



Veículos Elétricos: solução ou dissolução sustentável na busca pela mitigação

Electric Vehicles: sustainable solution or dissolution in the search for mitigation

Vehículos Eléctricos: solución sustentable o disolución en la búsqueda de la mitigación

Maria Cynthia de Araujo Urbano
cynthia.urbano@gmail.com



RESUMO

Este artigo tem como objetivo demonstrar os dados das emissões dos Gases do Efeito Estufa (GEEs) através de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com a metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), onde, estudos relacionam as etapas do ciclo de vida dos veículos elétricos aos veículos à combustão fóssil. Como uma solução sustentável para a mitigação, a entrada dos veículos elétricos se tornou positiva do ponto de vista da eletrificação como uma inovação tecnológica sustentável para minimizar as emissões dos GEEs na atmosfera, especialmente na etapa de operação, aumentando a resiliência à mudança climática. No entanto, o impacto ambiental não está claro, pois, há lacunas referente ao total das emissões nas etapas do ciclo de vida da fabricação e fim de vida, em específico em relação às baterias. Em uma análise empírica, os veículos elétricos não estão livres das emissões dos GEEs, as etapas da produção e fim de vida refletem o impacto ambiental que a bateria representa. Mesmo com os aperfeiçoamentos tecnológicos, na etapa de operação ainda há uma dependência de recarga diante de uma fonte energética que pode ou não ser uma fonte de energia renovável, a reciclagem ainda é um processo que gera emissões e quanto ao descarte em aterros ou lixões há uma contaminação direta no solo, na água e na poluição atmosférica.

PALAVRAS-CHAVE: Gases do Efeito Estufa (GEEs). Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Veículos Elétricos.

ABSTRACT

This article aims to demonstrate data on Greenhouse Gas (GHG) emissions through a Systematic Literature Review (RSL) with the Life Cycle Assessment (LCA) methodology, where studies relate the stages of the life cycle life from electric vehicles to fossil combustion vehicles. As a sustainable solution for mitigation, the entry of electric vehicles has become positive from the point of view of electrification as a sustainable technological innovation to minimize GHG emissions into the atmosphere, especially in the operation stage, increasing resilience to climate change. However, the environmental impact is not clear, as there are gaps regarding the total emissions in the manufacturing and end-of-life stages of the life cycle, specifically in relation to batteries. In an empirical analysis, electric vehicles are not free from GHG emissions, the production and end-of-life stages reflect the environmental impact that the battery represents. Even with technological improvements, in the operation stage there is still a dependence on recharging from an energy source that may or may not be a renewable energy source, recycling is still a process that generates emissions and regarding disposal in landfills or dumps there is direct contamination of soil, water and atmospheric pollution.

KEYWORDS: Greenhouse Gases (GHGs). Life Cycle Assessment (LCA). Electric Vehicles.

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo demostrar datos sobre emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a través de una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) con la metodología de Evaluación del Ciclo de Vida (LCA), donde los estudios relacionan las etapas del ciclo de vida desde los vehículos eléctricos hasta los vehículos de combustión fósil. Como solución sostenible de mitigación, el ingreso de los vehículos eléctricos se ha vuelto positivo desde el punto de vista de la electrificación como innovación tecnológica sostenible para minimizar las emisiones de GEI a la atmósfera, especialmente en la etapa de operación, aumentando la resiliencia al cambio climático. Sin embargo, el impacto ambiental no está claro, ya que existen brechas en cuanto a las emisiones totales en las etapas de fabricación y fin de vida del ciclo de vida, específicamente en relación a las baterías. En un análisis empírico los vehículos eléctricos no están libres de emisiones de GEI, las etapas de producción y fin de vida reflejan el impacto ambiental que representa la batería. Aún con mejoras tecnológicas, en la etapa de operación aún existe dependencia de la recarga de una fuente de energía que puede ser o no renovable, el reciclaje sigue siendo un proceso que genera emisiones y respecto a su disposición en rellenos sanitarios o botaderos existe contaminación directa. de la contaminación del suelo, del agua y de la atmósfera.

PALABRAS CLAVE: Gases de Efecto Invernadero (GEI). Evaluación del Ciclo de Vida (ACV). Vehículos eléctricos.



1 INTRODUÇÃO

O impacto da mudança climática se tornou um dos maiores desafios da atualidade proveniente das atividades antropogênicas, dentre elas, o alto consumo de energia vindas dos veículos à combustão fóssil e, como consequência, um aumento nas emissões dos Gases do Efeito Estufa (GEEs). Na busca pela mitigação, os veículos elétricos surgiram como uma solução sustentável na mobilidade diária do usuário com a transição de um transporte poluente por um de zero emissão. No entanto, a crescente procura por veículos elétricos e individuais (carros, bicicletas, scooter, etc.) levantou o questionamento do real impacto ambiental em relação as etapas do ciclo de vida (produção, operação e fim de vida) deste transporte diante do total das emissões dos GEEs na atmosfera.

Chripim *et al.* (2019, p.129) destacaram que “na década de 1960, houve uma maior conscientização pública acerca dos problemas ambientais e sobre os limites da exploração dos recursos naturais e, com isto, os veículos elétricos ganharam uma maior projeção”. Seto *et al.* (2021, p. 388), confirmam que “os transportes elétricos estão crescendo globalmente a uma taxa superior a 40% ao ano, ou seja, à medida que a eletrificação se torna mais barata do que aos motores de combustão fóssil, maiores são os números dos transportes elétricos”.

Com características de transporte leve e rápido, de maior flexibilidade e acessibilidade na recarga, o veículo elétrico veio além de uma proposta da não dependência dos combustíveis fósseis como uma inovação tecnológica da eletrificação, mas da possibilidade, a longo prazo, de reduzir as emissões dos GEEs em benefício de uma melhor qualidade ambiental e qualidade de vida da população. Na perspectiva de minimizar as emissões dos GEEs na atmosfera, muitas pesquisas deram maior destaque, principalmente, na etapa de operação ou uso do veículo elétrico em comparação a outros veículos utilizados na mobilidade urbana. Em paralelo, a recarga do veículo elétrico na etapa de operação depende da fonte energética do local, tornando ambíguas as emissões dos GEEs.

Muito utilizada em pesquisas que avalia o impacto ambiental de um produto ou atividade, a metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) quantifica os potenciais impactos ambientais desde a extração de matérias-primas até a sua destinação final, contabilizando o total das emissões dos GEEs. Conforme a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), os estudos com a metodologia da ACV confirmam que as etapas com maior impacto ambiental diante do ciclo de vida do veículo elétrico estão na etapa de produção e do fim de vida, em específico, em relação à fabricação da bateria, onde, os totais das emissões dos GEEs são numericamente significantes diante do impacto da mudança climática.

A etapa de fabricação dos veículos elétricos gera mais emissões do que a fabricação de veículos à combustão fóssil devido aos materiais utilizados, em contrapartida, cerca de 85 a 90% das emissões vem da etapa de operação dos veículos à combustão fóssil enquanto o veículo elétrico gera maior quantidade de emissões, cerca de 70%, na sua etapa de produção (Chripim *et al.* 2019, p. 134).

Em relação à etapa do fim de vida, nos processos de reciclagem da bateria, colocado por Souza (2015, p.117), “devem ser estudados e aprimorados para reduzir o consumo de energia, a geração de resíduos sólidos e as emissões de poluentes”. Jiao e Evans (2016, p. 251) relatam



que no “reuso, a bateria pode ser usada para armazenar energia de outras fontes renováveis, como a eólica e a solar, já que possui cerca de 75% de sua capacidade original, e pode postergar a fase de reciclagem reduzindo custos”.

Mesmo com avanços tecnológicos, ainda não há registros de uma tecnologia que possa reciclar sem degradar o ambiente ou modelos de baterias que reduzam o uso das matérias-primas na fabricação das mesmas. Atualmente, as baterias dos veículos elétricos têm quantidades significativas de metais básicos (lítio, cobre, chumbo, etc.), onde geram uma série de impactos ambientais desde a emissão dos GEEs até a contaminação da água, do solo e atmosférico.

Neste breve contexto, a entrada dos veículos elétricos se tornou positiva do ponto de vista da eletrificação como uma inovação tecnológica sustentável para minimizar as emissões dos GEEs na atmosfera, especialmente na etapa de operação, aumentando a resiliência à mudança climática. Entretanto, colocando em comparação todas as etapas do ciclo de vida dos veículos elétricos, conforme a metodologia da ACV, ainda há lacunas referente aos dados das emissões totais dos GEEs que precisam ser mais coesos, dando, assim, parâmetros do real impacto ambiental.

2 OBJETIVO

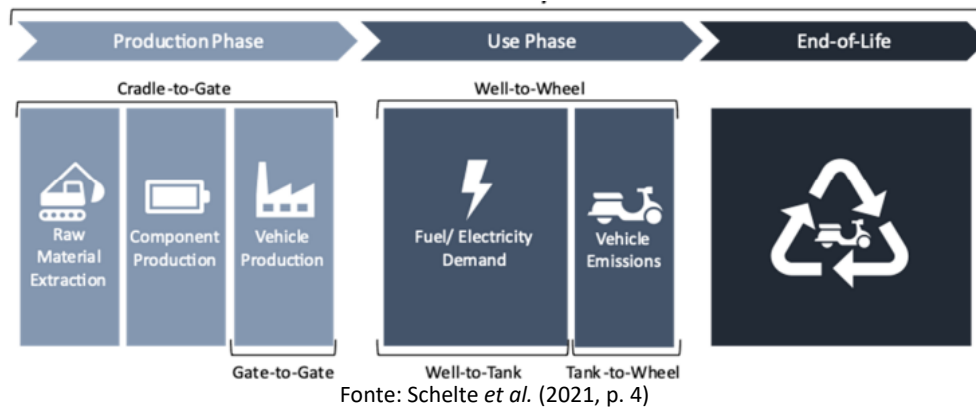
O objetivo deste artigo, uma extensão da pesquisa de Tese de Doutorado, tende a demonstrar os dados das emissões dos GEEs através da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), com a metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), onde relacionam as etapas do ciclo de vida dos veículos elétricos aos veículos à combustão fóssil. Avaliar o real impacto ambiental dos veículos elétricos diante da mitigação à mudança climática.

3 METODOLOGIA / MÉTODO DE ANÁLISE

Para quantificar os GEEs na atmosfera, os resultados são apresentados através de modelos numéricos em simulação do clima, destacando uma maior concentração de CO₂ na atmosfera, do que os outros GEEs. Assim, o CO₂ se tornou o principal gás do grupo dos GEEs, aplicado como unidade funcional em CO₂ Equivalente (CO₂e), não pelo seu impacto direto na mudança climática, mas por ser o mais abundante atribuído às atividades antropogênicas.

A metodologia da ACV avalia o impacto ambiental de um produto ou atividade e, em relação aos veículos elétricos, considera todas as emissões que ocorre no seu ciclo de vida desde a extração de matéria-prima até o fim de vida, convertidos em CO₂e. Portanto, a metodologia da ACV se torna uma facilitadora nas tomadas de decisão no quesito de redução das emissões dos GEEs, apresentando uma visão mais abrangente e precisa de qual etapa do ciclo de vida necessita de uma previsão em soluções ou estratégias de baixo carbono (Figura 1).

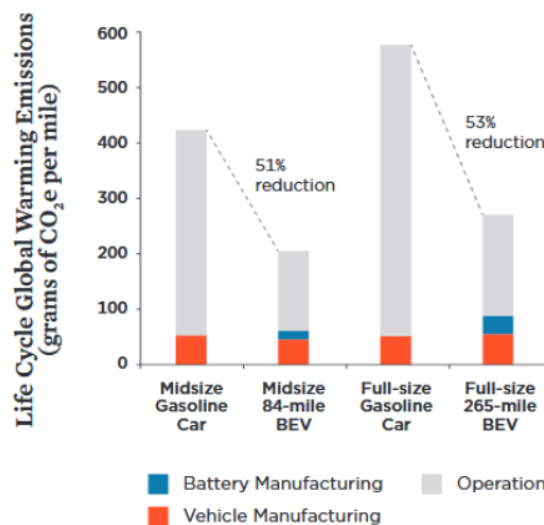
Figura 1 - Etapas da Avaliação do Ciclo de vida



Conforme a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), alguns estudos destacaram resultados positivos nas emissões dos GEEs durante a etapa de operação dos veículos elétricos dentro da cidade, ou seja, confirmaram que na etapa de uso dos veículos elétricos a emissão se torna quase nula em poluentes. Em paralelo, são poucos os estudos com a metodologia da ACV que avaliam o total das emissões dos GEEs nas etapas de produção e fim de vida ou pesquisas de sustentabilidade no campo da mobilidade urbana, comparando o real impactos dos diferentes veículos ao impacto da mudança climática.

Resumido por Chripim *et al.* (2019, p. 134), alguns estudos destacam que, em média, “um veículo elétrico gera metade das emissões de GEEs em relação a um veículo de combustão fóssil ao longo da sua vida útil, mesmo quando incluídas as emissões causadas pelo processo de fabricação das baterias” (Gráfico 1). O uso dos veículos elétricos tem o seu potencial reduzir as emissões na sua etapa de operação e, em especial, quando as recargas das baterias são por fontes energéticas renováveis.

Gráfico 1 – Emissões nas etapas de ciclo de vida dos veículos elétricos e à combustão



Fonte: Chripim *et al.* (2019, p. 135)



No entanto, o processo de produção dos veículos elétricos se torna intensivo por conta da energia necessária para sua fabricação e na produção das baterias, gerando mais emissões dos GEEs. Haas *et al.* (2021, p. 423) confirmam que “os veículos elétricos e os à combustão tendem a ter proporções diferentes nas emissões devido aos materiais utilizados conforme a produção da bateria, na qual determina a maior porcentagem das emissões dos GEEs, cerca de 60%”. Em relação às baterias dos veículos elétricos, o tamanho das mesmas depende do desempenho e, de acordo com Li *et al.* (2017, p. 647), destacam “quanto maior a autonomia do veículo elétrico, maior será o peso da sua bateria”.

No mesmo estudo, Haas *et al.* (2021, p. 423) sinalizam “o tempo de vida útil de veículos elétricos, entre 150 a 288 mil km, em uma suposição otimista, sabendo que a etapa de operação dos mesmos está limitada em áreas urbanas onde a média percorrida é de 10 a 40 km”. Gauto *et al.* (2023, p. 6) ditam que há provas de que “os proprietários de veículos elétricos percorrem mais de 630 km/ano do que os proprietários de veículos com motor à combustão onde atingem uma média de 13.530 km/ano”.

Outro ponto a ressaltar é a escassez das infraestruturas para a recargar os veículos elétricos, tornando-os limitados no seu uso para longas distâncias, pois, existem três tipos de carregamento para os veículos elétricos: lento, no qual o tempo de carregamento é de 6 a 8 horas; semirrápido, no qual o tempo de carregamento é entre 1 a 2 horas; e rápido, no qual o tempo de carregamento é de 30 minutos para atingir 80% de carga e 1 hora para 100% da carga. Li *et al.* (2017, p. 647) finalizam que “as recargas das baterias se tornam desvantajosa pelo tempo que necessita para o uso”.

Ao analisar cenários futuros, projetos que buscam uma descarbonização tender a um maior avanço tecnológico na eletrificação ou com propostas para produção de novos combustíveis com zero emissão. Dentre as propostas de descarbonização, o veículo híbrido¹ (elétrico e combustão) se torna um aliado em oferecer menores emissões de poluentes durante a etapa de operação. Em comparação aos veículos elétricos, utilizando a metodologia da ACV, Yu *et al.* (2021, p. 9) demonstraram que “em um potencial de mitigação de um modal elétrico equivale a quase 120mil tCO₂e, enquanto um transporte híbrido equivale apenas 30mil tCO₂e”.

Em paralelo, os combustíveis zero emissão ou biocombustíveis, dito por Gauto *et al.* (2023, p. 3), “podem ser ainda melhores se combinados com a eletrificação das frotas”. Biocombustível (exemplos como etanol e o biodiesel) é um termo genérico referindo-se a um combustível limpo, uma vez que a emissão do CO₂ durante a etapa de produção ou na etapa de operação, causam menos poluição do que a proveniente dos veículos à combustão. Nos estudos de Gauto *et al.* (2023, p. 2), apresentaram o etanol como o biocombustível que “pode reduzir até 80% das emissões dos GEEs quando comparado a veículos à combustão, além disso, a matéria-prima do etanol pode reestruturar florestas nativas aumentando a sustentabilidade”. Em uma análise comparativa inicial entre os modelos de veículos, Liu *et al.* (2021, p. 10) relatou que “67% da redução das emissões no setor de transporte virá da eletrificação e apenas 6% do consumo de biocombustíveis” (Quadro 1).

¹ A principal diferença entre um carro híbrido (motor à combustão recarrega a bateria) e um híbrido plug-in (recarrega a bateria externamente nas estações de carga rápida ou tomadas domésticas) é a forma como a bateria é recarregada (Autora, 2024).



Quadro 1 – Intensidade de carbono nos combustíveis e produção de eletricidade

Fuel/Electricity (year)	g CO ₂ e/ MJ	g CO ₂ e/ L	g CO ₂ e/ kWh
Gasoline A (2022)	87.4	2817.8	–
Hydrous ethanol (2022)	28.2	602.1	–

Fonte: Gauto *et al.* (2023, p. 6)

Para atingir as metas de mitigação, a forte tendência que o mercado apresenta em descarbonizar a mobilidade através do veículo elétrico como solução de veículo “emissão zero” se torna incorreta diante do total das emissões dos GEEs do ciclo de vida. No atual cenário da mobilidade urbana onde os veículos à combustão estão em maior parte das cidades, as estimativas das emissões são o ponto de partida para futuras solução ou estratégias de baixo carbono.

4 RESULTADOS

Com esta abordagem, ao estabelecer cenários com soluções ou estratégias de baixo carbono, o veículo elétrico foi apresentado como “emissão zero” somente na sua etapa de operação, tornando-se mais eficaz em relação a mitigação ao impacto da mudança climática. No entanto, as emissões totais dos GEEs do ciclo de vida dos veículos elétricos variam em cada etapa desde o uso da eletricidade na produção e recarga das baterias, na extração das matérias-primas para produção das baterias até no processo da reciclagem. Para uma descarbonização, as tomadas de decisões, conforme uma metodologia da ACV, devem ser avaliadas com base em uma análise mais coesa das emissões totais dos GEEs vindas dos veículos elétricos.

Os estudos são limitados ou inexistentes aos que se referem a etapa de produção, pois, nesta etapa, o intenso uso de energia utilizada pode proporcionar um aumento substancial nas emissões dos GEEs, principalmente na produção das baterias conforme a sua composição de matérias-primas. Uma gama maior de pesquisas destaca a etapa de operação dos veículos elétricos, onde, a escolha da fonte energética para sua recarga deve ser avaliada a respeito da sustentabilidade em uma combinação de energias renováveis (Quadro 2). Em paralelo, a etapa de fim de vida, esta etapa também compõe um excedente de energia conforme o tipo de processo para reciclagem do tipo de bateria.

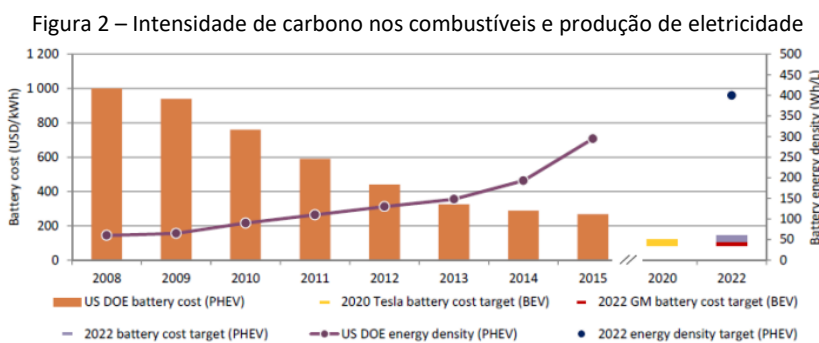
Quadro 2 – Emissões dos GEEs reportadas em diferentes estudos

Local de fabricação	Massa da bateria (kg)	Capacidade da bateria (kWh)	Emissões (kg CO ₂ e/kWh)	Referência
Coréia do Sul	253	26,6	172	(Ellingsen <i>et al.</i> 2014)
Coréia do Sul	303	24	140	(Kim <i>et al.</i> 2016)
China	170	28	104	(Hao <i>et al.</i> 2017)
China	188,7	27	117	(Qiao <i>et al.</i> 2017)
China	253	26,6	140	(Kallitsis <i>et al.</i> 2020)
China	188,7	27	100	(Kelly <i>et al.</i> 2020)
Japão	188,7	27	98	(Kelly <i>et al.</i> 2020)

Fonte: Gauto *et al.* (2023, p. 6)

Além disso, não há estudos suficientes sobre reciclagem, reuso ou mesmo sobre descarte. Gauto *et al.* (2023, p. 6), relatam que “a reciclagem é uma inovação muito recente e a maioria das baterias ainda está em sua primeira vida”. Também não se sabe que percentagem de substituição estaria associada as falhas da bateria, o que geraria um elevado impacto ambiental com as emissões do ciclo de vida. Explicado por Chrispim *et al.* (2019, p. 130), “é improvável que se possa atingir a estabilização atmosférica de GEEs através da adoção de apenas um tipo de tecnologia, sendo necessário um portfólio de tecnologias, adequáveis a diversos setores econômicos, para se atingir as metas de mitigação almejadas”.

“Cerca de 85 a 90% das emissões dos GEEs, no processo de ciclo de vida dos veículos à combustão”, colocado por Chrispim *et al.* (2019, p. 134) estão na etapa de uso, sendo que a etapa de fabricação possui menor porção das emissões. Nos veículos elétricos, a maior quantidade das emissões, “cerca de 70%, está na etapa de fabricação em relação aos de combustão”. Pesquisas surgem com estudos em prol do desenvolvimento e aperfeiçoamento das baterias, Almeida *et al.* (2018, p. 3) relatam que “grandes consórcios formados por fabricantes, montadoras de veículos, Universidades e Centros de Inovação, procuram por um maior potencial de desenvolvimento do veículo elétrico frente ao veículo de combustão interna”(Figura 2).

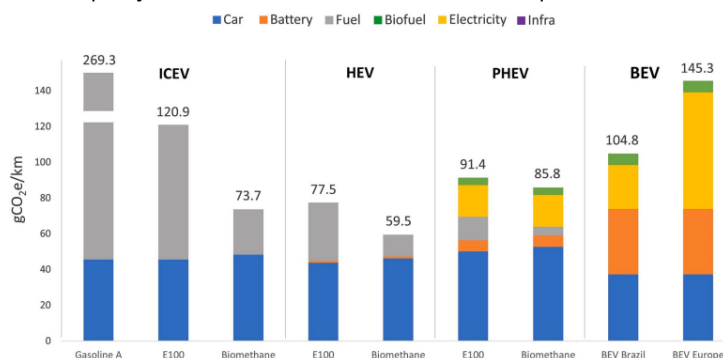


Fonte: Almeida *et al.* (2018, p. 3)

Com o uso da metodologia da ACV há um aumento na oferta de materiais alternativos e renováveis relacionados ao setor de mobilidade. Inicialmente, os veículos elétricos se tornaram o grande potencial para redução das emissões de poluentes durante a sua etapa de operação, como foi explicado no decorrer do artigo. No entanto, surgiram no mercado outros modelos de transporte que emergiram com a proposta de uma menor quantidade de poluentes na atmosfera, em especial, os veículos híbridos ou àqueles que apresentam uma combustão mais limpa, conhecidos como combustíveis verdes ou biocombustíveis.

Os biocombustíveis (etanol e biodiesel) são oriundos de uma fonte energética limpa, renovável, na qual, a emissão dos GEEs tanto na sua etapa de produção quanto na etapa de operação causa uma menor poluição em comparação aos veículos elétricos e os de combustão fóssil (Gráfico 2). Uma proposta, em termos econômicos, torna-se mais acessível à população, onde, ao fazer um comparativo dos veículos elétricos com os híbridos tende a emitir na etapa de produção menos da metade a quantidade dos GEEs.

Gráfico 2 – Comparação das emissões médias dos GEEs a ACV para diferenciados veículos

Fonte: Gauto *et al.* (2023, p. 9)²

A proposta de mitigação com transportes de baixa emissão de carbono com a super comercialização dos veículos elétricos acabaram trazendo impactos negativos nas emissões dos GEEs em vez dos benefícios positivos. Como apresentado, um dos maiores impactos ambientais associados aos modais elétricos está relacionado às baterias, em específico, na etapa da produção e do seu fim de vida. Além disso, a procura por veículos elétricos é menor do que os de combustível devido ao preço elevado, por um ciclo de vida curto e/ou pelo tempo de recarga longo, bem como um número limitado de infraestrutura para a recarga. Os veículos elétricos são muitas vezes pensados como uma solução de “emissão zero”, mas para muitos estudos um desafio para mobilidade urbana.

5 CONCLUSÃO

Mesmo com a evolução tecnológica e investimentos para transportes elétricos, a previsão das emissões totais dos GEEs ainda é uma tarefa complexa, pois necessita de mais pesquisas sobre os diversos veículos de baixa emissão de carbono, mais precisamente nas emissões incorporadas durante a produção dos modelos à bateria. A fabricação das baterias ainda implica aumento das emissões dos GEEs, além disso, a sua reciclagem e a escolha da fonte energética para seu carregamento precisam de mais pesquisas a respeito da sustentabilidade em uma combinação com energias renováveis.

Ao tentar comparar o impacto ambiental de todos os veículos elétricos e os veículos à combustão diante a etapa de operação dentro da cidade, para que isto seja analisado, o comportamento do usuário na escolha do modal como substituição no seu modo de viagem devem ser levadas em consideração. Além disso, utilizar a ACV só na avaliação do impacto ambiental na etapa de operação do ciclo de vida dos veículos elétricos não avalia o real impacto que estes têm na sustentabilidade no campo da mobilidade urbana em relação ao impacto da mudança climática.

Em suma, os veículos elétricos foram amplamente desenvolvidos nas últimas décadas com intuito de reduzir as emissões dos GEEs na atmosfera diante de um impacto ambiental

² Abreviaturas: Veículo Elétrico à Bateria (BEV); Veículos Híbridos Elétricos com Plug-in (PHEV); Veículos Híbridos Elétricos (HEV); Veículos à Combustão Interna (ICEV) Gauto *et al.* (2023, p. 9).



gerada pelas atividades antropogênicas, dentre elas, a utilização de veículos à combustão. No entanto, o impacto ambiental não está claro, pois, há lacunas referente ao total das emissões nas etapas do ciclo de vida dos veículos elétricos que deve ser cedido pelos fornecedores e fabricantes dos mesmos.

Em uma análise empírica, os veículos elétricos não estão livres das emissões dos GEEs nas etapas do seu ciclo de vida, na qual, na sua etapa de operação ainda há uma dependência de recarga diante de uma fonte energética que pode ou não ser uma fonte de energia renovável. Além disso, as etapas da produção e fim de vida refletem o impacto ambiental diante da representação da bateria, pois, mesmo com os aperfeiçoamentos tecnológicos, as matérias-primas utilizadas na produção da bateria são precursoras das emissões dos GEEs. Em relação à reciclagem ainda é um processo que necessita de energia, gerando ainda mais emissões, enquanto que, o no processo de descarte ou reuso das baterias ou dos materiais dos diferente veículos utilizados na mobilidade urbana são feitos em aterros ou lixões, onde, contaminação é direta no solo, na água e na atmosfera.

REFERÊNCIAS

- Chripim, M. C., de Souza, J. F. T., & Simões, A. F. (2019). Avaliação comparativa entre veículos elétricos e veículos convencionais no contexto de mitigação das mudanças climáticas. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, 8(1), 127-148.
- Gauto, M. A., Carazzolle, M. F., Rodrigues, M. E. P., de Abreu, R. S., Pereira, T. C., & Pereira, G. A. G. (2023). Hybrid vigor: Why hybrids with sustainable biofuels are better than pure electric vehicles. **Energy for Sustainable Development**, 76, 101261.
- Haas, R., Ajanovic, A., Ramsebner, J., Perger, T., Knápek, J., & Bleyl, JW (2021). Financiando a infraestrutura futura de sistemas de energia sustentáveis. **Green Financ**, 3 (1), 90-118.
- Li, Y., Yang, J., & Song, J. (2017). Design principles and energy system scale analysis technologies of new lithium-ion and aluminum-ion batteries for sustainable energy electric vehicles. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 71, 645-651.
- Liu, J., Lao, L., Chen, J., Li, J., Zeng, W., Zhu, X., ... & Song, E. (2021). The IRENA IncRNA converts chemotherapy-polarized tumor-suppressing macrophages to tumor-promoting phenotypes in breast cancer. **Nature Cancer**, 2(4), 457-473.
- SETO, Karen C. et al. From low-to net-zero carbon cities: The next global agenda. **Annual review of environment and resources**, v. 46, p. 377-415, 2021.
- YU, Man; WIEDMANN, Thomas; LANGDON, Sarah. Assessing the greenhouse gas mitigation potential of urban precincts with hybrid life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 279, p. 123731, 2021.