

IMPLANTAÇÃO DE ÔNIBUS ELÉTRICOS NA CIDADE DE SÃO PAULO



SUMÁRIO

Glossário _____ pág. 4

Antes de começar, vamos nos familiarizar com termos-chave para a compreensão do tema

O desafio legal e institucional da eletrificação dos ônibus em São Paulo _____ pág. 6

Análise do cenário anterior à implantação de uma frota mais limpa e a busca por um modelo de negócio para financiar a operação

Planejamento energético traz eficiência e sustentabilidade _____ pág. 10

Estudo e implantação de infraestrutura energética é o primeiro passo para a eletrificação da frota

Teste de desempenho _____ pág. 16

O projeto-piloto ajudou a entender como expandir a eletrificação

Como a Cidade paga a conta? _____ pág. 22

Finalmente, é chegada a hora de conhecer a solução encontrada pela Cidade de São Paulo para promover a viabilidade econômica da eletrificação da sua frota

Recomendações _____ pág. 24

Um apanhado das estratégias adotadas por São Paulo que pode servir como inspiração para outros centros urbanos

Para saber mais _____ pág. 27

Sugestões de leitura para se aprofundar no assunto

COMO LER ESTE DOCUMENTO:

A eletrificação da frota segue em andamento no município de São Paulo e novas discussões podem surgir ao longo deste ano. Esta publicação retrata o momento em que o processo se encontrava em janeiro de 2025.

Caros leitores,

É com grande entusiasmo que apresento a vocês esta publicação dedicada à eletrificação de frotas urbanas de transporte público, inspirada pela experiência pioneira da Cidade de São Paulo. Nas próximas páginas, você vai saber mais sobre as melhores práticas, os desafios enfrentados e as soluções inovadoras que têm transformado o transporte coletivo na maior cidade do Brasil.

Entre outros tópicos, detalharemos não só as estratégias adotadas, como também as lições aprendidas ao longo do caminho. Cada artigo foi pensado como uma referência prática para gestores públicos, operadores de transporte, planejadores urbanos e todos os envolvidos na criação de políticas para o transporte limpo.

Sabemos que a realidade de cada cidade é única e com necessidades diferentes, mas algo será comum em qualquer sistema de transporte público: a importância de se colocar o bem-estar do usuário em primeiro lugar. O foco é sempre na qualidade da mobilidade urbana.

A eletrificação da frota coloca em operação veículos menos poluentes e mais silenciosos. Trata-se de uma mudança gradual, que contou com o suporte da Parceria ZEBRA, iniciativa liderada pelo Conselho Internacional de Transporte Limpo e a C40 Cities com o propósito de acelerar a transição para ônibus de emissão zero na América Latina.

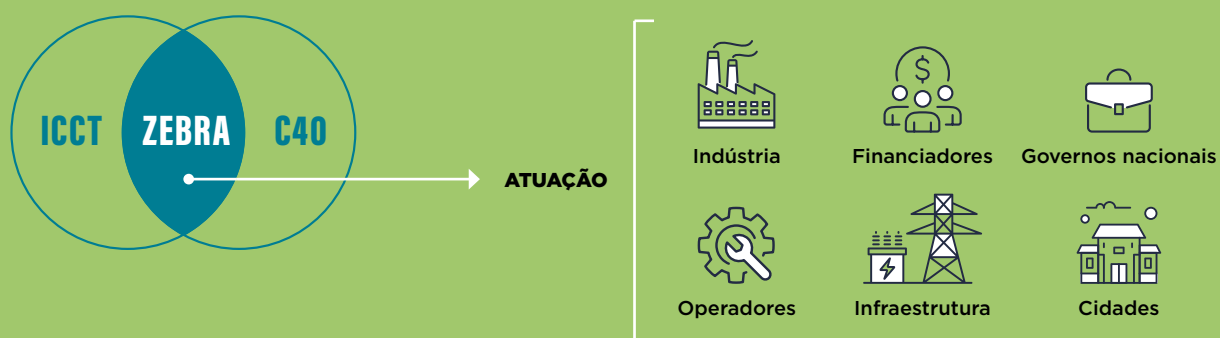
O resultado dos esforços realizados pode ser acompanhado na plataforma E-Bus Radar (ebusradar.org), que apresenta um painel detalhado sobre os ônibus elétricos em circulação nos países e nas cidades da região. Os dados incluem informações sobre os tipos de veículos, fabricantes e ganhos obtidos pela redução das emissões de carbono.

Fornecer subsídios para agentes do setor público, da indústria e dos setores de transporte e energia se engajarem na construção de um futuro mais limpo e eficiente para nossas cidades é um dos objetivos desta publicação. Convidamos todos a explorarem as próximas páginas e esperamos que, juntos, possamos inspirar um novo modelo de mobilidade urbana, com experiências e inovações atuando em conjunto para o bem-estar dos cidadãos.



MARCEL MARTIN
Diretor Geral do ICCT Brasil

© DIVULGAÇÃO



Glossário

CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DA BATERIA

Quantidade máxima de energia armazenada na bateria do veículo, medida em kWh.

EMISSÃO DE ESCAPAMENTO

Poluentes liberados diretamente pelo sistema de exaustão de veículos a combustão, durante a queima de combustíveis. Esses poluentes, como dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado (MP), contribuem para a poluição local e global.

EMISSÃO NO CICLO DE VIDA

Total de emissões de gases e poluentes gerados ao longo de toda a vida útil de um veículo, desde a extração de matérias-primas até a fabricação, uso e descarte. No caso de ônibus, considera-se tanto as emissões diretas, como as de escapamento, quanto as indiretas, como as associadas à produção e transporte de baterias ou combustíveis.

ESTADO DE CARGA

Percentual da energia armazenada em uma bateria, em relação à sua capacidade total disponível.

ESTRATÉGIA DE RECARGA

Planejamento integrado da infraestrutura de recarga (potência, quantidade e localização dos carregadores) e da operação da frota (viagens programadas e eventos de recarga), assegurando o cumprimento da operação prevista e a compatibilidade com as capacidades energéticas disponíveis, considerando a potência dos pontos de recarga e a energia armazenada nas baterias.

FRENAGEM REGENERATIVA

Sistema que converte a energia cinética de um veículo em energia elétrica, durante a desaceleração, utilizando o motor elétrico como gerador para recarregar a bateria.

GASES DE EFEITO ESTUFA

São gases emitidos por meio da queima de combustíveis fósseis que contribuem para o efeito estufa e as mudanças climáticas em escala planetária. Como exemplos, destacam-se: o dióxido de carbono (CO_2), o monóxido de carbono (CO), o metano (CH_4), os óxidos nitrosos (NO_x) e os compostos orgânicos voláteis (VOCs).

ÔNIBUS ELÉTRICOS A BATERIA

Veículo de transporte propulsado por motor elétrico, alimentado por baterias recarregáveis a bordo.

ÔNIBUS HÍBRIDOS (ELÉTRICO-COMBUSTÃO)

Veículos que possuem motor elétrico e motor a combustão interna.

POLUIÇÃO LOCAL

Emissões de poluentes geradas pelo escapamento veicular, tendo impactos negativos na qualidade do ar e saúde da população. Exemplos incluem material particulado (MP), óxidos de nitrogênio (NO_x) e monóxido de carbono (CO).

SAÚDE DA BATERIA

Indicador percentual da capacidade de armazenamento de energia de uma bateria, em relação à sua capacidade original, refletindo sua degradação ao longo do tempo e uso.

TELEMETRIA

Sistema que utiliza sensores para coletar dados sobre parâmetros de operação veicular, como consumo de energia, temperatura, velocidade, localização, aceleração e distância percorrida, entre outros, permitindo o monitoramento e a análise de desempenho.

VEÍCULO ZERO EMISSÃO DE ESCAPAMENTO

Veículo que não gera emissão direta de gases poluentes no escapamento durante o seu uso.

Cidade explora um modelo de financiamento inovador para viabilizar a mobilidade sustentável

O desafio legal e institucional da eletrificação dos ônibus em São Paulo

São Paulo é a cidade com a maior frota de ônibus do Brasil, com mais de 13 mil ônibus, transportando, em média, 2,5 milhões de pessoas por dia, conforme dados disponibilizados no site da empresa São Paulo Transporte S/A (SPTrans), controlada pela Secretaria Municipal de Transporte e Mobilidade Urbana. Conciliar as necessidades de deslocamento de tantas pessoas a um projeto de energia limpa sintetiza o desafio por trás da implementação de ônibus elétricos a bateria na capital paulistana.

O Acordo de Paris, tratado internacional do qual o Brasil é signatário, visa limitar o aquecimento global e combater as alterações climáticas através da redução da emissão de gases de efeito estufa. Para atingir esse objetivo, o setor de transportes deve promover mudanças significativas em todas as modalidades e nas esferas federal, estadual e municipal.

No caso de São Paulo, a Lei Municipal do Clima (Lei nº 14.933/2009), atualizada pela Lei nº 18.225, de 15 de janeiro de 2025, foi pioneira no objetivo de assegurar a redução de emissões em diversos tipos de frotas, entre elas, o transporte público na cidade, estabelecendo a meta de reduzir em 100% as emissões de CO₂ até 2038.

É importante frisar que a Lei do Clima não prioriza nenhuma tecnologia — coube ao município definir, a partir de estudos e da contribuição de parceiros técnicos, a solução adotada para atingir a meta. A SPTrans testou outras tecnologias, como o uso de biocombustível (etanol e biodiesel) e gás natural, e considerou que, no momento, a eletrificação é a alternativa que oferece melhor viabilidade econômica e técnica. Como o Brasil é fabricante desse tipo de veículo, ainda existe um benefício colateral, como afirma Carmen Araujo, Líder



© VANESSA BUMBEERS / UNSPLASH

Regional do ICCT Brasil): "Essa é uma solução que vem sendo adotada também por outros países da América Latina e, como somos exportadores desses veículos, podemos assegurar esses mercados".

Quando a legislação foi atualizada pela primeira vez, em 2018, estava se iniciando um processo licitatório do Serviço de Transporte Coletivo Público de Passageiros na Cidade de São Paulo. Essa conjunção de fatores revelou-se uma oportunidade, já que as novas metas para redução de poluentes acabavam acelerando medidas como a renovação da frota de ônibus para um modelo de zero emissão — condição reforçada no novo contrato.

Ficou definido que as empresas ganhadoras da licitação deveriam apresentar, em 120 dias, um cronograma de composição da frota em conformidade com a nova lei. Além disso, o contrato adicionou metas anuais

de descarbonização e de redução de poluentes locais, permitindo um acompanhamento ao longo do tempo. Houve também uma restrição à aquisição de novos ônibus movidos a diesel para integrar a frota.

Duas questões eram fundamentais para o sucesso da eletrificação da frota. Legislação e edital reforçavam que a introdução de tecnologias mais limpas deveria garantir o equilíbrio econômico e oferecer segurança jurídica.

Coube à prefeitura estudar diferentes modelos de negócio. Na subvenção total, por exemplo, a prefeitura ficaria integralmente responsável por adquirir os ônibus. A principal vantagem, neste caso, seria a tomada de empréstimos a juros mais baixos, comparados àqueles disponíveis a operadores privados. Caso optasse por esse modelo, no entanto, o contrato de concessão daria lugar a um contrato de prestação de serviço. Depois de alguns testes e modelos,



FOTOS: © ADOBE STOCK

a solução foi priorizar um modelo de subvenção parcial, em que: (I) a Prefeitura de São Paulo assina os empréstimos necessários para subsidiar parcialmente a compra, (II) a SPTrans fica encarregada de supervisionar e coordenar os contratos e os aspectos técnicos da operação e (III) as empresas seguem proprietárias dos veículos e responsáveis por custos de operação e manutenção (*ver mais sobre subvenção parcial na pág. 22*).

"A subvenção parcial não exclui outros modelos de negócio, como a compra dos ônibus pela empresa concessionária de energia elétrica, a exemplo do que foi feito no Chile e na Colômbia", explica Carmen.

RISCOS LEGAIS

Antes de contrair os empréstimos necessários para iniciar o processo de renovação de frota na Cidade de São Paulo, a prefeitura realizou uma consulta sobre a legalidade das operações de crédito necessárias para viabilizar os recursos.

A possibilidade de adquirir empréstimos para subvencionar os ônibus elétricos foi o primeiro tema discutido. E, mais diretamente, se haveria alguma contrariedade ao artigo 21 da Lei do Orçamento (Lei nº 4.320/1964), que veta o auxílio para investimentos incorporados ao patrimônio de empresas privadas com fins lucrativos.

O modelo foi aprovado legalmente com base na distinção entre "auxílio" (referente ao orçamento municipal) e "transferências de capital", definidas pela Lei nº 4.320/1964 (art. 12, §6º) como dotações para investimentos ou inversões financeiras, sem necessidade de contraprestação direta. Para fins legais, os empréstimos obtidos pela Prefeitura de São Paulo e repassados para os fabricantes de ônibus elétricos foram classificados como contribuições de capital, originadas numa necessidade específica, legalmente amparada, e para atender ao interesse público. O modelo de subvenção está ao alcance de todas as empresas concessionárias do município, o que respeita o princípio da isonomia, ou seja, a prerrogativa constitucional de que todos os concorrentes tenham igualdade de condições para pleitearem a obtenção de recursos.

Lei do Clima, em números

Em janeiro de 2025, houve a aprovação da Lei nº 18.225/2025 que altera a Lei nº 14.933/2009 e estabelece que a Cidade de São Paulo compromete-se a:

ATÉ 2038



**ZERAR A
EMIÇÃO
DE CO₂.**



**REDUZIR A EMISSÃO
DE NO_x E MATERIAIS
PARTICULADOS EM,
PELO MENOS, 95%.**

Quem é quem no percurso por uma frota mais limpa

PARCERIA ZEBRA

Iniciativa lançada em 2019 para acelerar a implantação de ônibus de emissão zero nas principais cidades da América Latina, liderada pela C40 Cities e pelo Conselho Internacional de Transporte Limpo - ICCT.

C40

Rede global de quase 100 prefeitos das principais cidades do mundo, unidos em ação para enfrentar a crise climática. São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Fortaleza e Curitiba fazem parte do grupo.

ICCT

Conselho Internacional de Transporte Limpo (ICCT, na sigla em inglês). Organização de pesquisa, premiada internacionalmente, independente, sem fins lucrativos e que apoia o desenvolvimento e a implementação eficaz de políticas para mitigar os impactos do setor de transporte nas mudanças climáticas e na saúde pública ao redor do mundo.

PREFEITURA DE SÃO PAULO

Respeitando os dispositivos legais, o papel da Prefeitura de São Paulo é definir metas e mobilizar recursos técnicos e financeiros para o desenvolvimento de uma infraestrutura de transporte coletivo mais eficiente e mais limpa. No sistema de subvenção parcial adotado pela Prefeitura de São Paulo, especificamente, o município desenvolveu um modelo de obtenção de recursos para viabilizar a transição da frota para veículos zero emissão.

SPTRANS

A empresa São Paulo Transporte S/A fiscaliza o cumprimento do contrato e os aspectos técnicos da operação das empresas de transporte coletivo, incluindo o registro e planejamento de frotas.

OPERADORAS

As empresas de transporte coletivo escolhem, adquirem e operam os ônibus elétricos movidos a bateria, assim como se responsabilizam pela manutenção da frota e necessidades associadas a ela — estrutura de recarga e substituição de baterias.

Cronologia da Lei do Clima em São Paulo

2009

Lei Municipal do Clima nº 14.933/2009. Estabelece a redução das emissões de CO₂ em 100% até 2038.

2018

A Lei Municipal nº 16.802/2018 estabelece novas metas: as emissões de escapamento de dióxido de carbono (CO₂) fóssil, material particulado (MP) e óxidos de nitrogênio (NO_x) devem ser reduzidas em 50%, 90% e 80%, respectivamente, em 10 anos; e em 100%, 95% e 95%, em 20 anos.

2021

JULHO

Prefeitura de São Paulo divulga o Programa de Metas 2021-24: compromisso da Prefeitura em adotar uma frota de ônibus mais limpa.

2025

JANEIRO

A Lei Municipal nº 18.225/2025, de janeiro de 2025 é a segunda alteração à lei de 2009. Ela mantém as metas de 2038 (reduzir 100% das emissões de CO₂ de origem fóssil e pelo menos 95% de material particulado e NO_x), mas retira o objetivo intermediário, que estabelecia a redução de 50% das emissões até 2028.

2017

Apenas 1,5% dos ônibus atendiam aos parâmetros definidos pela Lei do Clima.

2019

Início da Parceria ZEBRA, em São Paulo.

2020

OUTUBRO

SPTrans apresenta o cronograma de renovação da frota ao Comitê Gestor do Programa de Acompanhamento da Substituição de Frota por Alternativas mais Limpas do Município de São Paulo (COMFROTA-SP).

2022

OUTUBRO

SPTrans sinaliza a proibição da entrada de novos ônibus a diesel, com exceção de veículos como miniônibus, por falta de oferta desses veículos com tecnologia zero emissão no mercado nacional.



© ADOBE STOCK

**Características operacionais e energéticas orientam
o planejamento e definem a infraestrutura necessária**

Planejamento energético traz eficiência e sustentabilidade

A implementação de uma frota de ônibus elétricos em uma cidade como São Paulo é uma operação desafiadora que, para ser bem sucedida, demanda um planejamento minucioso, detalhando toda a operação.

Para começar, é preciso entender as características de cada linha, em função da extensão do percurso, da frequência dos veículos, do tempo de cada ciclo e da frota para atender à demanda. A partir daí, é possível calcular e instalar a capacidade energética necessária e elaborar um plano de recarga coordenado com os itinerários e pontos de partidas desses ônibus, que inclua o número, o local e a potência dos carregadores. “A transição de ônibus a diesel para elétricos representa uma mudança na estratégia operacional, tendo em vista os ajustes necessários para garantir a autonomia desses veículos e a instalação de uma estrutura de recarga robusta”, afirma Pedro Logiodice, pesquisador do ICCT Brasil.

ESTRATÉGIAS DE RECARGA

Existem duas principais estratégias de recarga para ônibus elétricos: a recarga noturna, que concentra o carregamento nos períodos fora do horário de operação, e a recarga integrada, que conta com o carregamento ao longo do dia (*vide quadro comparativo na pág. 12*).

Em locais onde a infraestrutura elétrica instalada pela concessionária de energia é limitada, a estratégia integrada pode ser vantajosa, uma vez que a recarga noturna precisa de uma potência maior, ainda que por tempo limitado. Como, na recarga integrada, é possível aproveitar os intervalos entre as viagens, ela pode ser especialmente útil em linhas extensas ou de alta frequência, evitando a necessidade de baterias de alta capacidade. Além disso, a distribuição de carregadores em diferentes pontos (garagens, terminais e eletroterminais) pode reduzir a necessidade de investimento em adaptação da rede elétrica, especialmente nos primeiros anos de implementação.

Por fim, o planejamento energético deve considerar, a médio e longo prazo, a adaptação da infraestrutura, com expansão da rede elétrica.

Checklist para dimensionar a infraestrutura



CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS

- ☐ Frequência horária
- ☐ Extensão das linhas
- ☐ Tempo de ciclo



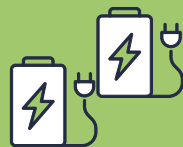
PLANEJAMENTO OPERACIONAL

- ☐ Plano de recarga
- ☐ Plano de partidas dos ônibus



CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS

- ☐ Potência de carregador (kW)
- ☐ Consumo energético das linhas (kWh/km)
- ☐ Capacidade de bateria (kWh)
- ☐ Potência disponível na rede (MW)



DIMENSIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA ELÉTRICA

- ☐ Número de carregadores
- ☐ Dimensionamento da frota a ser carregada
- ☐ Perfil de demanda da potência
- ☐ Local de carregadores

Recarga noturna ou integrada?

Escolha impacta a operação das frotas elétricas e traz desafios de eficiência

RECARGA NOTURNA



estratégia

Realizada apenas durante a noite, quando a maior parte dos ônibus estão fora de operação.

potência

Requer maior potência disponível na garagem, concentrando a carga durante a madrugada.

planejamento

Requer planejamento mais simples, especialmente no início da eletrificação da frota.

★ DESAFIO:

demanda uma maior potência concentrada, o que pode exigir adaptações na rede elétrica que impactam em maiores custos.

+ BENEFÍCIO:

menor interferência na operação diária dos ônibus, facilitando o planejamento.



CARREGADORES NA GARAGEM

Como o carregamento é concentrado à noite, é preciso ter a quantidade necessária de carregadores que garantam uma frota totalmente carregada antes do início das operações diárias.



DEMANDA DE POTÊNCIA CONCENTRADA

Este modelo exige que a rede elétrica tenha capacidade para suportar um pico, por conta do consumo elevado durante a madrugada, o que pode exigir subestações específicas para transformar a tensão e garantir a estabilidade da rede.



ESPAÇO NA GARAGEM

Os ônibus permanecem estacionados por períodos mais longos; então, o espaço deve acomodar a frota completa e os carregadores, durante a noite, para o carregamento.

RECARGA INTEGRADA

estratégia

Realizada ao longo do dia, entre as viagens, permitindo mais flexibilidade.

potência

Reduz picos de potência, pois o carregamento é distribuído em intervalos ao longo do dia.

planejamento

Requer planejamento detalhado da operação, para evitar impacto nas saídas programadas.



CARREGADORES DISTRIBUÍDOS EM GARAGENS, TERMINAIS E ELETROTERMINAIS

Como a recarga acontece durante o dia, é importante ter carregadores não apenas na garagem, mas também em pontos intermediários, como terminais de ônibus e eletroterminais, permitindo que os veículos recarreguem entre as viagens.



MENOR POTÊNCIA NECESSÁRIA PARA RECARGA

O número de carregadores pode ser menor, já que o carregamento é distribuído ao longo do dia. Isso também pode reduzir ou eliminar a necessidade de adaptação da rede elétrica.



PLANEJAMENTO DOS LOCAIS DE RECARGA

É importante que os carregadores estejam estrategicamente posicionados, para permitir o carregamento sem impactar a operação nem a disponibilidade dos ônibus.

★ DESAFIO:

requer coordenação cuidadosa para evitar atrasos nos horários de saída dos ônibus.

+ BENEFÍCIO:

sem a necessidade de grandes picos de potência, o custo de infraestrutura é menor. A infraestrutura elétrica é utilizada ao longo de todo o dia e entre as viagens.

A IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO

Uma frota de ônibus elétricos eficiente depende de monitoramento contínuo, o que inclui os itens a seguir:

TELEMETRIA

Fornece dados essenciais para analisar o desempenho energético dos ônibus, incluindo variações de consumo devido à topografia e aos padrões de uso. O uso de telemetria embarcada permite que gestores acompanhem em tempo real o estado da carga, a regeneração de energia e o consumo por quilômetro. Esses dados facilitam ajustes operacionais e a identificação de falhas. Quando integrados ao planejamento, permitem aprimorar estratégias de recarga e definir as características das baterias, ampliando a autonomia, a eficiência e a vida útil dos veículos.

SAÚDE DAS BATERIAS

Com o tempo, as baterias vão perdendo sua capacidade de armazenamento. É preciso monitorar esta degradação, que pode ser mais intensa nos primeiros

anos, para adequar o uso em função da perda de autonomia do veículo e para definir o momento da troca. É importante escolher fornecedores que compartilhem dados detalhados sobre a capacidade ao longo do ciclo de vida do produto.

DESEMPENHO EM ROTAS REAIS

Este teste é fundamental para entender qual fabricante oferece melhor custo-benefício. Comparar os veículos nas mesmas rotas permite identificar as diferenças que impactam o custo total de propriedade (*ver box abaixo*) e a viabilidade em longo prazo.

TREINAMENTO DOS MOTORISTAS

Um ônibus elétrico consome cerca de quatro vezes menos energia por quilômetro em comparação a modelo similar movido a diesel. Essa eficiência deve-se, em parte, ao sistema de regeneração, que converte frenagens em eletricidade para recarregar as baterias. Por isso, é importante treinar os motoristas com técnicas de condução que favoreçam a regeneração de energia, maximizando, assim, a eficiência energética.

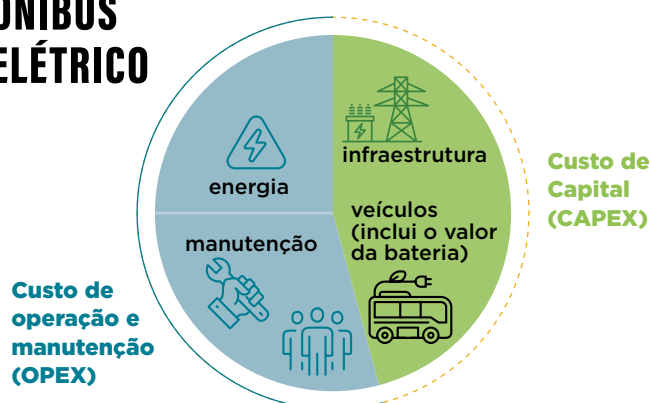
Custo total de propriedade (TCO)

O conceito de TCO (*Total Cost of Ownership*) oferece uma avaliação completa dos custos envolvidos na operação de ônibus elétricos ao longo de sua vida útil. Inclui tanto custos iniciais, como os associados ao veículo, bateria e infraestrutura de recarga, quanto os custos operacionais, como o consumo de energia e a manutenção. A eficiência nas operações diárias é essencial para reduzir o TCO. No caso dos ônibus elétricos, apesar do custo inicial do veículo ser maior, a operação é mais econômica devido à sua eficiência energética. Consequentemente, quanto mais este veículo opera, mais se aproxima da paridade com os modelos a diesel, tornando-se especialmente vantajoso em linhas de alta quilometragem. Veja o comparativo abaixo:

ÔNIBUS DIESEL



ÔNIBUS ELÉTRICO



Qual é o papel da C40 na organização da Parceria ZEBRA?

A Parceria ZEBRA ocorre entre a C40 e o ICCT. A C40 tem a liderança e a responsabilidade de se engajar com as cidades, de maneira ampla: secretarias, prefeito, empresas de transporte municipal e agências. Também somos responsáveis por buscar investidores interessados em financiar projetos de eletromobilidade.

Como é o trabalho de vocês junto às prefeituras?

Nosso papel é integrar eficiência técnica e compromisso político. A Cidade de São Paulo é um exemplo desse esforço conjunto. Quando Ricardo Nunes assumiu a prefeitura, já existia o compromisso de implementar ônibus elétricos na cidade. Para o projeto avançar, o prefeito, pessoalmente, solicitou um relatório sobre os impactos que essa transição teria na saúde da população. Fizemos esse relatório e ele sempre menciona a importância dessas informações para lidar com conflitos políticos e para conseguir a subvenção de ônibus elétricos.

E existe um apoio mais prático também?

Sim, tudo começa com um compromisso político, mas o plano em si traz metas e ações muito específicas, várias delas relacionadas à eletromobilidade. Integramos agentes como a Secretaria da Fazenda, a SPTrans e a Secretaria de Relações Internacionais para colocar o projeto em ação — e, nesse ponto, o apoio da equipe técnica é fundamental, ao oferecer a segurança necessária para que os prefeitos comprometam-se a adotar uma nova tecnologia.

Ainda existem dúvidas sobre a viabilidade dos ônibus elétricos?

Já passamos da fase da incerteza, existem muitos dados e experiências disponíveis que devem ser usados como referência. Uma das perguntas mais comuns envolve o custo dos ônibus elétricos, que é mais alto. Mas já existem mecanismos financeiros para amortizar esse custo — sem contar os ganhos para a saúde, para a qualidade do ar, a redução da poluição sonora. São muitos os benefícios para a cidade; a redução na emissão de poluentes é um deles. Nós sempre buscamos entender qual é a prioridade de cada prefeito, para apresentar os dados que façam sentido naquela ocasião.

E existe alguma articulação do C40 de amplitude nacional?

Sim, estamos trabalhando com o Governo Federal do Brasil, principalmente com a Secretaria Nacional de Mobilidade Urbana (SEMOB) do Ministério das Cidades, para ter uma política a nível nacional, como ocorre no Chile, na Colômbia e no México. Precisamos de uma política nacional com metas, incentivos econômicos e prazos, para que as cidades possam avançar mais rápido nessa transição. Algo como “a partir de 2030, os ônibus a diesel não podem mais rodar”, por exemplo, obrigaria os fabricantes a se movimentarem.

Os fabricantes nacionais conseguem atender à demanda interna de ônibus elétricos?

Cada cidade tem especificações diferentes para os ônibus elétricos, então essa resposta depende do projeto de cada cidade. Mas o nosso mercado já está mais estruturado: as empresas já oferecem ônibus para teste, existe um serviço de pós-venda. Em 2019, fizemos um evento e havia um fabricante local e dois internacionais, com representação local, presentes. Acabamos de fazer outro evento semelhante e já eram oito fabricantes com presença aqui — e mais três ou quatro interessados em vir para o Brasil. Existe um aumento claro de disponibilidade de ônibus elétricos no mercado.



© DIVULGAÇÃO

ILAN CUPERSTEIN,
Diretor Regional para a
América Latina da C40

Dois modelos de carroceria, operando em uma linha de 30 km, tiveram a performance avaliada durante um ano

Teste de desempenho

As vantagens da adoção de ônibus elétricos a bateria são evidentes: ausência de emissão de poluentes pelo escapamento, circulação mais silenciosa e custos operacionais menores, por exemplo. Mas quais seriam os desafios envolvidos na implantação deste tipo de veículo, especialmente em cidades com grandes populações?

Para seguir na implementação da tecnologia elétrica e cumprimento da Lei do Clima, a Cidade de São Paulo decidiu realizar testes para monitorar, de 21 de janeiro a 31 dezembro de 2021, o desempenho de dois ônibus elétricos de um projeto-piloto implantado na capital paulista.

O PROJETO-PILOTO

Em outubro de 2018, o município lançou, em parceria com a fabricante BYD, o projeto-piloto que introduziu 18 ônibus elétricos a bateria à frota da empresa Transwólf, que continuam em operação hoje em dia. A linha selecionada foi a 6030-10 (Unisa – Campus 1 / Terminal Santo Amaro), que é operada todos os dias da semana e tem cerca de 30 km de extensão e distância média de 388 metros entre as paradas.

Os 18 ônibus elétricos do projeto-piloto foram produzidos pela BYD em parceria com a Caio e a

Marcopolo, duas encarroçadoras brasileiras, sendo 12 deles com carroceria Caio, e os outros seis, Marcopolo. Apesar das diferenças de carroceria, todos os ônibus têm o mesmo modelo de chassi e bateria. Possuem 12,9 metros de comprimento, capacidade para transportar até 72 passageiros e seus pesos vazios são próximos (com diferença de cerca de 1%).

Para o projeto-piloto, a BYD alugou as baterias pelo prazo da vida útil do ônibus (15 anos), mediante pagamentos mensais. A empresa é a proprietária de todas as baterias e se responsabiliza pela sua adequação à operação ao longo do projeto. A recarga dos ônibus foi feita na garagem da Transwólf.

Dois ônibus desta frota, um de cada carroceria, foram escolhidos para monitoramento por telemetria: dados de posição, desempenho do motor elétrico e consumo de energia em tempo real foram gerados neste período. Outros dados não estavam disponíveis para esta análise, como os dados detalhados sobre a quantidade de passageiros transportados por viagem, o que influencia no peso total transportado.

A análise comparativa, ainda que restrita a uma experiência, traz detalhes e aprendizados que contribuem para aprimorar o entendimento dos desafios e dos benefícios na eletrificação da frota.



Como foi o teste, em números

LINHA: 6030-10 (Unisa – Campus 1 / Terminal Santo Amaro) EXTENSÃO DA LINHA: 30 km	DISTÂNCIA MÉDIA ENTRE AS PARADAS: 388 m TAMANHO DOS VEÍCULOS: 12,9 m de comprimento	CAPACIDADE: até 72 passageiros MÉDIA DIÁRIA DE VIAGENS: 5 (de 1 a 7,5 viagens)	QUILOMETRAGEM DIÁRIA MÉDIA PLANEJADA EM DIA ÚTIL: 188 km	CAPACIDADE DA BATERIA: 324 kWh (inclui a reserva técnica indicada pelo fabricante)
---	--	---	---	---

	<h2>Distância percorrida</h2> <p>Ônibus de uma mesma linha podem percorrer distâncias diárias diferentes, já que a quantidade de veículos em operação é maior nos horários de pico. Os 2 veículos monitorados rodaram no máximo 261,2 km por dia.</p>	<h2>Velocidade média</h2> <p>As velocidades médias diárias variaram pouco na amostra. No geral, nos dias em que os ônibus tiveram médias mais altas, o consumo de energia foi menor, possivelmente devido a menos trânsito ou menos paradas para embarque e desembarque.</p>	<h2>Autonomia</h2> <p>A distância que esses veículos conseguem percorrer com uma recarga completa é chamada de autonomia e depende da capacidade da bateria (em kWh) e do consumo de energia (kWh/km).</p>
ÔNIBUS 1	<p>MÉDIA PERCORRIDA POR DIA</p> <p>177,1 km</p> <p>PERCORREU ENTRE 100 KM E 250 KM EM</p> <p>87,3% DOS DIAS</p>	<p>VELOCIDADE MÉDIA</p> <p>14,1 km/h</p>	<p>AUTONOMIA ESTIMADA, JÁ CONSIDERANDO UMA RESERVA OPERACIONAL DE 20%</p> <p>entre 175,9 km e 264,3 km</p>
ÔNIBUS 2	<p>MÉDIA PERCORRIDA POR DIA</p> <p>166,1 km</p> <p>PERCORREU ENTRE 100 KM E 250 KM EM</p> <p>79,2% DOS DIAS</p>	<p>VELOCIDADE MÉDIA</p> <p>13,6 km/h</p>	<p>AUTONOMIA ESTIMADA, JÁ CONSIDERANDO UMA RESERVA OPERACIONAL DE 20%</p> <p>entre 138,9 km e 262 km</p>



© DANIEL ALEIXO

Recarga

A recarga dos veículos monitorados acontece na garagem do operador com carregadores com 80 kW de potência, mais de uma vez ao dia.

TEMPO
MÉDIO DIÁRIO
DE RECARGA
3,6 horas

MÉDIA DO NÚMERO
DE RECARGAS
POR DIA
1,86

Período ocioso

Tempo em que o ônibus está parado, mas com a ignição ligada (embarque e desembarque, paradas em semáforos). Nesses casos, o consumo de energia mantém funcionando sistemas de ar-condicionado e iluminação.

MÉDIA DA ENERGIA
DIÁRIA CONSUMIDA EM
PERÍODO OCIOSO
9,6%
[0% - 40,2%]

Frenagem regenerativa

É a energia recuperada durante a frenagem, convertida em energia elétrica e armazenada nas baterias.

REGENEROU DE 40% A
50% DA BATERIA POR
FRENAGEM EM
57,9%
DOS DIAS

Consumo de energia

Energia líquida é o total que saiu da bateria menos a energia gerada pela frenagem regenerativa ao longo do dia. O consumo de energia é calculado dividindo-se a energia líquida pela distância percorrida.

MÉDIA DA ENERGIA
LÍQUIDA DIÁRIA
224,40 kWh

CONSUMO
DE ENERGIA
1,19 kWh/km
(0,94 kWh/km –
1,94 kWh/km)

TEMPO
MÉDIO DIÁRIO
DE RECARGA
3,8 horas

MÉDIA DO NÚMERO
DE RECARGAS
POR DIA
1,67

MÉDIA DA ENERGIA
DIÁRIA CONSUMIDA EM
PERÍODO OCIOSO
11,9%
[0% - 35,4%]

REGENEROU DE 40% A
50% DA BATERIA POR
FRENAGEM EM
33,7%
DOS DIAS

MÉDIA DA ENERGIA
LÍQUIDA DIÁRIA
224,35 kWh

CONSUMO
DE ENERGIA
1,27 kWh/km
(0,99 kWh/km –
2,29 kWh/km)



© ADOBE STOCK

VOCÊ SABIA?

A importância da elaboração de um Manual Técnico

O Manual dos Padrões Técnicos de Veículos de Tração Elétrica, elaborado pela SPTrans em outubro de 2023, estabelece requisitos e indicadores técnicos essenciais para a operação, manutenção e infraestrutura de recarga. Com mais de 100 páginas, o documento orienta a eletrificação da frota urbana de São Paulo, tornando-se uma referência não apenas para a capital paulista, mas também para outras cidades em busca da descarbonização de suas frotas.

Alguns fatores que influenciam a operação

CLIMA E TEMPERATURA

Houve um menor consumo médio de energia a partir de maio e um ligeiro aumento em agosto, setembro e novembro. Em meses de inverno as temperaturas costumam cair, nesta região, e há menor uso de ar-condicionado — um dos principais responsáveis pela parcela de consumo de energia dos acessórios. Outros fatores não foram medidos na pesquisa, mas podem influir em um maior uso do ar-condicionado, como o peso transportado, a temperatura adotada e até mesmo a frequência de abertura das portas.

CUSTO DA RECARGA

Por dia, a energia total recarregada é de, em média, 220 kWh para os dois veículos, com 70% das recargas feitas no período noturno (entre as 20h e as 4h). É preciso considerar ainda que, como o custo da eletricidade na Cidade de São Paulo é maior no horário de pico (entre as 17h30 e as 20h30), este intervalo foi evitado no planejamento de recarga.

VARIAÇÃO DE VELOCIDADE DOS VEÍCULOS

De modo geral, baixas velocidades médias de ônibus urbanos decorrem de eventos de aceleração e desaceleração. Assim, velocidades médias maiores podem indicar menos oscilações e, consequentemente, menor consumo. Os ônibus monitorados operam na mesma linha: percorrem o mesmo trajeto, têm as mesmas paradas. Variações de velocidade média devem-se a congestionamentos, oscilações na demanda, estilo de condução do motorista e frequência de embarque e desembarque de passageiros.

TREINAMENTO E EFICIÊNCIA

A maneira de dirigir o veículo impacta diretamente no consumo de energia. Ao longo do ano, houve um aumento geral da regeneração, o que pode ser reflexo da adaptação dos motoristas à condução do veículo elétrico e à frenagem regenerativa.

Qual a importância da Parceria ZEBRA para a Cidade de São Paulo?

Essa parceria é super estratégica para a Cidade de São Paulo, já que estamos lidando com uma mudança tecnológica que não é trivial em termos operacionais. Havia uma incerteza muito grande em relação à viabilidade técnica e financeira de se realizar esses investimentos para a redução das emissões.

Em que sentido essa escolha de tecnologias não era óbvia?

A lei não fala exatamente em eletrificação de frota, mas de metas de redução de emissão de gases de efeito estufa e material particulado. Em 2018, ficou estabelecido que isso ocorreria de forma faseada, com a possibilidade de cumprir as metas de diferentes formas — e tecnologias distintas competindo por esse espaço. Além dos ônibus elétricos, pleiteou-se a tecnologia a gás e os biocombustíveis como uma etapa intermediária na redução das emissões.

Quais eram as dúvidas relacionadas aos ônibus elétricos?

Não tínhamos, por exemplo, conheci-

mento a respeito de como funcionam as baterias. Qual é o tempo de vida delas? Quanto custará uma bateria daqui a dez anos, quando ela precisará ser trocada? Será que essa bateria vai perder muito do seu rendimento, quando for ultrapassada a vida útil que o fabricante apresenta? Ou, embora perca rendimento, ela não chega a perder o suficiente a ponto de se tornar inviável? Essas questões ainda estão em aberto e a Parceria ZEBRA nos ajuda a receber atualizações de outros entes que estão mais avançados do que nós neste tema da descarbonização.

Para inspirar as cidades que ainda estão no início deste processo, quais foram os grandes acertos da estratégia adotada em São Paulo?

Acho que o primeiro grande acerto foi a Secretaria da Fazenda se envolver desde o início do projeto. As equipes técnicas da SPTrans não tinham o conhecimento necessário do mercado financeiro para pensar em alternativas. Ter contado com várias fontes de financiamento diferentes, sabendo as vantagens e as desvantagens de cada credor, também foi essencial.

E qual a contribuição da Parceria ZEBRA neste processo?

Quando a gente desenvolveu o modelo de subvenção parcial e fez a nossa análise de viabilidade econômica e jurídica, convidamos parceiros da Prefeitura para uma avaliação crítica. Ao fazer isso, ganhamos não só incentivadores, mas parceiros na defesa do modelo. Estamos todos unidos, dispostos a compartilhar os detalhes da operação para outras cidades que talvez tenham interesse em seguir por um caminho parecido com o nosso, o que também ajuda a fortalecer o nosso modelo. Ter os bancos ao nosso lado (Banco do Brasil, Caixa Econômica Federal, BNDES e BID) ajuda a comprovar que nosso modelo é seguro.



© DIVULGAÇÃO

LUIS FELIPE ARELLANO,
Secretário da Fazenda do
Município de São Paulo

Modelo de subvenção parcial estimula investimentos em ônibus elétricos

Como a Cidade paga a conta?

A Cidade de São Paulo desenvolveu um modelo de negócio que facilita a transição de ônibus a diesel para os ônibus elétricos e que inova na maneira como o operador de transporte público é remunerado. Neste modelo, conhecido como subvenção parcial, os custos envolvidos na aquisição de ônibus elétricos, por parte dos operadores, são os mesmos na comparação com ônibus a diesel, além de continuarem responsáveis pelos custos associados à infraestrutura de recarga.

O governo municipal, por sua vez, cobre a diferença de custos entre o preço de um ônibus elétrico e um ônibus a diesel, segundo um valor máximo por ônibus, estipulado pelo próprio governo municipal. O fluxo de caixa líquido da operadora, resultante dos investimentos em ônibus elétricos e outros investimentos de capital, deve corresponder a uma taxa interna de retorno (TIR) de 9,1%, definida nos contratos assinados a partir de 2019.

A TIR indica como a cidade remunera os operadores por investimentos de capital, incluindo a compra de ônibus elétricos. É por isso que delegar a aquisição dos ônibus elétricos para os operadores sairia mais caro para os cofres municipais — qualquer investimento extra exigiria a remuneração de 9,1%.

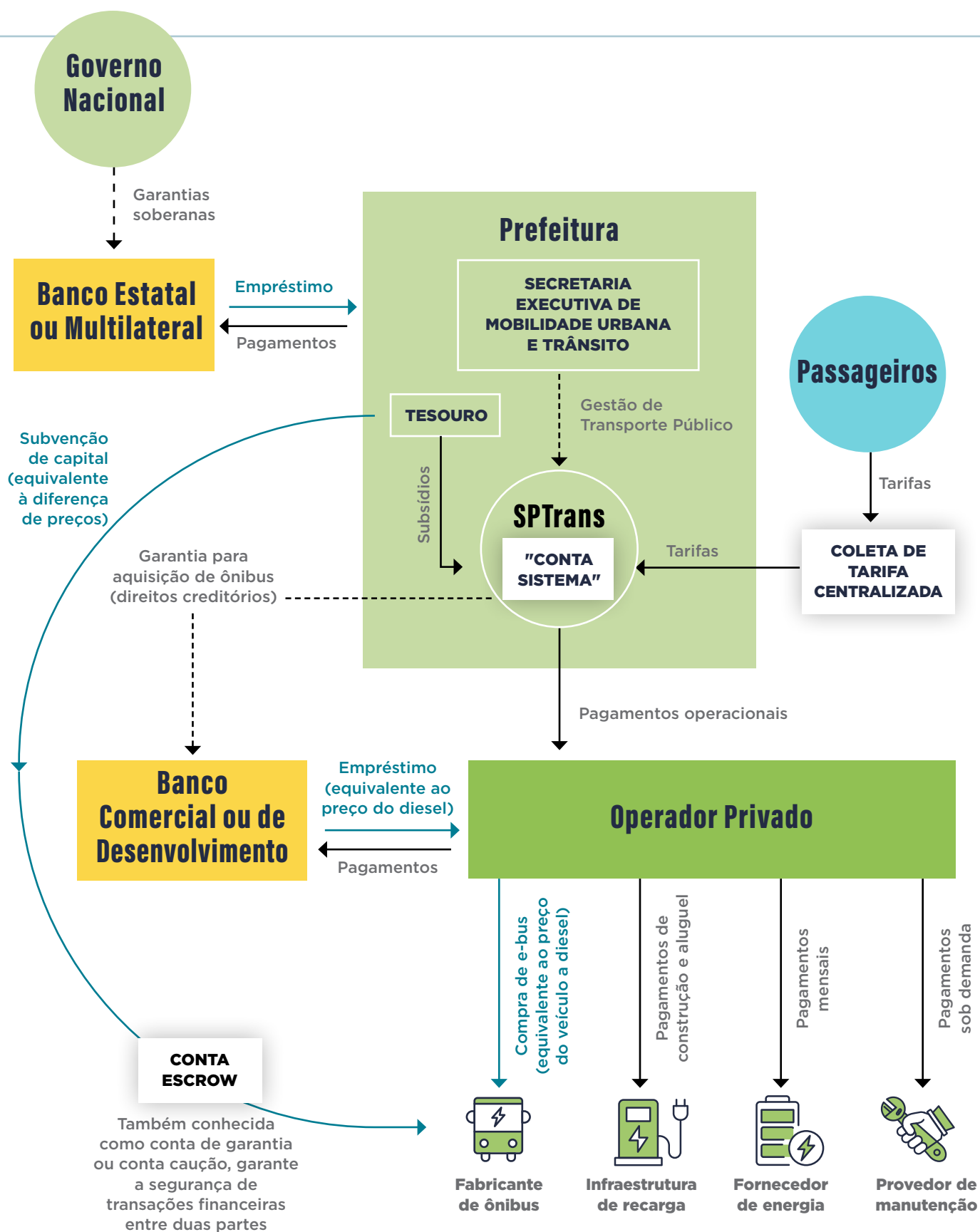
A solução encontrada pela prefeitura foi tomar

empréstimos junto a bancos estatais e de desenvolvimento para, em seguida, transferir a diferença de preço entre os ônibus elétricos e aqueles a diesel como um pagamento direto do governo municipal aos fabricantes. Isso faz sentido porque a cidade consegue obter recursos com taxas de juros mais favoráveis (cerca de 3,4% ao ano), quando comparadas à TIR de 9,1% presente nos contratos com as operadoras.

VANTAGENS MULTILATERAIS

O modelo de subvenção parcial possibilitou que a prefeitura cumprisse os contratos firmados com as empresas de ônibus, economizando recursos (a economia estimada é de R\$ 4,8 bilhões em 12 anos, conforme legislação tributária de 2023). Além disso, respeita a autonomia dessas empresas, já que permite que os operadores escolham o fornecedor de ônibus elétrico sem nenhuma interferência. A subvenção da prefeitura obedece ao teto estipulado.

Segundo essa proposta, a manutenção dos ônibus elétricos também está a cargo dos operadores, que permanecem com a propriedade dos veículos e são responsáveis pelos custos de infraestrutura de carregamento, substituição e manutenção de baterias.



LEGENDA





©DANIEL ALEIXO / PARCERIA ZEBRA

Experiência de São Paulo oferece aprendizados para expandir o transporte sustentável em centros urbanos

Recomendações

A implementação de ônibus elétricos é uma solução promissora para a mobilidade limpa, mas as melhores estratégias para essa transição variam conforme as características e necessidades específicas de cada cidade.

São Paulo, uma das cidades pioneiras na eletrificação do transporte público no Brasil, traz aprendizados que podem servir como ponto de partida para outros centros urbanos. “O principal objetivo será sempre a melhora da qualidade do serviço para os usuários do sistema de transportes. A eletrificação oferece essa melhora e ainda traz benefícios ambientais”, afirma Carmen Araujo, Líder Regional do ICCT Brasil. A seguir, veja quatro recomendações para cidades que buscam iniciar ou expandir a eletrificação de suas frotas.

1



Diagnóstico do sistema de transporte público

O primeiro passo é realizar uma avaliação das oportunidades de qualificação do sistema, para garantir que os benefícios da eletrificação sejam maximizados. Isso inclui o mapeamento detalhado do sistema, identificando as rotas mais movimentadas, as linhas com maior nível de poluição e os pontos críticos em termos de lotação e tempo de espera — o que se traduz em uma oportunidade de melhorar o serviço à população após a análise da programação.

MAPEAMENTO DE USUÁRIOS:

esta etapa envolve a análise da demanda ao longo do dia, do nível de ocupação dos ônibus, do tempo de espera e da tarifa. Com isso, a cidade pode priorizar as rotas que mais se beneficiariam com a eletrificação. Em São Paulo, por exemplo, linhas de alta demanda e longas distâncias, onde os ônibus a diesel geram mais emissões, são ideais para a eletrificação.

PRIORIZAÇÃO DE LINHAS PARA ELETRIFICAÇÃO:

nem todas as linhas precisam ser eletrificadas ao mesmo tempo, especialmente em cidades com frotas amplas. A análise do impacto ambiental e

da demanda de cada linha ajuda a identificar prioridades. Linhas que atendem áreas densamente povoadas e com altos índices de poluição são boas candidatas a prioritárias.

REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS:

o objetivo principal de qualquer sistema de transporte público é proporcionar deslocamento eficiente, acessível e sustentável. A eletrificação diminui as emissões de carbono, melhorando a qualidade do ar, e reduz a emissão de ruídos. O uso de ônibus elétricos, que não possuem emissões de escapamento, contribui para uma mobilidade urbana mais sustentável.



Avaliação dos modelos de negócios e contratação

É fundamental estabelecer um modelo de negócio sólido, com estratégias de financiamento claras e contratos bem estruturados. São Paulo optou pela subvenção parcial, em que o poder público assume uma parte dos custos para viabilizar o projeto, permitindo a implementação gradual da frota.

MODELO DE NEGÓCIO:

a escolha deve considerar a realidade econômica e social da cidade, bem como as necessidades locais. O modelo pode envolver parcerias público-privadas (PPPs), concessões com operadores privados, ou o poder público pode assumir a operação. Em São Paulo, a subvenção parcial foi a alternativa para lidar com os altos custos iniciais.

FINANCIAMENTO:

o financiamento de uma frota elétrica é um dos principais desafios e cada cidade deve considerar opções que promovam um fluxo de caixa estável e sustentável para a operação.

Podem ser explorados financiamentos internacionais com instituições que apoiam projetos de sustentabilidade, parcerias com empresas privadas, e até mesmo incentivos fiscais.

MODELO DE CONTRATO:

um contrato bem estruturado assegura o cumprimento dos objetivos de performance ambiental e operacionalidade. Contratos de longo prazo, que detalhem as obrigações dos operadores em relação ao desempenho ambiental e à manutenção da frota, são uma boa prática. Pontos de atenção incluem metas claras de redução de emissões e cláusulas sobre a atualização tecnológica dos veículos ao longo do tempo.



Análise de Dados para Tomada de Decisão

Comparar o desempenho de diferentes modelos de ônibus elétricos e de seus fabricantes permite uma escolha mais informada e aumenta a eficiência do investimento em frotas.



ANÁLISE DE DESEMPENHO:

ao comparar diferentes soluções, é importante considerar ônibus de variados portes e especificações. Ônibus articulados, por exemplo, podem atender melhor linhas de alta demanda, enquanto modelos menores são mais eficientes para rotas de menor circulação. Além disso, a eficiência energética e a durabilidade da bateria são fatores que impactam o custo total de operação e a eficácia da frota.



INFORMAÇÃO COMO FERRAMENTA DE DECISÃO:

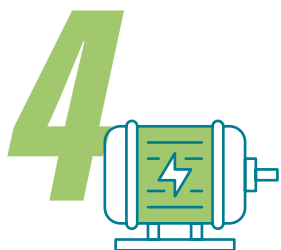
Reunir dados de desempenho comprovados

ajuda a fazer escolhas mais acertadas, com a adoção das melhores práticas.



CRIAÇÃO DE UMA BASE DE DADOS COLETIVA:

A criação de uma base de dados colaborativa, entre cidades que utilizam ônibus elétricos, poderia contribuir para uma transição mais planejada. As cidades poderiam comparar informações sobre o desempenho de diferentes modelos e fabricantes em itens como durabilidade, eficiência energética, necessidades de manutenção, entre outros. Isso proporcionaria um banco de dados valioso para os gestores.



Planejamento da demanda energética e infraestrutura de recarga

Uma estratégia de recarga bem planejada é essencial para garantir a operação contínua e eficiente dos ônibus elétricos. O planejamento energético e a escolha das estratégias de recarga impactam diretamente o desempenho da frota e a estrutura de custos do sistema.



ESTRATÉGIA DE RECARGA:

a recarga noturna concentra o carregamento dos ônibus fora de sua operação. A recarga integrada ocorre ao longo do dia, entre as viagens, permitindo um uso mais flexível da infraestrutura, mas requer planejamento detalhado para que os veículos estejam disponíveis para as viagens programadas.



INFRAESTRUTURA DE RECARGA:

a localização dos pontos de recarga em locais estratégicos é fundamental, principalmente nas rotas de maior demanda. A instalação de carregadores em terminais, por exemplo, permite que os ônibus se recarreguem ao longo do dia, reduzindo a necessidade de retorno à garagem.



POTÊNCIA DISPONÍVEL NA REDE ELÉTRICA:

a infraestrutura de recarga precisa considerar a capacidade da rede elétrica de fornecer energia para a frota. Podem ser necessárias subestações e adaptações para aumentar a capacidade da rede e suportar o aumento da demanda, sem prejudicar outros setores.



MONITORAMENTO E OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO:

a telemetria dos ônibus, que monitora o consumo de energia e a regeneração durante a frenagem, é uma ferramenta valiosa, pois permite o ajuste da operação com dados reais, garantindo eficiência. Com dados precisos sobre o uso da energia, o sistema de transporte público pode reduzir desperdícios e otimizar custos operacionais.

PARA SABER MAIS

Sugestões de leitura para se aprofundar no assunto

1. Análise operacional de ônibus elétricos a bateria em São Paulo. Disponível em: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/11/brazil-hvs-ZEBRA-analise-operacion-onibus-eletricos-Sao-Paulo-nov22-1.pdf>
2. Planejamento para implantação de ônibus elétricos: operação e monitoramento. Pedro Logiodice / ICCT Brasil. São Paulo, 2025.
3. Análise da implantação de ônibus zero emissão na frota de um operador de ônibus da Cidade de São Paulo. Disponível em <https://theicct.org/publication/ze-hvs-sao-paulo-brazil-mar22/>
4. Financiando ônibus elétricos em São Paulo: o modelo de subvenção parcial. Disponível em: <https://ebusradar.org/financiando-onibus-eletricos-em-sao-paulo-o-model-ode-subvencao-parcial/>
5. Benefícios da entrada exclusiva de ônibus de emissão zero na frota de São Paulo. Disponível em: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/11/Beneficios-ZEBRA-A4-v3.pdf>
6. *Investing in electric bus deployment in Latin America - Overview of opportunity and market readiness*. Disponível em: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/ZEBRA-market-readiness-pitch-sept2020.pdf>
7. *Compromisos de fabricantes*. Disponível em: <https://theicct.org/sites/default/files/publications/ZEBRA-commitments-fs-dec2020.pdf>
8. Manual dos Padrões Técnicos de Veículos – Tração Elétrica. Disponível em: <https://www.sptrans.com.br/media/13804/manual-dos-padrones-tecnicos-veiculo-eletrico-outubro-2023.pdf>



MARCEL MARTIN
Diretor Geral do ICCT Brasil

OSCAR DELGADO
Diretor do Programa de Veículos Pesados
e Líder da Parceria ZEBRA no ICCT

CARMEN ARAUJO
Líder Regional Brasil

PEDRO LOGIODICE
Pesquisador Associado

DANIEL ALEIXO
Especialista em Comunicação



ILAN CUPERSTEIN
Diretor Regional para a América Latina

THOMAS MALTESE
Gerente Sênior da Parceria ZEBRA

EDUARDO SIQUEIRA
Gerente de Projeto da Parceria ZEBRA

NICOLLE KONAI
Gerente de Investimentos e Parcerias

GUILHERME MACIEIRA
Assistente de Projeto da Parceria ZEBRA

Coordenação, projeto editorial e gráfico
CASA36

Pesquisa, entrevistas e redação
JULIANA PARENTE

Entrevistados:
CARMEN ARAUJO, ILAN CUPERSTEIN
E LUIS FELIPE ARELLANO

Revisão de Prova
LÍVIA DE ALMEIDA

Fotos
Adobe Stock, Divulgação, Parceria ZEBRA,
SPTrans e Unsplash (creative commons)

Citar como:
Parceria ZEBRA (2025): Implantação
de ônibus elétricos na Cidade de
São Paulo: experiências e aprendizados.
São Paulo — SP | Brasil

1ª edição: janeiro de 2025