

Logística Verde: A Colheita e o Descarte das Baterias de Ônibus Elétricos

Leticia Nunes de Souza¹
nleticia12345@gmail.com

Maria Clara Puridade de Brito¹ Erro! Indicador não definido.

clarapuridade@gmail.com

Rosane de Jesus dos Santos¹
jjzanny2005@gmail.com

Green Logistics: Harvesting and Disposing of Electric Bus Batteries

Logística verde: Recolección y eliminación de baterías de autobuses eléctricos

Palavras-chave:

Ônibus elétricos.
Logística verde.
Sustentabilidade.
Descarte.

Keywords:

Electric buses
Green logistics.
Sustainability.
Disposal.

Palabras clave:

Autobuses eléctricos.
Logística verde.
Sostenibilidad
Eliminación de residuos.

Apresentado em:

05 dezembro, 2024

Evento:

7º EnGeTec

Local do evento:

Fatec Zona Leste

Avaliadores:

Marco Antônio Batista da
Silva
Paulo Cristiano de
Oliveira



Resumo:

O artigo explora como os ônibus elétricos têm se tornado uma alternativa mais presente no transporte urbano, principalmente nas grandes cidades brasileiras, analisando a trajetória dos ônibus elétricos, desde sua origem até a implementação no estado de São Paulo, abordando a composição das baterias, o processo de montagem e os desafios de se lidar com o descarte dessas baterias ao fim de sua vida útil. O estudo também aborda os impactos ambientais e os caminhos possíveis para a reutilização e reciclagem, com o objetivo de diminuir resíduos e otimizar a sustentabilidade no setor. Ao final, destaca a necessidade de políticas públicas que incentivem a prática da logística verde como ferramenta essencial para um futuro mais limpo e eficiente.

Abstract:

The article explores how electric buses have become a more present alternative in urban transportation, especially in large Brazilian cities. The study analyzes the trajectory of electric buses, from their origin to their implementation in the state of São Paulo, addressing the composition of the batteries, the assembly process and the challenges of dealing with the disposal of these batteries at the end of their useful life. This article also addresses the environmental impacts and possible paths for reuse and recycling, with the aim of reducing waste and optimizing sustainability in the sector. Finally, the article highlights the need for public policies that encourage the practice of green logistics as an essential tool for a cleaner and more efficient future.

Resumen:

El artículo explora cómo los autobuses eléctricos se han convertido en una alternativa cada vez más presente en el transporte urbano, especialmente en las grandes ciudades brasileñas. El estudio analiza la trayectoria de los autobuses eléctricos, desde su origen hasta su implantación en el estado de São Paulo, examinando la composición de las baterías, el proceso de montaje y los desafíos de lidiar con el descarte de estas baterías al final de su vida útil. El artículo también aborda los impactos ambientales y las posibles vías de reutilización y reciclaje, con el objetivo de reducir los residuos y optimizar la sostenibilidad del sector. Por último, el artículo hace hincapié en la necesidad de políticas públicas que fomenten la práctica de la logística verde como herramienta esencial para un futuro más limpio y eficiente.

¹ Fatec Zona Leste

1. Introdução

Segundo Brandão et al (2022), os modais de transporte são um dos principais responsáveis pelo aquecimento global e aumento do efeito estufa, especialmente quando os motores dos veículos são abastecidos com combustíveis fósseis. Uma alternativa capaz de reverter esse quadro é a utilização de soluções alternativas que utilizem energia limpa, tais como motores elétricos.

A origem da criação de frotas de veículos movidos pela eletricidade não é recente, esta foi uma invenção inovadora de seus criadores séculos atrás. Um de seus criadores foi o Werner Von Siemens, que projetou os primeiros bondes movidos a eletricidade e trólebus, nos anos de 1881 e 1882. Partindo desse princípio, foram surgindo outros veículos de mobilidade urbana elétricos, como os primeiros ônibus elétricos registrados no ano de 1907. Logo, ao implementar esses modais que não utilizam combustíveis nas ruas, suas principais vantagens são a diminuição parcial ou total dos gases poluentes no ar atmosférico, oferecendo segurança para a saúde das pessoas. Porém, a sua implementação traz algumas desvantagens como o alto custo de sua produção e menor autonomia das baterias.

Para o descarte das baterias elétricas utilizadas em ônibus é indispensável a reutilização, remanufatura ou a reciclagem, pois são meios, que ao entrar em contato na natureza, os possíveis riscos ambientais são amenizados ou evitados. Uma vez que a produção e a aplicação de baterias de veículos elétricos são feitas em grande escala, também causam poluição ambiental e quando manuseados de má forma, a bateria por conter substâncias químicas tóxicas, podem contaminar o solo, a água e o ar.

Por isso, o objetivo geral desse artigo é analisar quais são os impactos ambientais causados pela implantação de frotas de ônibus elétricos na sociedade e o destino das baterias utilizadas em todo o processo de produção e descarte. Além disso, a metodologia utilizada para a elaboração foi uma pesquisa bibliográfica, tendo por objetivo apresentar uma pesquisa exploratória e descritiva desenvolvendo familiaridade com o tema do artigo e, para isso, um levantamento de dados, utilizando fontes bibliográficas, livros e artigos compostos pelos principais autores da área.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Origem do ônibus elétrico

A geração de veículos eletrificados teve o seu início no século XIX, inventada inicialmente por um dos seus criadores, Werner Von Siemens, que fundou os primeiros bondes elétricos e trólebus. (Siemens, 2022). A partir daquele momento, foram sendo criados outros veículos de mobilidade urbana também movidos a eletricidade, como os primeiros ônibus elétricos, registrados no ano de 1907 (Hammer, 2019).

Até meados do século XX, não havia ainda um tipo dominante de propulsor dos veículos. No entanto, com as descobertas de petróleo e sua utilização em larga escala como combustível, contribuiu para a formação de um padrão comum de propulsão com base nesse produto (Hammer, 2019 & RapidTransitionAlliance, 2019). Porém, a partir da década de 1970, devido aos problemas ambientais causados por este tipo de propulsão e a limitação do recurso utilizado, o petróleo, passou-se a buscar novos tipos de propulsão para veículos, -até aquele momento, era usado somente o petróleo-, e novas alternativas foram sendo formadas, incluindo combustíveis à base de etanol e veículos elétricos. Entretanto, a popularidade dos veículos elétricos se tornou reduzida devido a limitação na velocidade das baterias, que até aquele momento, era limitada a até 80 km (Pieritz, 2022).

Somente no século seguinte, a partir de 2011, houve retomada do conceito de veículos elétricos com a produção do primeiro ônibus elétrico movido a bateria com a capacidade maior de velocidade, facilitando a sua implementação nos transportes públicos (BloombergNEF, 2022).

2.1.2. Surgimento no Brasil

O Brasil, atualmente, possui uma quantidade pequena de ônibus movidos à eletricidade para uso em transporte público não passando de 373 em todo o país. Se comparado com ônibus a diesel, a porcentagem não passa de 0,4% da frota (NTU, 2022).

Para a implementação da frota elétrica de ônibus em território nacional, o Brasil teve um atraso em relação aos outros países, devido ao pouco incentivo por parte das políticas públicas e da falta de programas que possam direcionar o seu desenvolvimento pelo país. Por conta disso, a falta de estratégia por parte agentes públicos, torna ainda mais difícil incentivar e tornar esses projetos desenvolvidos pelos diferentes órgãos públicos (PNME, 2022).

2.1.2. Ônibus elétrico no estado de São Paulo

O município de São Paulo possui um destaque em sua frota de ônibus urbanos em escala nacional, tendo, portanto, uma forte influência sobre todo o mercado nacional, pois, os seus fabricantes estão

sempre buscando criar formas e soluções que se adaptem aos requisitos do próprio município e tornar disponível os seus produtos para o mercado brasileiro conforme os interesses da cidade sobre os projetos. A implementação deste tipo de propulsor elétrico dentro do sistema de transporte público no Brasil segue a demanda da capital de São Paulo para ser uma referência aos seus fabricantes no uso de novas tecnologias para os demais (NTU, 2022&SP Trans, 2022).

Tabela 1- Tabela de relação entre a quantidade de ônibus elétrico e a população em sete municípios brasileiros

	Números de ônibus elétrico – Plataforma E-bus (2021)	População estimada – IBGE (2021)
Brasília	6	3.094.325
Volta Redonda	3	274.925
Maringá	3	436.472
Bauru	2	381.706
Campinas	15	1.223.237
São Paulo	219	12.396.372
Santos	7	433.991

Fonte: Pasquotto, (2022)

Conforme é apresentado os dados inseridos na Tabela 01, o município de São Paulo é destacado por ter o maior investimento e concentração de frotas de ônibus elétricos possuindo o total de 219 veículos na região em 2021, sendo o estado que mais investe em novas tecnologias, principalmente na Grande São Paulo, sendo uma referência para os outros estados brasileiros.

2.2. Composição e montagem da bateria elétrica

Os ônibus elétricos têm ganhado destaque no transporte urbano devido à sua contribuição para a redução da emissão de gases poluentes. Um dos componentes cruciais para a operação desses veículos é a bateria, que armazena a energia necessária para seu funcionamento. As baterias utilizadas nos ônibus elétricos são, em sua maioria, compostas por íons de lítio, que oferecem alta densidade energética, longa vida útil e eficiência na recarga (ITDP Brasil, 2022).

2.2.1. Composição da batéra elétrica

As baterias de íon de lítio são compostas por diversos materiais, incluindo:

1. **Cátodo:** Feito de óxidos metálicos, como óxido de cobalto de lítio ou óxido de níquel, cobalto e manganês, que são responsáveis pela capacidade da bateria;
2. **Ânodo:** Geralmente feito de grafite, onde ocorrem reações eletroquímicas durante a carga e descarga;
3. **Eletrólito:** Uma solução que permite a condução de íons entre o cátodo e o ânodo;
4. **Separador:** Um material que evita o contato direto entre o cátodo e o ânodo, prevenindo curtos-circuitos.

2.2.2. Montagem da bateria

A montagem das baterias de ônibus elétricos envolve vários processos que garantem segurança e eficiência. A bateria é construída em módulos, onde cada módulo contém várias células de íon de lítio conectadas em série ou paralelo, dependendo da configuração desejada para a capacidade e voltagem. Após a montagem, as baterias passam por rigorosos testes de qualidade e segurança para garantir sua operação em diferentes condições climáticas e de uso.

O ciclo de vida das baterias é também uma preocupação, que inclui desde a extração dos materiais, passando pela produção, uso e, finalmente, o descarte ou reciclagem, visando a sustentabilidade ambiental. A destinação adequada das baterias ao final de sua vida útil é essencial para minimizar os impactos ambientais (Costa, 2021).

2.3. Vantagens e desvantagens

A mobilização urbana é um dos assuntos que mais tem sido discutido atualmente, se tratando, principalmente, dos transportes públicos, responsável pelo fluxo e no deslocamento das pessoas dentro de uma cidade. Essas discussões vêm sendo geradas devido a consciência das ações do homem sobre a natureza, aumentando o índice de poluição, principalmente, pelos veículos, tanto particulares quanto públicos, com a geração de poluentes no ar atmosférico, afetando toda forma de vida no planeta. Para mudar este cenário, a eletrificação dos veículos tem se mostrado como uma solução vigente, como uma parte importante para o cuidado com o meio ambiente e assim, trazendo bem-estar e segurança a população (Ladislau, 2023).

A eletrificação das frotas de ônibus traz como benefícios a redução significativa de poluentes no ar atmosférico, viagens mais silenciosas e custo de operação mais baixos por tempo prolongado. Em contrapartida, o custo para a sua montagem é o dobro mais caro que a aquisição de um ônibus movidos a diesel (Ladislau, 2023). Outras desvantagens que cabe a esse tipo de propulsão é o seu ciclo de vida curto. Nas baterias formadas por níquel-hidrato metálico, o seu custo alto é a sua principal desvantagem, devido a quantidade elevada de níquel na sua formação. Em contrapartida, esses tipos de baterias tem a vida útil estendida, até em 10 anos, e é confiável para operá-la. As baterias constituídas de sódio, também conhecidas como "zebra", é algo totalmente recente, e possui como uma limitação o fato de precisar ser aquecida em 270°C para o seu funcionamento, o que consome muita energia. Contudo, elas não contêm materiais tóxicos em sua composição. As baterias de íon-lítio são as mais utilizadas atualmente para a montagem de veículos elétricos. Elas possuem melhor eficiência, capacidade de volume maior e menor preço de metal. Como desvantagem, temos o seu limite de uso em condições em que a temperatura é alta (Lima, 2023). Com base nisso, a escolha para o tipo de bateria a ser usada deverá ser levado em consideração todos esses fatores e condições de uso contínuo.

2.4. Avaliação do ciclo de vida da bateria elétrica

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de ônibus elétricos analisa os impactos ambientais desde a extração de matérias-primas até o descarte final das baterias. Esse estudo é fundamental para compreender a sustentabilidade do eletro mobilidade no Brasil, onde a eletricidade é gerada, em grande parte, a partir de fontes renováveis.

Os ônibus elétricos utilizam baterias de íons de lítio, com uma vida útil média de 8 a 12 anos e autonomia que pode alcançar até 200 km com uma única carga. O preço de um ônibus elétrico pode chegar a R\$ 2 milhões, o que é um investimento elevado em comparação aos ônibus convencionais, que custam cerca de R\$ 500 mil (ITDP Brasil).

Após o fim de sua vida útil, as baterias precisam ser recicladas. A destinação correta é essencial para minimizar impactos ambientais, pois a reciclagem pode reduzir a necessidade de extração de novas

matérias-primas. Estudos indicam que a reciclagem de baterias é mais econômica do que a mineração de novos materiais e ajuda a evitar a contaminação do solo e das águas (Choma&Ugaya, 2019).

De acordo com Leichter (2022), a substituição de ônibus convencionais por elétricos pode reduzir em até 85,5% os impactos ambientais, especialmente quando a eletricidade é proveniente de fontes limpas. Dessa forma, a eletrificação do transporte público não apenas contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa, mas também melhora a qualidade do ar nas cidades.

2.5. Descarte das baterias

Durante a fabricação de uma bateria de um veículo elétrico utiliza-se componentes primários que precisam ser minerados para desenvolver uma célula de uma bateria completa. Cinco metais são vitais para a formação, sendo bastante abundantes na superfície da Terra: o lítio, níquel, cobalto, grafite e o manganês (Barman et al, 2023).

Por isso, após a utilização dessa peça é fundamental destiná-lo a um caminho sustentável e apropriado. O descarte pode ser por meio da reutilização, remanufatura ou a reciclagem, pois são meios que amenizam e evitam possíveis riscos ambientais ao entrar em contato com a natureza.

2.5.1. Reutilização

Tanto para a reutilização quanto para a reciclagem, é preciso recondicionar a bateria para outros usos em uma segunda vida, pois essas aplicações envolvem um armazenamento estacionário, no qual armazena energia e libera sob forma de eletricidade quando necessário, tornando-se útil para o reaproveitamento. Em geral, 80% das baterias elétricas tem uma capacidade de reutilização com funções secundárias. Durante seu recondicionamento é necessário que a peça seja desmontada do conjunto, o módulo avaliado e reembalado para servir para novas finalidades. Entretanto, o processo de reuso é desafiado por problemas de segurança, economia e regulamentação com o principal custo sendo a logística atrelada na coleta, teste, desmontagem e reembalagem (Barman, 2023).

2.5.2. Reciclagem

Ao existir um programa de reciclagem ideal para cada composto da bateria, haveria uma diminuição do desperdício de matérias primas e de recursos naturais não renováveis, pois o descarte adequado evitaria grandes prejuízos no ambiente. Com isso, a reciclagem direta de baterias de veículos elétricos constitui na desmontagem dos componentes de ânodo e cátodo da peça, seguida pela manutenção, processamento e produção dos materiais para a reutilização. É um processo barato, estável e que gera pouco dano na natureza, porém, é necessária técnica e habilidade para manuseamento (Sampaio, 2021).

O processo de reciclagem de baterias de ônibus elétrico é semelhante a uma bateria normal, porém com particularidades. No primeiro passo as peças devem ser descartadas em locais oficiais, estabelecimentos que comercializam ou às assistências técnicas autorizadas. Estes locais repassam os resíduos aos fabricantes ou importadores, sendo tratados com pessoas responsáveis por fazer o a separação dos componentes químicos, uma vez que ainda possuem valor comercial, são separados podendo ser reciclados várias vezes como o níquel, lítio, cobalto e cobre (Brandao, 2022).

2.6. Impacto no meio ambiente

O uso de veículos elétricos está se expandindo com intuito de reduzir as emissões de carbono, a fim de diminuir a poluição ambiental causada pelo transporte, com menos poluição do ar e sonora. Estudos anteriores mostraram que veículos elétricos possuem um baixo consumo de combustível e baixas emissões de CO₂ no planeta, porém com o peso e a composição química da bateria é necessário analisar como essa nova geração de modais afetam o meio ambiente. A causa da poluição ambiental é durante a produção e aplicação de baterias dos VEs feitos em grandes escalas, pois manuseadas de má forma, a bateria pode contaminar o solo, a água e o mar, uma vez que contém substâncias tóxicas (Shu, 2021).

3. Método

Este capítulo apresenta as metodologias utilizadas na elaboração do artigo. Logo, segundo Siena (2007), essa pesquisa é classificada como um método exploratório e qualitativo, pois tem a finalidade apresentar as informações ao pesquisador e construir uma maior familiaridade do problema/objetivo. O estudo é focado no ciclo de vida das baterias, descarte adequado, logística verde, origem dos ônibus elétricos e composição das baterias.

A pesquisa foi baseada em fontes de dados, como artigos científicos, gráficos, relatórios de instituições reconhecidas, websites e livros. Entre as referências utilizadas estão artigos sobre logística verde e gestão de resíduos, além de relatórios sobre mobilidade sustentável e políticas públicas.

A análise do ciclo de vida das baterias considerou cada fase: extração de matérias-primas, montagem, uso, colheita (retirada das baterias) e descarte final.

Foi abordada a composição das baterias dos ônibus elétricos e seus impactos ambientais. As pesquisas e acadêmicas realizadas e as fontes serviram para fundamentar a discussão e propor alternativas de descarte e uso sustentáveis.

4. Resultados e Discussões

Foi observado nesse estudo que a logística verde se torna fundamental no processo de descarte e colheita de baterias de ônibus elétricos, pois é uma prática que busca soluções sustentáveis dentro das operações logísticas. O objetivo é minimizar o impacto ambiental das baterias no planeta, analisar quais são elas e o seu destino tanto na produção quanto no descarte.

A implementação de novas formas de propulsão para os transportes públicos, como a bateria, passou a ser importante, pois, há uma maior preocupação hoje com o meio ambiente e os impactos causados pelo homem sobre a natureza, que vem resultando em diversas alterações físicas e químicas sobre o planeta. Um desses principais causadores são os gases emitidos pelos veículos movidos a motores com combustão interna, causando um aumento no efeito estufa, e, conseqüentemente, em alterações climáticas. A alternativa de usar baterias no lugar de motores com combustão interna é uma das estratégias sustentáveis para reduzir ou eliminar totalmente a emissão desses gases sobre o ambiente, impactando não apenas sobre a natureza como na saúde do homem.

No Brasil, a capital de São Paulo é uma referência na implementação de ônibus elétricos, se destacando entre outros estados brasileiros na tecnologia e em recursos inovadores, com a maior concentração de ônibus elétricos do país. Entretanto, mesmo o Brasil possuindo 26 estados e 1 distrito, observa-se que o avanço tecnológico é bem restrito sobre esse transporte. É notório a falta de incentivo das políticas públicas, dificultando cada vez mais o crescimento, pois quanto mais investimento, com o tempo, o custo do ônibus elétrico diminuirá, conseguindo ser distribuído uniformemente no Brasil e melhorando a qualidade de vida dos habitantes.

Além disso, o ciclo de vida das baterias de íon de lítio tem impacto significativo tanto na eficiência do transporte quanto no meio ambiente. Enquanto a fase de utilização contribui para a redução de emissões de gases de efeito estufa, o processo de descarte ainda enfrenta desafios. Este processo envolve etapas que incluem extração de materiais, produção, uso e, por fim, o descarte ou a reciclagem. O descarte adequado dessas baterias requer práticas de logística verde, fundamentais para minimizar os danos ambientais e promover a reutilização dos componentes presentes na bateria. Embora exista uma legislação brasileira sobre os resíduos sólidos, visando minimizar os impactos ambientais, esta legislação precisa de efetiva implementação e fiscalização contínua; observa-se, por exemplo, na Cidade de São Paulo, muitos descartes clandestinos ou em locais inadequados. Torna-se um desafio aos agentes públicos solucionar essa questão.

A montagem das baterias de ônibus elétricos envolve processos complexos que visam garantir a segurança, eficiência e a durabilidade do sistema. As baterias são compostas por vários materiais, materiais estes que ao serem extraídos, podem trazer impactos ambientais, caso a extração não seja realizada de forma responsável. Após a montagem, essas baterias passam por testes de qualidades rigorosos, testes esses que avaliam resistência, variações e ciclos de carga e descarga da bateria.

As baterias de veículos elétricos são compostas de resíduos perigosos, pois contêm metais pesados e substâncias tóxicas como o lítio, cobalto e manganês que afetam a saúde humana e o meio ambiente se não descartadas corretamente. Por isso, a reciclagem entra como grande precursora para evitar danos extremos. A reciclagem é o processo de transformar os materiais em um novo produto com outras finalidades, transformando a matéria-prima original, logo por meio dela os recursos naturais são economizados, diminuindo a quantidade de lixo levada para aterros sanitários. Já a reutilização por si só não resolve os problemas relacionados aos resíduos, mas contribui na gestão, que envolve dar uma nova função ou continuar a usar um item para o mesmo propósito sem alterar sua forma ou composição.

4. Considerações Finais (ou Conclusão)

Conforme abordado no estudo, a eletrificação das frotas de ônibus é uma alternativa importante para reduzir a emissão de gases poluentes e diminuir os efeitos das mudanças climáticas. Essa transição para veículos elétricos pode trazer benefícios significativos à saúde pública, reduzindo a poluição do ar nas cidades. Entretanto, a expansão dessa tecnologia é restrita e cara, como os altos custos de implementação e a necessidade de infraestrutura adequada, como estações de recarga e manutenção. Embora São Paulo seja a cidade com mais investimento e utilização, é importante que políticas públicas e incentivos financeiros sejam desenvolvidos para ir para outras regiões. Logo, com a união entre governo, empresa e sociedade é possível promover uma mobilidade urbana mais sustentável e eficiente.

Referências

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO-NTU. Os grandes números da mobilidade urbana: Cenário Nacional. [S. l.], novembro 2022. Disponível em:

<https://www.ntu.org.br/novo/AreasInternas.aspx?idArea=7>. Acesso em: 21/09/2024.

BARBOSA, Pedro; GOMES, Lucas. "**Materiais de apoio para adoção de ônibus elétricos nas cidades brasileiras.**" ITDP Brasil, 2022. Disponível em: <https://itdpbrasil.org/materiais-de-apoio-para-adoacao-de-onibus-eletricos/>. Acesso 09/09/2024.

BARMAN, Pranjal, DUTTA, Lachit, AZZOPARDI, Brian. **Cadeia de suprimentos de baterias de veículos elétricos e materiais críticos: uma breve pesquisa sobre o estado da arte.** Energies 2023, 16, 3369. Índia, 2023. Disponível em Cadeia de suprimentos de baterias de veículos elétricos e materiais críticos: uma breve pesquisa sobre o estado da arte (mdpi.com). Acesso em 08/09/2024.

BLOOMBERGNEF. Electric Vehicle Outlook 2022. [S. l.], 1 jun. 2022. Disponível em: <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>. Acesso em: : 06/09/2024

BRANDÃO, Carlos Victor do Rêgo; SANTOS, Harison Franca dos; OLIVEIRA, Murilo Sanchez de; CARVALHO, Gustavo de Souza. **DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO EM SEGUNDA VIDA DE BATERIAS LiFePO4.** IX Congresso Brasileiro de Energia Solar. Florianópolis, 2023. Disponível em <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1192/1192>. Acesso em 09/09/2024.

CHOMA, E. F.; UGAYA, C. M. L. **Avaliação do ciclo de vida de ônibus elétricos no Brasil: Impactos ambientais e benefícios.** The International Journal of Life Cycle Assessment, v. 24, n. 10, p. 1905-1918, 2019. Disponível em <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-019-01615-9>. Acesso 09/09/2024.

COSTA, Fernanda; PEREIRA, Ricardo. "**Análise do ciclo de vida de baterias íon-lítio.**" 2021. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/65317>. Acesso 09/09/2024.

DOMINGUES, A. M. **Avaliação do Ciclo de Vida de cenários para reciclagem de baterias de íons de lítio no Brasil.** 2021. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), São Paulo, 2021. Disponível em <https://repositorio.unesp.br/items/59ed7867-529f-4b84-8a8f-cbcf40330881>. Acesso em: 09/09/2024.

HAMMER, Mick. **How crooks stalled the rise of electric cars for 100 years.** New Scientist, [S. l.], p. -, 6 set. 2019. Disponível em: <https://www.newscientist.com/article/mg23531420-600-how-crooks-stalled-the-rise-of-electric-cars-for-100-years/>. Acesso em: 01/10/2024.

ITDP BRASIL. Infográfico: **O ciclo de vida das baterias dos ônibus elétricos.** 2022. Disponível no em: <https://itdpbrasil.org/infografico-o-ciclo-de-vida-das-baterias-dos-onibus-eletricos/>. Acesso 09/09/2024.

LADISLAU, Emyllaine Lima. Viabilidade do uso de motores elétricos nós coletivos urbanos brasileiros: Ônibus elétricos e híbridos. Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2023. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=VIABILIDADE+DO+USO+DE+MOTORES+EL%C3%89TRICOS+NOS+COLETIVOS++URBANOS+BRASILEIRO%3A%394NIBUS+EL%C3%89TRICOS+E+H%C3%8DBRIDOS&btnG=#d=gs_qabs&t=1727873902365&u=%23p%3D8OofGM1wej0J. Acesso em: 02/10/2024.

LEICHTER, M. Z. **Avaliação do ciclo de vida na transição do transporte público urbano de ônibus convencionais para elétricos em Porto Alegre.** 2023. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/254167>. Acesso 09/09/2024.

LIMA, João Fernandes Mansano. **Análise de viabilidade para o uso de veículos elétricos, com dimensionamento de posto de recarga para ônibus elétricos.** Trabalho de Conclusão de Curso do Mestrado Profissional apresentado na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2023. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=AN%C3%81LISE+DE+VIABILIDADE+PARA+O+USO+DE+VE%C3%8DCULOS+I+EL%C3%89TRICOS%2C+COM+DIMENSIONAMENTO+DE+POSTO+DE++RECARGA+PARA+%C3%94NIBUS+EL%C3%89TRICOS&btnG=#d=gs_qabs&t=1727874152004&u=%23p%3D8ZYVImQS0_8J. Acesso em: 02/10/2024.

PASQUOTTO, GeiseBrizotti. **Mobilidade Urbana Sustentável no Estado de São Paulo.** Periódico Eletrônico do Fórum Ambiental da Alta Paulista, Volume 18, número 2. São Paulo, 2022. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Sustainable+Urban+Mobility+in+the+S%C3%A3o+Paulo+State&btnG=#d=gs_qabs&t=1727876194396&u=%23p%3D9IwOGPfHnXkJ. Acesso em: 02/10/2024.

PIERITZ, Boris. THE STORY OF ELECTRIC BUSES. [S. l.]: MAN Trucks, 2022. Disponível em: <https://www.mantruckandbus.com/en/electrifying-europe-day-1/04-29-deepdive-the-story-of-electric-buses.html>. Acesso em: 06/09/2024.

PLATAFORMA NACIONAL DE MOBILIDADE ELÉTRICA; BARASSA& CRUZ CONSULTING. 2º Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.pnme.org.br/wp-content/uploads/2022/11/2o-Anuario-Brasileiro-de-Mobilidade-Eletrica.pdf>. Acesso em: 01/10/2024.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. SPTrans. Frota Contratada. [S. l.], 1 nov. 2022. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/mobilidade/institucional/sptrans/acesso_a_informacao/index.php?p=245214. Acesso em: 15/09/2024

RAPID TRANSITION ALLIANCE. All aboard the electric bus: modern public transport powered by electricity is coming back quickly, to the benefit of people and the climate. [S. l.], 30 abr. 2019. Disponível em: <https://www.rapidtransition.org/stories/all-aboard-the-electric-bus-modern-public-transport-powered-by-electricity-is-coming-back-quickly-to-the-benefit-of-people-and-the-climate/>. Acesso em: 06/09/2024.

SAMPAIO. Luciano Silva. **Baterias: evolução e sustentabilidade.** Universidade Federal do Pará. Pará, 2021. Disponível em https://bdm.ufpa.br/bitstream/prefix/7008/1/TCC_BateriasEvolucaoSustentabilidade.pdf. Acesso em 08/09/2024

SIEMENS. A detour to success: The world's first electric streetcar. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.siemens.com/global/en/company/about/history/stories/first-electric->

streetcar.html. Acesso em: 6 nov. 2022.

SIENA, O. **Metodologia da Pesquisa Científica: Elementos para elaboração e apresentação de trabalhos acadêmicos**. 201 f. Tese (Mestrado em Administração) – Fundação Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, 2007. Acesso em 03/11/02024.

SHU, Xiong, GUO, Yingfu, YANG, Wenxian, WEI, Kexiang, ZHU, Guanghui. **Avaliação do ciclo de vida do impacto ambiental das baterias utilizadas em automóveis de passageiros elétricos puros**. Energy Reports 7 (2021) 2302–2315. China, 2021. Disponível em main.pdf (sciencedirectassets.com). Acesso em 08/09/2024.

VARGAS, Gabriel Ambrósio. **Análise dos aspectos energéticos de uma frota de ônibus elétricos: infraestrutura de recarga, modelagem de carga e contratação de energia**. Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2023. Disponível em:
https://scholar.google.com.br/scholar?as_ylo=2023&q=artigo+sobre+origem+dos+%C3%B4nibus+el%C3%A9tricos&hl=pt-BR&as_sdt=0,5#d=gs_qabs&t=1726014363417&u=%23p%3Dh3xPrHC9aHAJ. Acesso em: 10/09/2024.