

AVALIAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO EM TRANSPORTES: O CASO DA LIGAÇÃO GOIÂNIA-BRASÍLIA

Rodrigo Pinheiro Tóffano Pereira

Nadya Regina Galo

Universidade Federal de Goiás
Faculdade de Ciências e Tecnologia

RESUMO

O transporte contribui substancialmente para a pegada de carbono global. Esta contribuição é maior ainda em países "emergentes" e, portanto, é necessária uma mitigação urgente. A mitigação eficaz é determinada por avaliações confiáveis da pegada de carbono cujo número é limitado, particularmente em países em desenvolvimento. Este estudo aplicou o método de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para avaliar a emissão de carbono de vários modos de transporte entre Goiânia e Brasília, a terceira menor distância entre capitais do Brasil. Dada a utilização crescente de biocombustíveis no setor de transportes, este estudo avaliou também o potencial de redução de carbono oferecido pelos biocombustíveis. O estudo demonstrou que o transporte público terrestre, aliado a utilização de biocombustíveis, representa o modo mais eficiente em termos de carbono.

ABSTRACT

Transportation contributes substantially to the global carbon footprint. This contribution is even greater in "emerging" countries, and hence urgent mitigation is necessary. Effective mitigation is determined by reliable carbon footprint assessments whose number is however limited, particularly for developing countries. This study applied the Life Cycle Assessment (LCA) based method to appraise the carbon significance of various transportation modes between Goiânia and Brasília, the third lowest distance between capitals in Brazil. Given the envisaged rise in biofuel use in the Brazilian transportation sector, this study evaluated the carbon reduction potential offered by biofuel. The study demonstrated that overland public transportation, combined with the use of biofuels, represents the most carbon-efficient mode of local transportation.

1. INTRODUÇÃO

No século passado, quando se falava em eixo de desenvolvimento no país, vinha sempre à mente o tradicional eixo Rio de Janeiro - São Paulo, às margens da Via Dutra. Eixos de desenvolvimento, segundo Rizzo (2016), podem ser definidos como uma área formada por cidades cujas economias progridem e se reforçam mutuamente, fazendo a região crescer mais rapidamente. No Brasil, estes corredores surgem sem planejamento, associados ao crescimento das cidades médias e a desconcentração industrial.

No entanto, nas últimas décadas, diversos corredores de desenvolvimento se formaram no país (Exame, 2014). As empresas passaram a migrar para cidades menores em busca de custos mais baixos. Um dos eixos que mais se destacam é o eixo Goiânia - Brasília, que tem 6,8 milhões de habitantes e um Produto Interno Bruto (PIB) estimado em R\$ 270 milhões, ou seja, 70% do PIB do Centro-Oeste (Rizzo, 2016). Este eixo é o 3º maior mercado consumidor do País com mais de 31 mil empresas abertas desde 2009 e com previsão de instalação de outras 70.000 até 2025, segundo estimativas da Urban Systems (Exame, 2014).

Pela proximidade (209 km) - a terceira menor distância entre capitais brasileiras, atrás apenas de Natal-RN e João Pessoa-PB (185 km) e Recife-PE e João Pessoa-PB (120 km) (Itatrans, [s.d.]) - um grande fluxo de veículos circulam entre essas duas metrópoles. De acordo com a Agência Nacional dos Transportes Terrestres (ANTT), em 2019, o fluxo de veículos diários no eixo Goiânia e Brasília é de 70 mil e com previsão, até 2040, de chegar a cerca de 100 mil veículos (Correio Braziliense, 2013). Brasília e Goiânia apresentam, respectivamente, a quarta e a sexta maior frota de veículos do país; conjuntamente, aproximadamente, 1,9 milhão de veículos (Velasco, 2018). Esta conexão, portanto, representa a mais importante artéria de

transportes no Centro do Brasil, mostrando como cidades com economias complementares podem se aproximar para impulsionar o desenvolvimento (Exame, 2014; Rizzo, 2016).

Embora o crescimento econômico gere benefícios substanciais, também impõe vários efeitos negativos. As emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) produzidas com o aumento de viagens são significativas e devem ter seu impacto de carbono minimizado para facilitar o progresso econômico em direção à meta de sustentabilidade ambiental. Embora vários estudos tenham sido realizados para avaliar a contribuição da pegada de carbono global, o escopo geográfico de análise tem sido amplamente limitado a países desenvolvidos (Dickinson *et al.*, 2013). Até o momento, a pesquisa sobre o tema em questão, aplicada ao contexto de economias em desenvolvimento, tem sido escassa, o que dificulta o desenvolvimento de medidas efetivas de mitigação do impacto do carbono (Dillimono e Dickinson, 2015). Há com isso, uma necessidade do aprofundamento destas questões para economias em transição.

Diante destas questões, este estudo tem como objetivo avaliar a pegada de carbono das opções de transporte de passageiros utilizadas em eixos de desenvolvimento no Brasil. A conexão Goiânia - Brasília é empregada para a avaliação da pegada de carbono devido ao papel estratégico que desempenha no Centro-Oeste. O objetivo final deste estudo é destacar as opções de transporte em termos de eficiência de carbono, dentro do itinerário em questão, destacando aquelas que são mais amigáveis ao clima. O artigo aplica como método de quantificação do impacto de carbono a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). As emissões diretas e indiretas de GEE são divulgadas, associadas aos principais modos de transporte, com o objetivo de revelar oportunidades de mitigação. O estudo analisa também, o uso de biocombustíveis, em diferentes opções de transporte, com o intuito de avaliar o potencial de redução das emissões de gases que serão convertidos em carbono equivalente.

O artigo inicia-se com uma breve revisão geral sobre o desenvolvimento econômico e sua interligação com questões ambientais; também, destaca os principais estudos recentes no campo da avaliação da pegada de carbono. Além disso, apresenta as principais conexões de transporte entre estas cidades. Posteriormente, o artigo analisa a pegada de carbono associada a cada opção de transporte considerada. O documento conclui-se com recomendações para aqueles que influenciam, politicamente, as questões de transporte e gestão ambiental.

2. DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Políticas urbanas tendem a se concentrar em investimentos e gastos públicos com vistas a melhorar a qualidade de vida e apoiar o desenvolvimento econômico; entretanto, a redução do espaço fiscal obriga a busca pelo equilíbrio entre investimentos e gastos, de um lado, e as receitas, de outro (Almeida, 2018). Isto posto, sem desenvolvimento econômico e o respectivo aumento de renda de toda a população, o espaço fiscal continua estrangulado. Assim, o desenvolvimento de corredores econômicos com o respectivo apoio de programas e políticas públicas é fundamental. Há países em que a criação de corredores econômicos internos já faz parte da estratégia de desenvolvimento, a exemplo da Malásia, Índia; e, até mesmo, do desenvolvimento entre países, como a Suécia e Dinamarca, conjuntamente (Exame, 2014).

No entanto, os impactos ambientais são apontados como um dos principais problemas do desenvolvimento econômico, especialmente em termos de geração de pegada de carbono (Gössling, 2009; Hamilton *et al.*, 2005). A utilização de transportes, por exemplo, contribui significativamente para a alta intensidade de carbono (Collins *et al.*, 2009). A quota global de

carbono deverá crescer, nos próximos anos, devido ao aumento previsto do número de viagens, especialmente nos países em desenvolvimento (Scott *et al.*, 2016). Dada esta contribuição substancial, sua mitigação urgente é primordial.

A mitigação eficaz depende de avaliações precisas e holísticas do impacto do carbono (Becken e Patterson, 2006). Este tópico está gradualmente evoluindo com contribuições feitas por Collins *et al.* (2009) e Filimonau *et al.* (2014) em prol da mitigação do carbono. A aplicação de ferramentas baseadas no mercado (por exemplo, taxas e impostos de carbono) também foi revisada, assim como, o uso de várias soluções tecnológicas, incluindo projeto de aeronaves ambientais, gerenciamento de tráfego aéreo melhorado e uso de biocombustíveis (Grote *et al.*, 2014; Mckercher *et al.*, 2010; Peeters *et al.*, 2016). Os estudos ratificaram que, embora possam ser eficazes, devem ser aplicados com cautela devido às implicações políticas e financeiras (Kivits *et al.*, 2010; Tol, 2007). Há um consenso de que nenhuma das abordagens de mitigação do impacto de carbono terá sucesso na ausência de estimativas holísticas de carbono (Filimonau *et al.*, 2011a; Schianetz *et al.*, 2007).

Para estabelecer a magnitude precisa da pegada de carbono, ou seja, da contribuição de gases atmosféricos emitidos por pessoas, produtos e serviços, métodos de avaliação confiáveis são necessários (Schianetz *et al.*, 2007). Recentemente, progressos substanciais foram atingidos nessa direção e esforços extensivos foram aplicados para melhorar a base metodológica (Cerutti *et al.*, 2016). Como resultado, a qualidade dos métodos existentes foi aprimorada e uma série de novas abordagens de avaliação de impacto de carbono evoluíram, permitindo estimativas mais precisas. A questão das emissões de GEE relacionadas ao ciclo de vida de viagens tornou-se foco de um crescente número de estudos (ver, por exemplo, Filimonau *et al.*, 2011a, 2011b; 2013, 2014), pois essa abordagem de avaliação fornece uma visão holística da importância do carbono e identifica oportunidades de mitigação.

As implicações de carbono, em países como o Brasil, são importantes devido ao crescimento contínuo da indústria. A pegada de carbono atribuída às atividades de desenvolvimento econômico deve ser cuidadosamente avaliada para que sejam desenvolvidas medidas mais eficazes de redução de carbono. Não obstante, não há evidências de estudos abrangentes sobre esse tópico, conforme relatado na literatura acadêmica revisada por pares, especialmente no contexto do Brasil. Este artigo pretende preencher essa lacuna de conhecimento aplicando um método de ACV para avaliar as implicações de carbono do transporte entre as duas principais metrópoles do Centro-Oeste do Brasil, as cidades de Goiânia e Brasília.

3. TRANSPORTE ENTRE GOIÂNIA E BRASÍLIA

Avião, ônibus e carro representam as opções atualmente disponíveis para o transporte de passageiros entre Goiânia e Brasília. O trem que conectava as duas cidades no passado, até 1991, está em estudo para ser reativado (Jornal do Guará, 2019). O plano original era começar a operar o novo e melhorado serviço de trem entre Goiânia e Brasília até o final de 2020; no entanto, devido a motivações políticas, o projeto está parado (Sconetto, 2018). O trem, entre as duas capitais e ramificações, integrado as estações do metrô de Brasília, atenderia a uma população estimada de 6,3 milhões de pessoas e a previsão era que transportasse 23,5 mil por dia e 7,3 milhões por ano (Sconetto, 2018). Para garantir uma análise abrangente, este estudo analisou as opções de transporte de passageiros existentes entre Goiânia e Brasília e também considerou a futura conexão ferroviária. No total, quatro diferentes modos de transporte foram revisados e limitados por seus respectivos pontos de origem e destino (Tabela 01).

Além de realizar a avaliação da pegada de carbono dos meios de transporte impulsionados pelos combustíveis convencionais, este estudo também realizou uma análise de biocombustíveis. Isso porque, com o advento desta tecnologia, em 1993, e os avanços na regulamentação nacional de transportes, em 2002, o Brasil tornou-se referência mundial na sua utilização, em transportes, cujo crescimento é previsto para aumentar (Osório, 2014).

Tabela 01: Modos de Transporte sobre análise.

Transportes	Tipo de Combustível	Origem	Destino
Carro (209 km por sentido)	a. Gasolina (25% de etanol)	Centro de Goiânia	Centro de Brasília
	b. Etanol		
Ônibus Interestadual (197 km por sentido)	a. Diesel	Rodoviária de Goiânia	Rodoviária Interestadual de Brasília
	b. Biodiesel B7		
	c. Biodiesel B10		
	d. Biodiesel B20		
	e. Biodiesel B100		
Avião (163 km por sentido)	a. Querosene	Goiânia/ Aeroporto Santa Genoveva (GYN)	Brasília/ Aeroporto Juscelino Kubitschek (BSB)
	b. Biocombustível com 65% menos GEE		
	c. Biocombustível com 80% menos GEE		
Trem (207 km por sentido)	a. Eletricidade	Antigo Terminal Aeroportuário de Goiânia	Antiga Rodoferroviária de Brasília

3.1 Âmbito da Análise

Para cada modo de transporte foi considerado que três colegas de trabalho viajariam de Goiânia para Brasília, de manhã cedo, retornando no final do dia. Este tipo de viagem recorrente entre goianos e brasilienses, desconsidera pernoites; uma vez que o foco deste estudo está nas emissões de GEE atribuídas ao transporte. Outro item excluído desta análise foram as atividades desenvolvidas. Porém, reconhece-se que mais pesquisas, nesta área, melhorariam a precisão das avaliações, o que, no entanto, está além do escopo deste trabalho.

3.1.1. Modo de Transporte 01: Viagem de Carro

Carros são responsáveis por 39,5% das viagens domésticas, superando os ônibus, com 38,2%, e as aeronaves, com 20,6% (Brasil, 2017). As principais vantagens de se viajar de carro são a velocidade e a flexibilidade de horário. Os 2,97 milhões de habitantes de Brasília, são atendidos por quase um carro para cada duas pessoas; taxa superior a média nacional, de um veículo para 4,4 habitantes (Reis, 2014; Augusto, 2017; Velasco, 2018). Goiânia, 11ª maior cidade brasileira, com 1,4 milhões de habitantes e uma frota de 605.842 veículos, a sexta maior do país, também acompanha Brasília na taxa de veículos por habitantes (IBGE, 2018; Velasco, 2018). A taxa de ocupação média para viagens de carro, no Brasil, é de 75% (de quatro lugares); o que também vale para a viagem examinada neste estudo (Brasil, 2017).

Para este meio de transporte, usando um veículo leve popular, foram consideradas duas opções de combustível (Tabela 01). Primeiro, um veículo movido a gasolina nacional, que tem aproximadamente 25% de biocombustível em sua composição. Em sequência, analisou-se um veículo impulsionado por biocombustível, ou seja, o etanol, proveniente da cana-de-açúcar. Dados da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Giommo, 2018) mostram que, em 2017, dos 2,2 milhões de veículos leves licenciados, 89% eram flex, ou seja, podem ser movidos a etanol. Veículos movidos a diesel e gasolina correspondem a cerca de 11%. Soares *et al.* (2009) ao examinarem o potencial de mitigação de carbono associado ao uso do etanol, no Brasil, constataram que a “gasolina brasileira” gera 19,25%

menos de emissões diretas de GEE que a gasolina “pura”. E, que o uso do etanol traz uma redução de 80,2% dos GEE diretos. Informação esta que será utilizada na Seção 4.

3.1.2. Modo de Transporte 02: Viagem de Ônibus

A viagem entre a Rodoviária de Goiânia e a Rodoviária Interestadual de Brasília (197 km) decorre em cerca de 3:30 horas (Google Maps, 2019). Segundo dados da ANTT (2015), nove mil pessoas se descolam, por ônibus, entre estas cidades, semanalmente. De acordo com a ANTT (Bazani, 2017), a taxa de ocupação média dos ônibus brasileiros, em viagens interestaduais, a exemplo de Goiânia e Brasília, é de 57,9%.

Para este meio de transporte, foram considerados ônibus com diferentes tipos de combustível (Tabela 01). A primeira análise da pegada de carbono é baseada em um ônibus movido com diesel fóssil. As outras três consideram um ônibus movido por uma mistura de biocombustível com diesel puro, em diferentes proporções: B7, B10, B20 e B100; onde os números representam os valores de biocombustível da mistura (FETRANSPOR, 2012). Mistura esta introduzida pelo governo brasileiro em Lei, em 2005 (Barroso e Alves, 2008). A mistura B10, por exemplo, que está em vigor no Brasil, tem 10% de biodiesel na composição do diesel fóssil, o que gera uma redução de 7,3% nas emissões de GEE, se comparado ao diesel puro (Aranda, 2016); ou, 10,4 milhões de toneladas de CO₂e, por ano (Brasil, 2013; DELTACO2 & CENA, 2013). O combustível brasileiro B100 é 100% à base de biodiesel, segundo DELTACO2 & CENA (2013), e é capaz de reduzir as emissões de GEE em 70% em relação ao diesel europeu. Esta mistura está sendo testada, atualmente (Brasil, 2013). Tais reduções percentuais serão usadas na Seção 4.

3.1.3. Modo de Transporte 03: Viagem de Avião

Em 2018, no Brasil, segundo dados da Associação Brasileira de Empresas Aéreas (Abear), os voos nacionais movimentaram 93 milhões de passageiros, uma alta de 4,4% se comparado a 2017 (Casagrande, 2019). Em grande parte, as companhias nacionais operam o Boeing 737, uma popular aeronave de curta e média distância; onde, a taxa de ocupação média foi de 81,41% de seus 176 assentos (Casagrande, 2019). Brasília, neste mesmo ano, foi o terceiro aeroporto mais movimentado do país, com uma circulação de 17,3 milhões de passageiros nacionais, ficando atrás apenas dos Aeroportos de Guarulhos e Congonhas, em São Paulo (Meier, 2019). O Aeroporto de Goiânia, por outro lado, mais modesto, ocupou, em 2018, a 15ª posição de aeroportos mais movimentados, com cerca de 3,2 milhões de passageiros (Meier, 2019). Segundo a ANTT (2015), dos 11.700 passageiros semanais entre os aeroportos de Goiânia e Brasília, apenas 22% se deslocam entre estas cidades; os outros 78% realizam ao menos uma troca nesses aeroportos com destino a outras cidades do Brasil e do exterior.

Voos de curta distância são mais intensos em carbono que os de longa duração, devido às quantidades significativas de emissões de GEE produzidas durante as etapas de decolagem e aterrissagem de voo (Filimonau *et al.*, 2014; van Goeverden *et al.* 2015). A distância de voo entre o Aeroporto Santa Genoveva (GYN), em Goiânia, e o Aeroporto Presidente Juscelino Kubitschek (BSB), em Brasília é de 163 km, ou seja, 40 minutos. Devido à esta curta distância, apenas cinco voos diretos diários conectam estas duas capitais (Decolar, 2019).

Neste meio de transporte foram consideradas três opções de combustíveis (Tabela 01). A primeira opção foi tradicional, que não contém biocombustível adicionado. No Brasil, cerca de sete bilhões de litros de combustível de aviação tradicional são consumidos, anualmente,

produzindo cerca de 17,5 milhões de toneladas de GEEs (Ordoñez, 2019; EPA, 2004). Na segunda opção, uma mistura de combustível de aviação tradicional e biocombustíveis foi avaliada, resultando em uma redução geral de 65% nas emissões diretas de GEE (Vera e Silva *et al.*, 2013). A terceira opção é baseada em uma mistura alternativa de combustíveis tradicionais e biocombustíveis, com uma redução geral nas emissões diretas de GEE de até 80%. Estas misturas de combustível foram repetidamente testadas (ATAG, 2014). Embora os biocombustíveis para aviação ainda não tenham se tornado essenciais, os testes mostraram resultados promissores. Prevê-se que a indústria aeronáutica brasileira ampliará o uso de biocombustíveis no futuro, como parte do seu compromisso de reduzir a pegada de carbono de voos em 50%, até 2050 (comparado ao nível de 2005) (Brasil, 2013).

Com a ratificação do eixo de desenvolvimento entre Goiânia e Brasília e o fluxo constante de passageiros entre estas cidades, há a necessidade de modos alternativos de transporte, com menor pegada de carbono, onde a conexão ferroviária representa uma opção promissora (Rodrigues, 2016). Voar entre estas cidades não pode ser considerado física, econômica, geograficamente ou ambientalmente favorável (Fariello, 2013).

3.1.4. Modo de Transporte 04: Viagem de Trem

A história do modo ferroviário em Brasília e Goiânia é muito curta. A Estação Ferroviária de Goiânia, localizada no Setor Central, foi inaugurada em 1950, ainda sem funcionamento de trens, a Estação passou a receber trens de carga e de passageiros apenas dois anos depois, em 1952, e funcionou até a década de 1980, quando o pátio ferroviário de Goiânia foi transferido para Senador Canedo, município a 20 km de distância, devido à obras de remodelação da capital (Resende, 2017). Por outro lado, em Brasília, a Estação Ferroviária foi planejada inicialmente, em 1956, como uma estação de ponta de linha do ramal de Brasília da Estrada de Ferro Goiás (Cavalcanti, [s.d]). Sua inauguração de fato ocorreu apenas em 1976 e devido a baixa utilização por passageiros, foi reinaugurada, em 1981, com uma Rodoviária Interestadual, passando a chamar-se “Rodoferroviária de Brasília” (Giesbrecht, 2016). A Rodoferroviária recebeu trens de passageiros até 1991 e ônibus até 2010, quando foi desativada; atualmente, abriga a Secretaria de Justiça do Distrito Federal, a Agência Reguladora de Águas (Adasa) e o Transporte Urbano do DF (DFTrans) (G1 DF, 2019).

No início do século XXI, houve negociações para a construção de uma linha de Trens de Alta Velocidade (TAV) entre Goiânia e Brasília, passando por Anápolis. Por falta de viabilidade técnica e pelo custo elevado, optou-se por um trem regional de carga e passageiros. O Expresso Brasília-Goiânia, popularmente conhecido como TransPequi, custaria por volta de sete bilhões de reais e deveria ser inaugurado em 2020 (Rodrigues, 2016). O prazo que não será cumprido, segundo a ANTT, se deve ao fato que a construção e o início da operação, no momento, são apenas “um grande desejo já demonstrado pelos governos do DF e Goiás” (Sconetto, 2018). O projeto de 207 km entre a antiga Estação Rodoferroviária de Brasília e Goiânia será coberto em aproximadamente 1:35 hora, dependendo das paradas intermediárias (ANTT, 2015). Uma possibilidade de local para a nova estação de Goiânia poderia ser o antigo terminal aeroportuário de Goiânia, que teve seu uso descontinuado, em 2016, com a inauguração do novo Terminal (Borges, 2016); de forma a integrar o aeroporto com o modo ferroviário. Espera-se que os trens sejam operados a velocidade média de 160 km/h e gerem um fluxo anual de 40 milhões de passageiros a preços estipulados para serem competitivos com o transporte rodoviário público, atualmente, o mais demandado (Rodrigues, 2016).

Para este meio de transporte, foram utilizados a taxa de ocupação e os valores de intensidade de carbono dos trens internacionais europeus Eurostar (DEFRA, 2010). Esses dados foram empregados devido à falta de dados específicos do país e/ou da América Latina, o que é uma limitação deste estudo. Isso ocorre porque os trens Eurostar consomem energia produzida principalmente pela energia nuclear. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA, 2014), em 2012, a matriz energética francesa obteve 43,3% de sua energia de fontes nucleares e apenas 8,8% vieram de fontes renováveis. Em contraste, o Brasil obteve apenas 1,5% de sua energia de fontes nucleares e 41,3% de fontes renováveis (IEA, 2014). Os dados do Eurostar são considerados mais adequados para o contexto brasileiro, que os ingleses, por exemplo, uma vez que são menos dependentes de combustíveis fósseis.

4. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO

O estudo optou por aplicar um método modificado de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para o cálculo da pegada de carbono. A ACV é reconhecida como um dos métodos mais avançados para a avaliação de impactos ambientais; sendo amplamente empregada em diferentes contextos (Filimonau *et al.*, 2011a; Schianetz *et al.*, 2007). A principal vantagem da ACV é que engloba uma "totalidade" de impactos ambientais que surgem em vários estágios do ciclo de vida de um produto, começando com a extração de matérias-primas e terminando com o descarte do produto (Frischknecht e Rebitzer, 2005). Em outras palavras, a ACV tem a capacidade de explicar os impactos ambientais que são definidos como "diretos" (aqueles decorrentes do uso do produto, por exemplo, a queima de combustíveis em um veículo) e "indiretos" (aqueles atribuídos às fases de não uso do ciclo de vida de um produto, por exemplo, a energia para a construção do equipamento que explorou o combustível deste veículo). Há evidências crescentes que demonstram que os impactos ambientais "indiretos" podem ser substanciais e, em alguns casos, podem até mesmo superar a magnitude dos efeitos ambientais "diretos" (Chwieduk, 2003). Tudo isso contribui para uma ACV verdadeiramente holística, diferenciado-a, positivamente, de outras alternativas.

Apesar da abrangência da análise, o método de ACV apresenta deficiências que dificultam sua adoção mais ampla pelo setor. Os custos substanciais dos dados e suas atualizações irregulares são, sem dúvida, as principais desvantagens do método (Filimonau *et al.*, 2014; Schianetz *et al.*, 2007). Para abordar as deficiências da ACV, Filimonau *et al.* (2014) propuseram a fusão do método tradicional de ACV com uma ferramenta de avaliação de emissões de GEE desenvolvida para relatórios corporativos do Departamento de Meio Ambiente, Alimentos e Assuntos Rurais do Reino Unido (DEFRA). Esta ferramenta é gratuita e passa por atualizações regulares. O novo método combina a capacidade da ACV de fornecer estimativas de emissões "indiretas" com a capacidade da abordagem do DEFRA de gerar avaliações mais atuais da pegada de carbono "direta". Uma visão detalhada do potencial oferecido por este método está além do escopo deste estudo, mas pode ser encontrada em Filimonau *et al.* (2013, 2014). Assim, o método híbrido ACV-DEFRA é considerado uma ferramenta mais adequada para este estudo. Embora esteja suscetível a apresentar limitações, é sem dúvida a ferramenta mais abrangente e precisa para a avaliação do impacto de carbono.

Para este estudo, para calcular as emissões de GEE "indiretas" atribuídas aos transportes, buscou-se os coeficientes de intensidade de carbono no banco de dados do Ecoinvent e do software GaBi; enquanto, os fatores de emissão de GEE do DEFRA foram utilizados para estimar todas as emissões "diretas" de GEE, bem como, a pegada de carbono "indireta" dos diferentes combustíveis (Tabela 02). O GaBi é um *software* comercial popular de ACV e

emprega uma série de bancos de dados (Ecoinvent) personalizados de ciclos de vida para estimar a magnitude dos impactos ambientais associados a produtos e serviços (GaBi, 2016). E, a pegada de carbono, para medir as emissões de GEE, independente do tipo de gás emitido, foi registrada em quilogramas de dióxido de carbono equivalente (kg CO_{2e}). Esta é a unidade oficial de estimativas de pegada de carbono (IPCC, 2007).

Tabela 02: Fatores de intensidade de carbono para transportes entre Goiânia e Brasília.

Meios de Transporte	Fator de emissão direta de GEE e indireta da cadeia de combustível estimados pelo DEFRA, CO _{2e} q.	Bens de capital e infraestrutura relacionados às emissões indiretas de GEE estimadas por ACV, CO _{2e} q.	Total de emissões de GEE: Método Híbrido (DEFRA + LCA), CO _{2e} q.
Carro (gasolina)	0.067 (78%)	0.019 (22%)	0.086 ^a (100%)
Carro (etanol)	0.016 (46%)	0.019 (54%)	0.035 ^b (100%)
Ônibus (Diesel)	0.0276 (88%)	0.0036 (12%)	0.0312 (100%)
Ônibus (B7)	0.02566 (87.7%)	0.0036 (12.3%)	0.02926 ^c (100%)
Ônibus (B10)	0.02484 (87.3%)	0.0036 (12.7%)	0.02844 ^d (100%)
Ônibus (B20)	0.02208 (85.9%)	0.0036 (14.1%)	0.02568 ^e (100%)
Ônibus (B100)	0.00828 (69.7%)	0.0036 (30.3%)	0.01188 ^f (100%)
Avião (querosene)	0.12 (80%)	0.03 (20%)	0.15 (100%)
Avião (65% de redução de GEE)	0.042 (58.4%)	0.03 (41.6%)	0.072 ^g (100%)
Avião (80% de redução de GEE)	0.024 (44.5%)	0.03 (55.5%)	0.054 ^h (100%)
Trem	0.017 (72%)	0.0065 (28%)	0.0235 (100%)

^a Redução de 19.2% do valor original das emissões diretas de GEE (0.083) apresentado por Filimonau *et al.* (2014) baseado em Soares *et al.* (2009), manutenção do valor da contribuição indireta 0.019.

^b Redução de 80.2% do valor original das emissões diretas de GEE (0.083) apresentado por Filimonau *et al.* (2014) baseado em Soares *et al.* (2009), manutenção do valor da contribuição indireta 0.019.

^c Redução de 5% do valor original das emissões diretas de GEE (0.0276) apresentado por Filimonau *et al.* (2014) baseado em DELTACO₂ & CENA (2013), manutenção do valor da contribuição indireta 0.0036.

^d Redução de 7.3% do valor original das emissões diretas de GEE (0.0276) apresentado por Filimonau *et al.* (2014) baseado em DELTACO₂ & CENA (2013), manutenção do valor da contribuição indireta 0.0036.

^e Redução de 14.5% do valor original das emissões diretas de GEE (0.0276) apresentado por Filimonau *et al.* (2014) baseado em DELTACO₂ & CENA (2013), manutenção do valor da contribuição indireta 0.0036.

^f Redução de 70% do valor original das emissões diretas de GEE (0.0276) apresentado por Filimonau *et al.* (2014) baseado em DELTACO₂ & CENA (2013), manutenção do valor da contribuição indireta 0.0036.

^g Redução de 65% do valor original das emissões diretas de GEE (0.12) apresentado por Filimonau *et al.* (2014) baseado em ATAG (2014), manutenção do valor da contribuição indireta 0.03.

^h Redução de 80% do valor original das emissões diretas de GEE (0.12) apresentado por Filimonau *et al.* (2014) baseado em ATAG (2014), manutenção do valor da contribuição indireta 0.03.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo mostra que, entre os quatro meios de transporte considerados e suas variações de combustíveis, a menor emissão de GEE ocorre no uso de ônibus movido a biodiesel B100 (Tabela 03 e Figura 01). A sua principal desvantagem é o tempo de viagem, 3h30min (por sentido). O segundo modo de transporte mais eficiente é o trem, cujas emissões de GEE são duas vezes maiores do que as emissões de GEE atribuídas ao ônibus com biodiesel B100. É importante considerar que o conforto e o tempo serão relevantes na escolha dos meios de transporte, por passageiros, e o trem, levará vantagem sobre o ônibus, mesmo que este tenha uma menor emissão de carbono. Por outro lado, para aumentar a atratividade, os ônibus poderiam, por exemplo, oferecer Wi-Fi, tomadas e sistemas de entretenimento a bordo.

No que diz respeito às demais alternativas, o voo movido a querosene é o que apresenta a maior emissão de carbono. Todavia, é importante ressaltar que voos movidos a biocombustíveis geram uma emissão de GEE menor do que carros movidos à gasolina. Curiosamente, os resultados da avaliação de impacto do carbono dos carros movidos à

gasolina convencional são semelhantes ao voos movidos a querosene; o que evidencia que viagens longas de carro devem ser desencorajadas em função do grande volume de emissões de GEE que produzem em função de sua baixa ocupação.

Diante dos resultados, passageiros preocupados com a redução da pegada de carbono devem buscar a substituição de viagens de carro por ônibus ou pelo trem (quando este estiver disponível). Para possibilitar essa mudança, incentivos apropriados podem ser introduzidos, tanto do lado da oferta quanto da demanda. Este fato é importante e, mostra a importância crucial da tecnologia de biocombustíveis na mitigação do carbono. Assim, ônibus e trens devem ser estimulados, politicamente, frente aos carros e aviões, que apresentam emissões maiores. Isso é importante, pois, no que diz respeito à velocidade, há evidências crescentes que demonstram que o trem de alta velocidade pode competir com sucesso com o transporte aéreo, em curtas distâncias (Martin *et al.*, 2014). Além disso, a experiência do Eurostar demonstra que viagens de trem podem ser confortáveis, com custo e tempo competitivos, atraindo um número maior de viajantes de negócios e/ou de turismo (Hickman *et al.*, 2010).

Tabela 03: Pegada de carbono atribuída a diferentes meios de transporte.

	Distância (ida e volta)	Tempo (p/ sentido)	Preço (ida e volta)	DEFRA+ ACV	Total /pessoa (Kg CO ₂ eq)
Carro (Gasolina c/ etanol)	418 km	2h40min	R\$ 234,76 ^a	0,086	35,95
Carro (Uso do etanol)			R\$ 208,60 ^b	0,035	14,63
Ônibus (Uso do diesel)	394 km	3h30min	R\$ 39,90 ^c	0,0312	12,30
Ônibus (Biodiesel B7)				0,02926	11,53
Ônibus (Biodiesel B10)				0,02844	11,21
Ônibus (Biodiesel B20)				0,02568	11,12
Ônibus (Biodiesel B100)				0,01188	4,68
Avião (Uso do querosene)	326 km	40min	R\$ 195,00 - R\$ 410,00 ^d	0,15	48,9
Avião (65% menos GEE)				0,072	23,47
Avião (80% menos GEE)				0,054	17,6
Trem (Uso de eletricidade)	414 km	1h35min	R\$ 60,00 ^e	0,0235	9,73

^a Aluguel por dia: R\$ 86,02 (www.rentcars.com)/ Total de pedágio em um sentido R\$ 8,50 (www.mapeia.com.br)/ 14 litros de gasolina por sentido, R\$ 65,87 (www.precodoscombustiveis.com.br).

^b Aluguel por dia: R\$ 86,02 (www.rentcars.com)/ Total de pedágio em um sentido R\$ 8,50 (www.mapeia.com.br)/ 18,7 litros de etanol por sentido, R\$ 52,79 (www.precodoscombustiveis.com.br).

^c Passagem em ônibus executivo, em média, R\$ 39,90 (www.clickbus.com.br/onibus/goiania-go/brasil).

^d Pesquisa realizada usando datas e preços imediatos e remotos (www.decolar.com/). ^e Rodrigues (2016).

Do ponto de vista da pegada de carbono, o uso do biodiesel é benéfico e uma aplicação mais ampla dessa tecnologia, no Brasil, deve ser incentivada. No entanto, é necessária uma análise mais aprofundada, uma vez que há uma série de outras questões, não relacionadas ao carbono, atribuídas à sua aplicação, como: mudanças no uso da terra; social (por exemplo, pobreza e custos trabalhistas); e econômico (por exemplo, independência dos mercados externos) (de Almeida *et al.*, 2007; Martinelli e Filoso, 2008). Embora estas questões estejam fora do escopo deste estudo, argumenta-se que é necessária uma análise mais cuidadosa. O custo é outro fator que afeta a tomada de decisões (Tabela 03). Varia muito de um modo de transporte para outro e, portanto, seu papel deve ser examinado em um estudo separado, com o objetivo de entender melhor os fatores que contribuem para a tomada de decisões.

Ao analisar as emissões de GEE “indiretas”, o estudo mostra que o transporte aéreo baseado em biocombustíveis é o maior contribuinte com 55,5% (Figura 01). O ônibus movido a diesel tem as menores emissões "indiretas" (12%). Este dado é importante para justificar a escolha de modos de transportes mais eficientes em termos de carbono. Até agora, a utilização de biocombustíveis tem sido considerada benéfica, contudo, isto se deve à falta de métodos

capazes de explicar as emissões de GEE "indiretas". O método híbrido aplicado neste estudo revela a importância da pegada de carbono "indireta" e destaca a necessidade de levá-la em consideração ao desenvolver novas propostas de planejamento dos transportes. No entanto, as emissões "indiretas" reveladas, aqui, são aproximadas, já que não levam em conta o aumento da emissão de carbono associado ao aumento da geração de NOx e mudanças no uso da terra (Gösling e Peeters, 2007). Fatores que devem ser levados em consideração, futuramente.

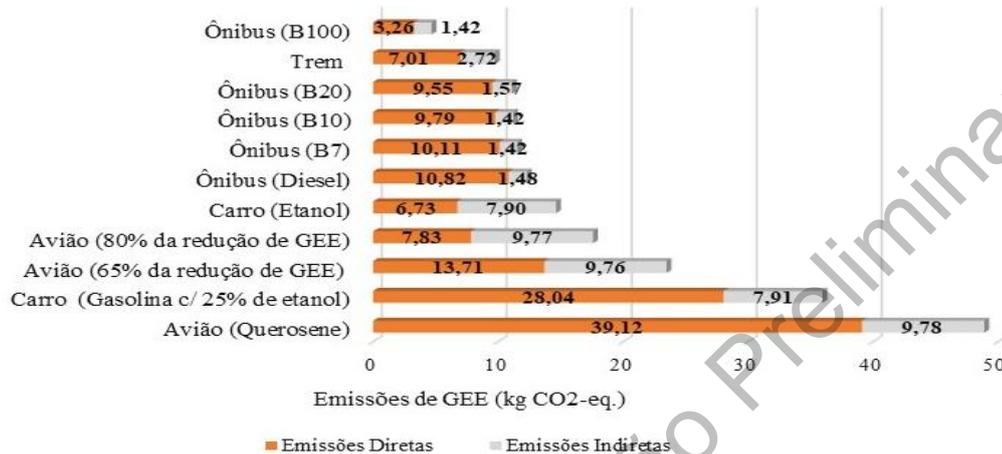


Figura 01: Emissões “diretas” e “indiretas” da pegada de carbono por meio de transporte.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Transportes contribuem de forma relevante para as emissões de GEE, contudo, a utilização de biocombustíveis pode contribuir, com a mitigação da pegada de carbono atribuída às viagens. Para isso, são necessárias avaliações precisas dessas emissões, considerando a pegada “direta” e também a “indireta”. Além da redução da pegada de carbono, no transporte, o biocombustível pode desempenhar um papel importante no desenvolvimento socioeconômico do país. O Brasil, que tem fortes tradições agrícolas, pode se tornar um líder no fornecimento de matérias-primas e tecnologia para combustíveis não-fósseis - sujeito a considerações cuidadosas dadas às implicações sócio-culturais e econômicas dessa tecnologia. Além disso, a produção mais intensa de biocombustíveis minimiza a dependência de combustíveis fósseis.

Diante destas questões, pesquisas devem ser reforçadas nesta área, em especial, em economias em desenvolvimento. O estudo de caso, deste artigo, identificou os meios de transportes com maior eficiência de carbono. Destacaram-se, positivamente, os ônibus e os trens e, negativamente, o transporte aéreo e o carro. Assim, viagens de ônibus e trem devem ser encorajadas, particularmente, do ponto de vista de reduzir os tempos de viagem e aumentar o conforto dos passageiros. Decisões políticas e de planejamento devem ser tomadas neste sentido. Para este fim, por exemplo, incentivos financeiros poderiam ser concedidos a aquisição de veículos movidos a biocombustíveis; ao mesmo tempo, impostos mais altos poderiam ser atribuídos aos veículos que emitissem mais carbono. Como o trem representa um dos meios de transporte mais eficientes, a nível de carbono, entre Goiânia e Brasília, a efetivação de sua operação deveria ser tomada como prioridade pelos governantes. Subsídios ao modo ferroviário poderiam manter suas tarifas mais baratas e aumentar a sua competitividade junto a outros transportes. Se o exposto for inviável, companhias aéreas que utilizem misturas com biocombustíveis, em suas aeronaves, deveriam receber incentivos fiscais. Operadores de transporte local também poderiam oferecer descontos para passageiros que optassem por meios de transporte com maior eficiência de carbono. Dadas as evidências

de que a consciência ambiental está crescendo, os resultados deste estudo podem atrair pessoas que levam em conta os impactos do carbono associados às suas opções de viagem.

Por fim, este estudo mostra que a pegada de carbono "indireta" dos transportes é significativa e, portanto, não deve ser excluída das análises. Isto sugere que políticas destinadas a mitigar o carbono não devem apenas procurar reduzir os impactos "diretos", mas também, os efeitos "indiretos". Isso não se aplica apenas à avaliação do impacto de carbono de transportes, no Brasil, mas também vale para qualquer país; especialmente, para outros em desenvolvimento, onde a pujança econômica vem transformando os transportes e as relações sociais.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Números de Bolsas 438855/2018-3) pelo apoio financeiro fornecido a este projeto e ao Professor Glaydston Mattos Ribeiro pelas contribuições científicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, C. F. (2018) Constituição de Plataforma de Inovação e Logística em Aparecida de Goiânia, Estado de Goiás. *Projeto de Pesquisa*, Novembro de 2018, Engenharia de Transportes, FCT/UFMG.
- de Almeida, E. F.; J. V. Bomtempo; C. M. de Souza e Silva (2007) The Performance of Brazilian Biofuels: An Economic, Environmental and Social Analysis. OECD, *Joint Transport Research Centre*.
- ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres (2015) *Produto 4: Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Socioambiental e Jurídico-Legal Necessários à Outorga da Exploração do Serviço Público de Transporte Ferroviário Regular de Passageiros e de Carga no Trecho Brasília-DF, Anápolis e Goiânia-GO*. Pesquisa de Campo. Governo Federal, Agosto de 2015.
- Aranda, D. (2016) *A Contribuição do Biodiesel no Cumprimento das Metas Brasileiras Estabelecidas na iNDC*. Departamento de Engenharia Química, UFRJ, Brasília.
- ATAG - Air Transport Action Group (2014) Honeywell Green Jet Fuel to Power Flights Transporting the Brazil National Soccer Team During the 2014 FIFA World Cup. In: *Aviation Benefits Beyond Borders*, v. 16.
- Augusto, O. (2017) Brasília se Torna a Terceira Maior Capital do País, com 3 Mi de Habitantes. *Correio Braziliense*, 31 ago. Disponível em: https://www.correio braziliense.com.br/app/noticia/cidades/2017/08/31/interna_cidadesdf,622269/brasil-se-torna-a-terceira-maior-capital-do-pais-com-3-mi-de-habita.shtml. Acesso em: 30/06/2019.
- Barroso, A. C.; L. B. Alves (2008) O Biodiesel na Matriz Energética do Brasil: Uma Análise das Externalidades. *XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*, Rio Branco - Acre, Brasil. Julho 20-23.
- Bazani, A. (2017) Ônibus Rodoviários Perdem Quase 40% dos Passageiros em Seis Anos, diz Ministério dos Transportes. *Diário do Transporte*, 24 jun. Disponível em: <https://diariodotransporte.com.br/2017/06/24/onibus-rodoviarios-perdem-quase-40-dos-passageiros-em-seis-anos-diz-ministerio-dos-transportes/>.
- Becken, S.; M. Patterson (2006) Measuring National Carbon Dioxide Emissions From Tourism as a Key Step Towards Achieving Sustainable Tourism. *J. Sustain. Tour.* 14 (4), 323-328.
- Borges, F. (2016) Novo Aeroporto de Goiânia Deve Ser Inaugurado com Presença de Dilma. *G1 Goiás*, 09 mai. Disponível em: <http://g1.globo.com/goias/noticia/2016/05/novo-aeroporto-de-goiania-deve-ser-inaugurado-com-presenca-de-dilma.html>. Acesso em: 30/06/2019.
- Brasil (2013) *Benefícios Ambientais da Produção e do Uso do Biodiesel*, 1a Edição. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Relatório.
- Brasil (2017) *Viagens de ônibus empatam com viagens de carro no Brasil*. Ministério do Turismo. In: *CheckMyBus*, 30 mai. Disponível em: <https://blog.checkmybus.com.br/noticias/viagens-de-onibus-empatam-com-viagens-de-carro-no-brasil-073/>. Acesso 06/09/2019.
- Casagrande, V. (2019) Aéreas Nacionais Batem Recorde de Passageiros em 2018, com 102,4 Milhões. In: *Uol*, 22 jan. Disponível em: <https://todosabordo.blogosfera.uol.com.br/2019/01/22/dados-numero-passageiros-companhias-aereas-nacionais-abear/>. Acesso 30/06/2019.
- Cavalcanti, F. R. ([s.d]) Ferrovias para Brasília: As Opções em 1956. Disponível em: <http://doc.brazilia.jor.br/Ferrovia-Historia-Brasilia/1956-opcoes-Ferrovias-Brasilia.shtml>. Acesso em: 30/06/2019.
- Cerutti, A. K.; G. L. Beccaro; S. Bruun (2016) Assessment Methods for Sustainable Tourism Declarations: The Case of Holiday Farms. *J. Clean. Prod.* 111 (B), 511-519.
- Chwieduk, D. (2003) Towards Sustainable-Energy Buildings. *Appl. Energy* 76 (1-3), 211-217.

- Collins, A.; C. Jones; M. Munday (2009) Assessing the Environmental Impacts of Mega Sporting Events: Two Options? *Tour. Manag.* 30 (6), 828-837.
- Correio Braziliense (2013) Pedágio da BR-060 que Liga Brasília a Goiânia Será Cobrado em 2015. *Correio Braziliense*, 07 dez. Disponível em: www.correio braziliense.com.br/app/noticia/cidades/2013/12/07/interna_cidadesdf,402199/pedagio-da-br-060-que-liga-brasilia-a-goiania-sera-cobrado-em-2015.shtml.
- Decolar (2019) Viagem Goiânia Brasília em 05/08/2019 In: *Portal Decolar*. Disponível em: <https://www.decolar.com/shop/flights/search/oneway/BSB/GYN/>. Acesso em 30/06/2019.
- DEFRA (2010) *Guidelines to DEFRA/DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting*, 2010. DEFRA. Disp. em: www.defra.gov.uk/environment/business/reporting/pdf/. Acesso em: 30/06/2019.
- DELTACO2& CENA - Centro de Energia Nuclear na Agricultura (2013) *Pegada de Carbono na Produção de Biodiesel de Soja*. Piracicaba.
- Dickinson, J.; D. Robbins, D.; V. Filimonau (2013) Awareness of Tourism Impacts on Climate Change and the Implications for Travel Practice: a Polish Perspective. *J. Travel Res.* 52 (4), 506-519.
- Dillimono, H. D.; J. E. Dickinson (2015) Travel, Tourism, Climate Change, and Behavioral Change: Travelers' Perspectives From a Developing Country, Nigeria. *J. Sustain. Tour.* 23 (3), 437-454.
- EPA - Environmental Protection Agency (2004) *Unit Conversions, Emission Factors*.
- Exame (2014) Conheça os Principais Corredores da Riqueza no Brasil. *Revista Exame*, 14 jul. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/revista-exame/corredores-da-riqueza/>. Acesso em: 30/06/2019.
- Fariello, D. (2013) Passageiros Trocam a Tradicional Ponte-Área Rio-SP. *O Globo*, 27 Jun. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/economia/passageiros-trocam-tradicional-ponte-aerea-rio-sp>. Acesso: 30/06/2019.
- FETRANSPOR (2012). *Alternativas Tecnológicas Para Ônibus no Rio de Janeiro*.
- Filimonau, V.; J. Dickinson; D. Robbins; M. V. Reddy (2011a) A Critical Review of Methods for Tourism Climate Change Appraisal: Life Cycle Assessment as a New Approach. *J. Sustain. Tour.* 19 (3), 301-324.
- Filimonau, V.; J. Dickinson; D. Robbins; M. A. J. Huijbregts (2011b) Reviewing the Carbon Footprint Analysis of Hotels: Life Cycle Energy Analysis (LCEA) as a Holistic Method for Carbon Impact Appraisal of Tourist Accommodation. *J. Clean. Prod.* 19 (17-18), 1917-1930.
- Filimonau, V.; J. Dickinson; D. Robbins; M. V. Reddy (2013) The Role of 'Indirect' Greenhouse Gas Emissions in Tourism: Assessing the Hidden Carbon Impacts. *J. Transp. Res. Part A Policy Pract.* 54, 78-91.
- Filimonau, V.; J. Dickinson; D. Robbins (2014) The Carbon Impact of Short-haul Tourism: A Case Study of UK Travel to Southern France Using Life Cycle Analysis. *J. Clean. Prod.* 64, 628-638.
- Frischknecht, R.; G. Rebitzer (2005) The Ecoinvent Database System: A Comprehensive Web-based LCA Database. *J. Clean. Prod.* 13 (13-14), 1337-1343.
- G1 DF (2019) Trem que Liga Brasília a Valparaíso Levará 600 Passageiros por Dia Durante Testes. *G1 DF*, 13 jan. Disponível em: <https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/2019/01/13/trem-que-liga-brasilia-a-valparaiso-levara-600-passageiros-por-dia-durante-testes-veja-detalhes.ghtml>. Acesso em: 30/06/2019.
- GaBi, 2016 *GaBi Is the World's Leading LCA Software*. Disponível em: <http://www.gabi-software.com/software/>. Acesso em: 30/06/2019.
- Giesbrecht, R. M. (2016) *RFFSA (1981-1996)* Disponível em: <http://www.estacoesferroviarias.com.br/efgoiaz/brasilia.htm>. Acesso em: 30/06/2019.
- Giomo, R. (2018) EPE: 89% dos Veículos Licenciados em 2017 Foram Flex Fuel In: *UDOP*. Disponível em: <https://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1172329>. Acesso em: 30/06/2019.
- van Goeverden, K.; B. Van Arem; R. Van Nes (2015). Volume and GHG Emissions of Long-distance Travelling by Western Europeans. *Transp. Res. Part D*, 45, 28-47.
- Google Maps (2019) Google Maps. Disponível em: www.google.com.br/maps. Acesso em: 29/06/2019.
- Gössling, S. (2009) Carbon Neutral Destinations: A Conceptual Analysis. *J. Sustain. Tour.* 17 (1), 17-37.
- Gössling, S. e P. Peeters (2007) "It Does not Harm the Environment!" An Analysis of Industry Discourses on Tourism, Air Travel and the Environment. *J. Sustain. Tour.* 15 (4), 402-417.
- Grote, M.; I. Williams; J. Preston (2014) Direct Carbon Dioxide Emissions From Civil Aircraft. *Atmos. Environ.* 95, 214-224.
- Hamilton, J. M.; D. J. Maddison; R. S. J. Tol (2005) Climate Change and International Tourism: a Simulation Study. *Glob. Environ. Change* 15 (3), 253-266.
- Hickman, R.; O. Ashiru; D. Banister (2010) Transport and Climate Change: Simulating the Options for Carbon Reduction in London. *Transp. Policy*, 17 (2), 110-125.
- IBGE (2018) *Panorama Goiânia* Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/goiania/panorama>.
- IEA - International Energy Agency (2014) *Energy Atlas*, 2014. Disponível em: http://www.iea.org/country/map_indicators/#. Acesso em: 30/06/2019.
- IPCC (2007) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I. Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge.

- Itatrans ([s.d.]) *Distância Entre as Capitais Brasileiras - em KM* Disponível em: <http://www.itatrans.com.br/distancia.html>. Acesso em: 28/06/2019.
- Jornal do Guará (2019) Trem de Brasília ao Entorno. *Jornal do Guará*, 28 fev. Disponível em: <https://jornaldoguara.com.br/2019/02/28/trem-de-brasilia-ao-entorno/>. Acesso em: 30/06/2019.
- Kivits, R.; M. B. Charles; N. Ryan (2010). A Post-carbon Aviation Future: Airports and the Transition to a Cleaner Aviation Sector. *Futures* 42 (3), 199-211.
- Martin, J.C.; C. Roman; J. C. Garcia-Palomares; J. Gutierrez (2014) Spatial Analysis of the Competitiveness of the High-speed Train and Air Transport: The Role of Access to Terminals in the Madrid-Barcelona Corridor. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 69, 392-408.
- Martinelli, L.A. e S. Filoso (2008) Expansion of Sugarcane Ethanol Production in Brazil: Environmental and Social Challenges. *Ecol. Indic.* 18 (4), 885-898.
- Meier, R. (2019) Em 2018, Aeroportos Concedidos Cresceram Mais que os da Infraero. In: Uol, 12 mar. Disponível em: <https://airway.uol.com.br/em-2018-aeroportos-concedidos-cresceram-mais-que-os-da-infraero/>. Acesso em: 30/06/2019.
- Mckercher, B.; B. Prideaux; C. Cheung; R. Law (2010). Achieving Voluntary Reductions in the Carbon Footprint of Tourism and Climate Change. *J. Sustain. Tour.* 18, 297-318.
- Ordoñez, R. (2019) Consumo de Combustíveis Fica Estagnado em 2018 no Brasil. *O Globo*, 19 fev. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/consumo-de-combustiveis-fica-estagnado-em-2018-no-brasil-23464602>. Acesso em 30/06/2019.
- Osório, S. (2014) Etanol: Do Proálcool ao Turbo Flex. *Notícias Automotivas*, 07 dez. Disponível em: <http://www.noticiasautomotivas.com.br/etanol-doproalcool-ao-turbo-flex/>. Acesso em: 26/06/2019.
- Peeters, P.; J. Higham; D. Kutzner (2016) Are Technology Myths Stalling Aviation Climate Policy. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 44, 30-42.
- Reis, T. (2014) Com Aumento da Frota, País tem 1 Automóvel Para Cada 4 Habitantes. *Portal G1*, 10 mar. Disponível em: <http://g1.globo.com/brasil/noticia/2014/03/com-aumento-da-frota-pais-tem-1-automovel-para-cada-4-habitantes.html>. Acesso em: 28/06/2019.
- Resende, P. (2017) Abandonada e Depredada, Estação Ferroviária de Goiânia Será Restaurada. *G1 Goiás*, 28 dez. Disponível em: <https://g1.globo.com/go/goias/mercado-imobiliario/noticia/abandonada-e-depredada-estacao-ferroviaria-de-goiania-sera-restaurada.ghtml> 28/12/2017. Acesso em: 30/06/2019.
- Rizzo, G. (2016) Eixo Brasília-Goiânia a Principal Arterial do Coração do Brasil. *DM/Opinião*, 08 jun. Disponível em: www.dm.com.br/opiniao/2016/06/eixo-brasilia-goiania-principal-arteria-do-coracao-do-brasil.html. Acesso em: 28/06/2019.
- Rodrigues, M. (2016) Projeto de Trem Brasília-Goiânia Prevê Viagem em 95 Minutos por R\$ 60. *G1 DF*, 04 jun. 04/06/2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/distrito-federal/noticia/2016/06/projeto-de-trem-brasilia-goiania-preve-viagem-em-95-minutos-por-r-60.html> 04/06/2016. Acesso em: 30/06/2019.
- Schianetz, K.; L. Kavanagh; D. Lockington (2007) Concepts and Tools for Comprehensive Sustainability Assessments for Tourism Destinations: A Comparative Review. *J. Sustain. Tour.* 15 (4), 369-389.
- Sconetto, R. (2018) Governo Engaveta Projetos Ferroviários que Ligariam DF e Goiás. *Jornal de Brasília*. Disponível em: <https://jornaldebrasil.com.br/cidades/governo-engaveta-projetos-ferroviarios-que-ligariam-df-e-goias/>. Acesso em: 30/06/2019.
- Scott, D.; S. Gossling; C. M. Hall; P. Peeters (2016) Can Tourism be Part of the Decarbonized Global Economy? The Costs and Risks of Alternate Carbon Reduction Policy Pathways. *J. Sustain. Tour.* 24 (1), 52-72.
- Soares, L. H. B.; B. J. R. Alves; S. Urquiaga; R. M. Boddey (2009) Mitigação das Emissões de Gases de Efeito Estufa Pelo Uso do Etanol da Cana-de-açúcar Produzido no Brasil, v. 29. *Agroanalysis (FGV)*, p. 21-33.
- Tol, R. S. J. (2007) The Impact of a Carbon Tax on International Tourism. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 12 (2), 129-142.
- Velasco, M. (2018) Goiânia Tem 605,3 mil Carros e Possui a 6ª Maior Frota do País, Aponta Estudo. *G1 Goiás*, 08 jul. Disponível em: <https://g1.globo.com/go/goias/transito/noticia/goiania-tem-6053-mil-carros-e-possui-a-6-maior-frota-do-pais-aponta-estudo.ghtml>. Acesso em: 25/06/2019.
- Vera e Silva, A.; I. Esperante; M. Borelli (2013) *TAM - Relatório de Sustentabilidade 2011/2012*. São Paulo.

Rodrigo Pinheiro Tóffano Pereira (rodrigo_toffano@ufg.br)

Nadya Regina Galo (nadyagal@ufg.br)

Departamento de Transportes, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Goiás.

Rua Mucuri, s/n - Setor Conde dos Arcos - Aparecida de Goiânia, GO, Brasil.