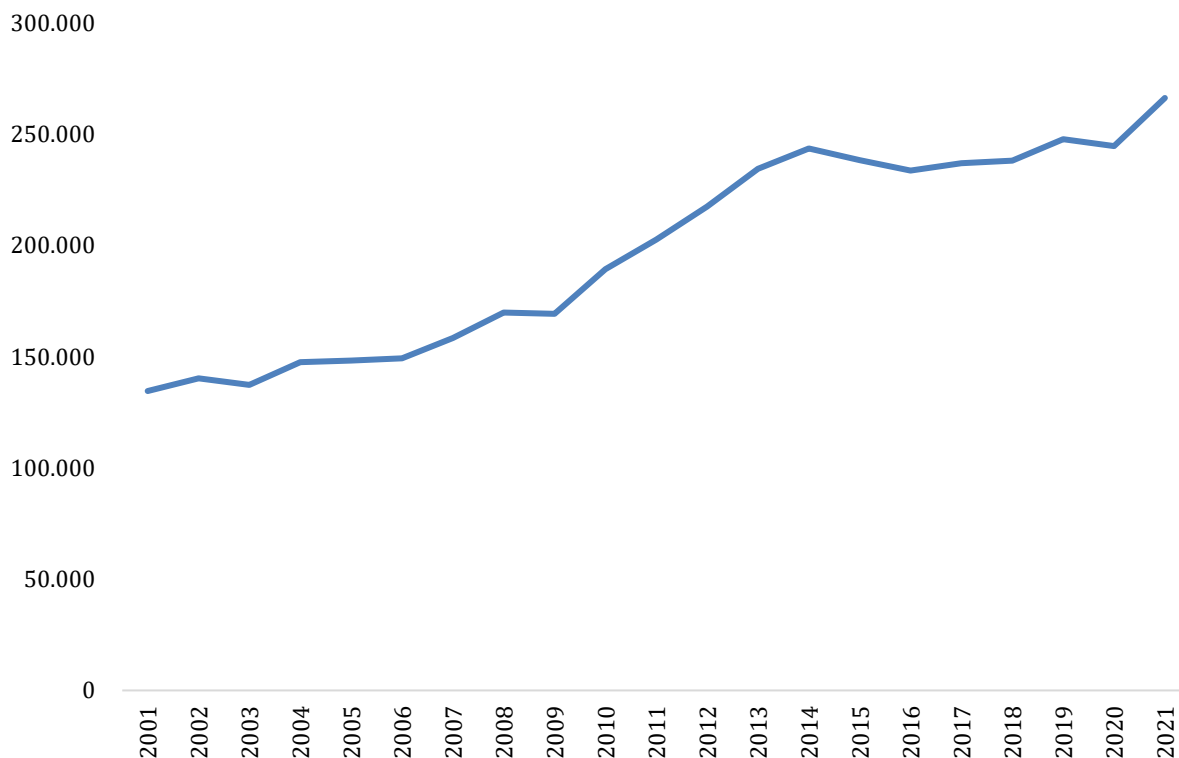


Figura 57: Quilometragem viajada de transporte de carga nacional (milhares). Fonte: SEEG.

Se tratando do transporte de passageiros, entre os anos de 2001 e 2021, conforme a Figura 58. A proporção de MP emitido por freio foi de 91,05%, logo, todo esforço para a redução deve se concentrar em novas tecnologias para a redução do desgaste desse material.

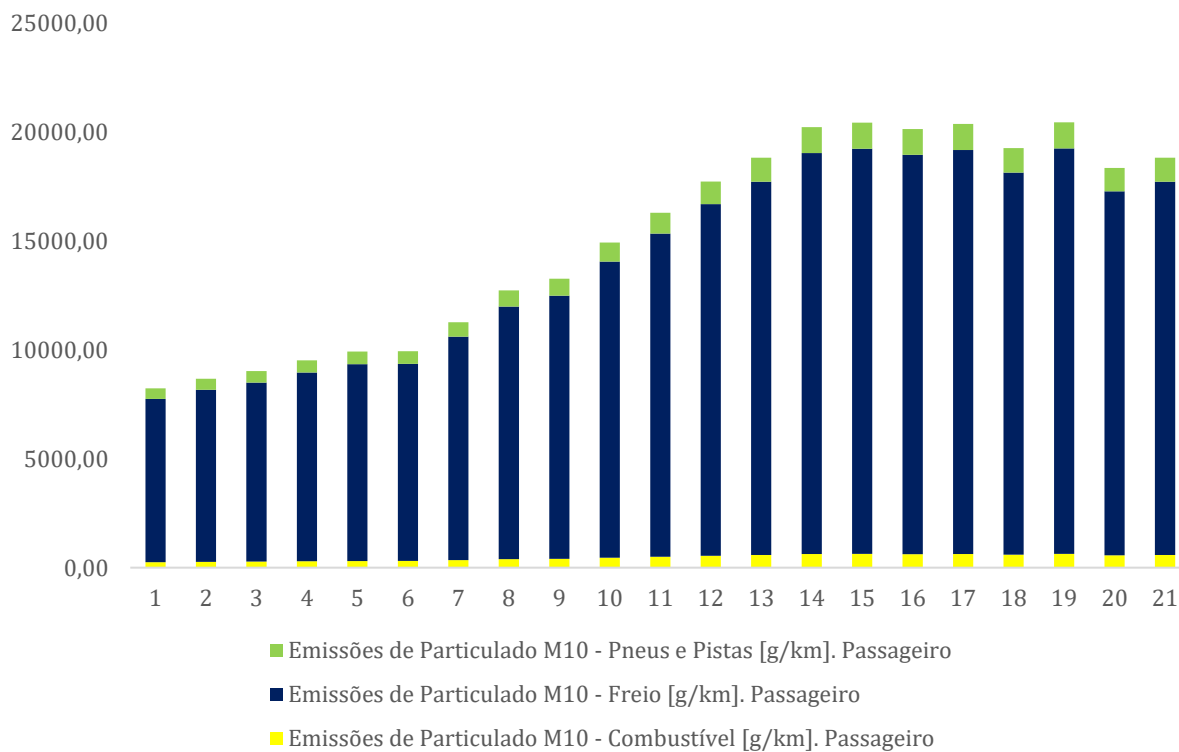


Figura 58: Emissões de material particulado M10 no transporte de passageiro por tipo em [g/km] (combustível, freio, e pneus e pista) para o estado do Rio de Janeiro.

Observa-se na Figura 59 que, entre 2001 e 2021, a quilometragem total aumentou em 128,73%, a Figura, os valores permaneceram, relativamente estáveis, desde 2014, fortalecendo a hipótese da baixa taxa de crescimento da quilometragem viajada como componentes para a redução das emissões de gases.

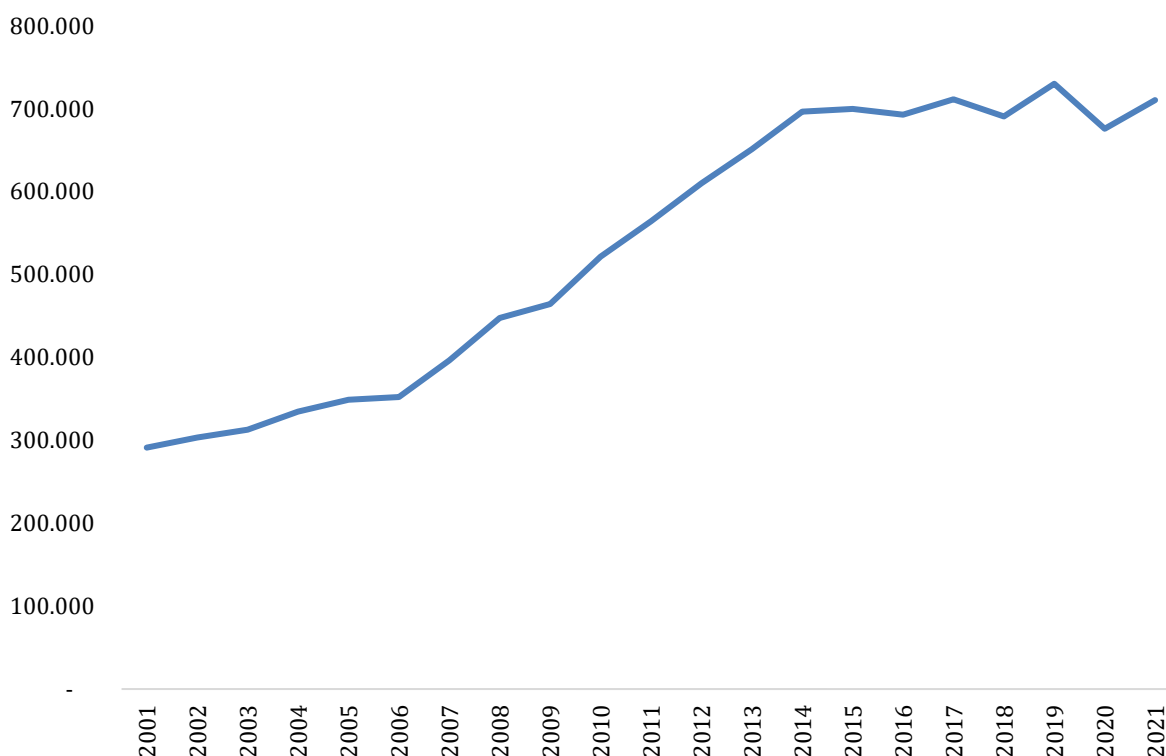


Figura 59: Quilometragem viajada de transporte de passageiro nacional (milhares). Fonte: SEEG.

Em dezembro de 2023, a frota de ônibus e micro-ônibus no estado foi de 86.181 e a frota dos demais veículos a diesel foi de 946.993. Embora a frota dos veículos a carga seja 11 vezes maior que a de passageiros, a quilometragem viajada de veículos a passageiros foi 2,6 maior. Os dados da Figura 60 refletem as emissões de material particulado por veículos de carga e passageiros entre 2001 e 2021. O transporte por passageiro emite 622,75% mais particulados do que o transporte de carga. Isso se deve quilometragem muito superior do transporte por passageiro, compensar a quantidade menor desse transporte em relação ao de carga.



Figura 60: Emissões de material particulado do transporte de carga e passageiro (2001-2021).
 Fonte: Painel de Dados (<https://transporte-carbonozero.com.br/painel-de-dados/>).

5.1 Prospecção do consumo energético em transporte

Tabela 16: Dados da demanda de veículos e emissões de material particulado a diesel do estado do Rio de Janeiro.

Ano	Demanda de veículos Estado do Rio de Janeiro	Emissões de Particulado TOTAL M10 - [g/km].
2001	345.260	9.986
2002	367.722	10.526
2003	381.611	10.762
2004	397.280	11.363
2005	414.513	11.709
2006	433.617	11.724
2007	457.257	13.062
2008	485.720	14.565
2009	520.067	15.027
2010	569.690	16.890
2011	629.378	18.390
2012	686.571	19.979
2013	741.305	21.258
2014	794.538	22.691
2015	831.145	22.794
2016	855.823	22.423

2017	872.363	22.627
2018	896.202	21.551
2019	925.552	22.798
2020	944.035	20.753
2021	973.052	21.467

Tabela 16: Regressão Emissão de Particulado Total: MQO, usando as observações 2001-2021 (T = 21)
Variável dependente: Emissões de Particulado TOTAL M10 - [g/km]. Total Geral e independente: Demanda de Veículos do estado do Rio de Janeiro.

	<i>Coeficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>razão-t</i>	<i>p-valor</i>	
const	3539,69	1010,16	3,504	0,0024	***
Demanda Veículos Est. RJ	de 0,0212985	0,00148723	14,32	<0,0001	***
Média var. dependente	17254,64	D.P. var. dependente	4929,184		
Soma resíd. quadrados	41201334	E.P. da regressão	1472,580		
R-quadrado	0,915213	R-quadrado ajustado	0,910750		
F(1, 19)	205,0899	P-valor(F)	1,24e-11		
Log da verossimilhança	-181,9370	Critério de Akaike	367,8741		
Critério de Schwarz	369,9631	Critério Hannan-Quinn	368,3274		

Em resumo, o modelo é estatisticamente significativo e ajustado, não apresenta sinais fortes de violações estatística. O R^2 , p-valor e fator F estão na faixa adequada de aceitação. Logo, os dados são suficientes para análise de longo prazo com grande confiabilidade. A tabela 16 apresenta como dados independente de demanda de veículos e dependente de emissões de particulado. Observa-se que existe uma forte tendência de aumento de particulados com aumento da demanda de veículos.

Desde 2001, a taxa de crescimento média da demanda de veículos a diesel do estado do Rio de Janeiro é de 5,35%, logo se permanecer a mesma taxa até 2035, a demanda aumentará em 107,34% para aumento das emissões de CO₂, proveniente das emissões de particulado total, em 116,66%, a partir de 2021. A Figura 61 demonstra a projeção dos dados até 2035, aumentando de 21 mil/kg para 46 mil/kg em apenas 14 anos. Conforme mencionado anteriormente, o particulado pneus obtém a maior proporção entre as partículas, e deve-se concentrar esforços para a sua redução.

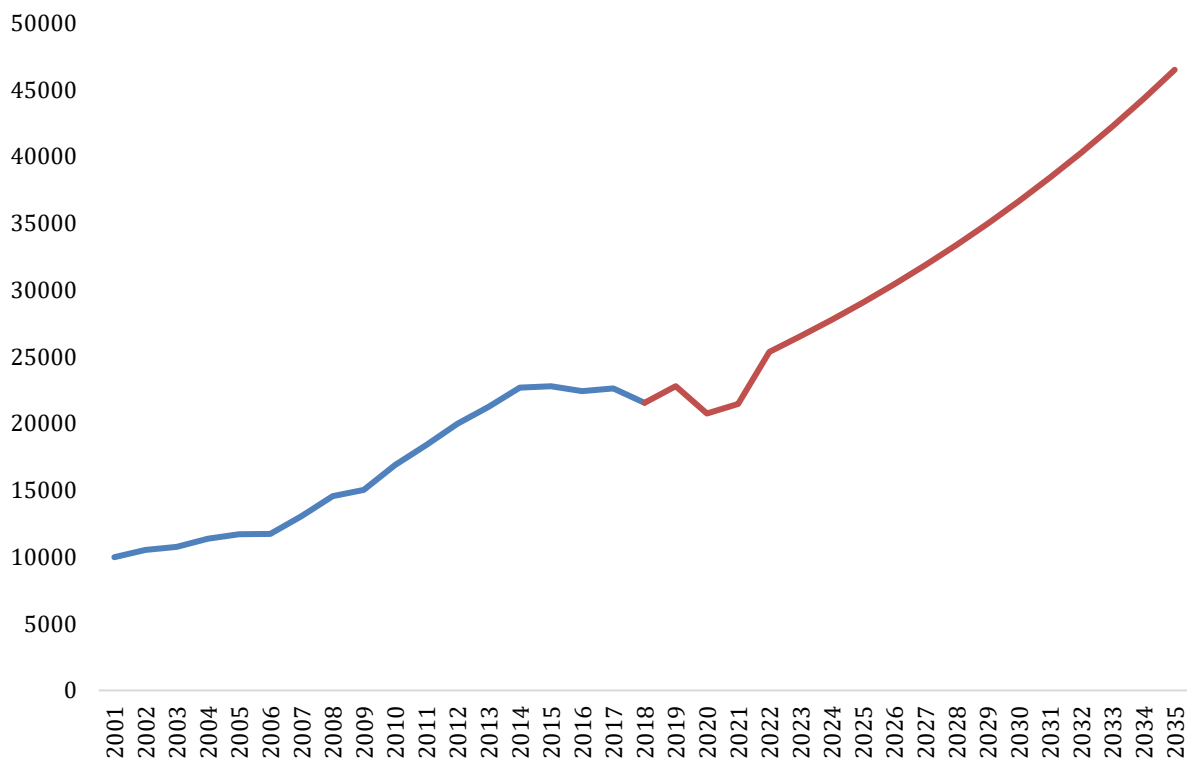


Figura 61: Projeção das emissões de material particulado (kg/ano) para o estado do Rio de Janeiro a partir de 2021 até 2035. Faixa azul: período entre 2001 e 2021. Faixa vermelha: período entre 2021 e 2035.

6. Indicadores de Desempenho

✓ Publicação de artigos em periódicos indexados:

Encontra-se em andamento a elaboração de dois artigos, a serem submetidos a periódicos indexados: um sobre o aumento das emissões de CO₂, proveniente do desgaste do motor, e outro sobre a correlação entre as principais variáveis envolvidas nas emissões do transporte urbano.

✓ Participação em congressos:

Caetano, Joyce Azevedo; FREITAS, R. R. ; OLIVEIRA, C. M. ; TURINI, L. R. . Alternativa de baixo custo para mensurar as emissões CO₂, MP e consumo energético em transportes urbanos de carga. In: Congresso Rio de Transportes, 2024, Rio de Janeiro. 21º Rio de Transportes, 2024.

✓ Destaques na mídia:

Guatimosim, P. (2024). Pesquisa desenvolvida no Cefet-RJ ajudará prefeituras a reduzirem emissões. FAPERJ. Disponível em: <https://www.faperj.br/?id=674.7.4>. Acesso em: 17 de mar. 2025.

✓ Informativo:

Todas as prefeituras do Estado do Rio de Janeiro foram convidadas via Secretária de Transporte a participarem no workshop para a elaboração de modelo para verificar as emissões de carbono (CO₂). provenientes do diesel.

7. Conclusões

O estudo representou um esforço significativo na direção de tornar acessível e tecnicamente viável a mensuração e verificação de emissões de dióxido de carbono (CO₂), material particulado (MP) e consumo energético no setor de transportes urbanos. A proposta metodológica desenvolvida se notabiliza por sua abordagem de baixo custo e aplicabilidade prática, sobretudo para cidades de médio e grande porte, frequentemente carentes de instrumentos técnicos e financeiros que possibilitem o monitoramento contínuo das emissões veiculares.

A análise detalhada das seis mesorregiões do estado do Rio de Janeiro – Noroeste, Norte, Centro, Sul Fluminense, Baixadas Litorâneas e Região Metropolitana – permitiu compreender a complexidade e a diversidade dos fatores que impactam o comportamento das emissões no setor de transportes. As variações regionais observadas ao longo das últimas duas décadas refletem diretamente os ciclos econômicos, as transformações no perfil industrial e urbano, as alterações demográficas e os eventos externos, como a recessão econômica e a pandemia de COVID-19.

Um dos principais resultados do relatório é a constatação de que o crescimento da frota de veículos não necessariamente se traduz em aumento proporcional das emissões de CO₂, uma vez que fatores como eficiência energética, mudanças tecnológicas, combustíveis utilizados e políticas públicas locais exercem influência significativa. O caso da mesorregião Noroeste Fluminense, por exemplo, revelou que apesar do crescimento expressivo da frota, as emissões não acompanharam essa tendência na mesma proporção, em função de fatores econômicos estruturais e da introdução crescente do biodiesel na matriz de combustíveis.

A introdução de biodiesel, inclusive, se destaca como um fator atenuante das emissões. Embora o estudo aponte que a adição progressiva de biodiesel ao diesel tradicional não tenha alterado significativamente a tendência das curvas de emissão de CO₂, sua contribuição é relevante quando se considera o impacto potencial que o uso exclusivo do diesel tradicional poderia provocar. Contudo, o relatório também alerta que a simples substituição do combustível não é suficiente para garantir uma mobilidade sustentável, sendo necessário observar o envelhecimento da frota, a qualidade da infraestrutura viária e as condições operacionais dos veículos, inclusive nas áreas rurais.

A mesorregião Norte Fluminense, por sua vez, apresentou um comportamento peculiar, com altos níveis de emissão relacionados à exploração de petróleo e gás natural, além do crescimento do Complexo Portuário do Açu. A crise econômica e a queda dos royalties impactaram diretamente a economia da região, gerando uma retração temporária nas emissões, seguida de uma nova escalada impulsionada pelo reaquecimento do setor logístico e de infraestrutura. Esse cenário reforça a dependência estrutural de algumas regiões a setores extrativistas, cuja volatilidade afeta diretamente as emissões veiculares.

No Centro Fluminense, destaca-se o papel da industrialização e da malha logística, sobretudo em municípios como Três Rios e Nova Friburgo, que contribuíram de forma significativa para os volumes de emissão registrados. A presença de uma frota predominantemente composta por caminhonetes, caminhões e camionetas reforça o papel do transporte de carga regional como vetor das emissões. A queda observada após 2014, atribuída à crise econômica, foi revertida com o crescimento do comércio eletrônico no pós-pandemia, fenômeno que influenciou diretamente a retomada do transporte urbano e interestadual de mercadorias.

As Baixadas Litorâneas apresentaram um padrão de crescimento sustentado até 2015, impulsionado pelo turismo, setor imobiliário e indústria petrolífera. A crise reduziu drasticamente

os níveis de emissão, mas a retomada da atividade econômica, associada ao aumento populacional e expansão urbana em cidades como Cabo Frio, Araruama e Rio das Ostras, reacendeu a pressão sobre a infraestrutura de transportes e, conseqüentemente, sobre os níveis de emissões.

O Sul Fluminense destacou-se como um dos principais polos industriais do estado, com municípios como Volta Redonda e Resende apresentando elevados níveis de emissão, impulsionados pela siderurgia, indústria automobilística e atividades logísticas. O relatório aponta que, embora a industrialização tenha gerado desenvolvimento e empregos, ela também ampliou a dependência de modos baseados em combustíveis fósseis, agravando as emissões de gases de efeito estufa. Os dados de 2020 evidenciam o impacto imediato da pandemia sobre a demanda por transporte, com conseqüente queda nas emissões, seguidos por uma recuperação impulsionada pelo comércio digital e reativação das cadeias produtivas.

Por fim, a Região Metropolitana do Rio de Janeiro – responsável por mais de 40% das emissões totais do estado – apresentou características típicas de grandes metrópoles: elevada frota circulante, forte concentração de atividades econômicas, desigualdades regionais e desafios significativos em termos de infraestrutura e mobilidade urbana. O município do Rio de Janeiro lidera em emissões absolutas, seguido por Duque de Caxias, São Gonçalo, Nova Iguaçu e Itaguaí, refletindo o volume de atividades econômicas, industriais e comerciais, bem como a complexidade da rede logística que interliga esses polos urbanos.

Um aspecto metodológico relevante do projeto é a construção de um painel interativo de dados, que permite a visualização e cruzamento de informações sobre emissões e consumo energético de maneira acessível e intuitiva. Essa ferramenta representa um legado técnico da pesquisa, permitindo que gestores públicos tomem decisões baseadas em evidências e contribuam para a formulação de políticas mais sustentáveis de mobilidade urbana. A disponibilização desse painel amplia o alcance do estudo e possibilita sua replicabilidade em outros contextos regionais e nacionais.

Além disso, nas análises econométricas exploratórias, com destaque para a relação entre demanda de veículos e emissões de CO₂ por biodiesel na mesorregião Noroeste. Embora a série de dados ainda seja insuficiente para projeções de longo prazo com alto grau de confiança, a significância estatística dos modelos iniciais indica potencial para futuros estudos mais robustos. O uso de regressões permitiu testar hipóteses e visualizar tendências relevantes sobre a eficácia da substituição parcial do diesel tradicional pelo biodiesel.

O setor de transporte desempenha um papel central no consumo energético e nas emissões de poluentes no Brasil e no mundo. Representando 27% das emissões globais de CO₂ relacionadas à energia, o transporte, embora essencial para a movimentação de mercadorias e pessoas, enfrenta desafios críticos para aumentar sua eficiência e reduzir seus impactos ambientais. No Brasil, o setor é responsável por 64,4% do consumo de petróleo refinado, sendo o modo rodoviário dominante, com 93% da energia destinada ao grupo em 2015. Os custos logísticos, especialmente o de combustível, pesam significativamente sobre as operações, reforçando a necessidade de melhorias contínuas na eficiência energética.

Entre 2001 e 2023, o consumo energético no transporte brasileiro cresceu 4,4%, e mesmo com um aumento de frota considerável, especialmente no Rio de Janeiro, observou-se uma tendência de estabilização e até redução no consumo por veículo, sugerindo ganhos de eficiência, melhorias tecnológicas e mudanças no comportamento de consumo. Importante destacar que o aumento de biodiesel na composição do diesel, passando de 2% para 14% entre 2007 e 2023, também

contribuiu para reduzir o impacto ambiental, evitando o consumo equivalente a bilhões de kWh, o que seria suficiente para abastecer grandes cidades como Recife ou Curitiba por um ano.

A análise de regressão realizada para o estado do Rio de Janeiro evidenciou a forte relação entre a quilometragem viajada e a demanda de veículos com o consumo de energia. Notadamente, a tendência aponta que, embora o número de veículos continue a crescer, a eficiência energética dos mesmos deve contribuir para uma redução relativa no consumo de combustível. Esse comportamento pode indicar o início da transição para tecnologias mais limpas e eficientes, como veículos elétricos e avanços nos motores a combustão.

No que se refere ao material particulado (MP₁₀), destaca-se que o transporte de cargas e passageiros, majoritariamente movido a diesel, continua sendo uma fonte importante de poluição atmosférica, especialmente em áreas urbanas. A principal fonte de emissão de particulados não é mais apenas a combustão de combustível, mas também o desgaste de freios, pneus e pistas — com o freio sendo responsável por mais de 91% do material particulado emitido em ambos os setores. Este fato reforça a necessidade de inovação tecnológica focada não só na eficiência do combustível, mas também em materiais automotivos mais sustentáveis.

Apesar da frota de veículos de carga ser significativamente maior que a de passageiros, a quilometragem viajada por veículos de passageiros é superior, resultando em emissões de particulados em 622,75% maiores nesse segmento. Assim, estratégias de mitigação devem considerar não apenas o volume de veículos, mas também o uso e o tipo de operação.

Por fim, a projeção até 2035 sugere que, embora a demanda de veículos e a quilometragem viajada continuem a crescer, o consumo de energia aumentará em ritmo mais moderado. A tendência de desacoplamento entre o crescimento da frota e o consumo energético evidencia avanços em eficiência e adoção de novas tecnologias, ainda que os desafios da poluição urbana, especialmente em relação ao material particulado, exijam políticas públicas mais robustas, investimento em inovação e sistemas de monitoramento ambiental contínuo.

Portanto, o futuro do transporte brasileiro, em especial no estado do Rio de Janeiro, aponta para uma trajetória de maior eficiência energética e uso de fontes renováveis, mas também sinaliza a necessidade de enfrentar novos desafios ambientais associados à operação dos veículos. A integração de soluções de transporte mais limpas, melhorias em infraestrutura urbana e incentivo a tecnologias sustentáveis são fundamentais para assegurar a mobilidade de forma ambientalmente responsável e economicamente viável.

Do ponto de vista das políticas públicas, os resultados da pesquisa reforçam a necessidade de se pensar o transporte urbano como um componente central da sustentabilidade ambiental e da justiça social. A redução das emissões não pode estar baseada apenas em trocas tecnológicas, mas deve envolver um redesenho sistêmico da mobilidade urbana, que contemple a integração modal, o incentivo a combustíveis limpos, a renovação da frota e, principalmente, o fortalecimento do transporte público coletivo de qualidade. A dependência de veículos individuais, associada à má qualidade das vias e à insuficiência de políticas regulatórias e fiscais, agrava os efeitos ambientais e sociais do atual modelo de transporte.

Portanto, a presente pesquisa oferece contribuições relevantes em múltiplas frentes: técnica, ao propor uma metodologia simples e eficaz para medição de emissões; analítica, ao mapear e caracterizar as dinâmicas regionais com base em dados empíricos; e política, ao oferecer subsídios concretos para formulação de estratégias sustentáveis. O estudo reafirma que medir é o primeiro passo para transformar – e que, com dados confiáveis, é possível construir cidades mais resilientes, inclusivas e ambientalmente responsáveis.

Proponente: Cintia Machado de Oliveira
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca- CEFET/RJ

Referências

1. Abreu, M. (2015). Municípios da Baixada Fluminense tentam driblar crise financeira. O Dia. Disponível em: <https://odia.ig.com.br/odiabaixada/2015-09-12/municipios-da-baixada-fluminense-tentam-driblar-crise-financeira.html>. Acesso em: 10 de mar. 2025.
2. Agência Senado (2024a). Nova Friburgo (RJ) será a Capital Nacional da Moda Íntima, aprova CE. Senado Federal, Brasil. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2024/05/07/nova-friburgo-rj-sera-a-capital-nacional-da-moda-intima-aprova-ce>. Acesso em: 20 de dez. 2024.
3. Agência Senado (2024b). Três Rios é a capital do incentivo às pequenas empresas, aprova CE. Senado Federal, Brasil. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2024/05/14/tres-rios-e-a-capital-do-incentivo-as-pequenas-empresas-aprova-ce>. Acesso em: 20 de dez. 2024.
4. Balassiano, M. Década cada vez mais perdida na economia brasileira e comparações internacionais. Fundação Getúlio Vargas. Disponível em: <https://portal.fgv.br/artigos/decada-cada-vez-mais-perdida-economia-brasileira-e-comparacoes-internacionais>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
5. Baylão, A.L.S. (2014). Um estudo sobre o desenvolvimento econômico no Centro Sul Fluminense. In: XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia.
6. BEN – Balanço Energético Nacional: Relatório em Síntese 2024, ano Base 2023.
7. Caderno Regional do Estado do Rio de Janeiro (2017). Região Baixada Litorânea Fluminense, Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.gov.br/empresas-e-negocios/pt-br/portais-desconhecidos/observatorioapl/biblioteca-apl/publicacoes/caderno-regional-baixas-litoraneas-rj.pdf>.
8. Caderno Regional do Estado do Rio de Janeiro (2017). Região Centro-Sul Fluminense, Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.gov.br/empresas-e-negocios/pt-br/portais-desconhecidos/observatorioapl/biblioteca-apl/publicacoes/caderno-regional-centro-sul-fluminense-rj.pdf>.
9. Caderno Regional do Estado do Rio de Janeiro (2017). Região Noroeste Fluminense, Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.gov.br/empresas-e-negocios/pt-br/portais-desconhecidos/observatorioapl/biblioteca-apl/publicacoes/caderno-regional-noroeste-rj.pdf>.
10. Caderno Regional do Estado do Rio de Janeiro (2017). Região Norte Fluminense, Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.gov.br/empresas-e-negocios/pt-br/portais-desconhecidos/observatorioapl/biblioteca-apl/publicacoes/caderno-regional-norte-rj.pdf>.
11. Câmara Municipal de Nova Iguaçu (2025). Potencialidades de Negócios. Disponível em: <https://www.cmni.rj.gov.br/wp/nova-iguacu/potencialidades-de-negocios/>. Acesso em: 17 de mar. 2025.
12. CEL/COPPEAD - Centro de Estudos em Logística/Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração. Custos Logísticos no Brasil. 2006.
13. Companhia de Desenvolvimento Industrial do Estado do Rio de Janeiro – CODIN (2024). Por que Investir no Estado do Rio de Janeiro? Governo do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.codin.rj.gov.br/por-que-rio>. Acesso em: 07 de mar. 2025.
14. Confederação Nacional do Transporte – CNT (2016). Transporte rodoviário de cargas deve ter retomada lenta de crescimento. Agência CNT Transporte Atual. Disponível em: <https://cnt.org.br/agencia-cnt/retomada-lenta-transporte-rodoviario-deve-alcancar-patamar-pre-crise-em-2020>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
15. Conselho Nacional de Política Energética – CNPE (2019). Relatório de consolidação dos testes e ensaios para validação da utilização de Biodiesel B15 em motores e veículos. Brasília.

16. Cruz, J. L. V. da, & Azevedo Neto, J. A. de. (2020). Crise fiscal nos municípios fluminenses da Bacia Petrolífera de Campos entre 2014 e 2018. *Revista Vértices*, 22(3), 564-578. <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v22n32020p564-578>.
17. D'AGOSTO, M. A. Transporte, uso de energia e impactos ambientais: uma abordagem introdutória – 1.ed. – Rio de Janeiro. Elsevier. 2015.
18. Diário do Vale (2016). Ônibus perdem 20 mil passageiros por dia em Volta Redonda e Barra Mansa. Disponível em: <https://diariodovale.com.br/economia/onibus-perdem-20-mil-passageiros-por-dia-em-volta-redonda-e-barra-mansa/>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
19. E-commerce Brasil (2021). E-commerce brasileiro cresce 27% e fatura R\$ 161 bilhões em 2021, revela Neotrust. Disponível em: <https://www.ecommercebrasil.com.br/noticias/neotrust-e-commerce-fatura-2021>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
20. EPE - Empresa De Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2015: Ano base 2014. Rio de Janeiro, 2015.
21. FDC, Fundação Dom Cabral. Custos Logísticos no Brasil, Núcleo de Logística, Supply Chain e Infraestrutura, 2017.
22. FREITAS, R. R. ; SAGAWA, THIAGO RIBEIRO ; MOURA, A. C. D. ; Amorim, F. C. . Análise de políticas de mitigação de emissões de CO₂ e MP através de uma proposta metodológica de baixo custo para cidades: uma abordagem no Rio de Janeiro. In: Engema - Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 2020, São Paulo.
23. G1 Norte Fluminense (2015). Crise dos royalties gera desemprego no Norte e Noroeste Fluminense. Globo Comunicação e Participações. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/norte-fluminense/noticia/2015/03/crise-dos-royalties-gera-desemprego-no-norte-e-noroeste-fluminense.html>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
24. G1 Norte Fluminense (2019). Norte Fluminense é a região do RJ com mais investimentos previstos para os próximos anos, diz Firjan. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/norte-fluminense/noticia/2019/05/10/norte-fluminense-e-a-regiao-do-rj-com-mais-investimentos-previstos-para-os-proximos-anos-diz-firjan.ghtml>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
25. G1 Região Serrana (2024). Teresópolis e Nova Friburgo estão na categoria 'A' do Mapa do Turismo Brasileiro e ficam entre os melhores destinos do país. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/regiao-serrana/noticia/2024/12/19/teresopolis-e-nova-friburgo-estao-na-categoria-a-do-mapa-do-turismo-brasileiro-e-ficam-entre-os-melhores-destinos-do-pais.ghtml>. Acesso em: 20 de dez. 2024.
26. Gonçalves, A.P.V. & Strauch, J.C.M. (2021). SEGREGAÇÃO E ATIVIDADE INDUSTRIAL NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO: uma Ênfase na Microrregião do Vale do Paraíba Fluminense. *Desenvolvimento em Questão*, n. 56. DOI: <http://dx.doi.org/10.21527/2237-6453.2021.56.10703>.
27. ILOS - Instituto de Logística e Supply Chain. **Custos logísticos no Brasil 2016**. Disponível em: <https://ilos.com.br/custos-logisticos-no-brasil-2016/>. Acesso em: 14/12/2024.
28. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2022). Panorama do Censo 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
29. Instituto de Energia e Meio Ambiente - IEMA (2020). As emissões brasileiras de gases de efeito estufa nos setores de Energia e de Processos Industriais em 2019. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/as-emissoes-brasileiras-de-gases-de-efeito-estufa-nos-setores-de-energia-e-de-processos-industriais-em-2019-20201201>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
30. Marafon, G.J. & Ribeiro, M.A. (2017). Revisitando o território fluminense, VI [online]. Rio de Janeiro: EDUERJ, 366 p. ISBN: 978-85-7511-457-5. <https://doi.org/10.7476/9788575114575>.
31. Mercês, G. & Freire, N. (2017). Crise fiscal dos estados e o caso do Rio de Janeiro. *Geo UERJ*. DOI: <http://dx.doi.org/10.12957/geouerj.2017.32070>.
32. Nascimento, D.R. & Vieira, E.T. (2016). Industrialização e desenvolvimento No Médio Vale do Paraíba Fluminense na década de 2000. *Revista Espacios*. V. 37, n 21.
33. Observatório SEBRAE (2016). Painel Regional: Região dos Lagos. SEBRAE/RJ Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado do Rio do Janeiro. Disponível em: [https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RJ/Anexos/SebraePainel_RegiaoLagos.p](https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RJ/Anexos/SebraePainel_RegiaoLagos.pdf)
[df](https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RJ/Anexos/SebraePainel_RegiaoLagos.pdf). Acesso em: 20 de dez. 2024.

34. Observatório SEBRAE (2017). Efeitos da crise econômica sobre o Rio de Janeiro. SEBRAE/RJ Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Estado do Rio do Janeiro. Disponível em: https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RJ/Menu%20Institucional/SinteseSebrae_45_2017%20final.pdf. Acesso em: 20 de dez. 2024.
35. Oliveira, A. de, & Alves, J.L.N. (2004). Crescimento econômico, desigualdade e condições de vida: Estudo do interior fluminense nos anos 90. *Espacio Abierto*, 13(4), 533–565. Universidad del Zulia.
36. Perez, E.C.W. (2010). Novos rumos para a economia Norte Fluminense. Monografia (Graduação) em Economia, Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
37. Pinto, R.M.F.M., Cassemiro, R.F., Vaz, A.J. & Cardoso, P.S.C. (2011). A Região da Baixada Litorânea do Rio de Janeiro: Interações entre o Turismo e Urbanização. *Espaço & Geografia*, v. 14, n. 2.
38. Piraciaba, B. & Lemos, L. (2017). Dinâmicas territoriais no estado do Rio de Janeiro: reflexões em torno da região Noroeste Fluminense. In: MARAFON, G.J., and RIBEIRO, M.A. orgs. *Revisitando o território fluminense*, VI [online]. Rio de Janeiro: EDUERJ, pp. 151-166. ISBN: 978-85-7511 457-5. <https://doi.org/10.7476/9788575114575.0009>.
39. Prefeitura Municipal de Angra dos Reis (2024). Um pouco de nossa história. Centros de Informações Turísticas. Disponível em: <https://visite.angra.rj.gov.br/angra-dos-reis.asp>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
40. Prefeitura Municipal de Araruama (2023). Notícias - Araruama lidera mais uma vez o ranking como a campeã na geração de empregos na Região dos Lagos. Disponível em: <https://www.araruama.rj.gov.br/novo/?pg=noticias&id=NDUx>. Acesso em: 20 de dez. 2024.
41. Prefeitura Municipal de Cabo Frio (2024). Dados Gerais. Disponível em: <https://cabofrio.rj.gov.br/dados-gerais/>. Acesso em: 20 de dez. 2024.
42. Prefeitura Municipal de Duque de Caxias (2025). Conheça Duque de Caxias. Disponível em: <https://duquedecaxias.rj.gov.br/pagina/prefeitura/conheca-duque-de-caxias>. Acesso em: 17 de mar. 2025.
43. Prefeitura Municipal de Rio das Ostras (2023). Município teve o segundo maior crescimento populacional do Estado. Departamento de Jornalismo – ASCOM. Disponível em: <https://www.riodasostras.rj.gov.br/municipio-teve-o-segundo-maior-crescimento-populacional-do-estado/#:~:text=Nos%20%C3%BAltimos%2012%20anos%2C%20Rio,crescimento%20de%2048%2C%208%25>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
44. Prefeitura Municipal de São Gonçalo (2025a). Cidade. Disponível em: <https://www.saogoncalo.rj.gov.br/sao-goncalo/>. Acesso em: 17 de mar. 2025.
45. Prefeitura Municipal de São Gonçalo (2025b). Economia. Disponível em: <https://www.saogoncalo.rj.gov.br/sao-goncalo/economia/>. Acesso em: 17 de mar. 2025.
46. Regazzi, R. D. (2021). A Região de Itaguaí e suas Potencialidades de Desenvolvimento Econômico e Social pela Economia do Mar. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/regi%C3%A3o-de-itagua%C3%AD-e-suas-potencialidades-econ%C3%B4mico-do-renato/>. Acesso em: 17 de mar. 2025.
47. Reis, N. G. dos (2016). Demanda de transporte rodoviário de carga caiu 4,7% em 2015. FETCESP. Disponível em: <https://fetcesp.com.br/demanda-de-transporte-rodoviario-de-carga-caiu-47-em-2015/>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
48. Ribeiro, R.V. (2010). Desafios ao desenvolvimento regional do Norte Fluminense. Dissertação (Mestrado) em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
49. Secretaria de Comunicação Social (2024). Entre transferências ao município e a cidadãos, Cabo Frio (RJ) recebeu mais de R\$ 1,4 bilhão do Governo Federal em 2024. Brasil. Disponível em: <https://www.gov.br/secom/pt-br/assuntos/noticias-regionalizadas/balanco-2024/cidades/entre-transferencias-ao-municipio-e-a-cidadaos-cabo-frio-rj-recebeu-mais-de-mais-de-r-1-4-bilhao-do-governo-federal-em-2024>. Acesso em: 06 de jan. de 2025.

50. Secretaria de Estado da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico (2017a). Região Noroeste Fluminense: desenvolvimento socioeconômico 2007/ 2014. Governo do Estado do Rio de Janeiro.
51. Secretaria de Estado da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico (2017b). Região Norte Fluminense: desenvolvimento socioeconômico 2007/ 2014. Governo do Estado do Rio de Janeiro.
52. Secretaria de Estado da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico (2017c). Região Centro-Sul Fluminense: desenvolvimento socioeconômico 2007/ 2014. Governo do Estado do Rio de Janeiro.
53. Secretaria de Estado da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico (2017d). Região do Médio Paraíba: desenvolvimento socioeconômico 2007/ 2014. Governo do Estado do Rio de Janeiro.
54. Secretaria de Estado da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico (2017e). Região das Baixadas Litorâneas: desenvolvimento socioeconômico 2007/ 2014. Governo do Estado do Rio de Janeiro.
55. Secretaria de Estado da Casa Civil e Desenvolvimento Econômico (2017e). Região Metropolitana: desenvolvimento socioeconômico 2007/ 2014. Governo do Estado do Rio de Janeiro.
56. Secretaria Nacional de Trânsito – SENATRAN (2024). Estatísticas - Frota de Veículos – SENATRAN. Ministério dos Transportes, Brasil.
57. Silva, M.T.M.V. & Santos, E.V.M. (2022). Panorama da Região Noroeste Fluminense no Século XXI: Retratos da Agricultura Familiar. In: XX Seminário de Integração. Disponível em: <https://seminariodeintegracao.ucam-campos.br/wp-content/uploads/2022/12/Panorama-da-Regiao-Noroeste-Fluminense-no-Seculo-XXI.pdf>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
58. Silveira, D. (2018). Crise faz 13 municípios do RJ saírem do topo da lista dos mais desenvolvidos do estado, diz Firjan. G1 Rio. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/crise-faz-13-cidades-do-rj-sairem-do-topo-da-lista-dos-mais-desenvolvidos-do-estado-diz-firjan.ghtml>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
59. SIMS M. et al. Effectiveness of tobacco control television advertising in changing tobacco use in England: a population-based cross-sectional study. *Addiction* 109. 2014.
60. Sindicato das Empresas de Transportes e Cargas de Campinas e Região – SINDICAMP (2016). Demanda de transporte rodoviário de cargas cai 4,7% em 2015, apura entidade. Disponível em: <https://sindicamp.org.br/demanda-de-transporte-rodoviario-de-cargas-cai-47-em-2015-apura-entidade/>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
61. SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA – SEEG. Emissões dos setores de energia, processos industriais e uso de produtos. 2017.
62. Sistema FIRJAN (2015). Retratos Regionais: Perfil Econômico Regional – Região Sul Fluminense. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/retratos-regionais.htm>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
63. Sistema FIRJAN (2019a). PIB Rio: 1º trimestre 2019 e projeções. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/pib-brasil-e-rio-de-janeiro-resultados-e-projecoes.htm>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
64. Sistema FIRJAN (2019b). RIO EXPORTA SEMESTRAL. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/boletim-rio-exporta.htm#pubAlign>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
65. Sistema FIRJAN (2020). PIB Rio: 1º trimestre 2020 e projeções. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/pib-brasil-e-rio-de-janeiro-resultados-e-projecoes.htm>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
66. Sistema FIRJAN (2021). Agendas Regionais com os Municípios Noroeste Fluminense 2021-2024. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/data/files/B5/E5/3A/80/8CDBF7108A3D87F7A8A809C2/Caderno%20Propostas%20Noroeste%20Fluminense%20final.pdf>. Acesso em: 12 de dez. 2024.

67. Tribuna Sul Fluminense (2020). Com pandemia, desemprego avança em Resende que perde 841 postos. Disponível em: <https://tribunasf.com.br/com-pandemia-desemprego-avanca-em-resende-que-perde-841-postos/>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
68. Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro (2008). Estudos Socioeconômicos dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro: Barra Mansa. Secretaria Geral de Planejamento.
69. Vasconcellos, B.L.X., La Rovere, R.L. & Pereira, R.S. (2022). Revista de Desenvolvimento Econômico, v. 3, n. 53. DOI: 10.36810/rde.v3i53.8197.
70. Vieira, I. (2017). Queda nos royalties leva calamidade financeira a cidades do Rio. Agência Brasil. Disponível em: <https://agenciabrasil.etc.com.br/economia/noticia/2017-01/queda-nos-royalties-leva-calamidade-financeira-cidades-do-rio>. Acesso em: 20 de dez. 2024.

Apêndice

Síntese das emissão de CO₂ dos 92 municípios do estado do Rio de Janeiro (Data base: 2023). Mais detalhes acessar <https://transportecarbonozeror.com.br/painel-de-dados/>