Uso de Energia de Transporte

26 de abril de 2020

# Visão Geral

As atividades representadas no setor de Transporte incluem emissões diretas da queima de combustível por veículos rodoviários, bem como emissões produzidas por aeronaves, embarcações marítimas e trens. Os combustíveis em uso identificados foram: gasolina, diesel, gás natural comprimido (GNC), bioetanol, biodiesel, gasolina para aviação, e querosene de aviação. No caso de relatórios nacionais de GEE, as emissões do transporte de combustíveis através de dutos também foram incluídas neste setor; no entanto, para a linha de base deste projeto, essas emissões – quando estiverem disponíveis - estão incluídas no setor de suprimento de energia, subsetor de suprimento de combustível.

Indiretamente, o setor de Transporte também pode ser consumidor de eletricidade, na medida em que elementos do sistema de transporte foram eletrificados (por exemplo, veículos rodoviários, ônibus de transporte público, etc.). No Mato Grosso, espera-se que o uso atual de veículos eletrificados seja muito pequeno (por exemplo, <0,1% da atual frota rodoviária). Uma pequena inserção de veículos eletrificados na frota foi prevista no BAU, e isso é descrito mais adiante. As emissões *diretas* da geração, transmissão e distribuição de eletricidade são atribuídas ao setor de Energia, no subsetor de Energia Elétrica. Para auxiliar os planejadores de mitigação de GEE, as emissões associadas à geração, transmissão e distribuição e consumo de eletricidade no setor de transporte também são apresentadas aqui. Observe que essas emissões são chamadas de emissões *indiretas* (ou seja, "indiretas" porque não podem ser atribuídas ao ponto de uso de energia). Essa abordagem contábil "baseada no consumo" fornece uma imagem mais completa da pegada de GEE para o uso geral de energia no setor de Transporte. Nota: neste projeto, sempre que forem apresentados resumos de emissões que atendem tanto ao suprimento quanto à demanda de energia, as emissões indiretas são excluídas para evitar a contagem dupla. Portanto, quando as emissões *indiretas* são mostradas em um gráfico de resumo, elas sempre serão identificadas como padrões para indicar que as emissões *diretas* são contabilizadas em outro setor (as emissões *diretas* sempre são mostradas em cunhas sólidas).

# Dados da Atividade e Consumo de Energia

## Atividade

Os dados úteis da atividade para estimar o uso de combustível no setor de transporte incluem veículo-quilômetro percorrido (VKT) por veículo e tipo de combustível para a frota em estrada, ciclos de aterrissagem/decolagem (LTOs por sua sigla em inglês) por aeronave ou tipo de combustível e toneladas-quilômetro ou quilômetros percorridos transportados por trens de carga/passageiros. Esses dados são usados ​​juntamente com estimativas modeladas de crescimento da atividade, bem como alterações na eficiência ao longo do tempo para estimar o consumo de combustível. Os únicos dados de atividade disponíveis para São Paulo eram o número de veículos por tipo para cada ano de 2010-2017. Esses dados indicam uma tendência clara de maior uso de veículos de combustível flexível e aumento do uso de bioetanol no lugar da gasolina. Essa tendência no uso de combustível em veículos rodoviários é mais detalhada na próxima seção.

**Consumo de Combustível**

O consumo de combustíveis por tipo de combustível e modo de transporte foi divulgado entre 2000 e 2018 no Balanço Energético do Estado de São Paulo[[1]](#footnote-1). Esses dados estão resumidos na Figura 1 abaixo. As unidades estão em milhares de terajoules (TJ). Os tipos de transporte incluídos foram rodoviário, aéreo, marítimo comercial e ferroviário. Os dados para tipos mais específicos de transporte rodoviário (por exemplo, público / privado, leve / pesado, etc.) não estavam disponíveis.

O crescimento médio anual do consumo de energia nos transportes tem sido superior à taxa do produto real bruto (SGP). No período de 2002-2017 para o qual os dados do GSP estão disponíveis, o GSP real cresceu a uma taxa de 1,9% / ano, enquanto o consumo geral de energia de transporte cresceu a uma taxa de 3,1% / ano. O crescimento do consumo de energia apenas para a frota de veículos rodoviários foi de 3,3% / ano. A Figura 1 também inclui uma pequena quantidade de consumo de eletricidade no setor (quase muito pequeno para ser visto no período histórico). Quase tudo isso (~ 98% em 2018) está associado a ferrovias eletrificadas, com o restante a veículos rodoviários eletrificados.

**Dados Históricos de Veículos Rodoviários**. Uma vez que nenhuma previsão de atividade de veículo estava disponível, uma relação entre o crescimento do GSP e o crescimento do consumo de energia do veículo rodoviário foi derivada (ver Figura 2 abaixo). Em seguida, as seguintes etapas foram realizadas para gerar a previsão do veículo rodoviário:

1. O uso total de energia para veículos rodoviários foi estimado usando a equação mostrada na Figura 2 abaixo.
2. A previsão de combustível total para a frota rodoviária foi ajustada aplicando um aumento anual na eficiência da frota de 1,3% / ano.[[2]](#footnote-2)
3. Uma previsão da fração de consumo dos diferentes combustíveis para veículos rodoviários foi obtida pela tendência dos dados históricos de 2013 a 2018. A tendência foi aplicada até 2030. Para 2030-2050, o consumo por tipo de combustível foi mantido constante. O principal impacto dessa etapa foi a continuidade de uma mudança histórica da gasolina para o etanol. Em 2018, a gasolina representou 29% do consumo de energia dos veículos rodoviários e o etanol, 27%. Em 2030, a gasolina representará 24% do consumo de energia dos veículos rodoviários e o etanol 38%.
4. Também foi estimada a quantidade de energia elétrica consumida na frota de veículos rodoviários. Isso exigiu o desenvolvimento de algumas estimativas de consumo potencial de veículos elétricos em SP. A proporção de novos veículos eletrificados foi calculada em parte com base nas informações apresentadas em um recente estudo global sobre a captura de veículos eletrificados pela Agência Internacional de Energia.[[3]](#footnote-3) O Brasil não foi abordado especificamente nesse estudo, então foi assumido que a adoção de veículos para SP se comportaria de forma semelhante a outros países que não têm políticas progressivas de eletrificação de veículos atualmente em vigor. Especificamente, a IEA comparou partes da América do Norte que tinham tais políticas (por exemplo, Califórnia e Canadá) com aquelas que não tinham (muitos outros estados dos EUA). Essa comparação indicou que áreas progressivas poderiam ter taxas de adoção de até 29% em 2030, em comparação com outras áreas que veriam taxas em torno de 8% (taxas de adoção =% das vendas de veículos particulares). A taxa de adoção de 8% foi selecionada para SP, e a extrapolação desse crescimento rendeu uma taxa de adoção de pouco mais de 20% em 2050. Observe que a taxa de adoção ainda rende apenas cerca de 4,5% do total de veículos elétricos na frota de veículos particulares em 2050. O consumo total de energia por veículos elétricos em cada ano foi calculado a partir de uma estimativa do uso médio histórico de gasolina e etanol por veículo. Uma vez que esses valores representam o uso de combustível, não o uso de um trem de força eletrificado, os valores de consumo de combustível foram multiplicados por um fator de 0,33 para representar a quantidade de eletricidade necessária (os trens de força eletrificados requerem apenas 1/3 da energia necessária para trens de força do motor de combustão interna).

**Figura 1. Linha de base do consumo de energia no transporte**

**\**

**Figura 2. Consumo histórico de energia de veículos rodoviários e GSP**

**Previsões de energia de veículos não-rodoviários.** Tal como acontece com o consumo de energia dos veículos rodoviários, foi avaliada a relação entre o GSP histórico e o consumo de energia não rodoviária. O gráfico X-Y é mostrado na Figura 3 abaixo. A equação mostrada na Figura 3 abaixo foi aplicada a cada um dos subsetores não rodoviários e tipos de energia para gerar a previsão de consumo de energia. Nenhuma mudança nos combustíveis usados dentro de cada subsetor foi assumida. Além disso, nenhum ganho em eficiência energética foi assumido para cada subsetor.

**Figura 3. Consumo Histórico de Energia Não Rodoviária e GSP**

A Figura 1 acima fornece o consumo de energia previsto para o setor de Transporte. O consumo de eletricidade por veículos ferroviários e rodoviários eletrificados é apresentado em conjunto; no entanto, conforme indicado nesta figura, sua contribuição como fonte de energia ainda é muito pequena durante o período de previsão.

As melhorias futuras nas estimativas de uso de energia desenvolvidas para esta linha de base incluem: alocação de combustível total de veículos rodoviários usado para diferentes categorias de veículos rodoviários; modelagem do crescimento da atividade (veículo-quilômetros percorridos para a frota rodoviária) para diferentes tipos de veículos e combustíveis; desenvolver e aplicar eficiências de energia a cada veículo / categoria de combustível representativa da frota SP (por exemplo, quilômetros / litro de combustível); e desenvolver estimativas mais refinadas de absorção de veículos eletrificados no estado. Os estudos que abordaram os níveis de atividade futura da atividade do subsetor aéreo / ferroviário / marítimo também podem ser usados ​​para refinar as previsões fornecidas aqui, se estiverem disponíveis. No entanto, conforme indicado na Figura 1, os veículos rodoviários consomem muito mais energia do que todos os subsetores não rodoviários combinados.[[4]](#footnote-4)

# Emissões de GEE

A linha de base das emissões de GEE é mostrada na Figura 4. Para a queima de combustível, as emissões foram estimadas com base nos fatores de emissão do IPCC.[[5]](#footnote-5) As emissões foram convertidas em equivalentes de dióxido de carbono (CO2e) usando os potenciais de aquecimento global do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (AR5).[[6]](#footnote-6) A Figura 2 inclui emissões não biogênicas diretas da queima de combustível, emissões indiretas do consumo de eletricidade por ferrovias e veículos rodoviários elétricos e emissões biogênicas diretas de bioetanol e biodiesel. Em relação às emissões indiretas do consumo de energia com base na rede, o resumo da linha de base do setor de Fornecimento de Energia (ES) fornece mais detalhes (por exemplo, intensidade de carbono da energia da rede). A análise do setor ES indicou que, se o teor de carbono da eletricidade importada for considerado um espelho da intensidade de carbono nacional geral, o teor de carbono geral da eletricidade consumida no estado é bastante baixo, variando de cerca de 0,02-0,07 toneladas de CO2e para cada megawatt-hora consumido. É importante notar que se a energia importada para SP tiver um conteúdo de combustível fóssil muito maior do que a média nacional, então as emissões indiretas relatadas aqui podem ser muito maiores.

As emissões diretas totais são estimadas em 52 TgCO2e em 2018, crescendo 1,7% / ano para 97 TgCO2e em 2050. Isso exclui o CO2 biogênico do bioetanol e da combustão do biodiesel (15 TgCO2 em 2018 e 39 TgCO2 em 2050). Essas emissões biogênicas de CO2 são mostradas como cunhas transparentes no topo da Figura 4, no entanto, para fins de contabilização das emissões de GEE, elas são consideradas neutras em carbono (portanto, não estão incluídas nos resumos de emissões de toda a economia produzidos no Projeto Pathways). Conforme mostrado na Figura 2, as maiores fontes de emissões são os veículos rodoviários a gasolina e a diesel, contribuindo juntamente com 80% das emissões diretas em 2018 e 67% em 2050. Os aviões a jato também são uma fonte significativa de emissões de GEE em transporte. Eles contribuem com 15% das emissões em 2018 e devem contribuir com 26% do total de emissões diretas até 2050.

As emissões indiretas do consumo de eletricidade por veículos ferroviários e rodoviários também estão incluídas na Figura 2; no entanto, as emissões são quase pequenas demais para serem vistas.

**Figura 4. Linha de base de emissões de GEE do setor de transporte**.

1. Balanço Energético do Estado de São Paulo, 2019, <http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalcev2/intranet/BiblioVirtual/diversos/BalancoEnergetico.pdf>. [↑](#footnote-ref-1)
2. A Figura 6 deste estudo mostra os padrões regulamentares de combustível para veículos leves no México e em outros países: (<https://theicct.org/sites/default/files/publications/EU-LCV-CO2-2030_ICCTupdate_201901.pdf>). A taxa de melhoria anual foi calculada por 20 anos e deve ser representativa de toda a frota. [↑](#footnote-ref-2)
3. IEA, Global EV Outlook, 2019: (<https://theicct.org/sites/default/files/publications/EU-LCV-CO2-2030_ICCTupdate_201901.pdf>). [↑](#footnote-ref-3)
4. Todos esses tipos de melhorias para o setor de veículos rodoviários começam com uma divisão mais detalhada do uso de combustível (ou atividade) por tipo de veículo. Por exemplo, os veículos a gasolina podem ser divididos primeiro pelo uso de combustível de veículos de passageiros versus carga. Em seguida, os subsetores de gasolina podem ser divididos em subcategorias, tais como: carros leves particulares, caminhões leves particulares, caminhões médios, caminhões pesados, etc. Normalmente, encontra-se este nível de detalhe na escala municipal para análise de suporte da qualidade do ar. Se esses dados não estiverem disponíveis para São Paulo, será necessário trabalhar para montar esse banco de dados. Também deve ser observado que não temos qualquer intervalo para combustíveis consumidos em pequenos motores não rodoviários (por exemplo, gramado e equipamento de jardim, outro equipamento portátil). Freqüentemente, eles são agregados aos dados dos veículos rodoviários, porque seu ponto de entrada no mercado é o mesmo local (postos de combustível no varejo). [↑](#footnote-ref-4)
5. 2006 IPCC Guidelines; volume 2. Energy; <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>. Nota consistente com os refinamentos do IPCC de 2019 para relatórios nacionais, as emissões de CO2 para combustão de biomassa são excluídas aqui, uma vez que são relatadas como perdas de carbono na agricultura, silvicultura e outros setores de uso da terra: [↑](#footnote-ref-5)
6. Estes são os GWPs de 100 anos mostrados na Tabela 8.7 em <https://ar5-syr.ipcc.ch/resources/htmlpdf/WG1AR5_Chapter08_FINAL/>. [↑](#footnote-ref-6)