

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



CATEGORIA 2

MITIGAÇÃO E GESTÃO DAS EMISSÕES DE CARBONO

NO CICLO DE VIDA DOS EMPREENDIMENTOS DO METRÔ DE SÃO PAULO

INTRODUÇÃO

O Metrô de São Paulo tem um papel essencial para o desenvolvimento sustentável da Região Metropolitana de São Paulo-RMSP. Ao promover a mobilidade e a acessibilidade da população em consonância com as transformações socioeconômicas, urbanas e ambientais, cria condições para o alcance da metrópole do futuro.

A mobilidade sustentável está na essência do seu negócio. A rede metroviária transforma a configuração urbana e a dinâmica social com a oferta de um serviço capaz de substituir meios de transporte que utilizam combustível fóssil e que geram emissões atmosféricas. As estações da rede transformam o espaço e a dinâmica do seu entorno com o comércio e serviços agregados às estações e com os empreendimentos associados, refletindo em ganhos para a sociedade e para os passageiros.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



O Metrô é reconhecido como um transporte sustentável essencial para cenários de baixo carbono. É um transporte rápido, com alta capacidade de transporte e regularidade na oferta de viagens e que utiliza energia elétrica, sua principal fonte de emissão de gases de efeito estufa-GEE. Com essas características operacionais e tecnológicas, promove ganhos para a redução das emissões de GEE.

Na sua atuação no planejamento, concepção de projetos, implantação e operação, a Companhia tem aprimorado as suas estratégias corporativas de longo prazo e definido iniciativas no Plano de Negócios, alinhadas à agenda ESG e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável-ODS, estabelecidos na Agenda 2030 da ONU. As contribuições do Metrô são evidenciadas em relação aos objetivos que tratam sobre a infraestrutura e inovação, cidades sustentáveis, energia acessível e limpa, mudança global do clima, saúde e bem-estar e trabalho decente e crescimento econômico, consumo e produção responsáveis.

A abordagem das mudanças climáticas é um tema material na estratégia de negócio da Companhia, permeia o planejamento urbano inteligente da expansão da rede para promover a substituição modal, e está alinhada às ações previstas para o setor de transportes no Plano de Ação Climática do Estado de São Paulo.

Nas fases de planejamento e concepção estão internalizados os requisitos de construção sustentável, visando aprimorar o desempenho ambiental dos projetos e promover a mitigação dos impactos oriundos da construção e operação da infraestrutura. Essas diretrizes se somam a iniciativas de gestão de energia, pelo aspecto estratégico dos

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



impactos em relação ao desempenho climático e à sustentabilidade financeira, por conta dos custos crescentes para aquisição de energia elétrica.

Com o monitoramento dos dados da emissão de gases de efeito estufa na fase de operação do sistema avalia-se o desempenho do projeto e os benefícios promovidos pelos investimentos na expansão. O inventário de emissões de gases de efeito estufa, realizado desde 2008, identifica e contabiliza as emissões de GEE provenientes de consumo de energia, combustível, geração de resíduos e efluentes e outros processos realizados na administração, operação e manutenção do serviço sob responsabilidade da Companhia.

A realização do inventário de emissões de gases de efeito estufa trouxe a oportunidade de desenvolvimento de uma metodologia e ferramental para o cálculo das emissões em todas as fases do ciclo de vida dos empreendimentos. A partir desta iniciativa voluntária e inovadora, o Metrô tem gerado indicadores para subsidiar investimentos por organismos financiadores.

A análise dos dados de emissões geradas em função do consumo de energia elétrica para operar o sistema é complementada com os dados das emissões evitadas com a existência da rede, obtidas na análise dos benefícios sociais do Metrô, chegando a um balanço líquido de emissões de GEE.

Os benefícios sociais são calculados desde 1996 e consideram os ganhos promovidos pela rede e os impactos sociais e ambientais que ocorreriam na mobilidade sem um

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



sistema de alta capacidade, segregado, rápido e movido a energia mais limpa como o Metrô.

Eles são indicadores estratégicos porque avaliam os impactos dos investimentos na expansão e operação dos sistemas. São também evidências importantes nos processos de financiamento de novos empreendimentos e servem ainda como indicador na avaliação de alternativas no planejamento da rede futura.

Assim, a atuação e a experiência do Metrô em relação às questões das mudanças climáticas têm permitido avaliar as dimensões de cada fase do ciclo de vida dos empreendimentos para o aprimoramento das práticas e definição de aspectos estratégicos para cenários de baixo carbono.

DIAGNÓSTICO

No estado de São Paulo, estima-se que além das alterações no padrão de chuvas, o aumento das temperaturas afetará a infraestrutura e a economia do estado, podendo atingir de 3 a 4 graus ao longo do século XXI, a depender do cenário de emissões de GEE nas próximas décadas. Segundo as projeções, ainda que todas as metas do Acordo de Paris sejam cumpridas, o aumento da temperatura média global já poderá ser de 2,7 graus no final do século XXI. (IEE-USP, 2019)

As grandes cidades como São Paulo, que demandam uma infraestrutura urbana para atender as necessidades da população, podem enfrentar sérios desafios com as alterações no clima, com o aumento da frequência e intensidade dos eventos climáticos

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



extremos, em particular chuvas de mais de 50 mm por dia e secas prolongadas, criando condições críticas em relação às questões associadas à disponibilidade hídrica, como ocorreu no período entre 2013 e 2016.

Assim, os esforços para a mitigação de emissões de GEE terão que ser maiores, bem como deverá haver uma aceleração do processo de adaptação ao novo clima.

As soluções para o enfrentamento das mudanças climáticas terão que ser tratadas no âmbito das cidades, considerando que cerca de 85% da população brasileira vive em áreas urbanas, sendo que a taxa de urbanização do estado de São Paulo já é de 95%. (IEE-USP, 2019)

Este cenário amplia o papel dos setores que atuam na promoção do desenvolvimento urbano. As estratégias do setor de transporte para a mitigação das emissões de GEE vão requerer a atuação integrada das esferas públicas, para que os resultados se consolidem. Em um cenário usual de desenvolvimento, a trajetória de emissões de GEE nos transportes deve ser de crescimento, impulsionada pelo uso crescente do transporte individual motorizado.

Essas soluções incluem a expansão da rede de transporte público e melhoria dos serviços prestados pelos ônibus e sistemas de metrô. Os investimentos deverão estar associados a uma estratégia de inovação, que compreenda as várias dimensões: legal, urbana, econômica, ambiental, social, tecnológica.

Os benefícios com a redução de emissão de GEE nas grandes cidades promovidos com a mobilidade vão se refletir na redução de custos sociais, ou externalidades, associados

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



aos impactos na saúde pública, tempos de deslocamentos, má qualidade de vida e degradação ambiental.

1. Impactos dos transportes associados às mudanças climáticas

O setor de transportes tem um papel importante e essencial para o desenvolvimento das cidades. O grau de urbanização, o crescimento e a densidade populacional têm uma força estratégica no desenho das redes de transporte e na demanda. Com o aumento da demanda por mobilidade e consumo de bens, as emissões de gases de efeito estufa crescem.

A maneira como o transporte urbano se apropria dos espaços nas cidades e dos ecossistemas de seu entorno para implementar suas redes tem um papel estratégico para a dinâmica urbana, o desenvolvimento econômico, social e ambiental. Fatores adicionais influenciam a atividade do setor: os preços de energia, as políticas de transporte e as outras políticas setoriais, assim como o comportamento e as necessidades de mudança das pessoas.

Da mesma forma que pode modificar o desenho e a biodiversidade urbana e promover o equilíbrio na relação do transporte com os ecossistemas, pode gerar a poluição do ar e da água, poluição sonora, ilhas de calor e com o intenso consumo de combustíveis fósseis pelos veículos, as emissões de GEE.

No combate às mudanças climáticas, o setor de transportes é reconhecido como estratégico por sua forte dependência por energia e por ser carbono intensivo, dependendo da fonte de energia utilizada. Aspectos que tornam a atividade de

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



transporte desafiadora, considerando os riscos associados e as incertezas existentes frente ao cenário energético que vivemos.

A participação do setor de transporte nas emissões de gases de efeito estufa também está relacionada ao consumo de insumos, materiais e equipamentos na implantação e operação da infraestrutura pública urbana.

Neste contexto, o planejamento, a tecnologia e o modo de transporte são um tripé importante para a sustentabilidade e para definir medidas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

2. Compromissos e Marcos Legais

Os compromissos sobre o sistema climático para estabilizar a concentração de GEE têm sido renovados desde 1992, quando ocorreram os primeiros registros históricos nos acordos internacionais sobre mudanças climáticas coordenados pela ONU-Organização das Nações Unidas.

O Protocolo de Quioto, assinado em 1997, vigente de 2005 a 2020, foi substituído pelo Acordo de Paris. A cada cinco anos, as metas anunciadas pelos países são avaliadas, nas Conferência das Partes (COP).

Com o Acordo de Paris, todos os países e governos passaram a ter o compromisso de não aumentar a temperatura global acima de 1,5 °C. Na ocasião, 195 países anunciaram as suas metas de redução das emissões, com o anúncio público das Contribuições

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Nacionalmente Declaradas-NDCs e as atividades prioritárias a serem implementadas por cada um dos signatários.

As NDCs comunicam ações de mitigação e adaptação pretendidas pelas partes (países) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas. Em dezembro de 2021, 43% de todas as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) apresentadas sob o Acordo de Paris incluem medidas de adaptação de transporte, uma melhoria significativa em relação às metas apresentadas na primeira rodada de negociações.

O Brasil é o sexto maior emissor de gases de efeito estufa do planeta e deve fazer a sua parte neste esforço. No Acordo de Paris, dentro de sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), o Brasil se compromete com a meta de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% até 2025 e em 43% até 2030, ambas em comparação às emissões de 2005. A NDC brasileira tem o compromisso de chegar à neutralidade de carbono em 2050. Entretanto, ainda falta a definição de metas setoriais completas de como o país vai cumprir seus compromissos. (PAC, 2022)

Apesar desses compromissos, as ações concretas relacionadas às mudanças do clima ainda são lentas e limitadas. Estudos evidenciam que o Brasil tem se tornado mais intensivo em carbono, devido ao aumento da dependência de combustíveis fósseis. (IEE-USP, 2019)

O estado de São Paulo e o Brasil têm diferenças importantes no perfil de emissões de gases de efeito estufa, que se evidenciam em relação ao setor de transportes. De acordo

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS

com o Sistema de Estimativa de Emissão de Gases – SEEG, este setor é a principal fonte de emissões de GEE do estado de São Paulo. (IEE-USP, 2019)

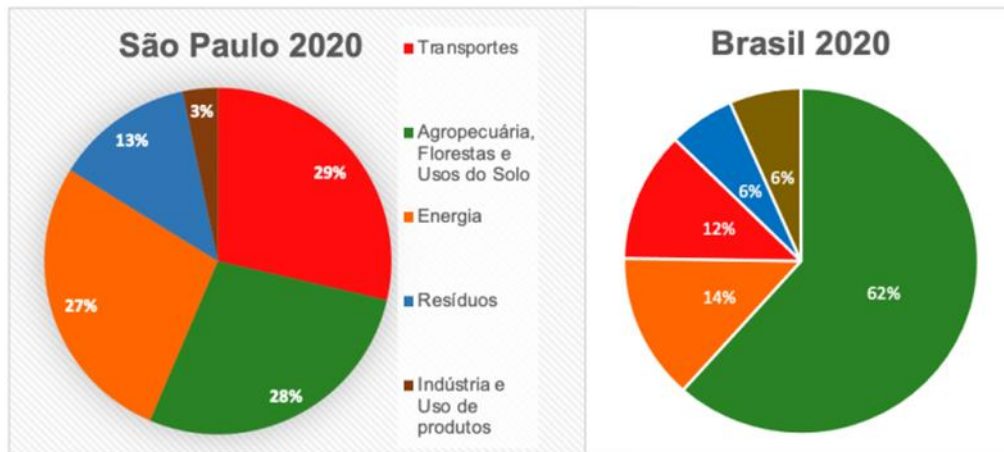


Figura 1 – Perfis de emissões de GEE: Estado de São Paulo e Brasil
Fonte: SEEG 2022

No estado de São Paulo, a agenda ambiental foi impulsionada com a criação do Fórum Paulista de Mudanças Climáticas e Biodiversidade-FPMCB, em 2005. Instituído pelo Decreto 49.369, tinha como objetivo conscientizar e mobilizar todas as partes envolvidas e interessadas da população do estado a discutir e tomar posição sobre o fenômeno das mudanças climáticas, suas consequências e ameaças para a espécie humana e demais seres vivos, a biodiversidade.

Em 2009, a Lei Estadual 13.798 que instituiu a Política Estadual de Mudanças Climáticas-PEMC foi aprovada e, em 2010, o Decreto 55.947 que a regulamenta. Assim, o estado de São Paulo se comprometeu definitivamente com o combate às mudanças climáticas.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



A Política estabeleceu as condições para as adaptações necessárias e tratou, entre outros compromissos, o de reduzir em 20% a concentração dos GEE na atmosfera até 2020, com base nos níveis apurados em 2005.

Também instituiu instrumentos para implantar e medir resultados, conforme os compromissos assumidos por São Paulo, recomendando entre outras medidas, a realização de Inventário de Emissões Antrópicas de GEE. No âmbito do licenciamento ambiental, algumas empresas passaram a ser obrigadas a registrar o inventário de emissões de GEE. O Metrô de São Paulo, mesmo não sendo incluída como empresa com atividade poluidora, passou a realizar voluntariamente o Inventário de Emissões de GEE.

Em 2021, o governo de São Paulo assumiu o compromisso de zerar emissões líquidas de carbono até 2050, incluindo metas intermediárias para 2030 e 2040, e de buscar medidas de adaptação por meio das campanhas *Race to Zero* e *Race to Resilience* da Convenção do Clima das Nações Unidas-UNFCCC.

Em dezembro de 2022, publicou o Plano de Ação Climática Net Zero 2050 que desenha uma trajetória de desenvolvimento econômico sustentável e de redução de emissões, colaborando com os compromissos nacionais do Acordo de Paris.

O PAC2050 lida com estratégias de mitigação de emissões em seis setores chaves da economia: Transportes; Energia; Agropecuária, Florestas e Usos do Solo (Afolu); Resíduos; Indústria e Uso de Produtos; Finanças Verdes e Inovação.

As ações propostas para os setores têm eficácias diferenciadas, a depender das políticas a serem implementadas. A eletrificação da frota automotiva pode levar a uma redução

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



de emissões em 2050 de 70% em relação ao cenário de referência no setor de transportes. Entre as ações previstas e seus potenciais de redução de emissões em cada setor econômico analisado, destacam-se como principais:

- Energia: visam o aumento da eficiência energética, tanto no uso de eletricidade quanto no de combustíveis, implementação de geração solar e eólica, e a introdução de combustíveis avançados a partir de biomassa e do uso de hidrogênio.
- Transportes: envolvem a redução das emissões do transporte de carga, do transporte coletivo de passageiros e na frota veicular leve e motocicletas. Envolvem também mudanças no planejamento urbano, e a inserção de novos combustíveis, além da eletrificação da frota veicular.

As ações e subações definidas no PAC 2050 evidenciam a importância dos investimentos em transporte coletivo de passageiros, com o desenvolvimento de um planejamento urbano inteligente e a substituição modal, estratégias já adotadas pelo Metrô de São Paulo.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Tabela1: Ações e subações para o setor de transportes

Transporte - TRA	
Ações	Subações
TRA1: Redução das emissões do transporte de carga	TRA1.1: Substituição do Diesel por alternativas
	TRA1.2: Eletrificação de caminhões de uso urbano/média distância
	TRA1.3: Aumento da eficiência sistêmica
	TRA1.4: Mudança de modal rodoviário para ferrovias/hidroviás/cabotagem
TRA2: Redução das emissões do transporte coletivo de passageiros	TRA2.1 Substituição do diesel por alternativas
	TRA2.2: Eletrificação dos ônibus
	TRA2.3: Aumento da eficiência sistêmica
	TRA2.4: Mudança de modal para transporte metroviário e ferroviário
TRA3: Redução das emissões da frota de veículos leves e motocicletas	TRA3.1: Disseminação de veículos híbridos, elétricos e híbridos plug-in
	TRA3.2: Substituição da gasolina por etanol
	TRA3.3: Aumento de eficiência e controle de emissões
TRA4: Planejamento urbano inteligente	TRA4.1: Incentivo ao desenvolvimento de infraestrutura para mobilidade ativa
	TRA4.2: Incentivo a mudanças de comportamento (maior utilização de transporte público e combinação de transporte público e mobilidade ativa)
TRA5: Novas tecnologias	TRA5: Incentivo ao desenvolvimento de novos combustíveis/energéticos de baixa emissão de GEE: biocombustíveis avançados, hidrogênio e células de combustível.

Fonte: PAC 2050, SEMIL. (p.43)

Os principais marcos temporais do PAC 2050 são:

- 2005 (ano-base da meta da PEMC)
- 2020 (ano da meta da PEMC)
- 2021 (ano de referência, base do *Race to Zero*)
- 2025 (ciclo de revisão dos compromissos nacionais no Acordo de Paris e base para tomadas de decisão)
- 2030 (ano de referência do *Race to Zero*, por suas diretrizes)
- 2050 (ano da neutralidade climática prescrita nos principais relatórios científicos).

É com base neste contexto de mobilização e engajamento para o enfrentamento às mudanças climáticas que o Metrô de São Paulo tem definido suas estratégias de mitigação, evidenciando um compromisso público em relação aos marcos legais e aos objetivos globais de redução das emissões de gases de efeito estufa.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



3. Riscos e Oportunidades

Tendo em vista a intensificação de eventos climáticos extremos, o Acordo de Paris cita a necessidade do desencadeamento de estratégias de adaptação à mudança do clima. Isso se inicia com a identificação de vulnerabilidades climáticas que, em outras palavras, significa analisar potenciais impactos na operação devido à alteração na dinâmica do clima.

Na construção civil, dias de chuva intensa podem deixar mais lentas ou até parar a operação das obras. Com a mudança do clima, a frequência de chuvas intensas pode aumentar.

Utilizando a mesma lógica para a operação do Metrô, o aumento de chuvas intensas pode impactar a operação do sistema. Já um possível aumento na variação da temperatura pode acarretar o aumento potencial dos custos de manutenção do sistema de ventilação e dos trilhos, cujo índice de dilatação é influenciado pela temperatura.

O Metrô possui uma Política de Gestão de Riscos Corporativos com a finalidade de estabelecer diretrizes, conceitos e responsabilidades na identificação, avaliação, tratamento, monitoramento e comunicação de riscos no ambiente corporativo, contribuindo com o aprimoramento da governança corporativa, do planejamento empresarial e, na preservação e geração de valor da organização.

A avaliação de risco envolve um processo dinâmico e iterativo para identificar e analisar os riscos para a realização dos objetivos da entidade. Ela constitui a base para determinar como esses riscos devem ser gerenciados. O Metrô leva em conta, em sua

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



análise de riscos corporativos, possíveis mudanças no ambiente externo e no seu próprio modelo de negócio, que podem interferir em sua capacidade de realizar os objetivos. Os riscos corporativos envolvem as atividades do negócio da empresa, os riscos de integridade e os regulatórios.

Para operar de forma sustentável em um cenário de transição política e incerteza econômica, a análise do contexto externo leva em consideração os riscos políticos, legais, econômicos, sociais, tecnológicos e ambientais que impactam na atuação da Companhia e podem afetar diretamente o cumprimento da missão da empresa.

O Metrô reforça as ações e investimentos visando o aprimoramento dos projetos e processos, antecipando riscos e impactos adversos e a redução de vulnerabilidades que possam resultar em potenciais danos na infraestrutura ou na operação diante da mudança de padrão climático.

No planejamento e concepção de seus projetos, o Metrô define soluções tecnológicas, construtivas e inovadoras para evitar os efeitos de eventos climáticos extremos no sistema e os riscos deles advindos.

A internalização de critérios de construção sustentável também passou a ser uma diretriz adotada nas instruções de projeto de empreendimentos do Metrô. Esses critérios são referenciados em padrões de mercado para certificação ambiental e visam a economia de recursos e o aprimoramento do desempenho ambiental na fase de operação. Além disso, se equipara às novas práticas de sustentabilidade adotadas no

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



mercado e valorizadas pelos investidores e organismos financiadores em relação aos critérios ESG, na priorização por investimentos sustentáveis.

A gestão do uso de energia focada na redução do consumo e no aumento da eficiência energética é um aspecto estratégico para o sistema metroviário, em função dos impactos ambientais, financeiros e custos crescentes das tarifas de aquisição de energia elétrica, fundamental para operação do sistema e para o desempenho climático do Metrô.

O uso de tecnologias, de sistemas informatizados e de recursos para operação estão sujeitos a fatores de riscos internos e externos ao negócio que podem afetar e ocasionar interrupções temporárias, totais ou parciais, não previstas para a operação do serviço, acarretando perdas de receitas.

Com as atuais adesões do Brasil a acordos internacionais, bem como as diretrizes estabelecidas pelo governo do Estado, além do estabelecimento de novas legislações em relação à redução das emissões, é possível que o Metrô tenha que disponibilizar recursos para serem destinados às ações de mitigação das emissões e de adaptação. Além disso, pode ter gastos substanciais para cumprir com as novas regulamentações ambientais ligadas às mudanças climáticas, para prevenir ou corrigir os efeitos físicos de eventos climáticos extremos, sendo que qualquer um deles pode ter um efeito adverso relevante sobre seus resultados operacionais.

Alguns riscos com potencial para causar um impacto financeiro ou estratégico considerável na operação foram analisados e passaram a integrar o Mapa Estratégico da

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Companhia, como os associados a cenários de crise energética podendo afetar a capacidade operacional, aumento dos custos de matéria-prima, por exemplo.

Outras questões socioambientais podem representar riscos ao negócio. Para a avaliação dos impactos financeiros e eventual previsão dos recursos necessários para fazer frente aos efeitos dos eventos climáticos extremos, a Companhia precisa desenvolver estudos mais detalhados para identificar o impacto de possíveis riscos e vulnerabilidades climáticas, ainda não identificados, e definir um plano de ação para a adaptação.

4. Mercado de Carbono

O mercado de carbono é uma forma de mitigar o aquecimento global dando a países e empresas que emitem menos carbono a possibilidade de vender títulos (os créditos de carbono) para aqueles que não conseguiram atingir suas metas de redução de emissões. Idealizado pelo Protocolo de Quioto, em 1997, e atualizado pelo Acordo de Paris, em 2015, hoje a maioria das transações acontece no mercado interno dos países que já o regulamentaram.

Há dois tipos de mercados de carbono, o regulado e o voluntário. O mecanismo se baseia no esquema *cap-and-trade*, ou seja, reduza e comercialize. No primeiro, os governos definem metas de emissão de gases de efeito estufa para as empresas, e aquelas que emitirem menos que o determinado podem comercializar seus créditos que não foram consumidos. De acordo com a NDC brasileira, há previsão de utilização de mecanismos de mercado, para alcançar essa meta.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



No mercado voluntário, há menos amarras na comercialização de direitos de emissão de carbono entre entes públicos e privados, inclusive de outros países. Para países em desenvolvimento, as reduções de emissões alcançadas com os projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo- MDL podem ser comercializadas como créditos de carbono ou Reduções Certificadas de Emissão (RCEs) para os países desenvolvidos, auxiliando-os a cumprir as suas metas e compromissos.

De acordo com a metodologia para o desenvolvimento de projetos, o setor de transportes público tem que comprovar que as reduções de emissões de GEE promovidas pelo sistema são decorrentes de investimentos adicionais às diretrizes de expansão e operação definidas pelo governo, caracterizando a tal adicionalidade, prevista e exigida nas metodologias de MDL.

Nos termos relacionados aos mecanismos econômicos que permitem a certificação de emissões reduzidas com a implantação de empreendimentos ou projetos e a comercialização desses créditos, relacionado à redução da emissão de GEE, o Metrô de São Paulo participou da elaboração de dois projetos, coordenados pela Secretaria dos Transportes Metropolitanos do Estado de São Paulo e financiado pelo Banco Mundial, que visavam o desenvolvimento de metodologia de MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) para gerar reduções certificadas de emissões em decorrência da ampliação e melhoria da rede de transporte sobre trilhos na Região Metropolitana de São Paulo e obtenção de créditos de carbono. Os projetos não evoluíram com as

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



análises das barreiras dos projetos em relação à metodologia, principalmente ao que se referia ao princípio da adicionalidade.

Após o relativo insucesso dos MDL previstos no Protocolo de Quioto, alguns novos mecanismos de controle através de precificação de carbono, como criação de mercados, taxaço ou outros, passaram a ganhar força, especialmente com as discussões que levaram a criação do Acordo de Paris em 2015, durante a COP 21.

A promoção e a adoção de instrumentos de precificação transparentes, eficazes, justos, que mantenham a competitividade e que incentivem a criação de empregos e a inovação tecnológica são vistas como importantes práticas a serem adotadas nos planos climáticos nacionais porque poderão aumentar a capacidade produtiva e acelerar o ritmo de transição para uma economia sustentável.

Em 2020, cerca de 16% das emissões globais de gases de efeito estufa foram cobertas por um mecanismo de precificação de carbono. No entanto, o transporte permanece em grande parte marginalizado nas discussões sobre preços de carbono e esquemas de comércio de emissões, com poucas exceções.

No Brasil, representantes do governo federal, agentes financeiros e empresas, representadas pelo Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável-CEBDS vêm debatendo a implementação de um mecanismo de precificação da emissão de GEE – ou mercado de carbono – no Brasil. Os estudos sobre a criação de um sistema de precificação de carbono com base no comércio nacional de emissões de

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



GEE estão avançando, e o sistema também deverá ter arranjos de proteção e promoção da competitividade internacional das empresas brasileiras.

Existem diversos projetos de lei (PL) em tramitação no Congresso Nacional com o objetivo de incluir a precificação do carbono, no cenário do desenvolvimento econômico no país. O mais recente é o Projeto de Lei nº 412, de 2022, que visa regulamentar o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE) e definir regras e condições para se institucionalizar o ambiente para as transações, tema discutido e tratado em dispositivos legais desde 2009.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

“Mitigar possui relação com estratégias que visam reduzir a mudança climática em si, como, por exemplo, medidas de redução das emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE). Adaptar, por sua vez, diz respeito aos esforços que visam ampliar nossa resiliência, aumentando as chances de sobrevivência e a redução de perdas graves frente a um evento extremo.” (Sulaiman, 2018)

1. MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES

A proposição e a execução de ações visando a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) envolve a adoção de uma visão de longo prazo e atuação integrada e transversal das esferas de governo de forma preventiva para a sustentabilidade e a resiliência da estrutura socioeconômica.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



As ações dos governos estaduais devem incorporar diretrizes de desenvolvimento sustentável, dando suas contribuições em um contexto mais amplo e global. No setor de transportes, as estratégias de mitigação, tanto do setor quanto as intersetoriais, precisam ser articuladas entre si e compreendem múltiplos aspectos: políticas econômicas e fiscais, tributárias, regulamentação de padrões mandatórios de desempenho, protocolos setoriais voluntários, articulação das políticas estaduais com políticas municipais e federais, entre outros.

É de se destacar que não há como garantir, no longo prazo, o controle das emissões de GEE do setor sem a implantação integrada de políticas de ordenamento territorial, local e regional, que entre outros objetivos buscam direcionar o desenvolvimento urbano – adensamento demográfico, habitação e localização de novas empresas – prioritariamente para as áreas que já contam com infraestrutura de transporte de alta e média capacidade, evitando assim as grandes extensões percorridas nas viagens cotidianas e o movimento pendular diário de grandes massas de trabalhadores para acessar seus empregos, concentrado nos horários de pico.

Isso significa um grande esforço para harmonizar os interesses e entendimentos entre os diversos agentes, criando as bases para o diálogo com a sociedade civil e demais partes interessadas (órgãos públicos e privados, concessionárias de transporte público, agentes financeiros, futuros investidores, fornecedores, passageiros, entre outros).

Assim, o processo é de longo prazo. As medidas de resultado imediato devem ser acompanhadas daquelas de mais longo prazo, como a implantação de infraestrutura de

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



transporte de alta e média capacidade que permita a mudança modal, tanto de passageiros como de carga, e medidas que promovam a redução da quilometragem total percorrida pelos veículos.

A redução de emissões de GEE também pode ser estimulada através de uma série de políticas governamentais que utilizam instrumentos econômicos (subsídios, taxas, isenção de taxas, crédito etc.), instrumentos regulatórios (padrões de desempenho mínimo, controle de emissão veicular, p.e.) e processos políticos (acordos voluntários, disseminação da informação e planejamento estratégico, p.e.).

No setor de transportes, a mitigação de GEE está relacionada ainda a necessidade de melhoria da eficiência energética, o que implica em algumas situações na necessidade de adaptação das cadeias de produção de combustíveis e veículos. Deverá haver, ainda, uma maior adoção de modos não motorizados de transporte.

1.1 Planejamento Urbano Inteligente

O planejamento urbano inteligente é uma abordagem estratégica que visa a redução das emissões de GEE. A partir dele é possível definir estratégias e diretrizes para o desenvolvimento urbano orientado para o transporte sustentável.

A proposição e a execução dessas diretrizes envolvem a adoção de uma visão de longo prazo e a atuação integrada e transversal das várias esferas de governo. As estratégias compreendem as dimensões legal, urbana, econômica, ambiental, social e tecnológica e um alinhamento das ações no âmbito municipal, regional e nacional e medidas

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



integradas de caráter intersetorial, como habitação, trabalho e educação, para alterar a mobilidade e a priorização do uso do transporte coletivo sobre o transporte individual.

No Metrô de São Paulo, esta abordagem é pautada em diretrizes gerais de ações e investimentos no setor de transporte metropolitano, estabelecidos pela Secretaria dos Transportes Metropolitanos, tendo como visão uma metrópole sustentável que atenda adequadamente as necessidades da população quanto a sua mobilidade, desenvolvimento socioeconômico e qualidade de vida.

Os planos de investimentos consideram que o atendimento a novas regiões poderá promover o desenvolvimento de regiões distantes dos centros das cidades, criando condições para o aparecimento de novas centralidades e uma maior acessibilidade a emprego e serviços levando à diminuição de deslocamento.

1.2 Substituição modal

No planejamento da expansão da rede metroviária é adotada a estratégia de substituição modal do transporte individual pelo metrô, por possuir alta capacidade de transporte de passageiros e ter características operacionais e tecnológicas de transporte sustentável, capaz de promover benefícios expressivos para a redução das emissões de poluentes atmosféricos e de GEE.

Para que a implantação de infraestrutura de transporte de alta e média capacidade permita a mudança modal e promova a redução da quilometragem total percorrida pelos veículos é necessário conjugar o desenvolvimento urbano com outros processos socioeconômicos, como o adensamento demográfico e a localização de novas empresas.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



1.3 Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa - GEE

Para avaliar o desempenho dos projetos e os benefícios promovidos pelos investimentos na expansão é importante e oportuno que se analise os dados sobre a emissão de gases de efeito estufa e o desempenho ambiental na fase de operação do sistema.

Assim, desde 2008, o Metrô de São Paulo passou a realizar sistematicamente o inventário de emissões de gases de efeito estufa. São levantadas e contabilizadas as emissões de GEE provenientes de consumo de energia, combustível, geração de resíduos e efluentes e outros processos realizados na administração, operação e manutenção do serviço sob responsabilidade da Companhia. O escopo inclui as linhas 1-Azul, 2-Verde, 3-Vermelha, 15-Prata, pátios, canteiros e áreas administrativas.

Para a elaboração do Inventário, o Metrô adota as diretrizes das Normas Corporativas de Transparência e Contabilização de Gases de Efeito Estufa definidas pelo GHG Protocol, utilizadas como parâmetro universal pelas empresas ao redor do mundo. No Brasil, estas diretrizes definidas pelo *World Resources Institute* (WRI) e pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), foram adaptadas pela Fundação Getúlio Vargas.

A realização do inventário de emissões de gases de efeito estufa por empresas de transporte de passageiros é de natureza voluntária. Mas o desenvolvimento de metodologia e ferramental para o cálculo das emissões em todas as fases do ciclo de vida é inovador. A partir desta iniciativa, o Metrô tem gerado indicadores para subsidiar

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



investimentos por organismos financiadores e para o desenvolvimento de projetos de eficiência. As fontes de emissão do Metrô levantadas por escopo são:

Tabela2: Fontes de emissão por escopo

Fontes de Emissão		Escopo	Descrição
Gases refrigerantes		1	Emissões diretas: queima de combustíveis e fuga de gases refrigerantes, atividades controladas pelo Metrô.
GLP			
Equipamentos			
Frota própria			
GG Diesel			
GG Gás			
EE Operação		2	Emissões indiretas pelo consumo de energia elétrica.
EE prédios administrativos e outros imóveis			
EE canteiros do Metrô			
Frota leve locada		3	Outras emissões indiretas: ocorrem indiretamente em virtude de alguma atividade da Companhia realizada por terceiros.
Frota pesada locada			
Gás de cozinha			
Micro-ônibus			
Moto boy			
Decomposição de resíduos	manutenção		
	refeitórios (pátios)		
	administrativos		
	estações		
	jardinagem		
Queima de resíduos perigosos (PCBs e outros)			
Táxi			
Transporte de alimentos			
Transporte de lixo			
Tratamento de efluentes			
Viagens aéreas			

Legenda: EE-energia elétrica, GG-grupo gerador, GLP – Consumo de gás liquefeito de petróleo (excluindo-se gás de cozinha). **Fonte:** Inventário de Emissões de GEE do Metrô de São Paulo.

Os resultados do Inventário de Emissões de GEE destacam a importância dos sistemas sobre trilhos, como a alternativa modal de referência para cenários de baixo carbono. Movidos à eletricidade, substituem outros meios de transporte de maior emissão de gases e contribuem para uma menor emissão total na região onde atuam outros sistemas de transporte.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



Entre os resultados obtidos com o Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa destacam-se:

- Emissões de CO₂e por passageiro.kilômetro: este indicador de desempenho climático realça a eficiência do metrô em relação a outros modos. Para transportar um passageiro por um quilômetro pelo metrô são emitidas em média 3 gramas de CO₂e. Quando comparado ao ônibus e o automóvel, a média é de 91 e 100 gramas de CO₂e, respectivamente.

A emissão de GEE por passageiro quilômetro é um indicador de referência utilizado nos fóruns de *benchmarking* internacionais, como CoMet e Alamys, e no Programa Brasileiro GHG Protocol (PBGHGP), da Fundação Getúlio Vargas.

- **Balanco líquido de emissões de GEE.** Ainda que as emissões de gases de efeito estufa do Metrô estejam associadas principalmente ao consumo de energia e à atividade principal da empresa, a rede metroviária promove um balanço líquido de emissões positivo, ou seja, aquilo que é evitado com a substituição modal compensa o que é gerado com a operação do sistema. Esse benefício, medido anualmente, mostra que a utilização do metrô é uma alternativa de transporte estratégica para a mobilidade urbana sustentável.
- **Registro e análise de seus impactos:** Com a série de dados e indicadores, possibilita que sejam tomadas decisões estratégicas para a gestão, e favoráveis nas análises por agentes financeiros.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



1.4 Eficiência energética

Este aspecto é estratégico não só para a questão das mudanças climáticas, como para a redução de custos operacionais.

Dadas as dimensões dos impactos ambientais provocados pela geração de energia elétrica e o risco de esgotamento da capacidade de expansão da atual matriz energética brasileira – em especial o esgotamento de fontes hídricas, a implantação de projetos de eficiência energética constitui importante contribuição para a utilização mais racional dos recursos disponíveis e para o desenvolvimento sustentável.

As ações que visam o desenvolvimento de projetos de eficiência energética permitem também a redução das emissões de GEE. Tal redução de consumo pode ser obtida pela adoção de inovações tecnológicas, modificação de procedimentos, modernização dos sistemas de controle, modernização do material rodante e equipamentos fixos, sistemas de ventilação e iluminação, dentre outros, além da modificação de parâmetros de projeto e especificações técnicas atualmente consolidadas para a implementação de tecnologias inovadoras no desenvolvimento dos projetos de expansão do sistema metroviário.

Os indicadores são positivos com as melhorias que estão sendo implementadas em processos na operação, visando a eficiência energética e a redução de custos. Com a implementação de melhorias em sistemas embarcados de tração e controle, como a frenagem regenerativa de energia dos trens, o consumo relativo não tem aumentado a

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



despeito da expansão da rede e da frota de trens em circulação, caindo de 3,41 kWh por carro.km em 2015, para 2,77 em 2022.

Estas ações de melhoria de eficiência energética e de redução do consumo de energia estão sendo discutidas no âmbito de um Comitê de Energia, estabelecido em 2016, e conta com um corpo técnico especializado na área de energia, operação e manutenção de trens, bem como em sistemas de gestão. As soluções discutidas visam a sustentabilidade financeira e ambiental, porque a energia representa um dos principais custos para a operação do sistema e a maior fonte de emissão de GEE da Companhia.

Em 2022, o Comitê de Energia empreendeu estudos para o desenvolvimento e implantação das seguintes ações:

- Programa de Oferta de Trens em função da demanda de passageiros;
- Implantação do Trem Padrão operando em *Automatic Train Control* - ATC.
- Implantação do CBTC na Linha 1-Azul.
- Contratação de Painéis Solares na estação Brás da Linha 3-Vermelha e na estação Ipiranga da Linha 15-Prata.
- Contratação de Medidores Inteligentes para Subestações Primárias e Retificadoras.
- Estudos de Autoprodução de Energia.

Além disso, a Companhia está estruturando a implantação de um Sistema de Gestão de Energia para obter a certificação ISO 50.001.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



A atuação do Metrô para melhorar a eficiência energética da operação e para implementar de inovações em seus projetos foi reconhecida pela União Internacional de Ferrovias – UIC em 2022 por suas contribuições em prol do desenvolvimento sustentável e da qualidade do meio ambiente. O projeto "*Development and Implementation of Control Systems, Signaling and Trains applied in Energy Management at Metro São Paulo (MSP) - Brazil, with the application of new technologies and innovative techniques on Energy Savings*" apresentado pelo Comitê de Energia foi finalista da categoria “Melhor adaptação e resiliência às Mudanças Climáticas” e o "*The Line 16 Project*" (Projeto Diretriz da Linha 16-Violeta), foi finalista na categoria “Melhor uso de tecnologia de baixo carbono.

1.5 Construção Sustentável

Com o intuito de possibilitar certificações futuras e aprimorar o desempenho ambiental de seus projetos, o Metrô passou a incorporar os requisitos de construção sustentável referenciados que ainda não estavam presentes na fase de planejamento e concepção em suas instruções de projetos. No Anteprojeto de Engenharia da Linha 20-Rosa, desenvolvido em 2022, eles foram incorporados nos projetos das estações, permitindo a preparação para o atendimento aos requisitos nas outras fases de projeto.

Da mesma forma, nos editais para contratação do Anteprojeto de Engenharia/EIA-RIMA e projeto básico da Linha 16-Violeta e Anteprojeto de Engenharia/EIA-RIMA da Linha 22-Marrom também foi incorporada a necessidade de atendimento a requisitos de

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



construção sustentável alinhados às categorias definidas pelo LEED® BD+C, no desenvolvimento dos projetos das estações.

O projeto da estação Anália Franco do trecho em expansão da Linha 2-Verde, que já incorporava diversas diretrizes de sustentabilidade para a construção sustentável, foi registrado no GBCI – *Green Business Certification Inc.* para obter a certificação LEED® BD+C (Liderança em Energia e Design Ambiental – projeto e construção). O registro foi feito em outubro de 2021 e os trabalhos avançaram, em 2022, para as mudanças necessárias para obter a futura certificação.

O Metrô está reunindo as evidências para comprovar o atendimento aos requisitos de construção sustentável, que abrangem as fases de projeto e de obras, visando obter a certificação. Entre eles, destacam-se os relacionados aos impactos ambientais da construção, como atividades para a prevenção da poluição, gerenciamento e controle dos resíduos de obra civil, entre outras ações de monitoramento da obra, já contemplados no licenciamento ambiental e planos para gestão ambiental da obra.

2. GESTÃO DAS EMISSÕES

A atuação e a experiência do Metrô em relação às questões das mudanças climáticas permitiram avaliar as dimensões estratégicas de cada fase do ciclo de vida dos empreendimentos para o aprimoramento das práticas e definição de aspectos estratégicos para cenários de baixo carbono, tais como:

- **Monitoramento de emissões:** acompanhar e gerenciar as emissões geradas pelas atividades do Metrô. Identificar oportunidades de aprimoramento do

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



desempenho climático na etapa de planejamento do transporte sobre trilhos. O estudo realizado já na fase de concepção de projeto possibilita a simulação do consumo de energia e impactos não só ambientais, mas também econômicos e financeiros. Na etapa de implantação dos empreendimentos, acompanhar e comparar as emissões planejadas com as realizadas e analisar situações para a adaptação das cadeias de produção e fornecimento.

- **Desenvolver especificações técnicas e de serviços** adequadas aos princípios da construção sustentável e legislação pertinente, orientando a definição de alternativas tecnológicas e construtivas ainda nas etapas de planejamento, na definição de insumos e processos na etapa de implantação de novas linhas, de forma a promover a redução de impactos na operação e manutenção do sistema de transportes sobre trilhos.
- **Avaliação de riscos e oportunidades:** identificar e mitigar os riscos regulatórios e associados a futuras obrigações em relação a taxas de emissão de GEE ou restrições de emissão, bem como avaliar potenciais oportunidades custo-efetivas de reduções de emissão.
- **Planejamento de estratégias de mitigação:** dados de estudos e do inventário de emissões poderão subsidiar a definição de estratégias de mitigação e eventual estabelecimento de metas de redução de emissões. Entre essas estratégias, o Metrô poderá desenvolver estudos de autogeração de energia renovável.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



- **Acompanhamento de resultados das ações de mitigação:** quantificar progressos e melhorias decorrentes de iniciativas estratégicas, principalmente com a adesão de compromisso ESG da empresa.
- **Benchmarking:** ter informações que permitam a comparação das emissões com obras de infraestrutura e desempenho climático de operadores de transporte de forma geral.
- **Sustentabilidade:** Os indicadores ESG evidenciam o sistema de transporte metroviário como estratégico para cenários de desenvolvimento de baixo carbono, tanto pelos menores valores de emissão de GEE por passageiro-quilômetro quanto pelo benefício social líquido do metrô para a cidade. São indicadores estratégicos para processos de financiamento.
- **Transparência e Accountability:** O registro público de emissões dá transparência às práticas de ESG, confere credibilidade à empresa, competitividade ao se equiparar às práticas de mercado, atende à legislação e aos requisitos de órgãos financiadores.

O Metrô aprovou o registro no CDP, uma plataforma global de divulgação do desempenho climático das empresas, utilizado como fonte de avaliação da sustentabilidade dos negócios por investidores.

2.1 Indicadores ESG de Desempenho Climático

Benefícios Sociais

A implantação e a operação de linhas metroferroviárias destinadas ao transporte de

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



passageiros em áreas urbanas trazem a oportunidade de se promover uma ampla reorganização do transporte nas regiões onde se inserem, seja o transporte coletivo por ônibus ou o individual (automóveis e motocicletas). Através da promoção da integração modal, é possível fomentar a substituição de viagens realizadas por automóveis ou ônibus, grande parte movida a combustíveis fósseis, por viagens no sistema metroferroviário, movido à energia elétrica.

Obtém-se, dessa forma, uma sensível redução na quilometragem percorrida pelos veículos à combustão interna. Dessa redução resultam também a do total de veículos nas vias públicas e maior fluidez do tráfego, criando condições mais favoráveis para a operação mais eficiente do sistema viário, diminuindo os congestionamentos.

Desde 1996, são calculados os benefícios sociais promovidos pela rede metroviária, considerando os impactos sociais e ambientais que ocorreriam na mobilidade sem um sistema de alta capacidade, segregado, rápido e movido a energia mais limpa.

Por traduzirem os ganhos para a sociedade e a efetividade dos investimentos na expansão da rede metroviária, os benefícios sociais passaram a compor o rol de indicadores estratégicos na perspectiva de Sustentabilidade Financeira, Social e Ambiental, da Estratégia de Longo Prazo e do Plano de Negócios, reforçando o compromisso da gestão do Metrô aos fatores ESG, adotados pelo setor financeiro para avaliar riscos e ativos em sustentabilidade das empresas.

A metodologia utilizada para calcular esses ganhos baseia-se na análise do comportamento dos passageiros e das suas viagens na ausência do sistema de

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



transporte coletivo por Metrô. Os resultados mostram os efeitos da transferência de passageiros do Metrô para o transporte individual e para o transporte coletivo por ônibus. Entre eles: aumento do consumo de combustível fóssil, das emissões decorrentes da queima dos combustíveis e do aumento de veículos nas ruas, de acidentes de trânsito e do custo operacional dos modos e dos custos de operação e de manutenção do viário. Com base nos resultados, é feita a monetização dos benefícios, evidenciando a economia promovida.

Sem a operação do Metrô de São Paulo, haveria a transferência de passageiros para outros meios de transporte. Adicionalmente, aumentariam os congestionamentos, crescendo o consumo de combustível e produzindo maior emissão.

A determinação da emissão evitada pela operação é estimada considerando a emissão de GEE produzida por esses meios de transporte que absorveriam os passageiros de metrô. As emissões são calculadas considerando a variação da velocidade dos veículos, “com” e “sem” metrô, com coeficientes de emissão estimados de acordo com a frota circulante na RMSP.

No cálculo do benefício do Metrô de São Paulo para a redução das emissões de poluentes são consideradas as toneladas adicionais de monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x) e material particulado (MP) que tem efeitos sobre a saúde das pessoas e o dióxido de carbono (CO₂) que tem efeitos sobre o clima.

Além dos impactos medidos em termos de emissão de poluentes e de gases de efeito

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



estufa, o Metrô de São Paulo afere o benefício da rede para a redução dos tempos de viagem, do consumo de combustível, dos custos operacionais (automóveis, motocicletas e ônibus) e custos de manutenção e operação de vias, de acidentes, avaliados e medidos nas condições com e sem a existência da rede.

Todos esses indicadores são transformados em valores que representam os impactos positivos da rede e o quanto a sociedade economiza com a rede do Metrô em operação. Os benefícios sociais são o valor monetizado dos impactos positivos que a rede metroviária em operação gera à metrópole e à população, em função de suas características operacionais e ambientais.

Em 2022, a rede do Metrô em operação proporcionou uma economia de R\$ 11,7 bilhões, valor que a sociedade e o governo deixaram de gastar com a redução dos tempos de viagens, no consumo de combustíveis, nos custos operacionais (automóveis, motocicletas e ônibus), do número de acidentes de trânsito e com a saúde da população e do meio ambiente.

Circulando em vias segregadas, os trens de metrô superam as barreiras dos congestionamentos nas ruas, ao contrário do automóvel e ônibus. Assim, o tempo de deslocamento dos passageiros é sempre o principal benefício do sistema metroviário. Os ganhos obtidos foram na ordem de R\$ 6,79 bilhões, consequência direta da expansão da rede e investimentos em modernização e recapitação de sistemas e frotas.

Por ser movido à energia elétrica, fonte considerada mais limpa, de origem predominantemente hídrica, contribui para a redução do consumo de combustíveis de

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



fontes não renováveis como diesel e gasolina. A redução no consumo de combustível representou uma economia de 292 milhões de litros de derivados de petróleo e etanol, perfazendo R\$ 1,67 bilhão de economia a favor da população da cidade.

Ao substituir meios de transporte que utilizam combustível fóssil, como o automóvel e os ônibus que geram congestionamentos e maiores emissões atmosféricas, o Metrô evitou o lançamento de 641 mil toneladas de emissões atmosféricas (poluentes e GEE), com ganho de R\$ 286,96 milhões.

Sob o aspecto de saúde ainda é possível afirmar que o Metrô de São Paulo evitou 4.000 acidentes o que representou R\$ 135,97 milhões em despesas que deixaram de ser gastas com tratamento de pessoas acidentadas nas ruas e avenidas da maior cidade do Brasil.

Balanço Líquido de Emissões

Com base nos dados de emissões evitadas com a existência da rede do Metrô e as emissões geradas devido ao consumo de energia elétrica para operar o sistema, é calculado o balanço líquido de emissões, complementando a análise dos benefícios da rede do Metrô e de novas linhas para a mobilidade urbana e a qualidade ambiental.

O Balanço Social, calculado anualmente, mostra que o principal benefício é a redução dos tempos de viagem, estimado com base na hipótese de não existência do Metrô e seus impactos na cidade como: o aumento do número de dos ônibus em circulação, da quantidade de veículos motorizados individuais nas ruas e o conseqüente aumento dos congestionamentos.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



A partir dessa hipótese e devido ao aumento da quilometragem percorrida pelos modos motorizados individuais e à diferença de velocidades, são estimados também o aumento do consumo de combustíveis e o das emissões atmosféricas, incluindo a de poluentes locais e a de GEE.

Em 2022, o balanço de carbono foi de 618 mil toneladas em CO₂e de emissões evitadas líquidas. O resultado foi obtido ao considerar que foram evitadas 636 mil toneladas, com a existência e operação da rede do Metrô, e emitidas 18 mil toneladas em decorrência do consumo de energia elétrica para a operação. Isto significa que, para cada tonelada de CO₂ emitida pela operação dos trens do Metrô, foi evitada a emissão de 35 tCO₂e.

A partir dos dados do Balanço Social, estima-se que, no período entre 2012 e 2022, as emissões de GEE evitadas com a existência da rede do Metrô foram, em média, superiores a 750 mil toneladas de CO₂ anuais. Por outro lado, o Metrô também gera emissões de GEE, principalmente devido ao consumo de energia elétrica para a operação do sistema. Porém ao fazer o balanço líquido, o resultado é positivo, ou seja, as emissões evitadas ainda se mantêm superiores às geradas pela operação do sistema. O gráfico abaixo representa as emissões evitadas líquidas pela rede em operação do Metrô.

CONCLUSÕES

A longa experiência do Metrô de São Paulo no planejamento e concepção de projetos para a expansão e na operação do transporte metropolitano tem trazido o reconhecimento da sociedade e dos agentes financeiros em relação aos benefícios para a mobilidade sustentável e para cenários de baixo carbono.

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



As estratégias adotadas no planejamento e concepção e os indexadores positivos da rede metroviária em relação à redução das emissões de gases de efeito estufa reforçam a contribuição do Metrô para o alcance das metas estabelecidas pelo Governo do Estado, em relação ao desenvolvimento sustentável.

O entendimento de que o setor dos transportes é responsável pelos impactos nas mudanças climáticas, ao mesmo tempo em que é impactado, conduziu o tema para a dimensão estratégica de longo prazo e para iniciativas do Plano de Negócios do Metrô.

A análise das questões das mudanças climáticas tem promovido a adoção de uma abordagem integrada e transversal sobre as diversas dimensões do negócio e em cada fase do ciclo de vida dos empreendimentos.

A análise dos riscos em relação às questões das mudanças climáticas já é tratada como estratégica para subsidiar a definição de cenários, plano de ações de mitigação e de adaptação, nos casos de vulnerabilidade a que os projetos do Metrô estão sujeitos.

Por essa razão, o Metrô tem promovido esforços que visam o aprimoramento e a revisão de diretrizes, processos e práticas contemplando a excelência na gestão de projetos, a inovação na arquitetura e engenharia, para que resultem em melhorias do desempenho ambiental e em ganhos para a mobilidade.

O aprimoramento contínuo do Metrô em relação a esse tema material passa também por ações de melhoria da transparência e *accountability*. Com o registro do Metrô no CDP e o início do reporte público de suas emissões de GEE, o Metrô se alinha às boas

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



práticas do mercado e reforça a importância do sistema de transporte sobre trilhos para o futuro da mobilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IEE-USP São Paulo. PLANEJANDO O FUTURO HOJE: ODS 13, Adaptação e Mudanças Climáticas em São Paulo. Organização: Pedro Roberto Jacobi e Eduardo Trani, 2019.
[1566241961.pdf \(usp.br\)](#)

IPCC - *the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Transport. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report. Sims R., R. Schaeffer et al., Cambridge University, United Kingdom and New York, NY, USA. Acesso em 24/07/23. [AR5 Mudanças Climáticas 2014: Mitigação das Mudanças Climáticas — IPCC](#)

IPCC *the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 36 pages. (in press).

https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf

METRÔ DE SÃO PAULO. Relatório Integrado 2022. Acesse em [relatorio-integrado-2022-v2.pdf](#)

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



METRÔ DE SÃO PAULO. Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa 2022. Disponível em [Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa | Portal da Transparência \(metrosp.com.br\)](https://www.metrosp.com.br/transparencia)

METRÔ DE SÃO PAULO. Metodologia, planos de ação, ferramental, especificações técnicas e de serviço para promover a redução de emissões de gases de efeito estufa e de contaminantes atmosféricos na etapa de implantação de sistemas de transporte público sobre trilhos na Linha 5-Lilás da Companhia do Metropolitano de São Paulo. maio/2016 a mar/2017.

METRÔ DE SÃO PAULO. Diagnóstico das Práticas de Construção Sustentável em empreendimentos do Metrô de São Paulo: Linha 5-Lilás. Consórcio Poyry/Metrô de São Paulo. maio/2018 a novembro/2019.

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Análise das emissões brasileiras de e suas implicações para as metas climáticas do Brasil. Disponível em [Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa — Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação \(www.gov.br\)](http://www.gov.br)

SEMIL-Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo. A política de mudanças climáticas do estado de São Paulo: origem, evolução e estratégias atuais. 2019. Acesse em [Portal de Educação Ambiental \(infraestruturameioambiente.sp.gov.br\)](http://portal.de.educacao.ambiental.infraestruturameioambiente.sp.gov.br)

SEMIL- Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo. Plano de Ação Climática 2050. Plano de Ação Climática e desenvolvimento sustentável

29ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
10º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO
METROFERROVIÁRIOS



para São Paulo. Dezembro/2022. Acesse em [pac-sp-2050-final-site 30 12 22.pdf](#)
[\(windows.net\)](#)

SLOCAT - Partnership on Sustainable Low Carbon Transport. “*Transport and Climate Change Global Status Report. Tracking Trends in a Time of Change: The Need for Radical Action Towards*

Sustainable Transport Decarbonisation”. 2nd edition. abril/2022. [SLOCAT Transport and Climate Change Global Status Report 2ª edição | UNFCCC](#)

SULAIMAN, Samia N.; JACOBI, Pedro Roberto. Melhor prevenir: Olhares e saberes para a redução de risco de desastre. São Paulo: IEE-USP, 2018.

UNFCCC- *The United Nations Framework Conventions on Climate Change.* Global Stocktake. Disponível em <https://unfccc.int/topics/global-stocktake>

UNFCCC- *The United Nations Framework Conventions on Climate Change.* Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs). Disponível em [Contribuições Nacionalmente Determinadas \(NDCs\) | UNFCCC](#)