Plano de Logística e Investimentos do Estado de São Paulo | PLI-SP 2050

CONCEPÇÃO DA VISÃO DO SISTEMA LOGÍSTICO MULTIMODAL

Produto D7

CONCREMAT | transplan | BID | DER

Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística

Produto D-7: Concepção da Visão do Sistema Logístico Multimodal

CÓDIGO DO DOCUMENTO
D-7

TÍTULO
Concepção da Visão do Sistema Logístico Multimodal

ELABORAÇÃO
Consórcio Concremat-Transplan

CONTRATO
Contrato Nº 22.607-5

CONTRATAÇÃO
Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística (SEMIL) – Governo do Estado de São Paulo

FINANCIAMENTO
Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)

OBSERVAÇÕES
Este documento técnico, denominado Concepção da Visão do Sistema Logístico Multimodal, corresponde ao Produto D2 do "Desenvolvimento e elaboração do Plano de Logística e Investimentos do Estado de São Paulo (PLI-SP 2050)" (Contrato Nº 22.607-5).

O produto é um dos entregáveis da Etapa 2 – Diagnóstico.

VERSÃO	DATA	CONTEÚDO DAS MODIFICAÇÕES
R01	10/12/2025	Revisão em atendimento aos comentários da SEMIL
R00	31/10/2025	Versão inicial

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3-1 - Comparação dos objetivos gerais e estratégicos dos planos estaduais 68
Tabela 3-2 - Principais metas e indicadores de cada plano, com horizontes de curto e longo prazo 70
Tabela 4-1 - Método do marco lógico para o PLI 77
Tabela 4-2 - Marco Lógico aplicado ao PLI 82
Tabela 6-1 – Mecanismos de Monitoramento do PLI 108

SUMÁRIO

Preâmbulo 6

1. Sumário Executivo 7

2. Apresentação 9

3. Benchmarks para Objetivos e Metas em Instrumentos de Planejamento do Governo do Estado de São Paulo 12

3.1. Objetivos e Metas do Plano de Ação de Transporte e Logística para a Macrometrópole Paulista, PAM TL. 12

3.2. Objetivos e Metas do Plano de Ação Climática do Estado de São Paulo, PAC-SP 2050. 19

3.3. Objetivos e Metas do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de São Paulo, ZEE SP 33

3.4. Objetivos e Metas do Plano Estadual de Adaptação e Resiliência Climática – PEARC. 44

3.5. Objetivos e Metas do Plano Estadual de Energia 2050, PEE 2050 e Plano Paulista Decenal de Energia 2034. 52

3.5.1. Plano Estadual de Energia 2050, PEE 2050 e Plano Paulista Decenal de Energia 2034. 53

3.5.1. Plano Paulista Decenal de Energia 2034. 59

3.6. Objetivos e Metas Comparados 68

4. Marco Lógico como Método para a Definição de Objetivos, Metas e Indicadores do PLI 76

4.1. Aplicação do Marco Lógico e Definição de Objetivos do PLI 79

5. Definição de Indicadores do PLI 85

5.1. Indicadores do Objetivo 1 (Sustentabilidade) 86

I1. Emissões de gases de efeito estufa (Indicador do objetivo geral) 86

O1.I1. Influência de infraestruturas de logística e transporte sobre áreas legalmente protegidas 87

O1.I2. Participação Não-Rodoviária de Carga.....89

O1.I3. Percentual de participação do modo individual motorizado no transporte de passageiros 90

O1.I4. Indicador de redundância de acessos.....91

5.2. Indicadores do Objetivo 2 (Econômico-Produtivo).....92

I2. PIB por município (Indicador do objetivo geral) 92

O2.I1. PIB Municipal per capita.....93

O2.I2. Emprego médio formal 94

O2.I3. Salário médio 94

O2.I4. Valor adicionado da indústria.....95

O2.I5. Taxa de investimento público municipal 96

O2.I6. Endividamento municipal líquido 96

5.3. Indicadores do Objetivo 3 (Equidade) 97

I3. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) (Indicador do objetivo geral) 97

O3.I1. Tempo médio de acesso a serviços essenciais 98
O3.I2. Proporção da população atendida por rodovias pavimentadas ou infraestrutura de outro modal de transporte 99
5.4. Indicadores do Objetivo 4 (Eficiência e Segurança operacional) 99
O4.I1. Tempo médio de viagem de passageiros por modal 99
O4.I2. Tempo médio de viagem de cargas por modal 101
O4.I4. Índice de Conectividade Intermodal 102
O4.I5. Taxa anual de óbitos em sinistros de trânsito 103
O4.I6. Taxa anual de sinistros de trânsito com veículos de carga 105
6. Identificação de Metas Potenciais do PLI e Plano de Monitoramento 106
6.1. Metas Potenciais do PLI 106
6.2. Plano de Monitoramento 107
7. Metodologia para construção e análise de cenários 111
8. Considerações finais 112

Preâmbulo

O presente Relatório, denominado "D7 – Concepção da Visão do Sistema Logístico Multimodal", constitui o sexto documento da Etapa 2 – Diagnóstico, sendo identificado como o relatório de produto nº 7 de um total de 19 Relatórios que compõem o Plano de Logística e Investimento – PLI-SP 2050. Além dos 19 Relatórios que se afiguram como Produtos, o processo de elaboração do PLI-SP é registrado por meio da entrega de Relatórios Mensais de Acompanhamento, que registram o progresso e as atividades desenvolvidas.

Na "Etapa 2 – Diagnóstico", a constituição, os elementos e a situação que circunscreve a infraestrutura logística do Estado são abordados em diferentes vertentes: Caracterização Socioeconômica, Caracterização do Sistema de Transporte, Obtenção das Matrizes Multimodais, Ações Regionais de Divulgação, Levantamento da Infraestrutura Existente e de suas Capacidades, Concepção da Visão do Sistema Logístico Modal e Construção do Modelo de Transportes.

O Relatório D7 – Concepção da Visão do Sistema Logístico Multimodal apresenta uma visão sistematizada dos objetivos, indicadores e metas que se pretende atingir por meio da implantação do conjunto de intervenções logísticas em diferentes regiões do Estado de São Paulo.

1. Sumário Executivo

O Produto D7 – Concepção da Visão do Sistema Logístico Multimodal apresenta a base conceitual e metodológica que orienta a formulação da visão estratégica do PLI do Estado de São Paulo. O documento consolida os fundamentos, objetivos e diretrizes que nortearão o desenvolvimento de um sistema logístico eficiente, integrado e sustentável, capaz de apoiar o crescimento econômico e reduzir desigualdades regionais.

A elaboração do Produto D7 seguiu metodologias reconhecidas internacionalmente, com destaque para o Marco Lógico (*Logical Framework*), utilizado para estruturar a lógica do plano. Essa abordagem permitiu identificar e organizar os objetivos gerais e específicos, indicadores, fontes de dados e pressupostos, formando a base de um instrumento de planejamento orientado a resultados e alinhado às boas práticas de gestão pública.

Os princípios orientadores do PLI, sustentabilidade ambiental e econômica, equidade social, desenvolvimento regional e setorial, inovação tecnológica, eficiência operacional e construtiva e conectividade entre os modos de transporte, guiaram a formulação da visão e das estratégias do plano, ou seja, a construção da matriz do marco lógico.

O objetivo geral do PLI é:

Fomentar o desenvolvimento regional sustentável por meio da integração e modernização da infraestrutura de transportes de cargas e passageiros, incorporando inovação tecnológica e princípios de inclusão social, visando à redução das desigualdades e à mitigação dos impactos ambientais.

A partir desse objetivo central, foram definidos quatro objetivos específicos:

O1. Reduzir os impactos socioambientais do sistema de transportes, incluindo a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e interferências sobre áreas protegidas e a biodiversidade, e fortalecer a resiliência e a capacidade adaptativa da infraestrutura frente às mudanças climáticas.

O2. Otimizar os custos da cadeia logística e impulsionar a produtividade e a formação bruta de capital fixo, assegurando a atratividade e a sustentabilidade financeira dos investimentos, de forma a estimular a participação do setor privado.

O3. Promover a redução das desigualdades sociais e regionais, garantindo o acesso a condições dignas e equitativas de transporte para toda a população.

O4. Assegurar a eficiência e a segurança operacional e a integridade física dos usuários do transporte de cargas e passageiros em todos os modos, ampliando a integração física e operacional da malha de transportes.

Com base nesses objetivos, foram definidos indicadores e metodologias de análise de cenários, que permitirão acompanhar a implementação do plano, avaliar seu desempenho e orientar ajustes estratégicos ao longo do tempo. A abordagem adotada privilegia o uso de métodos analíticos e comparativos, assegurando coerência entre os resultados esperados e as ações executadas.

O documento também incorpora um benchmarking de planos existentes, permitindo alinhar o PLI às diretrizes estaduais de desenvolvimento, infraestrutura e

sustentabilidade. Essa análise comparativa serviu de referência para a definição de indicadores e metas preliminares, bem como para a identificação de boas práticas aplicáveis ao contexto paulista.

Por fim, destaca-se que o Produto D7 atende plenamente ao escopo necessário para orientar a elaboração da Visão do Sistema Logístico Multimodal do PLI, apresentando objetivos, indicadores estratégicos, metodologias de análise de cenários e bases de referência para a definição preliminar de metas. Entretanto, o conjunto de indicadores aqui apresentado não é exaustivo, contemplando métricas de caráter estratégico, voltadas ao acompanhamento dos objetivos do plano. Indicadores de avanço das ações do PLI, bem como indicadores operacionais e de impacto associados a projetos, programas ou tendências que influenciam o transporte de pessoas e mercadorias no Estado, não integram este documento devido ao estágio atual de desenvolvimento do plano e à ausência de ações definidas. Assim, ao término da elaboração do PLI, será produzido um documento complementar ao D7, contendo indicadores operacionais detalhados e metas específicas para cada parâmetro.

2. Apresentação

O objetivo estabelecido para o Plano de Logística e Investimento – PLI-SP 2050, é a composição de uma carteira de empreendimentos logísticos prioritários que deverão ser implementados em diferentes regiões do Estado de São Paulo, em diferentes horizontes de tempo. A leitura de uma carteira, ou portfolio, traduz a visão de que o PLI é uma somatória coordenada de partes em que se busca maximizar o resultado obtido a partir de um conjunto de ações públicas. Sob outro prisma, o objetivo do PLI deve ser a transformação dos elementos econômicos e produtivos, sociais e ambientais do Estado em direção a um futuro desejável, futuro este construído a partir de um conjunto de intervenções planejadas pelo Governo Estadual que procurem promover setores econômicos, procurem promover o acesso de populações em situação de fragilidade a ativos públicos essenciais, procurem reduzir o impacto climático das atividades econômicas conduzidas no Estado, dentre outros. Em uma leitura estratégica, os objetivos dos projetos que comporão o PLI será dar significado ao próprio PLI, ou seja, explicar as razões pelas quais o Governo planeja intervir sobre a dinâmica espacial do Estado de São Paulo por meio da implantação de empreendimentos de infraestrutura. Os objetivos maiores do PLI traduzem um conjunto de valores normativos do Governo do Estado que indicam sua ponderação de preferências e orientam a política pública em diferentes níveis.

A combinação destas duas visões sobre o PLI, composição de carteira de projetos e instrumento para uma política pública normativa, consolida o senso de que cada um de seus componentes deverá contribuir de forma relevante para a construção deste futuro desejável. Para tanto, os objetivos maiores, ou valores normativos subjacentes à escolha dos projetos que comporão a carteira prioritária do PLI, devem ser traduzidos em métricas objetivas, sendo necessário definir um conjunto de dimensões de análise que, por um lado, dão materialidade aos princípios postos e, por outro, resultam em um conjunto de indicadores tangíveis que permitem projetar os resultados esperados de cada projeto e posteriormente verificar se os resultados projetados foram de fato alcançados. Os indicadores tangíveis, sejam estes quantitativos ou qualitativos, são tratados como "variáveis" no presente Relatório e permitem caracterizar um determinado empreendimento do PLI ou o PLI compreendido como um todo.

A análise das métricas tangíveis previstas para cada um dos empreendimentos que será avaliado no âmbito PLI permitirá, por um lado, realizar sua caracterização como um fim em si mesmo. Assim, cada empreendimento será qualificado de acordo com sua contribuição para os objetivos normativos do Governo do Estado. A qualificação de cada empreendimento também permite comparar os diferentes empreendimentos de acordo com os resultados projetados e posteriormente verificados para cada uma das variáveis que compõem as dimensões de análise. Portanto, o primeiro propósito do presente Relatório é estabelecer as bases para que sejam definidos objetivos mensuráveis para o PLI compreendido como uma unidade sistêmica. Estes objetivos mensuráveis deverão constituir um alicerce fundamental para a avaliação futura dos resultados esperados, decorrentes da implantação de cada um dos componentes do PLI de forma individualizada e do conjunto de componentes como um todo. Por meio deste processo, pretende-se dar materialidade a questões como *"Qual o impacto econômico esperado decorrente dos investimentos que o Governo do Estado fará nos projetos previstos pelo PLI? Qual o impacto social e qual o impacto ambiental? Em quais prazos pretende-se atingir estes objetivos?"*. O presente Relatório também é uma peça encadeada com os demais Relatórios do PLI na medida em que estabelece as bases para o processo de hierarquização futura dos componentes, definindo sua distribuição ao longo dos próximos 25 anos e seu encadeamento lógico.

Para atender a este duplo propósito, os objetivos normativos do Governo do Estado são inicialmente convertidos em um conjunto de dimensões de análise. As dimensões

de análise descrevem e dão materialidade os objetivos maiores do Governo do Estado. Além de elementos relacionados ao impulsionamento de cadeias produtivas de maior relevância para o Estado, do acesso de parcelas menos favorecidas da população a equipamentos públicos e elementos de natureza ambiental, a construção do PLI levará em consideração outras dimensões que são chave para o sucesso do planejamento. O tema fiscal, face à concorrência por recursos orçamentários, por garantias emanadas do Tesouro e questões análogas, será tratado como uma dimensão relevante na priorização dos investimentos que demandem recursos públicos. Sob os aspectos institucionais, a factibilidade do PLI será avaliada sob a ótica da necessidade de ajustes no arcabouço normativo vigente, contemplando desde mudanças na legislação do Estado até questões setoriais específicas a serem normatizadas por meio de decretos e resoluções. Ainda no plano normativo, a eventual dependência de interação com outras esferas de governo, tais como a União ou Municípios, também será considerada uma variável relevante na análise de cada um dos Componentes do PLI.

Cada uma das dimensões será composta por um conjunto de variáveis, caracterizadas a partir de uma métrica. As métricas, que poderão ter natureza quantitativa ou qualitativa, permitem caracterizar um determinado componente do PLI e, por meio desta caracterização, comparar e combinar os componentes de acordo com os parâmetros obtidos para cada uma das variáveis definidas para as dimensões de análise. Estabelecida a métrica de análise comparativa, são avaliadas as magnitudes das metas propostas para o PLI de acordo com diferentes cenários de política pública.

O presente Produto D7 – Concepção da Visão do Sistema Logístico Multimodal está estruturado em nove capítulos, além desta Apresentação.

Para a consecução destes objetivos, inicialmente apresenta-se o posicionamento do PLI em meio aos demais Planos Estratégicos do Estado de São Paulo. O Capítulo 3 traz os principais benchmarks produzidos pelo Governo do Estado de onde são extraídas as versões iniciais sobre dimensões, variáveis de análise e metas estabelecidas pelo Governo do Estado de São Paulo. O estabelecimento dos Objetivos Maiores e das metas do PLI 2050 deve manter alinhamento com os demais instrumentos de planejamento estaduais, entre os quais se destacam:

- ZEE-SP – Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de São Paulo;
- PAC 2050 – Plano de Ação Climática e Desenvolvimento Sustentável para o Estado de São Paulo;
- PAM-TL – Plano de Ação de Transporte e Logística para a Macrometrópole Paulista;
- PEARC – Plano Estadual de Adaptação e Resiliência Climática.
- Plano Estadual de Energia 2050 em conjunto ao Plano Paulista Decenal de Energia 2034.

A partir do benchmark realizado, o Capítulo 4 apresenta o método aplicado para a construção da visão do plano, bem como os objetivos específicos e indicadores, definidos com base na abordagem do Marco Lógico. O Capítulo 5 apresenta os indicadores indicando para cada um: descrição; equação; sinal (informativo se o desejável é a redução ou aumento do indicador); unidade de medida; unidade espacial de abrangência; fonte de dados; frequência de atualização; metodologia para construção e análise de cenários (metodologia para cálculo do indicador e projeção das variáveis) e referências. O Capítulo 6 aborda as metas potenciais para o PLI e o plano de monitoramento, o qual inclui a tabela resumo dos indicadores

propostos no D7. O Capítulo 7 descreve a metodologia de construção e análise de cenários e, por fim, o Capítulo 8 traz as considerações finais deste Relatório.

3. Benchmarks para Objetivos e Metas em Instrumentos de Planejamento do Governo do Estado de São Paulo

O Estado de São Paulo enfrenta desafios complexos de desenvolvimento sustentável em suas diversas vertentes, econômica, social, ambiental, bem como nos elementos decorrentes das relevantes mudanças climáticas observadas nos últimos anos. Para abordar esses desafios de forma integrada, o Governo do Estado elaborou diferentes Planos Estratégicos que servem como instrumentos de planejamento de longo prazo. Os Planos Estratégicos, embora distintos em escopo, complementam-se dentro da formulação de uma política pública mais ampla, orientada a Objetivos Maiores, porém materializada e controlada por meio da conversão destes Objetivos em metas específicas. A seguir, cada um dos Planos Estratégicos do Governo do Estado é avaliado, e ao término deste capítulo é apresentado uma comparação de seus principais elementos.

3.1. Objetivos e Metas do Plano de Ação de Transporte e Logística para a Macrometrópole Paulista, PAM TL.

O Plano de Ação da Macrometrópole de Transporte e Logística, PAM-TL, foi formulado para detalhar a estratégia de transporte e logística na Macrometrópole Paulista, em alinhamento com o Plano de Ação da Macrometrópole 2040. Em 2018, o Departamento de Estradas de Rodagem - DER-SP contratou um consórcio técnico para consolidar as estratégias setoriais de transporte metropolitano e macrometropolitano de passageiros e cargas. Esse esforço insere-se no contexto de demandas crescentes por integração de infraestrutura na região que concentra a maior parte da população e economia paulista. O PAM 2040, elaborado pela EMPLASA entre os anos de 2012 e 2015, já havia estabelecido 7 objetivos iniciais e 3 eixos estratégicos para a Macrometrópole – (i) conectividade territorial e competitividade econômica; (ii) coesão territorial e urbanização inclusiva; (iii) governança metropolitana – orientando políticas de desenvolvimento regional. O PAM-TL foi concebido, portanto, para especificar o componente de transportes e logística desse planejamento de longo prazo, garantindo alinhamento com os princípios do PAM 2040 e com planos federais, estaduais e municipais correlatos.

O plano definiu 14 Objetivos Estratégicos (OE) que expressam os fins a serem atingidos em transporte e logística na Macrometrópole. Esses OEs estão organizados em quatro dimensões temáticas e derivam tanto dos propósitos estabelecidos no Termo de Referência de 2016 quanto da análise de planos vigentes à época. Os propósitos originais do edital – melhorar a eficiência socioeconômica e ambiental da ação governamental em transporte e logística, garantir compatibilidade entre investimentos públicos e privados, criar um ambiente de confiança/regulação estável e obter resultados tangíveis evitando crises setoriais – nortearam a definição dos objetivos do PAM-TL. A partir disso, a equipe do plano consolidou objetivos abrangentes. Por exemplo, no eixo técnico estabeleceu-se o objetivo de "prover um sistema acessível, eficiente e confiável para a mobilidade de pessoas e bens", bem como "garantir a segurança operacional em todos os modos de transporte". No eixo governança, definiu-se "promover a participação interinstitucional (sociedade, governo e mercado) no desenvolvimento de uma política de transporte integrada (gestão democrática)". Já no eixo socioambiental/urbano, um dos objetivos é "promover o desenvolvimento sustentável, reduzindo emissões de poluentes e gases de efeito estufa", incentivando tecnologias limpas. Assim, os 14 OEs cobrem aspectos técnicos (qualidade, segurança, integração modal, desempenho), econômicos (custos e investimentos, sustentabilidade financeira, competitividade regional), de

governança (participação, ambiente regulatório confiável, concorrência) e socioambientais (sustentabilidade ambiental, qualidade de vida, coesão territorial).

A elaboração do PAM-TL seguiu uma metodologia participativa e analítica em múltiplas etapas. Primeiro, foi realizada uma pesquisa de benchmarking de planos estratégicos: analisaram-se objetivos e metas de planos nacionais (ex.: Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT), estaduais (Plano Diretor de Logística e Transportes – PDLT, PPAs estaduais) e metropolitanos (ex.: Plano Integrado de Transportes Urbanos – PITU 2025 da RMSP) e também de planos internacionais (como o Federal Transport Infrastructure Plan da Alemanha, planos do Japão e Portugal). Essa avaliação comparativa subsidiou a proposição inicial dos objetivos. Em seguida, definiu-se uma árvore de objetivos estratégicos consolidada em conjunto com técnicos da Secretaria de Logística e Transportes (SLT) e demais stakeholders, por meio de workshops e consultas técnicas. Concomitantemente, desenvolveu-se uma matriz multicritério baseada no método Analytic Hierarchy Process (AHP) para hierarquizar projetos conforme contribuição aos objetivos. Essa matriz e os pesos dos critérios foram validados em etapas sucessivas: primeiro internamente (SLT), depois com técnicos de outras pastas e órgãos públicos, garantindo alinhamento interinstitucional. No tocante às metas e indicadores, foram identificados 52 indicadores-chave associados aos objetivos e estabelecidas metas numéricas correspondentes quando possível. A definição de metas considerou diagnósticos setoriais e projeções – por exemplo, calcular metas de participação do transporte público ou redução de acidentes exigiu conhecer os projetos previstos e seu impacto agregado na mobilidade futura. Por fim, o plano contou com revisões e validações em um processo iterativo, assegurando consistência técnica e aderência às premissas iniciais.

Diretrizes e Eixos Estratégicos

Desde o início, o PAM-TL foi guiado por diretrizes estratégicas definidas no Termo de Referência de 2016 e aprimoradas em seu desenvolvimento. Estabeleceram-se 5 diretrizes gerais que orientam o plano como um todo, tais como: (1) atribuir papel decisivo a grandes projetos públicos/privados na expansão da infraestrutura da MMP; (2) considerar todos os projetos do PPA 2015–2019 pertinentes ao PAM-TL; (3) fortalecer as relações produtivas internas à MMP com um sistema de transporte de passageiros e logística eficiente; (4) criar hubs descentralizados de fluxo de pessoas e cargas conforme as dinâmicas populacionais e econômicas; (5) assegurar a articulação multimodal entre os diversos modos de transporte e logística. Além disso, foram definidas 14 diretrizes específicas focadas em iniciativas ou necessidades concretas da macrometrópole. Dentre essas, destacam-se: implementar o Trem Intercidades (TIC) como eixo estruturador da mobilidade regional, integrando-o às linhas da CPTM; considerar os impactos urbanos e industriais dos investimentos do pré-sal no litoral paulista; propor novas soluções logísticas na Baixada Santista diante da expansão do Porto de Santos e polos industriais de Cubatão; avaliar a necessidade de um novo porto e de um novo aeroporto no estado; consolidar São José dos Campos e Santos como plataformas logísticas (no Vale do Paraíba e no pré-sal, respectivamente); integrar o Ferroanel ao Rodoanel no trecho norte; e dar continuidade à implantação do Rodoanel (priorizando o trecho norte). Essas diretrizes específicas funcionam como eixos estratégicos operacionais, assegurando que o plano aborde os principais projetos estruturantes e gargalos identificados no território. Por fim, conforme mencionado, os quatro eixos temáticos de avaliação (Técnico, Econômico-Financeiro, Governança, Socioambiental/Urbano) organizam tanto os indicadores quanto a análise multicriterial, refletindo as dimensões fundamentais da estratégia de transporte macrometropolitano.

Metas e Projeções Principais

O PAM-TL estabelece metas-chave associadas a cada objetivo estratégico, servindo de parâmetro para monitorar o desempenho dos projetos e políticas propostas. As metas são a quantificação dos objetivos via indicadores – por exemplo, aumentar a participação do transporte público na matriz de viagens e a participação do modal ferroviário na matriz de cargas (ligadas ao OE de diversificação modal) ou reduzir o índice de acidentes e o tempo de restabelecimento de serviços (ligados ao OE de segurança operacional). Embora o relatório detalhe os indicadores e a forma de cálculo de cada meta (Quadro 3-3), muitas metas específicas dependem dos projetos priorizados.

- Objetivo 1: Prover um sistema acessível, eficiente e confiável para a mobilidade de pessoas e bens
    - Indicadores: Índice de conforto dos passageiros; regularidade/ pontualidade do serviço; índice de cobertura do atendimento, percentual da população atendida pelo sistema.
    - Metas: Aumentar o nível de conforto dos passageiros (ex.: melhora em índices de satisfação/conforto); melhorar a regularidade e pontualidade do transporte público (redução de atrasos e aumento do cumprimento de horários); ampliar o índice de cobertura do atendimento, ou seja, a parcela da população atendida pelo sistema de transporte.
- Objetivo 2: Garantir a segurança operacional em todos os modos de transporte.
    - Indicadores: Taxa de acidentes nos sistemas de transporte (indicador de segurança operacional); indicadores de confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade dos equipamentos e infraestruturas (medidas de tempo médio entre falhas, disponibilidade de frota).
    - Metas: Reduzir o índice de acidentes em todos os modos (meta de redução percentual de acidentes e fatalidades, a ser quantificada em etapas futuras); aumentar a confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade do sistema de transporte (maior porcentagem de veículos/equipamentos operacionais e menor tempo de inatividade); e evitar custos decorrentes de falhas e acidentes, aumentando a segurança e reduzindo despesas associadas a incidentes.
- Objetivo 3: Prover uma matriz de transporte variada, racional e eficiente
    - Indicadores: Participação modal do transporte coletivo urbano (percentual de viagens urbanas realizadas por transporte público vs. individual); participação do modo ferroviário na matriz de transporte de cargas (percentual do volume de carga movido via ferrovia vs. rodovia).
    - Metas: Ampliar o uso do transporte coletivo no transporte urbano (aumentar a participação percentual de ônibus, metrô, trens urbanos etc. nas viagens urbanas, reduzindo a dependência do automóvel particular) e ampliar o uso do sistema ferroviário no transporte de cargas (elevar a fração das cargas regionais transportadas por trens). (Em termos quantitativos, isso significaria metas de aumento de participação modal, por exemplo: acréscimo da fatia do transporte

público e ferroviário em alguns pontos percentuais, conforme os cenários futuros do PAM-TL.)

- Objetivo 4: Ampliar e melhorar a integração física, tarifária e operacional dos diferentes modos e redes de transporte (público e privado) nas cidades, assegurando a intermodalidade.
    - Indicadores: Número de sistemas com integração tarifária implementada (bilhete único, integração intermodal); porcentagem de viagens multimodais (viagens que utilizam mais de um modo de transporte de forma integrada) no total de viagens; índice de conectividade entre modos (medido, por exemplo, pelo número de estações/terminais integrados).
    - Metas: Expandir a integração entre modos de transporte, tanto físicamente quanto na bilhetagem (ex.: aumento do número de linhas/programas com bilhete integrado) e incrementar o número de viagens multimodais no sistema.
- Objetivo 5: Otimizar e racionalizar os custos da cadeia logística, assegurando compatibilidade funcional entre investimentos públicos e privados.
    - Indicadores: Custo logístico total em relação ao PIB da região (percentual do PIB gasto em logística); relação custo-benefício dos projetos de transporte (indicador socioeconômico de eficiência dos investimentos); nível de integração de investimentos público-privados (por exemplo, razão entre investimentos privados e públicos no setor).
    - Metas: Reduzir os custos logísticos relativos (diminuir o peso dos custos de transporte e armazenamento na economia regional) e melhorar a relação entre custos, investimentos e receitas no setor de transporte. Isso implica buscar maior retorno socioeconômico para cada real investido – i.e., aumentar a eficiência econômica dos projetos de transporte. Também se objetiva assegurar a compatibilidade funcional entre investimentos públicos e privados, alinhando investimentos de concessões/PPP com a rede pública para evitar redundâncias e maximizar sinergias.
- Objetivo 6: Garantir retorno atraente aos investimentos em transporte, fomentando a participação do setor privado.
    - Indicadores: Taxa interna de retorno (TIR) média dos projetos de transporte; volume de investimento privado alavancado no setor (R$ investidos pela iniciativa privada em projetos do PAM-TL); índice de risco dos projetos (ratings de crédito, etc.).
    - Metas: Assegurar retorno adequado aos investidores privados em projetos de transporte – por exemplo, via modelagens de projeto que atinjam determinada TIR alvo ou payback – de modo a aumentar a atratividade de investimentos privados no setor. Em termos práticos, busca-se elevar o número de projetos em parceria (PPP/concessões) e o montante de recursos privados investidos, garantindo que esses projetos sejam financeiramente viáveis.
- Objetivo 7: Assegurar a sustentabilidade financeira futura do setor de transportes.

- Indicadores: Índice de cobertura tarifária (relação entre receitas tarifárias e custos operacionais do sistema); volume de subsídios governamentais ao transporte (R$ por ano e % dos custos cobertos por subsídio); custo médio de transporte para o usuário (tarifa média ou % da renda gasta com transporte).

- Metas: Reduzir a dependência de subsídios públicos no longo prazo (diminuir gradativamente o percentual dos custos do transporte cobertos com subsídio) e reduzir os custos da integração para o usuário, por exemplo, evitando que a integração tarifária penalize financeiramente o passageiro. Em termos quantitativos, pretende-se aumentar a auto-suficiência financeira dos sistemas de transporte (maior porcentagem de custos coberta pelas tarifas e outras receitas próprias) sem sobrecarregar o usuário.

- Objetivo 8: Promover a integração sistêmica da Macrometrópole Paulista por meio de uma oferta de transporte equilibrada e eficiente

  - Indicadores: Índice de equilíbrio na oferta de transportes entre as sub-regiões da macrometrópole (por exemplo, distribuição per capita de investimentos ou de infraestrutura de transporte nas diferentes regiões); acesso médio da população aos serviços de transporte de alto desempenho (porcentagem da população da macrometrópole com acesso a modais de alta capacidade, como trem/metrô).

  - Metas: Equilibrar a distribuição de infraestrutura e serviços de transporte no território macrometropolitano – i.e., reduzir disparidades regionais na disponibilidade de transporte. Busca-se oferecer uma capacidade de transporte adequada de forma homogênea, evitando concentração excessiva de oferta em alguns polos e carência em outros. Isso envolve, por exemplo, descentralizar investimentos para alcançar maior número de municípios integrados à rede principal de transporte.

- Objetivo 9: Promover a participação intra e interinstitucional de sociedade, governo e mercado na formulação de uma política integrada de transportes (Gestão Democrática).

  - Indicadores: Número de agentes institucionais envolvidos em instâncias de planejamento e gestão de transportes (contagem de órgãos públicos, prefeituras, entidades privadas e organizações da sociedade civil participantes); existência de fóruns ou conselhos participativos ativos; grau de integração entre entes federativos nas políticas de transporte (presença de convênios, consórcios regionais, etc.).

  - Metas: Ampliar a quantidade de agentes envolvidos no processo de formulação das políticas de transporte; ampliar a integração na entrega de serviços públicos de transporte (mais ações coordenadas entre diferentes órgãos/operadores); aumentar a capacidade técnica dos municípios para planejar mobilidade; e aprimorar a integração entre os entes federados (União, Estado, municípios)【50†】. Em suma, incentiva-se a governança colaborativa, medindo-se o sucesso pelo crescimento no número de instituições engajadas e pela melhoria na coordenação intergovernamental.

- Objetivo 10: Proporcionar um ambiente de confiança mútua e respeito às "regras do jogo" (no setor de transportes).

- Indicadores: Índice de percepção da governança no setor de transportes (avalia a transparência, accountability e confiança nas instituições); indicadores de qualidade regulatória (por exemplo, surveys de satisfação dos regulados com as agências ou cumprimento de prazos regulatórios).

- Metas: Melhorar a governança na estrutura executiva das entidades de transporte – isto é, elevar a eficiência, transparência e coordenação entre órgãos executores – e melhorar a percepção da qualidade da regulação do setor.

- Objetivo 11: Promover o aumento da concorrência entre os operadores de transporte.

  - Indicadores: Número de contratos/licitações de transporte com pluralidade de competidores; média de participantes em concorrências de projetos de transporte (número de proponentes por licitação); nível de concentração de mercado em operações-chave (índices de Herfindahl, etc., se aplicável).

  - Metas: Aumentar a quantidade de contratos e de operadores participantes nas concorrências do setor. Ou seja, busca-se mais competição nas licitações – medido pelo crescimento no número de empresas concorrendo e operando serviços de transportes – evitando monopólios e aumentando a eficiência por meio da concorrência.

- Objetivo 12: Promover o desenvolvimento sustentável, com redução de poluentes e emissões de gases de efeito estufa (incentivando inovações em energias renováveis e menos poluentes)

  - Indicadores: Emissões de CO_2 equivalentes do setor de transportes na macrometrópole (toneladas/ano); índices de qualidade do ar (níveis de poluentes atmosféricos nas regiões urbanas); níveis de ruído médio em áreas críticas; participação de fontes energéticas renováveis na matriz de transporte (% de veículos ou frotas com energia limpa).

  - Metas: Reduzir a poluição atmosférica e sonora causada pelos transportes; ampliar o uso de energia renovável nos modos de transporte (por exemplo, aumentando a percentagem de veículos elétricos ou a biocombustível na frota) e evitar interferências em áreas ambientalmente protegidas. Na prática, isso envolve metas como redução das emissões de CO_2 do transporte (por ex., meta de redução percentual de emissões até 2030/2040) e aumento da participação de veículos limpos, bem como diretrizes para que novos projetos não impactem unidades de conservação.

- Objetivo 13: Elevar a qualidade de vida por meio de maior acessibilidade, segurança e saúde pública, com menos congestionamento, poluição e ruído.

  - Indicadores: Tempo médio de deslocamento da população (minutos por viagem); índice de congestionamento nas vias urbanas (por exemplo, horas de atraso por km); taxa de acidentes de trânsito com vítima (indicador de segurança viária urbana); índices de poluição do ar urbana e níveis de ruído; expectativa de vida saudável da população urbana (relacionada indiretamente à poluição/estresse do trânsito).

  - Metas: Melhorar o tráfego nas cidades (reduzir congestionamentos – medido pela diminuição no tempo perdido no trânsito); reduzir o

tempo gasto com transporte pela população (viagens mais rápidas, ou distâncias menores graças a melhor planejamento urbano); e aumentar a expectativa de vida da população urbana. Este último ponto se relaciona à melhoria da saúde pública decorrente de menos poluição e menos stress/noise do tráfego. Em termos quantitativos, busca-se, por exemplo, reduzir em determinado percentual o tempo médio de viagem e diminuir as emissões e ruídos a níveis compatíveis com padrões da OMS, contribuindo para alguns anos a mais na expectativa de vida no longo prazo.

- Objetivo 14: Integrar e ordenar o território (cidades integradas, conectadas, com melhor acessibilidade a serviços), reduzindo desequilíbrios regionais e promovendo coesão social e dinamismo urbano.
    - Indicadores: Distribuição geográfica da população versus oferta de empregos/serviços (medidas de equilíbrio territorial); densidade demográfica ao longo de eixos de transporte estruturantes; número de municípios integrados funcionalmente à metrópole (por sistemas de transporte); indicador de desigualdade regional no acesso a transporte e oportunidades (por ex., índice de Gini de acessibilidade).
    - Metas: Promover a coesão social e territorial por meio do transporte. Especificamente, ampliar a ocupação de áreas de baixa densidade populacional e de serviços próximas a eixos de transporte estruturantes (incentivar o desenvolvimento urbano ao longo de corredores de transporte), minimizar desapropriações e impactos em áreas de risco social em novos projetos de transporte, e em geral reduzir os desequilíbrios regionais de acesso a bens e serviços. Em termos práticos, isso significa desenvolver a rede de transportes de forma policêntrica, levando infraestrutura às periferias e regiões menos desenvolvidas, de modo que indicadores de acesso a oportunidades melhorem nessas áreas.

O plano recomenda que as metas consideradas "desejáveis" sejam alinhadas ao diagnóstico atual e ao patamar atingível com a carteira de projetos selecionada. Já o Volume II apresenta projeções e cenários até 2040 horizonte aproximado do PAM 2040, que contextualizam as metas. Três cenários macroeconômicos – Otimista (com avanços estruturais e crescimento mundial acelerado), Pessimista (estagnação econômica prolongada) e Não-Tendencial (crescimento limitado em condições adversas) – foram desenvolvidos para avaliar o comportamento futuro da economia, das contas públicas e da demanda de transportes. Esses cenários geram diferentes trajetórias de variáveis socioeconômicas (PIB, população, frota, produção industrial etc.), permitindo estimar, por exemplo, a evolução das viagens de passageiros, do volume de cargas e da necessidade de investimentos em cada caso. As metas do PAM-TL foram então analisadas à luz desses cenários, garantindo robustez das estratégias mesmo frente a incertezas (por exemplo, identificou-se o cenário não-tendencial como o mais provável no curto prazo devidos às condições econômicas de 2019).

Instrumentos de Implementação e Governança

Para viabilizar o PAM-TL, são previstos instrumentos institucionais e gerenciais de implementação e monitoramento. A avaliação multicritério (AHP) desenvolvida permite hierarquizar os projetos de infraestrutura conforme sua contribuição para os objetivos estratégicos, servindo de base para a tomada de decisão em investimentos. Em termos institucionais, a Secretaria de Logística e Transportes (SLT) exerce papel

de coordenação do PAM-TL, em articulação com outros órgãos setoriais (como a ARTESP, EMTU, CPTM, DAESP, Cetesb, entre outros envolvidos em transportes e meio ambiente). O plano enfatiza a necessidade de cooperação público-privada, recomendando a utilização de Parcerias Público-Privadas (PPP) e concessões para viabilizar os grandes projetos, dada a restrição fiscal do Estado. Também propõe o fortalecimento de instâncias de integração federativa, pois muitos projetos envolvem governo federal (ferrovias, aeroportos, portos) e municípios (mobilidade urbana). A governança do PAM-TL se apoia ainda em mecanismos de participação e transparência: o processo de elaboração já envolveu consultas a técnicos e stakeholders, e para a implementação sugere-se estabelecer fóruns permanentes para diálogo metropolitano e acompanhamento das ações – por exemplo, com envolvimento dos Conselhos de Desenvolvimento Metropolitano existentes. Adicionalmente, o plano recomenda alinhar-se aos instrumentos de planejamento orçamentário: integrar as metas e projetos do PAM-TL nas Leis de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e nos próximos Planos Plurianuais (PPA), assegurando recursos e continuidade.

3.2. Objetivos e Metas do Plano de Ação Climática do Estado de São Paulo, PAC-SP 2050.

O Plano de Ação Climática do Estado de São Paulo 2050, PAC-SP 2050, foi desenvolvido em resposta à urgência das mudanças climáticas globais e aos compromissos internacionais e nacionais assumidos pelo Brasil. Com base nas últimas recomendações do IPCC e no Acordo de Paris, São Paulo buscou alinhar-se ao objetivo de limitar o aquecimento global, ao mesmo tempo em que promove desenvolvimento sustentável e cumpre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. O Estado de São Paulo possui uma Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC) desde 2009, consignada na Lei estadual 13.798/2009, que estabeleceu metas iniciais de mitigação e criou o Conselho Estadual de Mudanças Climáticas. Contudo, à medida que a ciência climática avançou e novos acordos surgiram, houve necessidade de atualizar e detalhar a estratégia climática paulista. Em 2021, o governo aderiu à campanha global Race to Zero e elaborou um documento preliminar chamado "PAC 2050 – Diretrizes e Ações Estratégicas", apresentado na COP26 como compromisso voluntário do Estado. Esse documento de diretrizes – construído com ampla participação social em oficinas e consultas públicas – estabeleceu as linhas mestras para o plano climático, sinalizando metas como a neutralidade de carbono até 2050. A partir dele, em 2022 iniciou-se a formulação do PAC-SP 2050 completo, incorporando novas ações setoriais e metas quantificadas de redução de emissões. O contexto federal também influenciou, quando a União atualizou sua NDC (Contribuição Nacionalmente Determinada) comprometendo-se a reduzir as emissões em 50% até 2030, tendo como base 2005, e alcançar a neutralidade climática em 2050, embora sem detalhar planos setoriais. São Paulo, como maior estado do país em PIB e emissões, assumiu compromissos públicos alinhados a esses esforços nacionais e globais – por exemplo, anunciando metas de descarbonização para 2030 e 2050. O PAC-SP 2050 emerge desse cenário, uma resposta estratégica do Estado para compatibilizar crescimento econômico com descarbonização, mantendo sua liderança climática no contexto nacional e atendendo à legislação estadual que demanda planos de mitigação e adaptação integrados.

A elaboração do PAC-SP 2050 combinou análises técnicas com processos participativos e intersetoriais. O ponto de partida foi o inventário estadual de emissões de GEE (com dados do Sistema de Estimativa de Emissões – SEEG) para estabelecer a linha de base e identificar os setores de maior impacto. Em seguida, contou-se com estudos especializados, como o relatório "Desenvolvimento e Avaliação da Trajetória de Descarbonização de São Paulo" (SIMA, 2021), que

forneceu cenários preliminares de redução de emissões por setor e uma ferramenta de simulação ("calculadora de descarbonização"). Com base nesses insumos, foram selecionadas carteiras de ações potenciais em cada setor, avaliando seu potencial de abatimento de emissões até 2030, 2040 e 2050. Um dos critérios chave na seleção das ações foi a existência de indicadores mensuráveis e metas verificáveis para acompanhar o progresso. Em paralelo, o processo incorporou consultas e participação social: após a fase de diretrizes estratégicas (PAC Diretrizes 2021), o governo realizou oficinas setoriais com especialistas, publicou uma consulta pública online para colher contribuições da sociedade e dialogou com o setor privado e academia sobre as propostas de ação. Essa consulta pública, em 2022, levou à inclusão de novas ideias e ao agrupamento de subações – por exemplo, destacando ações estruturantes de justiça climática que emergiram nas contribuições sociais. A metodologia também previu a integração do PAC com o planejamento orçamentário, quando as equipes analisaram a Lei Orçamentária e o PPA vigentes para mapear programas existentes relacionados às ações climáticas, estimando necessidades de recursos adicionais e eventuais redirecionamentos. A elaboração contou com o suporte das instâncias de governança da PEMC (Comitê Gestor intersecretarial e Conselho Estadual de Mudanças Climáticas). Esses organismos acompanharam a formulação, garantindo envolvimento de diversas secretarias setoriais (Meio Ambiente, Infraestrutura, Transportes, Energia, Agricultura, Economia etc.) e conferindo legitimidade técnica e política às ações definidas.

Objetivos Estratégicos

O objetivo central do PAC-SP 2050 é conduzir São Paulo à neutralização das emissões líquidas de gases de efeito estufa (GEE) até 2050, alinhado à meta de Net Zero 2050. Esse propósito principal se desdobra em metas estratégicas intermediárias e setoriais. A primeira grande meta estabelecida é atingir uma redução significativa das emissões já em 2030, consistente com a trajetória de 1,5–2°C global. O plano projeta uma redução em torno de 12% das emissões totais entre 2021 e 2030, meta esta que foi comunicada pelo estado como parte da *Race to Zero* na COP27. Essa redução considera o nível de emissões pós-pandemia, 2021, como referência e reflete as ações imediatas de mitigação de maior impacto. Embora proporcionalmente modesta frente às ambições globais, devido ao fato de SP já ter passado por transições importantes em sua matriz elétrica e industrial, essa meta de 2030 insere São Paulo no rol de governos subnacionais com compromissos quantificados de curto prazo. A partir de 2030, o PAC2050 delineia uma trajetória de aprofundamento das reduções para 2040 e 2050. Não há uma meta percentual fixa publicada para 2040, mas o plano adota "metas dinâmicas" a serem revisadas periodicamente conforme a implementação das ações e evolução tecnológica. Em 2050, a expectativa é zerar ou compensar totalmente as emissões residuais, efetivando a neutralidade de carbono. Além das metas globais de emissões, o PAC-SP 2050 define objetivos estratégicos setoriais, como expandir significativamente a participação de energias renováveis e limpa na matriz energética estadual, acelerar a eletrificação do transporte e a adoção de combustíveis não fósseis, eliminar o desmatamento ilegal e ampliar sumidouros de carbono (reflorestamento), reduzir a disposição de resíduos orgânicos em aterros (diminuindo emissões de metano), e fomentar inovações industriais de baixo carbono. Esses objetivos setoriais estão alinhados a contribuir para a meta comum de redução, criando um arcabouço em que cada setor econômico tenha seu papel na descarbonização.

Para atingir seus objetivos, o PAC-SP 2050 estrutura suas ações em cinco eixos temáticos setoriais correspondentes às principais fontes de emissões e oportunidades de mitigação, além de considerar aspectos transversais. Os eixos setoriais são (1) Energia, (2) Transporte, (3) Indústria e Uso de Produtos, (4) Agropecuária, Florestas e Uso do Solo (AFOLU) e (5) Resíduos. Essa segmentação segue as diretrizes metodológicas internacionais, inventário de GEE do IPCC, com a diferença de São

Paulo tratar Transporte separadamente do eixo Energia para dar enfoque especial a esse setor crítico. Para cada eixo temático, o plano identifica um conjunto de ações de mitigação. Em sua versão final, o PAC2050 apresentou 5 ações (14 subações) no eixo de Transporte, 4 ações (5 subações) em Energia, 2 ações (5 subações) em Indústria e uso de produtos, 4 ações (8 subações) em AFOLU e 2 ações (5 subações) em Resíduos, totalizando 17 ações e 37 subações setoriais de mitigação. A seguir são detalhados os eixos principais.

TRA1: Redução das emissões do transporte de carga. Visa diminuir as emissões nos transportes de cargas rodoviárias. Inclui substituir o diesel fóssil por alternativas de baixo carbono, eletrificar frotas de caminhões urbanos, melhorar a eficiência logística e transferir cargas para modais menos intensivos em carbono.

- TRA1.1: Substituição do Diesel por alternativas: Incentiva o uso de combustíveis renováveis no lugar do diesel em veículos de carga.
    - Medida TRA1.1.1: Introdução de diesel verde (100% renovável) em caminhões – Meta: diesel verde atingir 40% do diesel consumido até 2050 (5% em 2030; 20% em 2040). Indicador: Participação do diesel renovável no mix de diesel usado no transporte de carga.
    - Medida TRA1.1.2: Introdução de caminhões a gás (GNV/biometano) – Meta: 25% da frota de caminhões leves/médios movida a gás em 2050 (5% em 2030; 15% em 2040). Indicador: Percentual de caminhões a gás na frota total de carga.
    - Medida TRA1.1.3: Uso de biometano no gás veicular – Meta: biometano representar 50% do gás veicular consumido em 2050 (5% em 2030; 25% em 2040). Indicador: Participação do biometano no gás veicular utilizado pelos caminhões.
- TRA1.2: Eletrificação de caminhões de uso urbano/média distância: Promoção de veículos elétricos em entregas urbanas e regionais.
    - Medida TRA1.2.1: Substituição de caminhões semileves, leves e médios a diesel por caminhões elétricos – Meta: 50% desses caminhões elétricos na frota até 2050 (5% em 2030; 20% em 2040). Indicador: Participação de caminhões elétricos na frota de carga leve/média.
- TRA1.3: Aumento da eficiência sistêmica: Melhoria da logística e manutenção para reduzir o consumo por km.
    - Medida TRA1.3.1: Aumento da eficiência energética dos caminhões em circulação (manutenção adequada, otimização de rotas) – Meta: 50% da frota de caminhões com boa manutenção até 2050 (30% em 2030; 35% em 2040). Indicador: Percentual da frota de caminhões em boas condições de manutenção (proxy para eficiência).
- TRA1.4: Mudança de modal rodoviário para ferrovias e hidrovias: Transferência de parte do transporte hoje feito por caminhão para trens, navios ou cabotagem.
    - Medida TRA1.4.1: Transferência de cargas de longas distâncias (caminhões pesados) para o modal ferroviário – Meta: reduzir em 30% os quilômetros rodados por caminhões pesados até 2050 (10% em 2030; 20% em 2040). Indicador: Porcentagem da quilometragem de caminhões pesados evitada (substituída por ferrovia/hidrovia).

- TRA2: Redução das emissões do transporte coletivo de passageiros – Foca em ônibus urbanos/intermunicipais, promovendo combustíveis limpos, eletrificação, eficiência operacional e migração para trilhos.

- TRA2.1: Substituição do Diesel por alternativas: Uso de combustíveis renováveis em ônibus a diesel.

    - Medida TRA2.1.1: Uso de diesel verde (HVO ou similar) em frotas de ônibus – Meta: 40% do diesel em ônibus ser renovável até 2050 (5% em 2030; 20% em 2040). Indicador: Participação de diesel verde no total de diesel consumido pelos ônibus.

    - Medida TRA2.1.2: Introdução de ônibus movidos a gás natural/biometano – Meta: 20% dos ônibus operando a gás em 2050 (2% em 2030; 12% em 2040). Indicador: Percentual da frota de ônibus a gás (natural ou biometano).

    - Medida TRA2.1.3: Uso de biometano no combustível gasoso dos ônibus – Meta: 50% do gás veicular usado em ônibus ser biometano até 2050 (2% em 2030; 12% em 2040). Indicador: Participação do biometano no gás consumido pelo transporte coletivo.

- TRA2.2: Eletrificação dos ônibus: Conversão de ônibus urbanos a diesel em ônibus elétricos.

    - Medida TRA2.2.1: Implantação de ônibus urbanos elétricos (bateria) – Meta: 60% da frota de ônibus urbanos elétricos até 2050 (15% em 2030; 30% em 2040). Indicador: Participação dos ônibus elétricos na frota total de coletivos urbanos.

- TRA2.3: Aumento da eficiência sistêmica: Ganhos de eficiência no transporte público (ex.: otimização de rotas, redução de consumo por passageiro).

    - Medida TRA2.3.1: Redução do consumo específico de diesel por km rodado por ônibus – Meta: diminuição de 30% no consumo por km em 2050 (10% em 2030; 20% em 2040). Indicador: Fator de redução do consumo de diesel por km (comparado a 2020).

- TRA2.4: Mudança de modal para transporte metroferroviário: Transferência de parcela dos deslocamentos de ônibus para trens e metrôs.

    - Medida TRA2.4.1: Redução da quilometragem percorrida por ônibus graças à migração de passageiros para metrô/trem – Meta: 20% dos km de ônibus evitados em 2050 (5% em 2030; 10% em 2040). Indicador: Percentual de quilometragem de ônibus suprimida (redução da demanda por ônibus).

- TRA3: Redução das emissões da frota de veículos leves e motocicletas – Busca descarbonizar o transporte individual (carros, motos) por meio da eletrificação, adoção de biocombustíveis e melhorias de eficiência.

- TRA3.1: Disseminação de veículos híbridos, elétricos e híbridos plug-in: Estrutura a transição tecnológica nos veículos leves novos, combinando eletrificação e uso de etanol.

- Medida TRA3.1.1: Introdução de veículos leves flex eficientes – Meta: 10% das vendas de veículos novos em 2050 serem de modelos flex eficientes (inicialmente 85% em 2030, reduzindo para 30% em 2040 devido à maior penetração de elétricos). Indicador: Participação de veículos flex eficientes (baixo consumo) nas vendas de carros novos.

- Medida TRA3.1.2: Introdução de veículos leves híbridos flex plug-in – Meta: 30% das vendas de veículos novos em 2050 serem híbridos plug-in (10% em 2030; 20% em 2040). Indicador: Participação de veículos híbridos flex plug-in nas vendas de veículos novos.

- Medida TRA3.1.3: Introdução de veículos leves 100% elétricos – Meta: 50% das vendas de veículos novos em 2050 serem elétricos a bateria (5% em 2030; 20% em 2040). Indicador: Participação de veículos elétricos nas vendas de veículos novos.

- TRA3.2: Substituição da gasolina por etanol: Aumenta o uso de etanol (combustível de baixa emissão líquida) nos veículos flex.

  - Medida TRA3.2.1: Substituição do consumo de gasolina por etanol nos veículos leves – Meta: atingir 90% de etanol (vs. gasolina) no consumo dos veículos flex em 2050 (60% em 2030; 80% em 2040). Indicador: Fração de etanol no total de combustíveis consumidos pela frota flex (% do combustível líquido).

- TRA3.3: Aumento de eficiência e controle de emissões: Melhora o rendimento energético e reduz emissões da frota circulante de carros e motos (ex.: manutenção adequada, inspeção veicular).

  - Medida TRA3.3.1: Aumento da eficiência energética dos veículos leves em circulação – Meta: 50% da frota de veículos leves com boa manutenção até 2050 (20% em 2030; 40% em 2040). Indicador: Percentual da frota de veículos leves adequadamente mantida (indicador de eficiência operacional).

- TRA4: Planejamento urbano inteligente – Contempla ações de planejamento urbano para reduzir a dependência de automóveis, incentivando mobilidade ativa (caminhada, bicicleta) e maior uso do transporte público.

- TRA4.1: Incentivo ao desenvolvimento de infraestrutura para mobilidade ativa: Expansão de ciclovias, calçadas, urbanismo tático, etc., favorecendo meios não-motorizados.

  - Medida TRA4.1.1: Redução do uso de veículos leves e motocicletas graças à mobilidade ativa – Meta: cortar 20% dos quilômetros percorridos por carros/motos até 2050 via deslocamentos a pé/bicicleta (5% em 2030; 10% em 2040). Indicador: % da quilometragem de automóveis/motos evitada (substituída por deslocamentos ativos).

- TRA4.2: Incentivo a mudanças de comportamento: Medidas educacionais, tarifárias e de planejamento que induzam menor uso do transporte individual motorizado e maior uso de transporte público integrado à mobilidade ativa.

  - Medida TRA4.2.1: Redução do uso de veículos leves e motocicletas graças à maior utilização de transporte público + ativo – Meta: diminuir

em 30% os km percorridos por veículos particulares até 2050 (10% em 2030; 20% em 2040). Indicador: % da quilometragem de automóveis/motos evitada por transferência para transporte público e ativo.

- TRA5: Novas tecnologias – Fomenta inovações em combustíveis e tecnologias de propulsão de baixas emissões (biocombustíveis avançados, hidrogênio verde e células a combustível) para transporte rodoviário, hidroviário e aéreo.

- TRA5.1: Desenvolvimento de combustíveis/energéticos de baixa emissão (biocombustíveis avançados, H_2 e células de combustível): Inclui introduzir gradativamente hidrogênio verde em diversos modais e bioquerosene na aviação.

  - Medida TRA5.1.1: Caminhões a hidrogênio – Meta: H_2 representar 10% da frota de caminhões em 2050 (0% em 2030; 2% em 2040). Indicador: Percentual de caminhões a hidrogênio na frota de carga pesada.

  - Medida TRA5.1.2: Ônibus urbanos a hidrogênio – Meta: 5% da frota de ônibus urbanos movida a H_2 em 2050 (0% em 2030; 2% em 2040). Indicador: Participação de ônibus a hidrogênio na frota de transporte público.

  - Medida TRA5.1.3: Veículos leves a hidrogênio – Meta: 10% das vendas de veículos novos em 2050 movidos a H_2 (0% em 2030; 2% em 2040). Indicador: Percentual de veículos leves a hidrogênio nas vendas de veículos novos.

  - Medida TRA5.1.4: Embarcações a hidrogênio – Meta: 60% da atividade hidroviária realizada com embarcações H_2 em 2050 (2% em 2030; 30% em 2040). Indicador: Participação de embarcações movidas a H_2 na navegação interior/costeira.

  - Medida TRA5.1.5: Bioquerosene de aviação (BioQAv) – Meta: 2% do combustível de aviação substituído por BioQAv em 2050 (0% em 2030; 1% em 2040). Indicador: Porcentagem do combustível de aviação (QAV) substituído por bioquerosene sustentável.

Eixo Energia

- ENE1: Eficiência energética – Engloba medidas de eficiência no consumo final de combustíveis e eletricidade em todos os setores (indústria, residencial, comercial e público), de forma a reduzir a intensidade de emissões por PIB e facilitar a transição para fontes limpas. Metas setoriais: reduzir em 25% a razão tCO_2e/PIB das atividades que usam combustíveis fósseis até 2050, e reduzir em 50% a razão consumo de eletricidade/PIB até 2050, tomando 2020 como base.

- ENE1.1: Eficiência na demanda por combustíveis: Promoção de economia de combustíveis fósseis via equipamentos mais eficientes, cogeração e gestão de demanda. Meta: reduzir em 25% a intensidade de emissões por unidade de PIB associada aos combustíveis fósseis até 2050 (−10% em 2030; −15% em 2040). Indicador: Relação tCO_2e/PIB (emissão de combustíveis fósseis por produto econômico) – redução relativa em comparação a 2020.

- ENE1.2: Eficiência na demanda por eletricidade: Programas de conservação de energia (ex.: PROCEL) e exigência de padrões mais eficientes, além de gestão inteligente de redes. Meta: reduzir em 50% a intensidade elétrica da economia paulista até 2050 (−20% em 2030; −30% em 2040). Indicador: Relação consumo de eletricidade/PIB – redução percentual em relação a 2020.

- ENE2: Geração solar e eólica – Fomenta a expansão de geração de eletricidade por fontes renováveis no Estado, reduzindo a importação de energia do SIN (Sistema Interligado Nacional). As metas acumuladas são adicionar cerca de 152 TWh/ano de geração renovável em SP até 2050, distribuídos em:

- ENE2.1: Sistemas centralizados: Usinas solares e eólicas de médio/grande porte (onshore) conectadas à rede. Meta: gerar 75,0 TWh/ano em 2050 (vs. 3,5 TWh em 2030 e 40,0 TWh em 2040). Indicador: Energia elétrica gerada anualmente em SP por fontes eólica/solar centralizadas (TWh).

- ENE2.2: Sistemas distribuídos: Geração descentralizada (solar em telhados, pequenas eólicas locais). Meta: 70,0 TWh/ano gerados em 2050 (15,0 TWh em 2030; 35,0 TWh em 2040). Indicador: Geração anual de eletricidade distribuída renovável no Estado (TWh).

- ENE2.3: Sistemas offshore: Parques eólicos offshore (no litoral paulista). Meta: 7,0 TWh/ano gerados em 2050 (0 em 2030; 3,5 TWh em 2040). Indicador: Geração anual de eletricidade offshore (TWh).

- ENE3: Novos combustíveis, armazenagem de energia e hidrogênio (H_2) – Contempla a introdução de hidrogênio verde como energético em aplicações estacionárias (indústrias, edifícios) e outras inovações em armazenamento de energia. Nesta versão do PAC, quantificou-se apenas a substituição de gás natural por hidrogênio em indústrias, dado o potencial de descarbonização do H_2.

- ENE3.1: Introdução de hidrogênio verde na indústria: Uso de H_2 em processos industriais, em substituição ao gás natural como combustível. Meta: H_2 suprir 5% do consumo energético industrial em 2050 (0% em 2030; 2% em 2040). Indicador: Porcentagem do consumo de combustíveis industriais deslocada para hidrogênio verde. (Observação: Outras inovações de armazenamento e combustíveis avançados serão incorporadas em futuras revisões do PAC).

- ENE4: Monitoramento e controle de emissões fugitivas da energia (Petróleo e Gás) – Engloba iniciativas para eliminar vazamentos e queima fugitiva de metano e outros GEE na cadeia de petróleo e gás natural do estado, contribuindo para as metas nacionais de redução de metano.

- ENE4.1: Redução de emissões fugitivas na indústria de energia: Implementação de detecção e reparo de vazamentos (programas LDAR), melhoria em infraestruturas de processamento e armazenamento de óleo e gás, entre outras ações regulatórias. Meta: eliminar 100% das emissões fugitivas de metano do setor de petróleo e gás até 2050 (atingindo 100% já a partir de 2030, ou seja, emissões fugitivas próximas de zero). Indicador: Percentual de redução das emissões fugitivas de metano na indústria de petróleo e gás (proporção capturada ou evitada). (Essa meta implica neutralizar completamente as emissões fugitivas, alinhada ao compromisso de metano na campanha global.)

Eixo Indústria (Indústria e Uso de Produtos)

- IND1: Modificações de processos industriais – Refere-se a melhorias tecnológicas nos processos produtivos para reduzir a geração de GEE. Abrange, por exemplo, aditivos no clínquer para diminuir emissões na fabricação de cimento, substituição de insumos e gases de processo de alto GWP em diversos setores, etc. As metas setoriais estabelecidas visam reduzir a intensidade de emissões (emissões por quantidade produzida) em setores-chave:

- IND1.1: Produção de cimento: Implementação de tecnologias de baixo carbono na indústria cimenteira (como substituição de parte do clínquer por material pozolânico). Meta: reduzir em 8% a intensidade de emissões do cimento até 2050 (referente a 2020; ganhos parciais de 2% em 2030 e 5% em 2040). Indicador: Intensidade de emissões da produção de cimento (tCO_2 por tonelada) – redução percentual em relação ao nível de 2020.

- IND1.2: Outros segmentos industriais: Modificações de processo em indústrias diversas (química, metalurgia, papel e celulose, etc.) visando menor emissão por unidade produzida (ex.: substituição de insumos carbonosos, eficiência de processo). Meta: reduzir em 8% a intensidade média de emissões dos demais segmentos industriais até 2050 (−2% em 2030; −5% em 2040, comparado a 2020). Indicador: Intensidade de emissões dos outros segmentos industriais (redução percentual relativa a 2020).

- IND2: CCS/CCUS e compensação de emissões – Prevê o uso crescente de tecnologias de captura, utilização e armazenamento de carbono nas indústrias, à medida que se tornem viáveis economicamente, além de mecanismos de compensação via créditos de carbono. Foram definidas metas para implantação de Carbon Capture and Storage (CCS) e Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS) em segmentos-chave, considerando que a compensação de emissões poderá complementar os esforços:

- IND2.1: Indústria de Petróleo e Gás – CCS/CCUS: Captura de CO_2 nas operações de refino de petróleo e processamento de gás natural. Meta: capturar 5% das emissões de CO_2 desse setor em 2050 (0% em 2030; 2% em 2040). Indicador: Percentual das emissões de CO_2 da indústria de Petróleo e Gás que são capturadas e armazenadas/utilizadas.

- IND2.2: Indústria de Cal (cal virgem) – CCS/CCUS: Captura de CO_2 liberado na calcinação da cal. Meta: capturar 100% das emissões de CO_2 da indústria de cal até 2050 (10% em 2030; 50% em 2040). Indicador: Percentual das emissões de CO_2 da produção de cal que são capturadas e armazenadas. (Obs.: 100% implica tornar a produção de cal praticamente neutra em CO_2 através de CCS).

- IND2.3: Indústria de Cimento – CCS/CCUS: Captura de CO_2 do processo de clinquerização na fabricação de cimento (complementar à redução de intensidade do próprio processo). Meta: capturar 5% das emissões de CO_2 do setor cementício em 2050 (0% em 2030; 2% em 2040). Indicador: Percentual das emissões de CO_2 da indústria do cimento que são capturadas e destinadas ao armazenamento/uso.

- (Nota: A "compensação de emissões" via créditos de carbono não teve meta numérica específica no PAC2050, mas prevê-se que as indústrias

possam neutralizar emissões residuais comprando créditos de projetos de redução/remoção de GEE, dentro ou fora do estado, conforme mencionado no plano.)

Eixo AFOLU (Agricultura, Florestas e Uso da Terra)

- AFU1: Sistemas integrados de produção (ILPF/SAFs) – Visa remover carbono da atmosfera via aumento da vegetação e do carbono no solo em áreas agrícolas, mediante adoção de Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs). Há duas subações: uma foca em sistemas convencionais e outra em sistemas biodiversos (com múltiplas espécies florestais). Metas setoriais: expandir significativamente as áreas sob ILPF/SAFs até 2050, proporcionando remoções adicionais de CO_2.

- AFU1.1: ILPF convencionais: Adoção de sistemas integrados tradicionais (ex.: plantio de linhas de árvores em pastagem/cultivo) para recuperação de solo e pasto com ganhos de carbono. Meta: adicionar 300 mil ha de áreas com ILPF convencional até 2050 (100 mil ha em 2030; 200 mil em 2040), elevando a área total sob ILPF convencional de 900 mil ha (2020) para 1,20 milhão ha em 2050. Indicador: Área integrada ILPF adicional implementada (hectares novos em relação a 2020).

- AFU1.2: Sistemas integrados biodiversos (SAFs avançados): Implementação de sistemas agroflorestais biodiversos ou ILPF com maior diversidade vegetal, contribuindo para remoção de carbono e restauração ecológica. Meta: adicionar 700 mil ha sob sistemas biodiversos até 2050 (200 mil ha em 2030; 400 mil em 2040), alcançando aproximadamente 775 mil ha acumulados em 2050 (a partir de 75 mil ha base em 2020). Indicador: Área com sistemas integrados biodiversos adicionada (hectares) em comparação a 2020.

- AFU2: Agricultura – Redução de emissões e aumento da remoção de carbono – Engloba práticas agrícolas sustentáveis para melhorar a saúde do solo e reduzir emissões diretas, ao mesmo tempo aumentando o sequestro de carbono na biomassa e solo agrícolas. Inclui manejo sustentável do solo (plantio direto, cultivo mínimo, fixação biológica de N), recuperação de pastagens degradadas e reflorestamento com fins produtivos. Metas setoriais: ampliar largamente a adoção dessas práticas até 2050, removendo carbono adicional e evitando emissões de manejo convencional.

- AFU2.1: Manejo sustentável dos solos: Combina adoção de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) em lavouras e práticas de preparo conservacionistas (plantio direto em grãos, cultivo mínimo na cana).

    - Medida AFU2.1.1: Uso de FBN na substituição de fertilizantes nitrogenados sintéticos – Meta: 3,081 mil ha adicionais manejados com FBN em 2050 (979 mil ha até 2030; 1,960 mil ha até 2040). Indicador: Área agrícola com adoção de Fixação Biológica de N (hectares adicionados em relação a 2020).

    - Medida AFU2.1.2: Expansão do plantio direto (grãos) e cultivo mínimo (cana) – Meta: 6,918 mil ha adicionais sob plantio direto/cultivo mínimo até 2050 (183 mil ha em 2030; 3,007 mil ha em 2040). Indicador: Área agrícola de plantio direto/cultivo mínimo adicionada (hectares em relação a 2020).

- AFU2.2: Recuperação de pastagens degradadas: Renovação e manejo adequado de pastos atualmente degradados, elevando sua produtividade e capacidade de fixar carbono no solo. Meta: recuperar 832 mil ha de pastagens degradadas até 2050 (566 mil ha até 2030; 708 mil ha até 2040). Indicador: Área de pastagens degradadas convertida em pastagens em bom estado (hectares acumulados).

- AFU2.3: Reflorestamento com silvicultura: Implantação de florestas plantadas (e.g., eucalipto, espécies nativas comerciais) em áreas antes agrícolas, visando tanto produção sustentável de madeira quanto remoção de CO_2. Meta: 200 mil ha adicionais de florestas plantadas até 2050 (50 mil ha até 2030; 100 mil ha até 2040). Indicador: Área de silvicultura adicionada em relação a 2020 (hectares).

- AFU3: Pecuária – Redução de emissões – Objetiva cortar emissões da pecuária (especialmente metano entérico de bovinos) por meio de melhorias na dieta, melhoramento genético e manejo intensivo, diminuindo a intensidade de emissões por animal. Meta setorial: reduzir em aproximadamente 19% as emissões de metano por cabeça de gado até 2050, aumentando produtividade sem expandir rebanhos.

- AFU3.1: Tecnologias de dieta, genética e terminação intensiva: Implementação de aditivos alimentares e ajustes nutricionais que reduzam a fermentação entérica, programas de melhoramento genético para animais mais eficientes e terminação intensiva em confinamento para encurtar o ciclo de engorda.

    - Medida AFU3.1.1: Intensificação sustentável da bovinocultura de corte e leite – Meta: reduzir em 19% as emissões de GEE por cabeça de gado até 2050 (meta intermediária de 6% em 2030; 12% em 2040). Indicador: Redução percentual na emissão de metano entérico por animal (comparado a animal médio em 2020). (Essa redução resulta da combinação de dietas de baixo metano, genética melhorada e menor idade de abate, conforme descrito.)

- AFU4: Preservação e recomposição da vegetação nativa – Foca em evitar o desmatamento remanescente e promover a restauração florestal, gerando duplo benefício de impedir emissões e aumentar remoções de CO_2.

- AFU4.1: Preservação de ambientes naturais: Busca desmatamento líquido zero no estado, atuando especialmente contra o desmatamento ilegal em biomas Mata Atlântica e Cerrado. Meta: Zero hectares desmatados anualmente a partir de 2030 (mantendo 0 em 2040-2050). Indicador: Área anual de vegetação nativa suprimida (hectares/ano) – espera-se 0 ha/ano no cenário de mitigação, versus manutenção do nível de 2020 no cenário de referência.

- AFU4.2: Recomposição da vegetação nativa: Implementação de projetos de restauração florestal em áreas degradas ou de reserva legal, alinhado ao Programa Agro Legal. Meta: 800 mil ha de vegetação nativa recompostos até 2050 (200 mil ha até 2030; 500 mil ha até 2040). Indicador: Área adicional de vegetação nativa restaurada em relação a 2020 (hectares). (No cenário de referência, assume-se nenhuma recomposição além dos níveis de 2020, enquanto no mitigação atinge-se +800 mil ha).

Eixo Resíduos

- RES1: Redução de emissões em sistemas de destinação final de resíduos sólidos – Abrange ações nos aterros sanitários e no gerenciamento de resíduos orgânicos, visando reduzir emissões de metano tanto concentradas (dos aterros) quanto difusas (de lixões, queima a céu aberto etc.). As iniciativas incluem: reduzir a geração de resíduos orgânicos, desviar parte significativa da fração orgânica dos aterros via compostagem e biodigestão, e capturar/queimar o metano gerado nos aterros e biodigestores. Metas principais envolvem aumentar drasticamente o tratamento de orgânicos e o aproveitamento energético do biogás.

- RES1.1: Destinação ambientalmente adequada da fração orgânica dos resíduos (redução/compostagem/biodigestão): Conjunto de subações para diminuir o envio de matéria orgânica aos aterros.

    - Medida RES1.1.1: Redução na geração de resíduos (programas de prevenção, reciclagem, compostagem doméstica) – Meta: reduzir em 5% a quantidade total de resíduos gerada até 2050 (base 2020), com pequeno decréscimo já em 2040 (−1%). Indicador: Quantidade de resíduos que deixa de ser gerada (% de redução em relação à geração tendencial).

    - Medida RES1.1.2: Desvio de resíduos orgânicos de aterro para tratamento biológico – Meta: desviar 35% da fração orgânica dos RSU para compostagem/digestão até 2050 (12% em 2030; 25% em 2040), comparado a 18% no cenário de referência. Indicador: Porcentagem dos resíduos orgânicos totais que é tratada biologicamente em vez de aterrada.

    - Medida RES1.1.3: Aumento da digestão anaeróbia – Meta: processar via biodigestão 40% dos resíduos orgânicos tratados biologicamente até 2050 (apenas 1% em 2030; 15% em 2040). Indicador: Percentual da fração orgânica desviada que passa por digestão anaeróbica (em vez de compostagem aberta).

    - Medida RES1.1.4: Recuperação do biogás em biodigestores – Meta: capturar 85% do biogás gerado nos biodigestores de tratamento de resíduos orgânicos até 2050 (60% em 2030; 75% em 2040). Indicador: Porcentagem do metano produzido nos biodigestores que é capturado e queimado (com ou sem geração de energia).

- RES1.2: Captura e aproveitamento energético de resíduos (eletricidade e biometano): Foca nos aterros sanitários – captura de biogás de aterro e sua utilização para geração elétrica ou purificação a biometano. Meta: elevar a taxa de captura de metano nos aterros para 85% em 2050 (dos gases gerados) – frente a 60% no cenário atual/referência (com 60% em 2030; 75% em 2040 como etapas). Indicador: % do metano produzido em aterros sanitários que é capturado e queimado (flared ou convertido em energia). (Essa meta reflete melhoria nos sistemas de extração de biogás e implantação de usinas de aproveitamento energético nos aterros.)

- RES1.3: Fomento à logística regionalizada dos resíduos sólidos: Trata-se de incentivar soluções consorciadas entre municípios para gestão de resíduos (centrais de triagem, compostagem regional, aterros sanitários compartilhados), reduzindo transporte de longa distância e viabilizando tratamentos locais. Meta: não quantitativa específica no PAC2050. As ações serão medidas por indicadores qualitativos, como número de consórcios intermunicipais implementados e percentual da população

atendida por sistemas regionalizados de gestão de resíduos. (O documento não estabelece um valor-meta numérico direto para RES1.3.)

- RES2: Redução de emissões em ETE (Estações de Tratamento de Esgoto) – Visa mitigar emissões de metano e óxido nitroso no tratamento de efluentes líquidos urbanos e industriais. As estratégias envolvem otimizar os processos de tratamento (para reduzir a geração de metano) e capturar/queimar o biogás dos reatores anaeróbios existentes nas ETEs.

- RES2.1: Design e controle de processos em ETE: Modernização das ETEs com rotas de tratamento de baixo carbono (por ex., reatores anaeróbios mais eficientes, pós-tratamentos aeróbios para remover CH_4 dissolvido, controle de emissões de N_2O) e melhoria da eficiência operacional. Meta: reduzir em 60% o fator de emissão global de GEE no tratamento de esgotos domésticos até 2050 (aprox. –16% em 2030; –37% em 2040, em relação ao fator atual)【119†】. Indicador: Fator de emissão de GEE do tratamento de esgoto (kg CO_2e por m³ ou por carga orgânica tratada) – redução percentual alcançada comparada ao cenário de referência sem melhorias.

- RES2.2: Captura e aproveitamento energético do biogás nas ETE: Implantação de sistemas de captura de biogás em reatores anaeróbios fechados (UASB e similares), com queima e preferencialmente uso energético (geração de eletricidade, calor ou biometano). Meta: elevar para 80% a taxa de captura do metano gerado em reatores anaeróbios das ETEs em 2050 (dos 50% atuais para 60% em 2030; 70% em 2040). Indicador: Percentual do metano produzido em reatores anaeróbios enclausurados que é capturado e queimado (com ou sem recuperação de energia).

O progresso das metas acima será acompanhado por indicadores quantitativos específicos por subação. Exemplos incluem: participação de combustíveis renováveis (%), participação de veículos de tecnologias limpas (% da frota ou vendas), redução de intensidades de emissão (% em relação a ano base), áreas implementadas com determinadas práticas (hectares), frações de resíduos desviados ou gases capturados (%), entre outros conforme listado. Esses indicadores – muitos dos quais detalhados acima – permitem mensurar o quanto cada meta setorial está sendo cumprida ao longo do tempo, servindo de base para o MRV (Mensuração, Relato e Verificação) do PAC2050. Todas as ações e metas estão alinhadas com o objetivo estadual de neutralizar as emissões líquidas até 2050, distribuindo esforços pelos eixos setoriais de forma transparente e mensurável.

Metas e Projeções Principais

O PAC-SP 2050 quantifica o horizonte de redução de emissões de GEE do estado em diferentes marcos temporais, traçando uma trajetória de descarbonização consistente com as metas climáticas. As projeções oficiais indicam que, no Cenário de Referência, sem novas políticas, as emissões paulistas permaneceriam significativas até 2050, com aumento proporcional dos setores de Transporte e Energia na participação relativa. Com a implementação integral das ações do PAC2050, espera-se inverter essa tendência. Para 2030, conforme mencionado, a meta proposta é reduzir cerca de 12% das emissões em relação a 2021. Essa redução absoluta parece modesta, mas deve ser contextualizada. Entre 2005 e 2021 São Paulo já reduziu emissões substancialmente devido à eliminação do desmatamento expressivo e melhorias na matriz elétrica. A redução adicional de 12% até 2030 representa, na prática, uma economia de aproximadamente 20 milhões de toneladas de CO_2 em comparação ao cenário de retomada econômica pós-Covid. Para 2040, o

plano projeta um aprofundamento das reduções – as emissões em 2040, no cenário mitigador, ficariam cerca de 30% abaixo das de 2021, segundo os cenários de descarbonização apresentados, embora o PAC enfatize que essas metas deverão ser revisadas conforme a implementação. No horizonte de 2050, o objetivo é atingir virtualmente 100% de redução líquida, i.e., emissões líquidas zero. Isso envolve cortar emissões brutas em todos os setores tanto quanto possível e compensar quaisquer remanescentes, por exemplo, via sequestro florestal ou tecnologias de captura de carbono. O PAC menciona que em 2050, mesmo no cenário de referência, os setores de Transporte e Energia seriam os maiores emissores restantes.

Além das metas globais de emissões, o plano estabelece diversas metas setoriais e indicadores. Alguns exemplos incluem: aumentar a participação dos veículos elétricos nas vendas de veículos leves para 100% até 2035 (meta indicativa alinhada a tendências globais), alcançar 50% de energias renováveis na matriz energética estadual em 2050 (incluindo biocombustíveis e eletricidade limpa), eliminar a queima de resíduos sólidos a céu aberto e destinação inadequada até 2030, recuperar milhões de hectares de florestas até 2050, entre outras. Cada ação do PAC2050 traz embutido um indicador de desempenho – por exemplo, toneladas de CO_2 evitadas por ano, número de unidades habitacionais solares instaladas, volume de biometano produzido etc. – e um prazo para seu atingimento. Esses indicadores permitirão acompanhar o progresso de implementação e recalibrar esforços.

Instrumentos de Implementação e Governança

O PAC-SP 2050 dedica um capítulo específico à Governança Climática e mecanismos de implementação das ações propostas. Em 2024, o estado reestruturou sua governança climática por meio do Decreto Estadual nº 68.308/2024, estabelecendo duas instâncias principais: o Comitê Gestor da PEMC e o fortalecimento do Conselho Estadual de Mudanças Climáticas. O Comitê Gestor, de caráter intersecretarial e deliberativo, reúne 10 Secretarias de Estado (incluindo Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística – SEMIL; Desenvolvimento Econômico; Transportes; Agricultura; Energia; Finanças, entre outras) com a missão de coordenar a implementação dos planos climáticos. Já o Conselho Estadual de Mudanças Climáticas, tripartite e consultivo, envolve governo, municípios, sociedade civil e setor privado, funcionando como fórum ampliado de discussão e monitoramento – o Conselho, inclusive, assumiu oficialmente as funções do antigo Fórum Paulista de Mudanças Climáticas Globais e Biodiversidade, acompanhando a execução da PEMC e agora do PAC2050. Assim, a governança do PAC2050 está integrada à governança climática estadual existente, garantindo continuidade institucional.

No tocante à implementação, cada ação e subação do PAC2050 é atribuída a órgãos responsáveis e parceiros, com definição de prazos e fontes de financiamento. O plano prevê que as subações selecionadas se concretizem por meio de projetos, programas ou políticas setoriais específicas – por exemplo, a Secretaria de Transportes Metropolitanos liderará ações de eletrificação do transporte público, a Secretaria de Energia e Mineração coordenará ações de energias renováveis, a Secretaria de Agricultura implementará programas do eixo AFOLU, e assim por diante. Para assegurar recursos, o PAC mapeou cerca de 30 linhas de financiamento climático disponíveis, nacionais e internacionais, com recursos não-reembolsáveis ou juros reduzidos, que podem apoiar financeiramente as iniciativas. Foram identificados, por exemplo, fundos e linhas do BNDES e da Desenvolve SP para projetos verdes, mecanismos como os títulos verdes (*green bonds*) e possibilidades de cooperação com agências como o Banco Mundial e o BID. O plano enfatiza a importância de integrar suas ações no orçamento estadual – recomendando incluir dotações específicas nas Leis Orçamentárias Anuais e no PPA. Um diagnóstico das despesas atuais mostrou alocação ainda pequena em ações alinhadas ao PAC (ex: R$ 13

milhões em 2022 para biocombustíveis, 6% do eixo Energia), indicando espaço para realocação e incremento de investimentos.

Para acompanhar a execução, o PAC2050 propõe a criação de um sistema de monitoramento e revisão periódica. Indicadores de resultado para cada ação serão acompanhados e reportados anualmente pelo Comitê Gestor, permitindo avaliar o status de implementação e efetividade das ações. Prevê-se também a revisão do plano a cada ciclo plurianual (provavelmente a cada 4 anos, acompanhando o PPA), para incorporar novas tecnologias, elevar metas se possível e incluir ações adicionais conforme surjam. Adicionalmente, para fomentar a participação e transparência, o Estado pretende divulgar relatórios públicos e promover consultas continuadas – em linha com a tradição paulista de colegiados ambientais (conforme histórico de sucesso em gestão de bacias hidrográficas, unidades de conservação etc.).

Em termos de instrumentos econômicos, o PAC menciona o desenvolvimento de mecanismos de mercado de carbono em sinergia com o recente regulamento federal para crédito de carbono, Dec. 11.075/2022, e o estímulo a políticas fiscais verdes como incentivos para veículos elétricos, ICMS verde para municípios que conservam etc. Por fim, destaca-se a integração interfederativa: o estado trabalhará junto às prefeituras, especialmente as das grandes regiões metropolitanas, para implementar medidas locais, oferecendo apoio técnico e financeiro – por exemplo, expandir o programa Município VerdeAzul incorporando critérios de clima, e fortalecer as governanças regionais existentes (fóruns de secretários de meio ambiente, associações municipais) na pauta climática.

Relação com Outras Políticas Públicas

O PAC-SP 2050 foi concebido de forma a complementar e reforçar políticas públicas existentes, atuando como eixo integrador da temática climática no estado. Primeiramente, ele é um instrumento de execução da própria Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC). A PEMC de 2009 estabelece princípios e objetivos de mitigação (como redução de GEE e fomento a energia limpa), mas dependia de planos setoriais para se efetivar. O PAC2050 cumpre esse papel, detalhando as diretrizes da PEMC em ações concretas e atualizando-as segundo novas metas científicas.

Em nível setorial, há forte integração com planos e políticas de desenvolvimento. No setor de energia, o PAC leva em conta o Plano Paulista de Energia 2030 (PPE 2030) e as políticas de renováveis do estado – por exemplo, o Programa Paulista de Biogás, iniciativas de P&D da ANEEL em distribuição elétrica, e regulações da ARSESP para eficiência energética. No setor de transportes, o PAC complementa as políticas de mobilidade urbana sustentável (como o estímulo a veículos elétricos já previsto em programas da Secretaria de Transportes) e também reforça o Plano Estadual de Logística e Transportes com o componente de redução de emissões (há sinergia entre PAC2050 e o próprio PAM-TL/PLI 2050 no incentivo a modais de baixa emissão. Na agropecuária e florestas, o PAC se apoia explicitamente no Plano ABC+ (2020-2030), que é a política federal de agricultura de baixo carbono, adaptando-o à realidade paulista. Assim, medidas como recuperação de pastagens, sistemas integrados Lavoura-Pecuária-Floresta, tratamento de dejetos animais etc., já estão previstas no ABC+ e são potencializadas no PAC com metas estaduais. Em recursos hídricos e saneamento, o PAC se articula com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos e o Plano de Saneamento Básico, impulsionando metas de economia circular e aproveitamento energético de resíduos que constam desses planos.

No que tange ao planejamento governamental, o PAC2050 influencia diretamente o Plano Plurianual (PPA) e as Leis de Diretrizes Orçamentárias (LDO). Conforme identificado, o PPA 2020-2023 do estado já possuía objetivos estratégicos alinhados a ODS ambientais, mas nenhum específico para mudanças climáticas. A

recomendação do PAC é incorporar um objetivo climático transversal no PPA 2024-2027, bem como revisar programas existentes para adequá-los à estratégia de baixo carbono. Isso garante que políticas setoriais – por exemplo, programas de expansão do transporte metroferroviário, programas de apoio à indústria 4.0, programas de reflorestamento e pagamentos por serviços ambientais (PSA) – passem a explicitar contribuições para a mitigação de GEE e recebam recursos compatíveis. Há também relação com políticas econômicas: o PAC cita a necessidade de alinhar-se ao Programa de Ação Climática do Governo Federal (em formulação em 2023/2024) e aproveitar oportunidades como o mercado regulado de carbono nacional a ser implementado, posicionando São Paulo para liderar esses mecanismos.

Importante destacar a complementaridade com o Plano Estadual de Adaptação e Resiliência Climática, PEARC, lançado em 2025. Enquanto o PAC2050 foca em mitigação redução de emissões, o PEARC trata da adaptação aos impactos do clima. Ambos os planos integram a Estratégia Climática do Estado e compartilham instâncias de governança (Comitê Gestor e Conselho da PEMC), assegurando que políticas de mitigação e adaptação avancem de forma coordenada. Dessa forma, o PAC2050 não atua isoladamente, mas norteia e informa diversas políticas públicas estaduais e municipais, desde o planejamento energético, de transporte, agrícola, ambiental, até o orçamento público, inserindo a variável climática como componente essencial do desenvolvimento em São Paulo.

3.3. Objetivos e Metas do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de São Paulo, ZEE SP

O Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de São Paulo (ZEE-SP) é um instrumento técnico-político de planejamento ambiental e territorial que orienta o desenvolvimento sustentável do estado conforme as potencialidades e vulnerabilidades de suas diferentes regiões. Instituído pelo Decreto Estadual nº 67.430/2022, o ZEE-SP busca equilibrar a proteção ambiental com o desenvolvimento socioeconômico, conforme previsto na Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938/1981) que introduziu o zoneamento ambiental como instrumento de gestão territorial. A formulação do ZEE-SP insere-se em um robusto contexto normativo: a Política Estadual do Meio Ambiente (Lei Estadual nº 9.509/1997) já consagrava o zoneamento ambiental como princípio de gestão; posteriormente, a Política Estadual de Mudanças Climáticas (Lei Estadual nº 13.798/2009) formalizou o compromisso do Estado em implantar o ZEE-SP. Esse mandato ganhou urgência após o novo Código Florestal (Lei Federal nº 12.651/2012), que determinou prazo de cinco anos para os estados elaborarem seus zoneamentos ecológico-econômicos e foi reforçado em São Paulo pelo Decreto nº 61.792/2016, que vinculou o ZEE à identificação de áreas prioritárias para reserva legal e recomposição ambiental no Programa de Regularização Ambiental (PRA).

No âmbito institucional, a elaboração do ZEE-SP teve início em 2016 com a criação, via Resolução SMA nº 14/2016, do Grupo de Trabalho do Sistema Ambiental Paulista (GT-SAP-ZEE). Esse GT, integrado por mais de 130 técnicos de diversos órgãos ambientais estaduais, foi responsável por conduzir os levantamentos e análises preliminares necessárias à construção do zoneamento, organizados em subgrupos temáticos (água, ar, biodiversidade, clima, socioeconomia, demografia e infraestrutura). Em 2019, o Estado instituiu a Comissão Estadual do ZEE-SP (CEZEE-SP) pelo Decreto nº 64.526/2019, reunindo inicialmente 12 secretarias estaduais para acompanhar a elaboração do plano, fornecer subsídios técnicos e referendar a proposta final. Ao longo do processo (2016-2022), adotou-se uma abordagem participativa ampla: foram realizadas oficinas regionais em conjunto com os 21 Comitês de Bacias Hidrográficas, mesas de diálogo setoriais (com setores produtivos,

academia e sociedade civil) e consulta pública via internet, totalizando cerca de 170 eventos de discussão. Esse processo permitiu incorporar mais de 300 contribuições da sociedade e de órgãos públicos, garantindo legitimidade e transparência à construção do ZEE-SP. A proposta consolidada foi apresentada e aprovada pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) em 2022, culminando na instituição legal do ZEE-SP pelo Decreto nº 67.430, de 30 de dezembro de 2022. Com a publicação desse decreto, teve início a fase de implementação do instrumento, marcada pela articulação interinstitucional e disseminação de conhecimento para que os diversos setores e níveis de governo se apropriem das diretrizes do zoneamento em suas políticas e ações.

O ZEE-SP tem por finalidade orientar o desenvolvimento ambiental, social e econômico paulista de forma integrada e sustentável, servindo como base para a formulação e implementação de políticas públicas em múltiplas escalas. Em termos gerais, trata-se de direcionar o ordenamento territorial para conciliar a conservação ambiental com o uso racional dos recursos naturais e a promoção de atividades econômicas sustentáveis. De acordo com os documentos oficiais, os principais objetivos e aplicações do ZEE-SP incluem:

- Subsidiar políticas públicas e apoiar a integração de políticas setoriais, provendo informações territoriais para planejamento integrado;
- Orientar investimentos públicos e privados de acordo com diretrizes estratégicas de desenvolvimento sustentável, indicando onde ações e recursos terão maior efetividade ambiental e social;
- Fortalecer a mitigação e adaptação climática, incentivando medidas concretas para redução de emissões e aumento da resiliência às mudanças do clima em nível regional e local;
- Disponibilizar uma plataforma integrada de planejamento territorial (RedeZEE-SP) com base de informações atualizada e compartilhada, para análises espaciais estratégicas e apoio à decisão em gestão ambiental e territorial;
- Aumentar a eficiência de instrumentos de gestão ambiental, aprimorando processos de fiscalização, licenciamento, compensação, recuperação e restauração ambiental por meio dos dados e diretrizes fornecidos pelo zoneamento;
- Aprimorar a tomada de decisão e alocação de investimentos, fornecendo subsídios técnicos que tornem as decisões governamentais e empresariais mais eficazes e transparentes no uso do território;
- Assegurar a transparência e participação, garantindo acesso público às informações ambientais e territoriais e fortalecendo o controle social no planejamento e gestão do território.

Além desses objetivos gerais, o ZEE-SP é norteado por cinco diretrizes estratégicas que delineiam os eixos centrais de análise e atuação do plano. São elas: (1) Resiliência às Mudanças Climáticas, visando reduzir vulnerabilidades ambientais e sociais e aumentar a capacidade de prevenção e resposta a riscos de desastres; (2) Segurança Hídrica, buscando assegurar oferta de água em quantidade e qualidade adequadas aos diversos usos, no presente e no futuro; (3) Salvaguarda da Biodiversidade, focada na proteção, conservação e restauração dos ecossistemas e biomas, garantindo a sustentabilidade da biodiversidade e a manutenção dos serviços ecossistêmicos associados; (4) Economia Competitiva e Sustentável, que identifica conexões positivas entre os recursos ambientais e as atividades econômicas para fomentar um desenvolvimento econômico dinâmico, porém alinhado com a sustentabilidade ambiental; e (5) Redução das Desigualdades Regionais, dedicada a promover a melhoria do acesso a bens, serviços e políticas públicas de qualidade em todas as regiões, reduzindo os desequilíbrios socioeconômicos no território paulista. Essas diretrizes estratégicas servem de referência tanto para o diagnóstico e

prognóstico do estado quanto para a definição de prioridades e recomendações em cada zona ecológico-econômica, conforme descrito adiante.

Metas

As metas e resultados esperados com a implementação do ZEE-SP correspondem à efetiva incorporação de suas diretrizes e informações no planejamento territorial e setorial do Estado de São Paulo. Espera-se, em primeiro lugar, que o zoneamento subsidie de forma tangível a integração das dimensões ambiental, social e econômica nas políticas públicas, contribuindo para aumentar a resiliência climática, a segurança hídrica, a conservação da biodiversidade, a competitividade sustentável da economia e a redução das desigualdades regionais em São Paulo. Em outras palavras, o ZEE-SP deverá guiar ações que diminuam vulnerabilidades e riscos (por exemplo, riscos de desastres climáticos, escassez hídrica, perda de habitats) e potenciem as vocações e oportunidades de cada região, sempre sob o prisma do desenvolvimento sustentável. Assim, um resultado-chave esperado é a incorporação das diretrizes do ZEE-SP nos instrumentos de planejamento e gestão já existentes – planos diretores municipais, planos setoriais estaduais (de infraestrutura, uso do solo, recursos hídricos, etc.) – e nos processos decisórios como licenciamento ambiental e direcionamento de investimentos públicos e privados. A consolidação do ZEE-SP como referência obrigatória nesses processos deverá trazer maior eficácia e racionalidade na tomada de decisão em todo o estado, evitando conflitos de uso do território, otimizando a aplicação de recursos e aumentando a transparência e participação social na gestão ambiental.

Para mensurar o alcance dessas metas, o ZEE-SP utiliza um amplo conjunto de variáveis e indicadores quantitativos e qualitativos, que já foram empregados no diagnóstico inicial e continuarão a ser monitorados ao longo do tempo. No diagnóstico, por exemplo, cada diretriz estratégica foi avaliada por meio de indicadores distribuídos em diferentes dimensões: indicadores de situação atual (estado do meio ambiente e socioeconomia), de pressão (fatores de degradação ou demanda) e de capacidade de resposta (medidas de gestão e infraestrutura existentes). Esses indicadores foram espacializados e integrados em cartas-síntese temáticas que retratam o status de cada porção do território frente aos objetivos do ZEE-SP. As cartas-síntese utilizam uma classificação de cinco classes, de 1 (condição mais crítica, em vermelho) a 5 (condição mais favorável, em verde escuro), fornecendo uma medida gráfica do desempenho regional em cada diretriz estratégica. Entre as variáveis consideradas estão, por exemplo, percentual de vegetação nativa e corpos hídricos existentes, grau de conservação dos ecossistemas, índices de poluição hídrica, indicadores demográficos e de uso do solo, incidência de eventos extremos (queimadas, enchentes), índices de infraestrutura e serviços públicos, cobertura de áreas protegidas, entre outros fatores críticos que influenciam a sustentabilidade regional. No caso da diretriz de Economia Competitiva e Sustentável (D4), foram utilizadas variáveis socioeconômicas (PIB, emprego, setores produtivos, etc.) compiladas em um relatório técnico por região administrativa, em vez de uma carta cartográfica, dada a natureza não espacializada de alguns indicadores econômicos. Esse conjunto de variáveis serve não apenas para diagnosticar a situação atual, mas também como base de monitoramento periódico: o decreto de instituição prevê que os dados, indicadores e informações do ZEE-SP sejam atualizados regularmente na plataforma e que a análise integrada seja revista a cada quatro anos, permitindo aferir progressos ou retrocessos em relação às metas de cada diretriz estratégica.

A seguir são resumidas as principais metas estabelecidas no Projeto de Zoneamento Ecológico – Econômico do Estado de São Paulo.

Resiliência às Mudanças Climáticas (D1)

- Indicadores utilizados: incluem métricas de capacidade adaptativa e redução de riscos climáticos. Destacam-se, por exemplo, o Índice de Governança no projeto "Construindo Cidades Resilientes" (avalia a gestão municipal de riscos, dado de 2020), os investimentos realizados no Plano de Agricultura de Baixo Carbono (ABC) (medindo a adoção de práticas agrícolas de baixas emissões, dado de 2015), além da extensão de áreas protegidas – como Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável (UCPIs e UCUS, consolidados em 2019) – por sua relevância na mitigação e adaptação climática. (Estes indicadores são monitorados continuamente via plataforma RedeZEE-SP, servindo para acompanhar a evolução da resiliência climática estadual.)

- Critérios de classificação: a situação de cada Região Administrativa (RA) frente à mudança do clima foi sintetizada em cartas temáticas com cinco classes, em que 1 representa a condição mais crítica (alta vulnerabilidade) e 5 a mais favorável (alta resiliência). Essas classes derivam do cruzamento espacial dos indicadores supracitados, considerando fatores de situação, pressão e resposta associados ao clima. Por exemplo, RAs com elevada exposição a desastres naturais e baixa preparação institucional tendem a classes 1–2 (vulnerabilidade alta), enquanto áreas com boa gestão de risco e ampla cobertura vegetal protetora alcançam classes 4–5 (condição resiliente). (Adicionalmente, para o prognóstico futuro, utilizou-se uma classificação em 4 níveis – de "próximo" a "muito distante" do alcance da diretriz – nos cenários até 2040, permitindo avaliar a distância das metas de resiliência em cada RA).

- Metas estabelecidas: a meta qualitativa central é alcançar um estado de São Paulo com baixa vulnerabilidade socioambiental às mudanças climáticas e alta capacidade de prevenção e resposta a riscos e desastres. Em outras palavras, o ZEE-SP objetiva fortalecer a resiliência climática em todas as regiões, reduzindo a exposição da população e da economia a eventos extremos. Essa diretriz está alinhada a compromissos globais de adaptação climática, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o ODS 13 (Ação contra a Mudança do Clima). Por exemplo, promove-se a integração de planos de contingência e políticas de adaptação nos municípios, em linha com a campanha internacional Race to Resilience e com a Política Estadual de Mudança do Clima (Decreto estadual nº 66.002/2021). (Embora não haja um valor numérico único para "resiliência" a ser atingido, espera-se melhorar indicadores como o do projeto Cidades Resilientes progressivamente até níveis elevados em todo o estado.)

- Prazos: o ZEE-SP orienta ações em diferentes horizontes temporais para atingir e revisar as metas de resiliência. No curto prazo (próximos anos), enfatiza-se a implementação imediata de medidas de adaptação climática locais e o fortalecimento da governança de riscos (por exemplo, ampliação de planos de defesa civil e uso dos indicadores como base para planejamento setorial). No médio prazo (até 2040), espera-se reduzir sensivelmente a vulnerabilidade climática das regiões hoje críticas – o horizonte de 2040 foi considerado nos cenários prospectivos como referência temporal para verificar tendências de melhoria ou agravamento. No longo prazo (2040–2050), almeja-se consolidar a resiliência climática em todo o estado, garantindo que, até 2050, São Paulo esteja amplamente adaptado às mudanças do clima (meta consonante com as projeções climáticas desse período). O alcance dessas metas será acompanhado por monitoramentos regulares – os indicadores do ZEE-SP são atualizados periodicamente (diagnósticos revisados a cada 4 anos) e

as diretrizes e zoneamento revisados a cada 10 anos –, permitindo avaliar o progresso e promover eventuais ajustes nas estratégias de implementação.

Segurança Hídrica (D2)

- Indicadores utilizados: avaliam a disponibilidade, qualidade e uso da água, bem como a infraestrutura de saneamento. Entre os principais, estão indicadores de oferta hídrica versus demanda nas bacias – por exemplo, o Balanço Hídrico com vazão Q95% (quantifica a disponibilidade de água dos rios em períodos secos), evidenciando regiões com estreita margem entre recursos hídricos e necessidade de consumo. Também são empregados indicadores de cobertura de saneamento básico (percentual da população com acesso à água potável e esgoto tratado, em consonância com as metas do ODS 6: Água Limpa e Saneamento), índices de vulnerabilidade hídrica (como ocorrência de conflitos pelo uso da água ou racionamentos) e dados sobre reservação e armazenamento hídrico (capacidade de reservatórios, recarga de aquíferos etc.). (Tais indicadores permitem identificar áreas com stress hídrico, poluição de mananciais ou deficiências de infraestrutura, fundamentais para o planejamento hídrico.)

- Critérios de classificação: as cartas síntese de Segurança Hídrica também utilizam a escala de 1 a 5, em que 1 indica situação mais vulnerável/insustentável (por ex., bacias com déficit frequente de água, baixa cobertura de saneamento) e 5 a condição mais favorável (bacias com oferta hídrica abundante e bem gerida, alto índice de atendimento em saneamento). Essa classificação resulta do mapeamento combinado dos indicadores: classe 1 (vermelho) pode indicar regiões com significativa escassez hídrica ou qualidade da água comprometida, enquanto classe 5 (verde escuro) aponta regiões com segurança hídrica alta, onde a quantidade e qualidade de água atendem plenamente os usos atuais e futuros. (Cabe notar que, além do diagnóstico atual, foram elaborados cenários até 2040 que avaliam se essas condições tendem a melhorar ou piorar, considerando variáveis como crescimento populacional e mudanças climáticas.)

- Metas estabelecidas: a diretriz visa assegurar oferta de água, em quantidade e qualidade, para todos os usos e em todo o tempo. Em termos qualitativos, a meta é universalizar o acesso à água potável e ao saneamento no estado, eliminando déficits de abastecimento e expandindo a coleta/tratamento de esgoto, o que converge com as metas nacionais do novo marco de saneamento e os objetivos do ODS 6. Do ponto de vista quantitativo, isso implica atingir (e manter) altos percentuais de atendimento: próximo de 100% da população com água tratada e esgotamento sanitário adequado nas áreas urbanas e rurais. Ademais, busca-se garantir a segurança hídrica dos setores produtivos (indústria, agricultura) por meio de gestão eficiente dos mananciais e redução de perdas. (Em suma, a meta é que nenhuma região apresente classe crítica de disponibilidade hídrica no futuro, mesmo diante do crescimento da demanda e de cenários de clima mais seco.)

- Prazos: no curto prazo, até meados da década, o ZEE-SP aponta a necessidade de ações imediatas de fortalecimento da gestão hídrica e investimentos emergenciais onde há vulnerabilidades atuais – por exemplo, priorizar obras de infraestrutura hídrica (novos reservatórios, interligações de bacias, redução de perdas em redes) em regiões identificadas com balanço hídrico crítico. No médio prazo (próxima década,

até 2030–2040), espera-se alcançar melhorias substanciais na segurança hídrica: a meta é que, até 2040, todas as regiões do estado apresentem situação confortável de oferta de água, mesmo em anos secos. Isso requer cumprir etapas intermediárias, como o atendimento das metas de saneamento até 2033 (universalização) e a implementação de gestão integrada de bacias, reduzindo riscos de escassez e conflitos pelo uso da água. No longo prazo (2040–2050), projeta-se manter a segurança hídrica frente às mudanças climáticas: as projeções indicam possíveis reduções de precipitação e eventos climáticos extremos que podem afetar a disponibilidade de água, portanto a meta de longo prazo é tornar o sistema hídrico resiliente até 2050, com planejamento adaptativo (ex.: reservação adicional, reutilização de água, proteção de mananciais) que garanta suprimento sustentável mesmo sob clima adverso. O cumprimento dessas metas será revisado periodicamente – com monitoramento dos indicadores hídricos a cada 4 anos e ajustes nas diretrizes a cada 10 anos, conforme o processo oficial de revisão do ZEE-SP.

Salvaguarda da Biodiversidade (D3)

- Indicadores utilizados: refletem o estado de conservação dos ecossistemas e a pressão sobre a biodiversidade. São considerados indicadores como a porcentagem de cobertura vegetal nativa remanescente em cada região, as taxas de desmatamento/supressão vegetal recentes, a extensão e representatividade das áreas protegidas (parques, estações ecológicas e reservas de uso sustentável), bem como medidas de conectividade de habitat e índices de biodiversidade (por exemplo, ocorrência de espécies ameaçadas ou endêmicas). Um indicador específico utilizado foi a supressão de cobertura vegetal entre 2010 e 2017, evidenciando onde houve perda significativa de habitats naturais. Além disso, avaliaram-se indicadores de qualidade ambiental relacionados, como a sustentabilidade da produção agropecuária (uso de práticas que minimizam a perda de biodiversidade) e a fragmentação de paisagens. (Esses dados, quando integrados, revelam as regiões com ecossistemas mais íntegros versus aquelas onde a biodiversidade está mais ameaçada.)

- Critérios de classificação: as cartas síntese de biodiversidade igualmente utilizam cinco classes, indo de 1 (condição ecossistêmica mais crítica) a 5 (condição mais favorável). Regiões classificadas como 1 (vermelho) tipicamente apresentam alta perda de habitats, baixa cobertura vegetal nativa e poucos territórios protegidos, indicando vulnerabilidade extrema para a biodiversidade. Já regiões em classe 5 (verde escuro) possuem vastas áreas de vegetação nativa bem conservada, corredores ecológicos conectando fragmentos florestais e fortes esquemas de proteção ambiental, representando uma situação desejável de sustentabilidade ecológica. A classificação de cada RA resulta do cruzamento dos indicadores mencionados: por exemplo, uma RA com porcentagem muito baixa de vegetação remanescente e alta taxa de desmatamento recente cairá em classe crítica, enquanto outra com grande cobertura florestal contínua e baixo índice de pressão humana aparecerá como favorável.

- Metas estabelecidas: a diretriz objetiva proteger, conservar e restaurar os biomas e ecossistemas paulistas, de forma a assegurar a sustentabilidade da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos associados. Em termos qualitativos, busca-se frear a perda de biodiversidade e aumentar a área sob proteção e manejo sustentável. Alinha-se às metas internacionais de conservação, incluindo os ODS 14 (Vida na Água) e ODS 15 (Vida Terrestre) da Agenda 2030 – ou seja, abrange tanto a proteção de

ecossistemas terrestres (Mata Atlântica, Cerrado, etc.) quanto recursos hídricos e costeiros. Uma meta prática é ampliar a cobertura de vegetação nativa e a conectividade: por exemplo, o ZEE-SP identificou regiões (como partes do nordeste paulista) onde a cobertura vegetal nativa insuficiente é fator crítico, sinalizando a necessidade de incrementar a vegetação nativa nos próximos anos por meio de restauração florestal e reflorestamento estratégico. Também visa-se expandir as Unidades de Conservação e consolidar corredores ecológicos, de modo que uma proporção maior do território fique efetivamente protegida e a biodiversidade seja mantida a longo prazo. (Embora não haja uma porcentagem numérica explícita no ZEE-SP dentro desta diretriz, ela complementa compromissos como o de 30% de áreas protegidas até 2030 discutido globalmente, servindo de base para orientar políticas estaduais de conservação.)

- Prazos: no curto prazo (próximos 2–5 anos), as prioridades incluem fortalecer a fiscalização ambiental e conter imediatamente o desmatamento ilegal, além de criar ou expandir áreas protegidas em zonas identificadas como lacunas de conservação. Ou seja, ações de resposta rápida para impedir perda irreversível de habitats críticos são estimuladas assim que o ZEE-SP entra em vigor. No médio prazo (até 2030–2040), espera-se atingir patamares significativamente melhores de conservação: o estado deverá apresentar aumento na extensão de vegetação nativa e de áreas restauradas, com cumprimento das metas nacionais de reflorestamento e das obrigações do Código Florestal (recuperação de APPs e RLs). Até 2040, que é o horizonte dos cenários do ZEE-SP, projeta-se uma tendência de melhoria – ou seja, redução das áreas em classes críticas e avanço de áreas para classes mais favoráveis quanto à biodiversidade. No longo prazo (2040–2050), almeja-se consolidar a salvaguarda da biodiversidade paulista: isso significa manter e gerenciar de forma adaptativa os ecossistemas até 2050 e além, garantindo resiliência ecológica frente às mudanças climáticas e ao desenvolvimento econômico. As projeções de longo prazo, incluindo aspectos climáticos, indicam desafios adicionais (p.ex. mudanças nos padrões de precipitação podem afetar ecossistemas), de modo que as estratégias de conservação deverão ser continuamente ajustadas. A plataforma RedeZEE-SP e as atualizações periódicas do ZEE servirão para monitorar o progresso – novos dados de cobertura vegetal, espécies e qualidade ambiental serão incorporados a cada ciclo de 4 anos – e permitir revisões decenais das diretrizes de biodiversidade, garantindo que as metas de conservação sejam revistas e reforçadas conforme necessário até o horizonte de 2050.

Economia Competitiva e Sustentável (D4)

- Indicadores utilizados: diferentemente das demais diretrizes, a análise da Economia Competitiva e Sustentável não se baseou em uma carta síntese de vulnerabilidade/potencial, mas sim em um relatório técnico detalhado. Nele, foram examinados fatores críticos socioeconômicos para cada região, suportados por diversos indicadores quantitativos. Os fatores incluíram: dinâmica demográfica (p.ex. crescimento populacional, estrutura etária), dinâmica macroeconômica (p.ex. PIB regional, produtividade setorial, ritmo de crescimento econômico), infraestrutura disponível (logística de transportes, energia, telecomunicações nas regiões), gestão fiscal (capacidade financeira e de investimento dos municípios, nível de receita e gastos públicos), capital humano (educação, qualificação da força de trabalho, inovação) e a dinâmica das principais atividades econômicas locais (desempenho de setores-chave como agricultura, indústria,

serviços, incluindo cadeias produtivas relevantes). Além desses, o relatório da Diretriz 4 incorpora indicadores ambientais ligados à sustentabilidade econômica – por exemplo, índices de sustentabilidade da agropecuária (práticas agrícolas sustentáveis vs. convencionais) e emissões de CO_2 por setor (intensidade de carbono das atividades produtivas), já que a competitividade de longo prazo está associada à transição para uma economia de baixo carbono. (Ao analisar conjuntamente esses indicadores, o ZEE-SP delineou o perfil de competitividade e desafios de sustentabilidade de cada RA, sem reduzi-los a uma única "nota", mas sim mapeando pontos fortes e fracos por tema.)

- Critérios de classificação: não houve a atribuição de classes 1–5 em um mapa único para esta diretriz, devido à diversidade e complexidade dos dados econômicos. Conforme descrito nos documentos, optou-se por um relatório analítico em vez de carta síntese para a Diretriz 4. Assim, não se aplica aqui a escala de cores de 1 a 5 usada nas demais diretrizes. Em vez disso, as regiões foram comparadas entre si em cada fator crítico: por exemplo, identificaram-se RAs com economia diversificada e alto PIB per capita versus RAs com economia concentrada em setores menos dinâmicos; ou regiões com alta cobertura de educação superior e inovação versus outras com déficits de capital humano. Cada fator/indicador possui suas próprias faixas de valores (por exemplo, valores absolutos de PIB, índices como o Índice Paulista de Responsabilidade Social – IPRS – para condições de vida, etc.), e a análise foca em destacar potencialidades (fatores favoráveis à competitividade sustentável) e vulnerabilidades (gargalos ao desenvolvimento) de cada região, sem agregá-los em uma única nota sintética. (Em suma, a "classificação" aqui é mais descritiva e comparativa do que categórica; ainda assim, permite inferir quais regiões estão à frente ou atrás em termos de competitividade sustentável.)

- Metas estabelecidas: a diretriz de Economia Competitiva e Sustentável busca identificar e fomentar conexões positivas entre os recursos ambientais e as atividades econômicas, de forma a consolidar, dinamizar e tornar mais sustentável a economia regional. A meta qualitativa principal é promover um desenvolvimento econômico que alia crescimento e sustentabilidade, fortalecendo setores econômicos estratégicos sem comprometer o meio ambiente. Em termos práticos, isso significa aumentar a competitividade das regiões menos desenvolvidas (reduzindo disparidades econômicas intraestadual) e estimular a transição para práticas produtivas sustentáveis em todos os setores. A diretriz está alinhada ao ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico), enfatizando crescimento econômico inclusivo e digno, e também toca objetivos do ODS 9 (industrialização sustentável e inovação). Algumas metas específicas englobam: diversificar as economias locais para reduzir dependência excessiva de um único setor; ampliar a produtividade com inovação tecnológica (por ex., difusão de agricultura de precisão, manufatura avançada verde); fortalecer cadeias da economia verde (energia renovável, gestão de resíduos, bioeconomia); e melhorar indicadores de desenvolvimento humano ligados à economia, como renda per capita e emprego formal, sem degradação ambiental. (Embora o ZEE-SP não fixe valores numéricos como meta – por exemplo, um PIB desejado –, ele fornece os subsídios para que planos estratégicos do estado definam metas, como aumentar a participação de setores sustentáveis X% até 2030, reduzir emissões industriais Y% até 2040, etc., em sintonia com as diretrizes aqui traçadas.)

- Prazos: no curto prazo (até 2027), a ênfase recai em ações imediatas para alavancar a competitividade sustentável, especialmente nas regiões mais carentes em infraestrutura e inovação. Isso inclui, por exemplo, investimentos prioritários em infraestrutura logística e digital em regiões do interior, incentivos fiscais e creditícios para atração de indústrias não-poluentes e projetos de capacitação profissional para geração de empregos locais. Também no curto prazo inicia-se a integração das diretrizes do ZEE-SP nos planos setoriais (desenvolvimento econômico, ciência e tecnologia, etc.), de modo a orientar os orçamentos públicos a favor dessas metas. No médio prazo (próximos 10–15 anos, até 2040), espera-se uma evolução perceptível no desenvolvimento econômico regional sustentável. A meta intermediária é reduzir desequilíbrios econômicos regionais – ou seja, que regiões hoje menos desenvolvidas cresçam acima da média, aproximando seu PIB per capita e índices de emprego daqueles das regiões líderes. Até 2040, o cenário tendencial traçado pelo ZEE-SP indica quais regiões podem atingir patamares melhores ou ainda enfrentar desafios, permitindo calibrar políticas para que, idealmente, todas as regiões apresentem economias dinâmicas e diversificadas nesse horizonte. No longo prazo (2040–2050), projeta-se consolidar uma economia paulista plenamente competitiva e de base sustentável. Isso significa que, até meados do século, São Paulo deve se firmar como uma economia de baixo carbono e alta tecnologia, com setores produtivos modernizados (p. ex. indústria 4.0 verde, agropecuária climáticamente inteligente) e inclusão socioeconômica ampliada em todas as regiões. Espera-se que os ganhos obtidos até 2040 se mantenham e aprofundem até 2050, com o estado atingindo liderança nacional em sustentabilidade econômica. O acompanhamento dessas metas de longo prazo será garantido pelo monitoramento contínuo de indicadores socioeconômicos e ambientais na RedeZEE-SP – atualizados periodicamente – e pelas instâncias de governança do ZEE-SP (reuniões anuais da Comissão Estadual ZEE-SP, relatórios setoriais). Além disso, o mecanismo de revisão quadrienal dos dados e revisão decenal das diretrizes permitirá avaliar, em 2032 e 2042 aproximadamente, se as trajetórias rumo a uma economia competitiva e sustentável estão sendo cumpridas, ajustando estratégias conforme necessário para o horizonte 2050.

Redução das Desigualdades Regionais (D5)

- Indicadores utilizados: avaliam o desenvolvimento humano e socioeconômico regional, evidenciando as disparidades entre as diferentes partes do estado. Destacam-se indicadores compostos como o Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS), que agrega dados de renda, educação e longevidade para classificar os municípios/regiões em termos de desenvolvimento social. Também são usados indicadores de desigualdade de renda (ex.: coeficiente de Gini por RA), taxas de pobreza/extrema pobreza, Produto Interno Bruto per capita regional, índices de emprego formal e acesso a serviços públicos essenciais (cobertura de educação básica, saúde, saneamento, transporte). Adicionalmente, indicadores de infraestrutura social (número de hospitais, universidades, equipamentos culturais per capita em cada região) ajudam a dimensionar a oferta de bens e serviços públicos. Por exemplo, no diagnóstico do ZEE-SP, o IPRS 2014 foi considerado, permitindo identificar RAs com baixo desempenho em qualidade de vida. De modo geral, os Territórios com menores índices de desenvolvimento (menor renda média, maior vulnerabilidade social) contrastam com aqueles mais prósperos, e essa diferença é quantificada pelos indicadores acima para orientar as políticas. (Assim, a seleção de indicadores abrange múltiplas dimensões –

econômicas, sociais e de infraestrutura – para captar onde estão as maiores carências relativas dentro do estado.)

- Critérios de classificação: as condições de cada região quanto a desenvolvimento e desigualdade foram representadas em cinco classes nas análises do ZEE-SP. Classe 1 (vermelho) indica situação mais crítica de desenvolvimento regional, ou seja, regiões com baixos indicadores socioeconômicos (alta desigualdade, renda e IDH baixos, serviços insuficientes). Classe 5 (verde escuro) denota situação mais favorável, típica de regiões com elevados indicadores de renda, educação, infraestrutura e baixa desigualdade relativa. Essa classificação advém do cruzamento dos indicadores mencionados: por exemplo, uma RA com IPRS baixo, alta taxa de pobreza e poucos serviços disponíveis seria categorizada como classe 1, enquanto uma RA com IPRS alto, boa distribuição de renda e ampla oferta de serviços públicos ficaria em classe 5. As classes intermediárias (2 a 4) refletem graduações entre esses extremos, permitindo visualizar o gradiente de desenvolvimento regional no estado. (Este mapeamento deixa explícito um dos achados do ZEE-SP: regiões no norte e oeste paulista tendem a classes mais baixas (desigualdades maiores), ao passo que regiões metropolitanas e centrais figuram em classes mais altas, informando a necessidade de políticas diferenciadas.)

- Metas estabelecidas: a diretriz de Redução das Desigualdades Regionais visa elevar o acesso a bens e serviços e a qualidade de vida nas regiões menos desenvolvidas, diminuindo os desequilíbrios regionais históricos. A meta-chave é diminuir as disparidades socioeconômicas dentro do estado – em outras palavras, aproximar as regiões de menor desenvolvimento dos níveis médios ou superiores do estado, em indicadores como renda per capita, escolaridade, saúde e infraestrutura. Isso traduz-se, quantitativamente, em melhorar os indicadores das regiões hoje desfavorecidas a taxas mais rápidas que a média estadual, para que a diferença relativa reduza ao longo do tempo. Está alinhada ao ODS 10 (Redução das Desigualdades), que preconiza a redução das desigualdades dentro dos países até 2030. Especificamente, o ZEE-SP incorpora essa diretriz em suas zonas de gestão, recomendando que políticas públicas – em educação, saúde, habitação, transporte, incentivos econômicos – prioritariamente atendam regiões de classe 1 e 2, elevando-as gradualmente. Entre as metas qualitativas/quantitativas implícitas, podemos citar: reduzir a diferença de IDH entre a região mais alta e mais baixa do estado, aumentar significativamente a renda média das populações do Vale do Ribeira, Pontal do Paranapanema e outras áreas historicamente menos desenvolvidas, e assegurar que todos os cidadãos paulistas tenham acesso similar a serviços básicos (independentemente do município onde vivem) no longo prazo. (Assim, busca-se um desenvolvimento mais equilibrado: por exemplo, se hoje a renda per capita de certa RA é 50% da observada na capital, a meta seria elevar essa relação, reduzindo a lacuna percentual substancialmente nas próximas décadas.)

No que tange aos prazos e horizontes temporais, o ZEE-SP adota uma perspectiva de curto, médio e longo prazo. No curto prazo (horizonte imediato, nos próximos anos), a meta principal é implementar o instrumento – isto é, difundir o conhecimento do ZEE-SP, capacitar os agentes públicos para seu uso e integrar suas diretrizes aos processos decisórios correntes. Essa etapa inicial envolve ações como treinamento no uso da plataforma RedeZEE, divulgação dos produtos para órgãos setoriais e municípios, e incorporação dos mapas e diretrizes nos procedimentos de

planejamento territorial de curto prazo (por exemplo, nas revisões de planos diretores municipais em curso). No médio prazo, considera-se o primeiro ciclo de revisão e atualização do zoneamento: o decreto determina que os diagnósticos e prognósticos sejam atualizados a cada quatro anos, o que aponta para uma atualização em torno de 2026, e que o zoneamento e suas diretrizes sejam revisados decenalmente (ou seja, por volta de 2032). Assim, no médio prazo (próximos 5 a 10 anos), espera-se que novos dados e indicadores sejam incorporados, permitindo ajustes nas recomendações conforme mudanças efetivas ocorridas no território, garantindo que o ZEE-SP permaneça atual e efetivo. Por fim, no longo prazo, o ZEE-SP vislumbra cenários de planejamento até meados do século. Foram elaborados cenários tendenciais para o ano de 2040 para as principais diretrizes ambientais e socioeconômicas, bem como projeções climáticas para o período 2020-2050. Esses horizontes de longo prazo orientam as estratégias de desenvolvimento sustentável de visão futura, alinhadas com as políticas de mudanças climáticas e agendas globais (por exemplo, objetivos de redução de emissões até 2050, adaptação a impactos climáticos projetados, etc.).

Finalmente, a concretização das metas do ZEE-SP depende de variáveis críticas que podem afetar positiva ou negativamente a implementação e o uso efetivo do zoneamento. Dentre elas destaca-se a articulação federativa e institucional multissetorial. O sucesso do ZEE-SP requer cooperação entre diferentes níveis de governo – União, Estado e municípios – e entre diversas pastas da administração estadual, dada a natureza transversal do ordenamento territorial. O modelo de governança adotado procura viabilizar essa articulação: a CEZEE-SP (Comissão Estadual do ZEE-SP) atua como instância multitemática e multinível de coordenação, integrando atualmente 15 Secretarias de Estado e devendo acompanhar, monitorar e avaliar anualmente a implementação do ZEE-SP em suas respectivas políticas setoriais. Além disso, o decreto de instituição prevê mecanismos de participação pública contínua (consultas junto aos Comitês de Bacias, audiências via CONSEMA) para garantir transparência, controle social e legitimidade na aplicação do instrumento. A cooperação federativa também envolve alinhar o ZEE-SP com diretrizes nacionais (por exemplo, integrar-se ao MacroZEE nacional, atender às exigências do Código Florestal e políticas de clima nacionais) e fomentar a adoção de suas recomendações por parte dos municípios – muitos dos quais poderão utilizar o ZEE-SP como subsídio na elaboração de seus planos diretores e leis de uso do solo (há inclusive incentivo via Programa Município VerdeAzul para apropriação do ZEE-SP pelas prefeituras). Outra variável crítica é o financiamento adequado para a implementação. A efetividade do ZEE-SP não se dá apenas pela existência dos mapas e diretrizes, mas principalmente pela execução de ações concretas decorrentes de suas recomendações. Isso exige recursos financeiros para diversas frentes: manutenção e atualização da infraestrutura de dados e da plataforma; capacitação contínua de técnicos e gestores; e, sobretudo, desenvolvimento de projetos, programas e obras alinhados com as diretrizes do zoneamento em áreas como saneamento, restauração florestal, infraestrutura verde, etc. O próprio documento executivo do ZEE-SP destaca que deverão ser destinados recursos para implementação de planos, programas e projetos das diferentes Secretarias de Estado em consonância com as diretrizes estratégicas e aplicáveis do ZEE-SP. Ou seja, o zoneamento fornece o "onde" e o "o quê" fazer; o como fazer depende de investimentos que viabilizem as mudanças desejadas no território. Nesse sentido, parcerias com organismos nacionais e internacionais (a exemplo do acordo de cooperação com o Banco Mundial durante a fase de elaboração, citado adiante) podem continuar sendo buscadas para apoio financeiro e técnico na implementação. Por fim, é fundamental o uso efetivo da plataforma RedeZEE-SP por parte de todos os atores envolvidos. A RedeZEE-SP é a plataforma integrada e oficial de articulação institucional do ZEE-SP, reunindo a Base de Informações Territorial Ambiental atualizável e permitindo análises espaciais interativas. A manutenção, atualização e incremento contínuo das informações na plataforma foram atribuídos como

responsabilidade compartilhada entre os órgãos membros da comissão estadual do ZEE-SP. Além disso, o decreto prevê a capacitação de usuários nos usos e funcionalidades da RedeZEE, reconhecendo que a familiaridade com a ferramenta é crucial para que ela seja incorporada no dia a dia da gestão pública. Se a RedeZEE for amplamente utilizada – por exemplo, consultada nos processos de licenciamento para verificar diretrizes da zona em questão, ou acessada por investidores em busca de informações regionais –, ela se tornará um instrumento vivo, alimentado com novos dados por usuários governamentais e não-governamentais, retroalimentando o sistema. Caso contrário, corre-se o risco de o ZEE-SP ficar restrito ao papel. Portanto, articulação institucional (vertical e horizontal), garantia de financiamento e adoção da plataforma digital configuram variáveis críticas para que as metas do ZEE-SP se concretizem e o zoneamento cumpra seu propósito de orientar, de fato, um desenvolvimento territorial mais sustentável e equilibrado em São Paulo.

3.4. Objetivos e Metas do Plano Estadual de Adaptação e Resiliência Climática – PEARC.

O Plano Estadual de Adaptação e Resiliência Climática (PEARC) foi concebido em face da crescente vulnerabilidade de São Paulo aos impactos das mudanças climáticas e da necessidade de articular uma resposta integrada a esses desafios. A formulação do PEARC se apoia na base legal da Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC) – instituída em 2009, Lei 13.798/2009, e regulamentada em 2010, que já previa a elaboração de planos setoriais e ações de adaptação no Estado. Durante a década de 2010, ocorreram iniciativas pontuais, como o Plano Setorial de Saúde para mudanças climáticas, focado nos impactos à saúde pública, e estratégias de defesa civil diante de eventos extremos. No entanto, um plano abrangente de adaptação não havia sido consolidado até então. A severa crise hídrica de 2014–2015 no Sistema Cantareira, os eventos extremos recorrentes como enchentes urbanas, ondas de calor e deslizamentos, bem como as projeções científicas de alterações no regime de chuvas e temperatura serviram de alerta para a urgência da adaptação. Nesse contexto, em 2021–2022 a Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, SEMIL – em cooperação com a GIZ através da Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável – iniciou a elaboração do PEARC, inserido na Estratégia Climática do Estado de São Paulo. Houve o reconhecimento de que São Paulo, apesar de ser o estado economicamente mais forte, enfrenta desigualdades internas e fragilidades frente ao clima (por exemplo, regiões costeiras suscetíveis à elevação do nível do mar, municípios do interior sujeitos a secas e calor extremo, população vulnerável em áreas de risco geológico nas encostas, etc.). Assim, o PEARC foi desenvolvido "com o objetivo de estruturar, coordenar e articular a atuação paulista no enfrentamento dos impactos negativos decorrentes das mudanças climáticas, promovendo a resiliência do estado e a justiça climática". Em outras palavras, o plano busca integrar ações de adaptação dispersas em uma estratégia unificada, garantindo que os esforços ocorram de forma coordenada entre setores e territórios. Importante ressaltar que o PEARC é contemporâneo ao Plano de Ação Climática (mitigação) – ambos integram a resposta climática do estado. Sua elaboração considerou evidências científicas atualizadas (projeções climáticas regionais até o final do século) e contou com um processo participativo robusto. Em 2022, foram formados Grupos de Trabalho temáticos reunindo especialistas de diversas áreas (meio ambiente, recursos hídricos, agricultura, saúde, defesa civil, planejamento urbano, entre outros) para identificar vulnerabilidades e propor medidas de adaptação em seus respectivos temas. O processo incluiu consulta pública das propostas em 2024, e revisão pelas instâncias de governança da PEMC, culminando no lançamento do PEARC em junho de 2025. Portanto, o contexto do PEARC combina a necessidade imposta pela emergência climática local (e.g., riscos crescentes de desastres naturais) com a oportunidade institucional de integrar a adaptação às políticas públicas, conforme preconizado tanto na PEMC estadual quanto no Plano

Nacional de Adaptação (PNA) e nos acordos internacionais (Acordo de Paris, Marco de Sendai para Redução de Risco de Desastres).

Objetivos Estratégicos

O PEARC tem como objetivo geral aumentar a resiliência do Estado de São Paulo frente aos impactos das mudanças climáticas, por meio da redução das vulnerabilidades e do preparo dos sistemas naturais, sociais, econômicos e infraestruturais para eventos extremos e mudanças graduais do clima. Esse objetivo amplo se desdobra em uma série de objetivos estratégicos específicos que guiam as ações do plano. Diferentemente de um plano de mitigação, onde os objetivos são quantificáveis em termos de emissões, na adaptação os objetivos relacionam-se a capacidades e resultados qualitativos a alcançar. Entre os principais objetivos estratégicos do PEARC, destacam-se: proteger a saúde e o bem-estar da população diante de ondas de calor, novas enfermidades e outros riscos sanitários agravados pelo clima (princípio da Saúde Única); assegurar a segurança hídrica em um cenário de chuvas mais irregulares e eventos de seca, garantindo abastecimento de água e manejo de cheias; fortalecer a segurança alimentar e nutricional mediante a adaptação da agricultura e pecuária às mudanças de temperatura e precipitação, evitando quebras de safra e garantindo estoque de alimentos; conservar a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos face às mudanças climáticas, protegendo ecossistemas sensíveis (Mata Atlântica, Cerrado, zonas costeiras) e aumentando a conectividade ecológica; resguardar as zonas costeiras contra a elevação do nível do mar, erosão costeira e eventos como ressacas, através de medidas de adaptação costeira; e tornar a infraestrutura crítica resiliente, incluindo energia, transporte, habitação e edificações, para suportar estresses climáticos (por exemplo, garantir que estradas e pontes resistam a enxurradas, que o sistema elétrico lide com picos de demanda e tempestades, etc.). Um objetivo transversal crucial é promover a Justiça Climática, ou seja, priorizar a proteção das populações mais vulneráveis (com recorte de raça, gênero, idade, renda e povos tradicionais) nos esforços de adaptação. Isso implica direcionar ações para comunidades de baixa renda em áreas de risco geológico, para povos indígenas e quilombolas cujos meios de vida estão ameaçados, para população idosa mais suscetível a ondas de calor etc. Em síntese, os objetivos do PEARC cobrem cinco dimensões temáticas – Biodiversidade, Saúde, Segurança Alimentar, Segurança Hídrica e Zona Costeira – com o propósito comum de reduzir riscos climáticos e uma ênfase em justiça climática e proteção de infraestrutura e sistemas naturais. Eles visam integrar a adaptação climática ao planejamento do desenvolvimento, de forma que São Paulo esteja preparado para enfrentar eventos como secas prolongadas, inundações severas, ondas de calor, migrações climáticas e outras consequências previstas das mudanças do clima.

O PEARC está estruturado em cinco Eixos Temáticos de adaptação, complementados por dois Eixos Transversais e Estruturantes, que juntos dão conta das principais áreas de vulnerabilidade e dos fatores integradores. Os 5 eixos temáticos são: Biodiversidade, Saúde Única, Segurança Alimentar e Nutricional, Segurança Hídrica e Zona Costeira. Cada eixo temático corresponde a um conjunto de cadeias de impactos climáticos específicas identificadas para São Paulo. Por exemplo, o eixo Biodiversidade aborda os efeitos do clima sobre ecossistemas terrestres e aquáticos, espécies e serviços ambientais; o eixo Saúde Única trata das interfaces entre saúde humana, animal e ambiental – compreendendo doenças sensíveis ao clima, saneamento, vetores, etc.; o eixo Segurança Alimentar foca na produção agropecuária, abastecimento de alimentos e nutrição sob mudanças climáticas; Segurança Hídrica abrange recursos hídricos, gestão de bacias, abastecimento urbano e controle de cheias; e Zona Costeira concentra-se nos municípios litorâneos e marinhos, incluindo elevação do mar, erosão costeira e impactos em comunidades litorâneas. Além desses, o plano introduziu 2 eixos transversais considerados estruturantes: Infraestrutura e Justiça Climática. A Infraestrutura foi destacada como

eixo transversal pois sistemas de transporte, energia, habitação, saneamento e edificações permeiam todos os outros eixos – a resiliência da infraestrutura crítica é fundamental para suportar eventos climáticos e proteger a população. Já a Justiça Climática aparece como eixo transversal para garantir que a equidade social e a proteção dos vulneráveis estejam no centro de todas as ações adaptativas. Essa inclusão de justiça climática como eixo estruturante é considerada um diferencial do PEARC, reconhecendo que os impactos climáticos afetam desproporcionalmente grupos vulnerabilizados e que as políticas de adaptação devem corrigir desigualdades em vez de agravá-las.

Estruturalmente, o PEARC foi desenvolvido prevendo três ciclos de implementação (curto, médio e longo prazo), nos quais os eixos e ações serão executados de forma incremental. A Figura 15 do plano ilustra esses ciclos: o Primeiro Ciclo (curto prazo, 0–3 anos a partir de 2025) prioriza ações urgentes e de fácil execução; o Segundo Ciclo (médio prazo, 4–9 anos) expande as ações e aprofunda as iniciais; e o Terceiro Ciclo (longo prazo, 10+ anos) consolida e incorpora novas frentes emergentes. Essa abordagem cíclica permite revisões periódicas e ajustes de estrutura e estratégias a cada fase, incorporando aprendizados e novos conhecimentos (por exemplo, se surgir um novo risco climático ou tecnologia de adaptação, o plano pode ser revisado no próximo ciclo). A estrutura do PEARC contempla também ações gerais que não se restringem a um eixo temático específico, mas sim fortalecem a adaptação de modo amplo – como ações de governança, de educação e comunicação climática, e de pesquisa científica aplicada, que apoiam todos os eixos.

Metodologia de Elaboração

A metodologia de elaboração do PEARC foi amplamente participativa, baseada em ciência e voltada à avaliação de riscos. O processo iniciou com a formação de Grupos de Trabalho (GTs) temáticos correspondentes aos eixos definidos. Cada GT reuniu representantes de órgãos estaduais, pesquisadores e membros da sociedade civil especializados naquela temática, que em 2022 conduziram análises das "cadeias de impacto" climáticas relevantes. As cadeias de impacto são diagramas causais que ligam as mudanças climáticas (ex.: aumento de temperatura, alterações de chuva, eventos extremos) aos seus impactos diretos e indiretos em cada setor, identificando fatores de vulnerabilidade e capacidade adaptativa. Essa metodologia, recomendada por agências internacionais (GIZ, PNUD), permitiu mapear sistematicamente onde estão os pontos de fragilidade em São Paulo – por exemplo, no GT Segurança Hídrica, a cadeia de impacto pode mostrar que menos chuva -> redução de disponibilidade hídrica -> conflito entre usos -> impacto na irrigação e abastecimento urbano, etc., apontando pontos de intervenção. Os GTs também levantaram dados sobre eventos históricos (desastres ocorridos) e projeções futuras geradas por modelos climáticos regionais (CMIP6, Anais do INPE, etc.) para embasar suas discussões. Em alguns casos, houve necessidade de subdividir cadeias de impacto devido à diversidade interna do estado (por exemplo, o GT de Segurança Alimentar analisou cadeias distintas para agricultura familiar vs. agronegócio; o GT de Saúde analisou separadamente doenças respiratórias vs. doenças transmitidas por vetores).

Paralelamente, a SEMIL conduziu um processo de diálogo interinstitucional e social. Isso incluiu a realização de um Seminário de Justiça Climática em 2023, que trouxe movimentos sociais, comunidades tradicionais e especialistas em equidade para discutir as prioridades de justiça a serem incorporadas no plano. As contribuições desse seminário levaram à criação de um eixo específico de Justiça Climática e à adaptação das propostas dos GTs para incluir recortes de raça, gênero e renda nas ações. Ainda em 2023, quando já se tinha um rascunho das ações de cada eixo, foi organizada uma Consulta Pública online (e divulgação em audiências) para colher comentários da população em geral sobre as propostas do PEARC. A resposta foi significativa, com centenas de contribuições que foram avaliadas e consolidadas.

Algumas sugestões da sociedade resultaram em novos projetos piloto adicionados, enquanto outras reforçaram a necessidade de determinadas ações estruturantes (como a criação de sistemas de alerta precoce comunitários, destacada por participantes).

Diferentemente do esperado inicialmente, a metodologia optou por não realizar uma avaliação quantitativa de riscos climáticos (análise probabilística) nesta fase, focando em construir as ações de forma qualitativa com base no conhecimento existente. Isso porque identificou-se lacunas de dados e tempo exíguo; então o plano priorizou avançar nas ações e previu que a avaliação de risco detalhada seja realizada posteriormente, alimentando revisões futuras do PEARC. Mesmo assim, as decisões no plano foram informadas por evidências: utilizou-se projeções de clima regionalizadas (por exemplo, aumento projetado de temperatura média de +2,5°C em 2050 no interior, ou aumento do nível do mar de 18 cm até 2040 no litoral, etc. – dados do exec. sumário), e impactos como redução de 10-30% na vazão dos rios nas bacias PCJ em cenários pessimistas, entre outros que constam no diagnóstico de vulnerabilidade do documento.

Uma vez consolidadas as propostas, elas foram submetidas às instâncias de governança da PEMC no final de 2024: o Comitê Gestor (composto por 10 Secretarias) e o Conselho Estadual de Mudanças Climáticas, que revisaram e priorizaram as ações e subações que comporiam o Primeiro Ciclo de implementação. Houve critérios de priorização, como urgência (ações que lidam com riscos iminentes, ex: planos de contingência para desastres), sinergia (ações que geram benefícios múltiplos), viabilidade financeira e institucional. O resultado foi a seleção de 46 ações e 101 subações para o primeiro período de 3 anos (2025-2028). O processo metodológico, portanto, garantiu legitimidade técnica (via GTs e dados científicos) e legitimidade social (via consultas e participação) na construção do PEARC. Ele também foi flexível para adaptar-se a desafios (por exemplo, incorporando transversalidades como Infraestrutura e Justiça somente numa fase intermediária do processo, quando ficou claro serem necessárias como eixos estruturantes)

Diretrizes e Eixos Estratégicos

O PEARC estabelece diretrizes estratégicas que orientam as ações de adaptação no estado, muitas das quais derivam de princípios já consagrados na PEMC e em marcos nacionais/internacionais. Uma diretriz central é a integração da adaptação nas políticas setoriais e territoriais: o plano enfatiza que a resiliência climática deve permear o planejamento setorial (saúde, agricultura, recursos hídricos, defesa civil, etc.) e o ordenamento territorial (planos diretores municipais, zoneamento ecológico-econômico), e não ser uma agenda isolada. Isso se traduz em ações como revisar planos setoriais à luz das projeções climáticas e incorporar critérios de risco climático em investimentos públicos. Outra diretriz chave é fortalecer a ciência, informação e monitoramento climático para embasar decisões. O PEARC prevê consolidar um sistema de informações climáticas estadual, estimulando pesquisas aplicadas e garantindo acesso público a dados de clima, vulnerabilidade e adaptações, reconhecendo que conhecimento é base para boa adaptação. A participação social e governança colaborativa também está no cerne das diretrizes – a elaboração do plano já seguiu esse princípio e, em sua implementação, busca-se manter fóruns permanentes de diálogo, envolvendo comunidades locais na construção da resiliência (por exemplo, com planejamento participativo de bairros resilientes). A diretriz da justiça climática merece destaque: ela orienta que todas as ações do PEARC sejam desenhadas sob os princípios de equidade e inclusão, de forma a "promover benefícios distribuídos de forma justa, sem sobrecarregar populações já vulnerabilizadas". Isso levou, por exemplo, a ações específicas voltadas a mulheres (como programas de capacitação para mulheres agricultoras em práticas resilientes), povos indígenas e quilombolas (respeito aos conhecimentos tradicionais e apoio

diferenciado), população idosa (planos de contingência em asilos durante ondas de calor), entre outras.

Quanto aos Eixos Estratégicos do plano, eles se materializam nos eixos temáticos e transversais já descritos. Podemos elencar os eixos estratégicos do PEARC como: Biodiversidade, Saúde Única, Segurança Alimentar e Nutricional, Segurança Hídrica, Zona Costeira (temáticos) e Infraestrutura e Justiça Climática (transversais). Cada um funciona como pilar estratégico concentrando objetivos e ações. Por exemplo, o eixo de Biodiversidade tem como estratégia conservar ecossistemas e aumentar a conectividade para facilitar migração de espécies e serviços ecossistêmicos sob clima em mudança; o eixo de Infraestrutura traz estratégias de avaliação de riscos em obras, revisão de normas técnicas para construções considerando eventos extremos e diversificação de matrizes (no caso de energia, por segurança); já o eixo de Justiça Climática articula estratégias intersetoriais para reduzir desigualdades – tal como integrar adaptação com políticas de habitação social (urbanização de favelas resilientes), com políticas de assistência social (por exemplo, incluir critério climático no Bolsa do Povo ou outros programas), e promoção ativa de participação de grupos minoritários na governança climática.

O plano também adota como diretriz transversal a articulação interfederativa: reconhece que a adaptação exige coordenação entre estado e municípios (e União, em alguns casos). Assim, um eixo implícito de governança é fomentar arranjos interfederativos – por exemplo, integrar a pauta do PEARC ao Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil, aos Comitês de Bacias Hidrográficas e ao Conselho Estadual de Desenvolvimento Metropolitano, ampliando a capilaridade das ações adaptativas. Todas essas diretrizes e eixos estratégicos estão alinhados com a visão de desenvolvimento resiliente, que é o fio condutor do PEARC: isto é, garantir que o desenvolvimento socioeconômico de São Paulo ocorra de maneira preparada para choques e tensões climáticas presentes e futuras.

Metas e Projeções Principais

Ao contrário da mitigação climática, onde as metas são expressas em termos de toneladas de CO_2 reduzidas, na adaptação as metas tendem a ser qualitativas ou relacionadas a capacidade adaptativa. O PEARC, nesse sentido, define metas e indicadores de processo e resultado para suas ações, a serem detalhados durante a implementação. Por exemplo, uma meta pode ser "100% dos municípios paulistas com planos de contingência de defesa civil atualizados para riscos climáticos até 2030", ou "reduzir em X% o número de pessoas em áreas de risco muito alto até 2035". No documento, o PEARC prevê que, após a definição das ações, serão estabelecidas metas quantificáveis e selecionados indicadores de acompanhamento para cada ação e subação, o que permitirá avaliar o status de implementação e efetividade do plano. Essa definição de metas e indicadores estava em curso na finalização do plano e deve envolver os órgãos responsáveis na implementação.

Apesar disso, algumas metas-chave de alto nível podem ser inferidas do conteúdo do plano e das políticas correlatas: por exemplo, no eixo Segurança Hídrica, uma meta principal é garantir abastecimento de água mesmo em cenários de estiagem severa – isso pode ser medido por indicadores como "nenhuma região metropolitana com rodízio de água superior a X dias, mesmo em eventos de seca 50 anos"; ou ainda "aumentar a reserva estratégica de água em Y hm^3 através de novos reservatórios ou fontes alternativas". No eixo Saúde, metas poderiam incluir "implantar sistemas de alerta de saúde para ondas de calor em 100% das cidades acima de 200 mil habitantes até 2028" ou "reduzir em Z% a incidência de dengue em áreas-piloto através de medidas de controle adaptativas". Tais metas concretas serão fruto do detalhamento na fase de implementação, mas o plano estabelece a necessidade de defini-las já no início do Primeiro Ciclo para efetivo monitoramento.

O PEARC também apresenta projeções climáticas e de impactos até o final do século, que fundamentam a necessidade de ação. Por exemplo, projeta-se que, sem adaptação, até 2050 a frequência de ondas de calor (dias acima de 35°C) pode dobrar no oeste paulista, que a produção de algumas culturas (soja, milho) pode sofrer quedas significativas em regiões específicas se nada for feito, ou que o nível do mar pode subir 30 cm até 2060 afetando áreas costeiras densamente povoadas (como baixada santista). Essas projeções não são metas em si, mas funcionam como metas inversas – isto é, cenários indesejáveis que o plano busca evitar ou mitigar. Por exemplo, se o cenário de referência indica milhões de pessoas sujeitas a inundações costeiras em 2100, o objetivo do PEARC seria reduzir drasticamente esse número através de medidas de proteção costeira e ordenamento urbano.

Na falta de metas numéricas padronizadas, o PEARC adota um conjunto de resultados esperados qualitativos para cada eixo. No eixo de Biodiversidade, espera-se, por exemplo, uma "paisagem mais conectada e ecossistemas mais preparados" – medido via criação de corredores ecológicos, aumento de áreas protegidas resilientes, etc. Na Saúde, o resultado esperado é "sistema de saúde preparado para emergências climáticas e menor incidência de doenças climato-sensíveis". No eixo de Segurança Alimentar, vislumbra-se "sistemas agroalimentares diversificados e resilientes, garantindo produção e acesso mesmo sob eventos extremos". Na Segurança Hídrica, "gestão integrada de bacias com infraestrutura cinza e verde robustecida para evitar crises hídricas". E na Zona Costeira, "comunidades costeiras protegidas de inundações e erosão, com planejamento urbano adaptativo".

A materialização desses resultados será avaliada por indicadores específicos – por exemplo: número de municípios com instrumentos de adaptação (planos de resiliência locais) aprovados; percentual da população coberta por sistemas de alerta antecipado; redução das perdas econômicas anuais causadas por desastres (meta alinhada ao Marco de Sendai); proporção de áreas costeiras com defesa costeira natural ou construída; quantidade de propriedades rurais adotando práticas adaptadas; ou índices como o IDH climático (a ser desenvolvido). O PEARC menciona explicitamente a necessidade de estabelecer uma sistemática de monitoramento estruturada, cobrindo todos esses aspectos.

Assim, embora o PEARC não liste metas quantitativas fechadas no documento base, ele prepara o terreno para que cada ação tenha sua meta e indicador, e delineia projeções de referência que servem de parâmetro para medir sucesso (por exemplo, se as projeções indicavam certo aumento de risco e as ações conseguem evitar parte disso, será um sucesso mensurável). O sucesso final do PEARC será visto, em longo prazo, em métricas como redução de impactos negativos causados por eventos climáticos (menos mortes, menos prejuízos econômicos, menos danos ambientais) e melhora na capacidade adaptativa (medida por índices compostos de saúde, infraestrutura e organização social). Essas são as metas implícitas de uma São Paulo resiliente.

Instrumentos de Implementação e Governança

A implementação do PEARC apoia-se na estrutura de governança climática estadual estabelecida e em instrumentos de planejamento e financiamento específicos para a adaptação. Conforme o Decreto 68.308/2024, o Comitê Gestor da PEMC e o Conselho Estadual de Mudanças Climáticas são responsáveis por coordenar e acompanhar a execução tanto do PAC2050 (mitigação) quanto do PEARC (adaptação). Isso garante unidade na estratégia climática do estado e evita sobreposição de esforços. O Comitê Gestor – composto por Secretários de Estado – terá papel central em integrar a adaptação nas agendas setoriais: por exemplo, a Secretaria de Saúde deve incorporar as ações do eixo Saúde Única em seu planejamento (como parte do Plano Estadual de Saúde), a Secretaria de Agricultura incorporar as ações de segurança

alimentar em seus programas de extensão rural, e assim por diante. Já o Conselho Estadual, com participação da sociedade civil, academia e municípios, atuará como instância de transparência e controle social, monitorando o progresso e recomendando ajustes necessários, além de articular parcerias com prefeituras e órgãos federais.

Um destaque na governança do PEARC é o foco na governança colaborativa multissetorial e interfederativa. O plano prevê fortalecer a articulação entre as instâncias de governança climática e outros fóruns e conselhos existentes relacionados, tais como: o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH), o CONSEMA (Conselho de Meio Ambiente), o CEPP (Conselho Estadual de Política Energética), o Conselho Estadual de Defesa Civil, os comitês de bacias hidrográficas, e conselhos municipais pertinentes. O objetivo é integrar políticas e compartilhar informações, evitando que a pauta de adaptação fique isolada. Por exemplo, o CRH pode incorporar critérios climáticos na outorga de água; o CONSEMA pode priorizar projetos de restauração florestal adaptativa no licenciamento; os fóruns metropolitanos podem incluir cenários climáticos no planejamento urbano. Essa consolidação da governança climática é vista como fundamental para mobilizar parceiros e otimizar recursos.

Em relação aos instrumentos de implementação, o PEARC lista uma série de ações programáticas que, na prática, se desdobram em projetos, programas e políticas públicas. No Primeiro Ciclo (2025-2028), foram priorizadas 46 Ações e 101 Subações, distribuídas pelos eixos (conforme detalhamento: por exemplo, 9 ações em Segurança Hídrica, 8 em Saúde, etc.). Cada subação selecionada será objeto de um projeto específico com detalhamento de local/região de execução, etapas, órgão líder, instituições parceiras, método de execução, metas, indicadores, prazo e fonte de recurso. Ou seja, o PEARC prevê a elaboração de planos/setoriais ou projetos específicos para cada subação. Por exemplo, uma subação como "Implantar sistemas de alerta meteorológico comunitário" implicará um projeto conduzido pela Defesa Civil e CEMADEN estadual, com cronograma de instalação de sirenes e capacitação em X municípios até tal data, orçamento definido e indicador (nº de sistemas instalados). Outra subação como "Revisar currículos de ATER (Assistência Técnica e Extensão Rural) incorporando práticas de adaptação" exigirá um projeto da Secretaria de Agricultura junto à APTA e CATI, com capacitação de Y técnicos e meta de atendimento a Z produtores, etc. Assim, a implementação é bem fragmentada em tarefas concretas.

Para financiamento, o plano dedica a seção 6.2 a recursos financeiros, instrumentos econômicos e fontes de financiamento. Reconhece-se que garantir recursos é vital para sair do papel. O PEARC sugere diversas fontes: integração ao orçamento estadual (incluir ações adaptativas no PPA e LOAs, com dotação orçamentária própria); utilização de fundos públicos existentes, como o FECOP (Fundo Estadual de Prevenção e Controle da Poluição) e o FEHIDRO (Fundo de Recursos Hídricos), orientando parte de seus recursos para projetos de adaptação (ex: financiar infraestruturas verdes, reflorestamento de mananciais, etc.); captação de recursos federais, aproveitando que o governo federal planeja retomar investimentos em adaptação via novo PNA e fundos como o FNMC; e, principalmente, linhas de financiamento internacionais e nacionais climáticas. Como citado, na época do PAC2050 (2022) foram identificadas 30 linhas de financiamento climático relevantes – muitas delas também aplicáveis à adaptação, como fundos do Green Climate Fund (GCF) e Global Environment Facility (GEF), programas do Banco Mundial para cidades resilientes, etc. O Estado de São Paulo pode pleitear projetos nesses mecanismos, com o respaldo técnico do PEARC. Outra ferramenta mencionada é o Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA): o plano cita o Programa Agro Legal e outros PSA como instrumentos para incentivar a recomposição florestal e práticas adaptativas, remunerando produtores e comunidades que contribuam para a resiliência (por

exemplo, conservação de nascentes, manutenção de cobertura vegetal que reduz risco de desastre). Além disso, pensa-se em parcerias público-privadas (PPP) para infraestrutura resiliente – por exemplo, concessões de rodovias incorporar cláusulas de adaptação, empresas de água investindo em redução de perdas e fontes alternativas com apoio do BNDES, etc.

Relação com Outras Políticas Públicas

O PEARC foi desenvolvido para ser um instrumento complementar e articulado a diversas políticas públicas, operando como elo integrador da adaptação climática no estado. Em primeiro lugar, ele concretiza as diretrizes de adaptação da Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC), que já orientava a necessidade de promover resiliência setorial e reduzir riscos de desastres. Portanto, o PEARC é, em essência, a implementação prática do componente de adaptação da PEMC, assim como o PAC2050 o é para mitigação. Além disso, o plano alinha-se às estratégias nacionais: embora não mencionado explicitamente, o PEARC segue os objetivos do Plano Nacional de Adaptação (PNA) lançado em 2016 e atualizado em 2022/2023, que define eixos semelhantes (segurança hídrica, agricultura, saúde, etc.) para a adaptação no Brasil. Dessa forma, as ações estaduais complementam as federais – por exemplo, se o PNA prevê fortalecer a saúde pública contra o calor, o PEARC detalha isso em SP; se o PNA foca em redução de risco de desastres, o PEARC internaliza isso nos contextos locais. De fato, muitas ações do PEARC dialogam com a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDC) e com o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres: São Paulo é signatário do Sistema Nacional de Defesa Civil, então medidas de prevenção de desastres (mapeamento de risco, sistemas de alerta, planos de contingência) do PEARC reforçam objetivos já estabelecidos nacionalmente, contribuindo para as metas do Marco de Sendai que o Brasil adotou.

No âmbito estadual, o PEARC buscou sinergia com políticas setoriais existentes incorporando a dimensão climática nelas. Por exemplo, para recursos hídricos, o plano considera e complementa os Planos de Bacias Hidrográficas e o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), incorporando projeções de mudanças de disponibilidade hídrica e recomendando medidas adaptativas (como reserva estratégica de água, reuso, proteção de mananciais) que podem ser integradas nos instrumentos de gestão de água do estado. Na saúde, o PEARC leva em conta a Política Estadual de Saúde Ambiental e os planos de contingência de saúde – e influenciará futuras edições do Plano Estadual de Saúde para incluir indicadores de saúde climática. Na área de meio ambiente e conservação, há forte consonância com o Programa Nascentes e o Plano de Restauracão Florestal do estado, uma vez que recuperar matas ciliares e vegetação nativa aumenta resiliência hídrica e reduz riscos erosivos. O PEARC também complementa a Política Estadual de Mudanças Climáticas no setor agropecuário (que vinha sendo tratada pelo programa ABC-SP dentro da Secretaria de Agricultura): agora as ações do eixo Segurança Alimentar inserem-se na política agrícola, e espera-se que os planos agrícolas e de extensão rural passem a adotar oficialmente metas de adaptação do PEARC.

Uma importante interface é com o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do Estado de São Paulo. O ZEE-SP (finalizado em 2019) fornece diretrizes de uso do território visando sustentabilidade; o PEARC usou o ZEE como subsídio (identificando áreas ambientalmente sensíveis, regiões de conflito uso da terra etc.) e, por sua vez, recomenda a atualização futura do ZEE para incorporar a lente climática. Por exemplo, áreas que o ZEE classifica como de preservação podem ganhar prioridade ainda maior se forem críticas para resiliência (manguezais, corredores ecológicos) – e regiões aptas para agricultura podem precisar de revisões se a aptidão mudar com o clima.

No âmbito do planejamento urbano e metropolitano, o PEARC relaciona-se com a Política Estadual de Desenvolvimento Urbano e orienta os municípios a integrarem adaptação em seus planos diretores e planos de mobilidade. Com o suporte do estado, espera-se que mais municípios elaborem seus Planos Municipais de Adaptação/Resiliência ou incorporem ações adaptativas nos planos já obrigatórios (mobilidade, saneamento, habitação). Além disso, iniciativas como o Município VerdeAzul – programa que ranqueia prefeituras em sustentabilidade – podem incluir critérios de resiliência climática (indicadores de adaptação), alinhando incentivos estaduais aos objetivos do PEARC.

Outra política conexa é a de Proteção e Defesa Civil Estadual: o PEARC reforça a implementação da Lei federal 12.608/2012 (que obriga municípios a mapear riscos e planos de contingência) e da Lei estadual 13.798/2009 nos aspectos de prevenção. A sinergia ocorre via Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) para chuvas, Operação Estiagem, etc., que estarão integrados às ações do eixo Infraestrutura e Segurança Hídrica do PEARC.

Também é notável a relação com o PAC-SP 2050 (mitigação): ambos os planos formam os pilares da estratégia climática de São Paulo, previstos até no organograma da SEMIL. Eles compartilham mecanismos de governança e objetivos complementares – por exemplo, o PAC2050 ao reduzir emissões também melhora qualidade do ar e reduz ilhas de calor (benefícios de adaptação), enquanto o PEARC ao proteger florestas e incentivar agricultura sustentável também aumenta sumidouros de carbono (co-benefício de mitigação). Um exemplo explícito: a expansão de energias renováveis e distribuídas (ação do PAC) melhora a resiliência energética contra eventuais interrupções (adaptação); por outro lado, restaurar florestas ripárias (ação do PEARC) sequestra carbono (mitigação). Assim, há sinergias diretas. A própria Estratégia Climática Paulista anunciada pelo governo integra PAC e PEARC como partes indissociáveis.

Em resumo, o PEARC não atua isoladamente – ele é transversal e dialoga com políticas de meio ambiente, recursos hídricos, saúde, agricultura, infraestrutura, desenvolvimento regional e defesa civil. Sua implementação vai reforçar essas políticas com a lente climática, ao mesmo tempo em que se apoia nelas para alcançar seus objetivos. Em âmbito federativo, complementa planos e compromissos nacionais de adaptação, e internacionalmente posiciona São Paulo em linha com os princípios do Acordo de Paris (artigo sobre adaptação) e do Marco de Sendai. Desse modo, o PEARC insere a adaptação climática no coração das políticas públicas paulistas, garantindo que o estado esteja preparado e alinhado aos esforços globais de enfrentar os desafios climáticos do século XXI.

3.5. Objetivos e Metas do Plano Estadual de Energia 2050, PEE 2050 e Plano Paulista Decenal de Energia 2034.

No plano das estratégias desenvolvidas pelo Governo do Estado para o Setor Energético, em particular para os elementos de transição para fontes limpas de energia, descarbonização e outros elementos fundamentais, o Governo do Estado elaborou um plano de cunho estratégico tendo como ponto focal o ano de 2050. A partir desta leitura estratégica de longo prazo, o plano passou a ser convertido em programas de ação a serem implementados em prazos mais curtos sendo o primeiro deles o Plano Paulista Decenal de Energia, que tem 2034 como ano de referência.

3.5.1. Plano Estadual de Energia 2050, PEE 2050 e Plano Paulista Decenal de Energia 2034.

O Plano Estadual de Energia 2050, PEE 2050, é o plano estratégico de longo prazo para o setor de energia do Estado de São Paulo, com horizonte até 2050, elaborado no contexto dos compromissos climáticos assumidos pelo estado. Em 2021, São Paulo aderiu às campanhas da ONU *Race to Zero* e *Race to Resilience* – voltadas à neutralização de carbono e à adaptação climática – por meio do Decreto Estadual nº 65.881/2021. O decreto, em consonância com o Acordo de Paris, estabeleceu a implementação de três instrumentos principais da estratégia climática paulista: (a) o Plano de Ação Climática 2050 (PAC 2050), com metas intermediárias de redução de emissões de GEE em 2030 e 2040 e neutralização de emissões líquidas até 2050; (b) o Plano de Adaptação Climática, com análise de riscos e vulnerabilidades; e (c) o Plano Estadual de Energia 2050. Assim, o PEE 2050 insere-se no arcabouço institucional e normativo da Política Estadual de Mudanças Climáticas (instituída pela Lei Estadual 13.798/2009) e do decreto supracitado, contribuindo para que São Paulo alcance a meta de neutralidade de carbono até 2050 e cumpra suas obrigações climáticas nacionais e internacionais.

A elaboração do PEE 2050 foi coordenada pela Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística e executada em parceria com instituições de pesquisa, e o plano foi aprovado em 2024 pelo Conselho Estadual de Política Energética (CEPE). O PEE 2050 foi o primeiro plano energético de um ente subnacional brasileiro a adotar formalmente a meta de emissões líquidas zero até 2050. Trata-se de um instrumento de planejamento estratégico que orienta políticas públicas estaduais de energia e oferece previsibilidade ao setor privado, servindo de referência para investimentos e ações de transição energética em São Paulo. Para desdobrar essa visão de longo prazo em iniciativas concretas, o Estado também prevê um plano tático de médio prazo, o Plano Paulista Decenal de Energia 2034, que detalhará projetos e programas na próxima década, garantindo a implementação gradual das diretrizes do PEE 2050 e permitindo ajustes de rota conforme evoluem as condições tecnológicas, econômicas e regulatórias.

Objetivos

O Plano Estadual de Energia 2050 tem como objetivo geral subsidiar o Governo do Estado de São Paulo na formulação e condução de políticas públicas voltadas à descarbonização do setor energético, em alinhamento com as metas climáticas de neutralização de emissões de gases de efeito estufa até 2050. Em termos amplos, o plano busca planejar o desenvolvimento do setor de energia paulista nas próximas décadas de modo a compatibilizar crescimento econômico e segurança energética com a redução progressiva das emissões de GEE, até atingir emissões líquidas zero em 2050.

Como objetivo específico, o PEE 2050 estabelece diretrizes estratégicas e aponta rotas tecnológicas para viabilizar a transição energética no Estado, abarcando tanto o lado da oferta de energia quanto o da demanda final. Isso significa identificar quais caminhos tecnológicos e medidas de políticas serão necessários para descarbonizar as fontes de energia primária (por exemplo, expandir as energias renováveis, promover hidrogênio de baixo carbono, bioenergia com captura de carbono, e outras tecnologias emergentes) e simultaneamente eletrificar e tornar mais eficiente o consumo de energia nos diversos setores (indústria, transportes, edificações, agropecuária etc.). Ademais, o plano incorpora os conceitos da chamada energia "4D" – descarbonização, descentralização, digitalização e diversificação – e transversaliza

temas como eficiência energética, finanças verdes, adaptabilidade e resiliência climática nas estratégias propostas.

Vale destacar que os objetivos do PEE 2050 também consideram os pilares clássicos do planejamento energético: segurança do suprimento, modicidade tarifária (competitividade) e sustentabilidade ambiental. Ou seja, a busca pela competitividade e acesso a energia a custos razoáveis é equilibrada com a necessidade de investimentos de longo prazo em tecnologias limpas, de forma a garantir tanto o atendimento confiável da demanda quanto a redução de impactos ambientais. Em suma, o plano tem por objetivo último delinear uma trajetória de transição energética para São Paulo que conjugue desenvolvimento tecnológico, crescimento econômico e redução substancial das emissões de GEE, oferecendo ao poder público um guia estratégico para tomada de decisão e ao mesmo tempo sinalizando ao mercado privado os rumos pretendidos para a matriz energética estadual até meados do século.

Metodologia e base de dados

A elaboração do PEE 2050 seguiu uma metodologia de planejamento integrativo por cenários, embasada em dados técnico-científicos atualizados e em ampla participação de especialistas e da sociedade. A estruturação do plano envolveu etapas sequenciais de análise: (i) construção de cenários macroeconômicos de longo prazo para o Estado de São Paulo, (ii) projeções de demanda de energia nos diversos setores (eletricidade, combustíveis, usos térmicos, transportes etc.) sob diferentes hipóteses de crescimento e eficiência, (iii) projeções de oferta de energia considerando a evolução da matriz de suprimento (expansão de renováveis, introdução de novas tecnologias de geração e infraestrutura energética), e (iv) cálculo do balanço de emissões de GEE associado a cada cenário de oferta e demanda. Para cada etapa, foram utilizados modelos e ferramentas analíticas específicas. Por exemplo, para a demanda de eletricidade e outros energéticos, foram aplicados modelos setoriais que levam em conta elasticidades renda e preço, difusão tecnológica e políticas de eficiência energética, resultando em projeções anuais até 2050. Na etapa de oferta, adotou-se uma abordagem de modelagem prospectiva da matriz elétrica e de combustíveis, identificando potencial de expansão de cada fonte (solar, eólica, biomassa, hídrica, nuclear etc.) e trajetórias de substituição de combustíveis fósseis por alternativas de baixo carbono. O plano trabalhou com pelo menos dois cenários centrais: um Cenário de Referência (Base), refletindo a continuidade das tendências atuais e políticas já estabelecidas, e um Cenário de Mitigação *Race to Zero*, incorporando medidas adicionais e inovações para alcançar a neutralidade de carbono em 2050. A comparação entre esses cenários permitiu quantificar o impacto das ações propostas em termos de redução de emissões, investimentos requeridos e outros indicadores.

A base de dados do PEE 2050 apoiou-se em fontes oficiais e estudos de referência. Os dados históricos e atuais de oferta e consumo de energia provêm dos balanços energéticos consolidados – em particular o Balanço Energético do Estado de São Paulo (BEESP 2022, ano-base 2021) e o Balanço Energético Nacional 2022, publicados respectivamente pelo governo estadual e pela EPE/MME. Projeções macroeconômicas utilizaram estudos de consultorias especializadas (por exemplo, projeções da LCA Consultores para o PIB nacional e estadual) combinados a premissas do Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050) e cenários da Agência Internacional de Energia (IEA). Na ausência de algum dado específico, recorreram-se a parâmetros consagrados em literatura internacional – por exemplo, fatores de emissão e poder de aquecimento global do IPCC (6º Relatório de Avaliação, AR6) foram empregados para conversão de gases de efeito estufa em CO_2 equivalente e cálculo do orçamento de carbono setorial. Os fatores de emissão locais para combustíveis e eletricidade foram baseados nos balanços energéticos e no Inventário

de Emissões estadual, assumindo emissões biogênicas neutras (biocombustíveis contabilizados em ciclo neutro de carbono). As projeções demográficas e de frota de veículos derivam de fontes como IBGE e planos setoriais (por exemplo, considerou-se a Política Nacional de Biocombustíveis – RenovaBio – e a Lei Municipal nº 16.802/2018 de São Paulo, que estabelece metas de substituição de combustíveis fósseis nos transportes públicos urbanos).

Como instrumentos técnicos, o plano lançou mão de modelagens computacionais e análises de cenários. Embora o relatório não detalhe nominalmente os softwares utilizados, infere-se o emprego de modelos de projeção de demanda por setor (indústria, transportes, residencial etc.), ferramentas de planejamento da expansão de oferta elétrica (provavelmente modelos tipo dispatch/otimização para simular a inserção de renováveis, térmicas e armazenamento na matriz paulista) e planilhas de cálculo de emissões associadas aos balanços energia (seguindo metodologia do IPCC para inventários de GEE). Adicionalmente, foram desenvolvidos indicadores para monitorar a evolução do cenário de transição: p.ex., indicador de intensidade de carbono da matriz energética, participação percentual de cada fonte na geração elétrica, índice de eletrificação da frota veicular, redução percentual do consumo de energia por unidade de PIB (indicador de eficiência), entre outros. Esses indicadores permitem verificar, a cada intervalo de tempo, o quão aderente está a realidade em relação às trajetórias desejadas, e embasam eventuais revisões de políticas.

A construção do plano contou com um processo participativo e iterativo, reforçando a robustez metodológica. Foram realizados workshops técnicos em 2023, em etapas temáticas: um primeiro ciclo voltado a apresentar e discutir os cenários econômicos e projeções de demanda energética (realizado em julho/2023), seguido de workshops focados na oferta de energia – biomassa, solar e híbridos, redes inteligentes, hidrogênio, dentre outros tópicos – e por fim um workshop de consolidação dos resultados finais e proposição do roadmap de ações. Esses seminários reuniram especialistas do governo, academia, setor produtivo e sociedade civil, cujas contribuições ajudaram a calibrar premissas e validar os achados do plano. Após a elaboração da versão preliminar, o PEE 2050 foi submetido à consulta pública (Edital CP 01/2023), pela qual foram recebidas e analisadas contribuições da sociedade e do mercado. As sugestões pertinentes foram incorporadas na versão final (Relatório Final PEE 2050), assegurando transparência e alinhamento com os anseios dos diversos stakeholders. Todo o processo respeitou o marco legal e regulatório vigente até 2023, conforme ressalva do próprio relatório: as projeções e recomendações consideram as leis e regulamentos em vigor até agosto de 2023, sendo reconhecido que evoluções posteriores no ordenamento jurídico ou no mercado de energia poderão requerer ajustes no plano. Em síntese, a metodologia do PEE 2050 combinou análise prospectiva rigorosa, bases de dados confiáveis e participação social, de modo a produzir cenários realistas e estratégias factíveis para conduzir o Estado de São Paulo rumo a uma matriz energética mais limpa, segura e sustentável nas próximas décadas.

Objetivos

- Garantir, até 2050, que o Estado de São Paulo disponha de energia suficiente para atender ao desenvolvimento socioeconômico com balanço minimizado de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Em essência, isso significa alcançar emissões líquidas zero de carbono em 2050, em alinhamento à campanha Race to Zero da ONU, sem comprometer a segurança do suprimento energético.

- Indicador principal: Emissões totais de GEE do setor de energia de SP ($MtCO_2e$ por ano). Este indicador mede o progresso na descarbonização do setor energético estadual rumo à neutralidade.

- Metas: Conforme o PEE 2050 e o Plano de Ação Climática (PAC 2050) de SP, foram adotadas metas de redução de emissões em etapas de curto e médio prazo, em consonância com compromissos climáticos internacionais, culminando com a neutralização total em 2050. Em curto prazo (até 2030) e médio prazo (até 2040), o Estado segue as metas intermediárias de redução de GEE definidas no contexto do Acordo de Paris (antes referidas no plano como metas do "Protocolo de Quioto") – por exemplo, reduções substanciais das emissões em 2030 e 2040 alinhadas às contribuições nacionalmente determinadas (NDC) do Brasil. Finalmente, em longo prazo (2050), o objetivo é atingir 100% de redução líquida (neutralidade de carbono), o que no cenário do PEE 2050 corresponde a cerca de 43% de redução das emissões absolutas do setor de energia em relação aos níveis de 2023. (Obs.: O remanescente de 35 $MtCO_2e$ em 2050, projetado no cenário de mitigação, deverá ser compensado por mecanismos adicionais de captura/compensação para zerar as emissões líquidas). Nessas condições, São Paulo contribuirá de forma significativa para a meta climática de neutralidade em 2050.

  - Objetivo Estratégico 1 – Aumento da Eficiência Energética (Desacoplamento entre Consumo e PIB)

    - Formulação: Promover o uso eficiente de energia em todos os setores da economia paulista, de forma que o crescimento econômico ocorra sem aumento proporcional do consumo de energia, reduzindo a intensidade energética do PIB estadual. Em outras palavras, busca-se "desacoplar" o consumo de energia do crescimento do PIB, sinalizando ganhos contínuos de eficiência.

    - Indicadores:

      - Índice de Intensidade Energética da Economia – medido pela razão entre o crescimento do consumo de energia e o crescimento do PIB. Valores inferiores a 1 indicam ganhos de eficiência (consumo crescendo abaixo da economia). Objetivo: manter esse índice ≤ 1 ao longo do tempo (se o valor "for maior que 1, mostra alerta", exigindo revisão de ações de eficiência).

      - Demanda de energia evitada (%) – percentual de redução do consumo projetado devido a medidas de eficiência, comparado a um cenário de referência sem essas políticas.

    - Metas: No curto prazo (2030), estabilizar a intensidade energética, evitando aumentos no consumo final de energia acima do crescimento do PIB (índice 1.0). No médio prazo (2040), iniciar reduções notáveis na intensidade – isto é, fazer o consumo crescer mais lentamente que a economia (índice < 1). No longo prazo (2050), consolidar uma economia significativamente mais eficiente: o PEE 2050 projeta que entre 2023 e 2050 o consumo total de energia em SP cresça apenas 22% (TCMA 0,74% a.a.), bem abaixo do crescimento econômico acumulado esperado, graças a políticas de eficiência. Isso equivale a uma redução de 30,4% na demanda de energia de 2050 em relação ao cenário tendencial sem medidas de eficiência. Por setor, estimou-se que programas de eficientização possam cortar o consumo projetado em 43,9%

no residencial, 29,6% no comercial, 30,5% no industrial e 12% nos demais setores até 2050, comparado ao cenário sem tais políticas. Esses ganhos asseguram que, em 2050, São Paulo entregue um PIB maior com consumo energético relativamente menor – evidência do sucesso no desacoplamento entre desenvolvimento econômico e uso de energia.

- Objetivo Estratégico 2 – Expansão de Fontes Renováveis e Limpas na Matriz Energética

  - Formulação: Aumentar significativamente a participação de fontes renováveis e de baixo carbono na oferta de energia do estado (eletricidade e combustíveis), reduzindo a dependência de fontes fósseis. Isso inclui ampliar a geração renovável (solar, eólica, biomassa, hidráulica) e os biocombustíveis, visando uma matriz energética mais limpa e sustentável.

  - Indicador: Participação de Energias Renováveis na Matriz Energética Estadual – percentual da oferta total de energia primária proveniente de fontes renováveis (incluindo eletricidade renovável e combustíveis renováveis).

  - Metas: Partindo de uma matriz já relativamente renovável (aprox. 45% de fontes renováveis em 2022 como base), o plano estabelece aumentos graduais dessa fatia em todos os horizontes. No curto prazo (até 2030), espera-se elevar a parcela renovável para perto de 50% da matriz – consolidando ganhos iniciais com expansão solar, eólica, bioenergia e melhoria no aproveitamento de resíduos. No médio prazo (2040), com projetos de grande porte em operação, a matriz deve ultrapassar 50% de renováveis. E em 2050, projeta-se alcançar cerca de 51% de participação renovável no balanço energético estadual. Em termos de eletricidade, especificamente, a capacidade instalada renovável (hidro, biomassa, solar, eólica) cresce substancialmente. A hidroeletricidade mantém contribuição importante porém menor (de 79% da geração elétrica em 2023 para 51% em 2050), enquanto fontes solar fotovoltaica aumentam de 2% para 9% e a bioeletricidade de bagaço e biogás somada chega a 33,5% da geração em 2050. A introdução da eólica offshore também é considerada após 2030, embora de forma conservadora devido ao potencial limitado no litoral paulista (projeção de 2% da geração em 2050). Como resultado, a matriz elétrica de 2050 é majoritariamente renovável, e a matriz energética total do estado passa de 45% para mais da metade de energias renováveis, demonstrando avanço significativo rumo a uma matriz limpa. (Obs.: A modicidade tarifária e a segurança de suprimento são premissas consideradas na expansão – ou seja, a busca por mais renováveis deve equilibrar custos e garantir confiabilidade).

- Objetivo Estratégico 3 – Descarbonização do Transporte (Eletrificação e Biocombustíveis)

  - Formulação: Reduzir drasticamente as emissões do setor de transportes por meio da substituição de combustíveis fósseis. Isso envolve a eletrificação da frota de veículos (expansão de veículos elétricos ou híbridos eletrificados) e o aumento do uso

de combustíveis renováveis como biometano, etanol de baixa emissão, biodiesel/HVO, hidrogênio verde e outros, transformando profundamente a matriz de transporte até 2050.

- Indicadores:
    - Consumo de Eletricidade no Transporte Rodoviário – energia elétrica (TWh/ano) utilizada por veículos elétricos. Este indicador reflete a penetração de veículos elétricos na frota.
    - Proporção de Combustíveis de Baixo Carbono no consumo total de transportes (%) – participação de eletricidade + biocombustíveis (etanol, biodiesel/HVO, biogás, hidrogênio) no mix energético da mobilidade.
- Metas: O PEE 2050 prevê metas agressivas de eletrificação da frota. No curto prazo (2030), o consumo elétrico no transporte deve saltar de quase zero em 2022 para cerca de 6,7 TWh/ano, acompanhando a introdução inicial de veículos elétricos leves e alguns ônibus urbanos elétricos. Isso representaria já alguns pontos percentuais da energia do transporte em 2030 (o modal rodoviário passando a responder por 5,4 TWh desse consumo). No médio prazo (2040), a eletrificação acelera: a projeção é atingir 21 TWh/ano consumidos pelo transporte elétrico, com milhares de veículos elétricos e híbridos em circulação (rodoviários representando 79% desse consumo). Em 2050, estima-se o transporte elétrico consumindo aprox. 37 TWh/ano – um aumento de mais de 30 vezes em relação a 2021 – o que indica uma grande parcela da frota eletrificada (incluindo veículos leves, parte significativa de ônibus e caminhões urbanos, e possivelmente trens/trólebus adicionais). Em termos de participação, a eletricidade poderia chegar a fornecer 8,4% da energia do setor de transportes em 2050, enquanto os combustíveis fósseis (gasolina, diesel) recuam drasticamente (taxas de declínio anual de -2% a -5% nas projeções). Paralelamente, biocombustíveis avançados ampliam seu papel: por exemplo, o etanol, o diesel verde (HVO) e outros renováveis sobem de 10,4% para 18,3% do mix de combustíveis líquidos até 2050. O biometano, em particular, atinge 16,9% do consumo de gás em 2050, suprindo veículos a gás e injeção em redes. Já o hidrogênio verde começa a contribuir no transporte pesado pós-2040. Assim, até 2050 o setor de transporte paulista terá mudado de forma significativa na sua composição de energia, com predominância de fontes limpas. A meta final é que essas ações resultem em uma queda muito expressiva das emissões do transporte – principal responsável pelas emissões energéticas atuais – alinhando-o à trajetória de neutralidade de carbono do Estado.

- Objetivo Estratégico 4 – Fomento a Tecnologias Inovadoras: Hidrogênio e Novos Combustíveis
    - Formulação: Desenvolver e implementar tecnologias emergentes de baixa emissão, como o hidrogênio verde, combustíveis sintéticos e captura de carbono, para complementar a transição energética. Este objetivo estratégico visa criar as bases de um novo mercado de energia limpa em

São Paulo, impulsionando pesquisa, desenvolvimento e rotas tecnológicas inovadoras que possam reduzir emissões nos segmentos de difícil descarbonização (indústrias de base, transporte pesado, etc.).

- Indicadores:
  - Demanda de Hidrogênio de Baixo Carbono – volume de hidrogênio consumido no estado (em mil toneladas/ano) para usos energéticos e industriais, indicando adoção da economia do hidrogênio.
  - Carbono Capturado ou Evitado em projetos CCUS – quantidade de CO_2 capturada/emissões evitadas ($MtCO_2e$), refletindo a implantação de tecnologia de captura e uso/armazenamento de carbono junto a térmicas a gás ou indústrias. (Este segundo indicador complementa o primeiro, garantindo que o gás natural remanescente seja usado de forma limpa).
- Metas: O PEE 2050 projeta metas de introdução gradativa de hidrogênio verde e combustíveis sintéticos. Em 2030, espera-se já um consumo anual da ordem de 0,5 milhão de toneladas de H_2 no Estado, impulsionado por projetos-piloto em refinarias, indústrias e frotas de teste (ônibus e caminhões a célula a combustível). No horizonte de 2040, com avanços tecnológicos e redução de custos, a demanda de hidrogênio deve quase dobrar para cerca de 0,9 milhão de toneladas/ano, à medida que aplicações em transporte de carga e na siderurgia ganham escala. Em 2050, o objetivo é atingir aproximadamente 1,4 milhão de toneladas anuais de hidrogênio de baixo carbono consumidos em São Paulo, consolidando esse vetor energético nos setores de transporte pesado, química e aço. Simultaneamente, o Estado aposta em gás natural acoplado a captura de CO_2 (CCUS) como ponte de transição: termelétricas a gás com captura poderiam oferecer segurança elétrica sem emissões significativas. Assim, a meta qualitativa é viabilizar pelo menos uma usina a gás com 100% de captura de carbono operando por volta de 2030-2035, expandindo a tecnologia posteriormente. Em termos de redução de emissões atribuível a CCUS, isso contribuiria para mitigar parte das emissões residuais do uso de gás natural. Em resumo, até 2050 São Paulo pretende ter incorporado hidrogênio verde em larga escala e outras inovações (como biocombustíveis avançados e armazenamento de carbono), de forma a potencializar a redução de emissões além das fontes tradicionais. Essas iniciativas tecnológicas complementares são cruciais para alcançar a neutralidade, dado que o setor de energia requer soluções inovadoras para eliminar os últimos focos emissores.

3.5.1. Plano Paulista Decenal de Energia 2034.

O Plano Paulista Decenal de Energia 2034 (PPDE 2034) é o plano tático de energia do Estado de São Paulo para o horizonte 2025–2034, concebido em alinhamento com

as diretrizes do Plano Estadual de Energia 2050 (PEE 2050). O PPDE 2034 surge da necessidade de traduzir as diretrizes estratégicas de longo prazo em ações concretas e mensuráveis de curto prazo, guiando a transição para uma matriz energética de baixo carbono mais eficiente e resiliente. Trata-se de um instrumento técnico que subsidia o planejamento energético estadual e orienta políticas públicas e investimentos privados rumo à economia de baixo carbono, buscando equilibrar a expansão da oferta de energia com o atendimento da demanda e a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE).

No contexto institucional, a elaboração do PPDE 2034 é liderada pela Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística (SEMIL) de São Paulo, por meio da Subsecretaria de Energia, em parceria com instituições de pesquisa (Poli-USP, entre outras). O plano foi submetido à consulta pública (versão de novembro de 2025) para coleta de contribuições da sociedade antes de sua consolidação final. Sua formulação responde às políticas climáticas vigentes – notadamente a Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC) e o Plano de Ação Climática 2050 (PAC 2050) – inserindo-se no esforço integrado do Estado em direção à neutralização de emissões de GEE até metade do século.

Escopo

O escopo do PPDE 2034 abrange tanto recortes temáticos quanto territoriais bem definidos. Tematicamente, o plano considera os dois grandes eixos setoriais da energia: (i) o setor de energia elétrica e (ii) o setor de transportes, incluindo neste último não apenas os combustíveis veiculares rodoviários, mas também modais ferroviário, hidroviário e aéreo. Adicionalmente, o plano incorpora a análise da demanda energética para usos térmicos nos setores residencial, comercial e industrial, dada a relevância do consumo de combustíveis (gás natural, GLP, biomassa, etc.) nesses segmentos.

Territorialmente, o plano cobre todo o território do Estado de São Paulo, mas considera suas especificidades regionais. Para fins de análise, o Estado foi segmentado em sub-regiões com características econômicas e energéticas distintas, permitindo maior precisão na projeção de demanda e oferta energética por área. O PPDE 2034 também interage com o contexto nacional e federal: respeita os planejamentos energéticos de âmbito federal (por exemplo, o Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE, da EPE) e assume a realização de projetos estruturantes já em fase avançada até 2034. A interdependência com o Sistema Interligado Nacional (SIN) é reconhecida – em especial pelo fato de São Paulo importar parte da eletricidade de outras regiões – mas o plano busca explicitar as necessidades e soluções próprias do Estado dentro desse contexto integrado.

Quanto ao horizonte temporal, o PPDE trata do período de 2025 a 2034, com destaque para marcos intermediários em 2025 (início do período), 2030 (meio do decênio) e 2034 (final do decênio), além de considerar as tendências até 2050 de forma coerente com o PEE 2050. Isso significa que as metas e projeções são estabelecidas para 2030 e 2034, avaliando-se também a posição de partida em 2025. O ano de 2024 é frequentemente usado como ano-base para comparação das evoluções (por exemplo, para cálculo de reduções percentuais de emissões).

Metodologia e base de dados

A metodologia adotada no PPDE 2034 é multidimensional e integrada, combinando técnicas quantitativas de modelagem com abordagens qualitativas participativas. Em linhas gerais, o processo metodológico seguiu quatro etapas principais – planejamento, diagnóstico, prospecção e posicionamento – de acordo com o esquema abaixo:

- Planejamento: Definição do escopo temático, dos eixos de análise, dos horizontes temporais e diretrizes gerais do plano, tomando por base as políticas energéticas e climáticas vigentes (federais e estaduais) e metas já estabelecidas de eficiência e redução de emissões. Nesta fase inicial também foram determinados os indicadores-chave e critérios de sucesso (metodologia SMART) que orientariam o acompanhamento das ações.

- Diagnóstico: Levantamento extensivo de dados energéticos, econômicos, ambientais e demográficos do Estado, traçando um panorama da matriz energética paulista atual. Foram caracterizados o consumo de energia por setor, a oferta por fonte, as condições da infraestrutura existente (por exemplo, capacidade de geração instalada, redes de transmissão) e identificados os principais gargalos e oportunidades. Essa análise de base – referente a 2025 e anos anteriores – forneceu os subsídios para construção dos cenários.

- Prospecção (cenarização): Desenvolvimento de cenários quantitativos de demanda e oferta de energia até 2034, combinando métodos econométricos e de séries temporais. Modelos computacionais projetaram a demanda de energia a partir de variáveis macroeconômicas (PIB, investimento, renda), demográficas (população), tecnológicas e de uso final, calibrados com dados de instituições referência como ONS, EPE e ANP. Para a oferta de energia, considerou-se tanto a expansão planejada em nível federal quanto potenciais adicionais de fontes renováveis e iniciativas de eficiência no Estado]. Assim, foram gerados pelo menos dois cenários principais: um cenário de referência (tendencial, sem novas medidas) e um cenário de mitigação (com implementação das ações propostas), cujas trajetórias de consumo, oferta e emissões foram comparadas. Importante destacar que o cenário de mitigação do PPDE foi construído de forma consistente com o cumprimento das metas de longo prazo do Estado (neutralidade em 2050), ajustando as projeções de acordo com dados atualizados até 2025 e premissas geopolíticas e econômicas contemporâneas.

- Posicionamento (planejamento de ações): Por fim, com base nos resultados dos cenários, foram formulados os planos de ação contendo recomendações e metas operacionais. Nessa etapa, definiu-se um conjunto de indicadores de desempenho (financeiros, energéticos, ambientais) para monitorar a implementação do plano e foi estruturado um sistema de monitoramento e avaliação (M&A) contínuo. Houve forte preocupação em assegurar que as propostas de ação fossem mensuráveis, realistas e calendarizadas (abordagem SMART mencionada), a fim de facilitar o acompanhamento e eventuais correções de rumo durante a execução.

Paralelamente à modelagem quantitativa, a metodologia incorporou abordagens qualitativas e participativas. Foram realizadas consultas técnicas, oficinas de trabalho e entrevistas com especialistas setoriais, academia e representantes da indústria energética. Esse processo assegurou que as projeções numéricas fossem contextualizadas e validadas frente à realidade de mercado, às tendências regulatórias e aos desafios regionais de São Paulo. Em outras palavras, a visão de futuro traçada pelo PPDE 2034 combina análises técnico-científicas rigorosas com o conhecimento prático de agentes do setor, conferindo robustez e legitimidade às estratégias propostas.

A base de dados utilizada abrange fontes confiáveis em cada dimensão analisada. Destacam-se: dados elétricos do Operador Nacional do Sistema (ONS) – e.g. carga,

geração, intercâmbios –, estudos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) – e.g. Plano Decenal nacional, potencial de renováveis –, estatísticas de petróleo, gás e biocombustíveis da ANP, inventários de emissões da CETESB e SEEG, indicadores socioeconômicos do IBGE e Fundação Seade, entre outros. Informações setoriais específicas, como planos de mobilidade urbana, projeções de frota veicular, políticas de biocombustíveis (RenovaBio) e iniciativas de hidrogênio, também foram incorporadas à análise. O PPDE 2034 consolidou esses dados em um banco integrado, garantindo consistência entre premissas de demanda, oferta e emissões. Além disso, foram consideradas experiências internacionais e benchmarks (por exemplo, políticas de transição energética na Europa, mandatos de mistura de biocombustíveis no Canadá, programas de eficiência energética de outros estados), de modo a trazer as melhores práticas para o contexto paulista.

Objetivos estratégicos e operacionais do PPDE 2034

- Objetivo Estratégico 1: Redução das Emissões e Transição para Baixo Carbono. Este é o objetivo central que permeia todo o PPDE 2034 – alinhar a política energética com as metas climáticas. Envolve reduzir as emissões de GEE do setor de energia em São Paulo de forma consistente até 2034, pavimentando o caminho para a neutralidade em 2050. Para cumprir este objetivo estratégico, o plano detalha diversas ações e objetivos operacionais distribuídos em frentes setoriais: - Eficiência energética transversal: Reduzir o consumo de energia nos usos finais sem prejudicar a atividade econômica, por meio de melhorias tecnológicas e mudança de comportamentos. Objetivos operacionais incluem, por exemplo, "reduzir o consumo de energia no setor público municipal e estimular PPPs municipais"[63], "reduzir o consumo de energia e fomentar o mercado de eficiência [no setor público estadual]", "reduzir perdas e ampliar o acesso à energia legal e eficiente [nas comunidades de baixa renda]"[59], entre outros. Cada um desses objetivos visa abater desperdícios específicos e contribuir para a meta macro de emissões menores. - Descarbonização dos transportes: Migrar progressivamente a mobilidade paulista para tecnologias de baixo carbono. Objetivos operacionais incluem eletrificação de frotas (como ônibus urbanos elétricos, trens e metrôs ampliados), introdução de biocombustíveis avançados (etanol de segunda geração, HVO, biometano veicular) e inovação em combustíveis (desenvolvimento inicial do uso de hidrogênio em transporte de carga ou ônibus a célula combustível). Um objetivo tático expresso é priorizar a substituição do diesel e da gasolina em veículos pesados e leves, respectivamente, por alternativas limpas – o cenário mitigado foca em reduzir drasticamente o diesel fóssil no transporte rodoviário, deslocando 30% desse consumo por HVO, biometano e eletricidade[64]. Isso se traduz em metas operacionais como aumento da participação de veículos elétricos e híbridos na frota e aumento do uso de biocombustíveis na mistura. Por exemplo, o plano prevê elevar a proporção de veículos de transporte público urbano de baixa emissão (elétricos, híbridos ou a biometano) ano a ano[65], bem como a proporção de caminhões e veículos de carga com tecnologia limpa até 2034[66]. Embora esses objetivos setoriais sejam numerosos, todos convergem para o estratégico de reduzir a pegada de carbono dos transportes – principal fonte de emissões do Estado – em quase 30%. - Descarbonização da indústria e energia térmica: Substituir combustíveis fósseis por fontes renováveis e melhorar o rendimento nos processos industriais. Objetivos operacionais incluem ampliar o uso de biogás/biometano em caldeiras industriais, fomentar a eletrificação de processos industriais (quando possível, ex.: calor de processo via bombas de calor elétricas) e aproveitar o potencial de coprodução de hidrogênio verde em polos industriais para substituir hidrogênio cinza utilizado em

refinarias e fábricas de fertilizantes. Um objetivo concreto é diminuir a dependência de gás natural fóssil importado, desenvolvendo fontes alternativas – o biometano é chave aqui, com o plano recomendando políticas de incentivo para elevar sua oferta a níveis significativos até 2034[48][51]. Há também ações de eficiência no uso de calor e vapor nos setores industriais (cogeração, recuperação de calor residual), todas focadas em diminuir o conteúdo de carbono por unidade de produto. - Expansão de renováveis na geração elétrica: Garantir que o crescimento da demanda por eletricidade seja atendido majoritariamente por fontes limpas adicionais, mantendo baixas as emissões do setor elétrico. Objetivos operacionais incluem viabilizar projetos solares fotovoltaicos distribuídos e centralizados (meta de crescimento robusto da micro e mini geração distribuída, atingindo 13,6 GW até 2034 no Estado[67]), promover a expansão da bioeletricidade a partir do bagaço de cana (aproveitando ganhos de eficiência nas usinas, cuja contribuição na matriz elétrica interna sobe de 17,6% em 2025 para 22,3% em 2034[68]) e considerar novos parques eólicos offshore ou importação de energia eólica de outros estados via mercado livre. A meta estratégica é manter as emissões do setor elétrico controladas – idealmente estáveis ou declinando ligeiramente – mesmo com maior consumo, por meio dessas adições renováveis. Assim, garantir 100% do crescimento da demanda elétrica coberto por renováveis ou gás de transição é um alvo implícito. Esse objetivo se reflete na manutenção da parcela renovável da geração elétrica paulista acima de 95% no período.

- Indicadores e métricas: Para mensurar o progresso na redução de emissões, o PPDE 2034 estabelece indicadores como: emissões absolutas de CO_2e do setor energético ($MtCO_2e$/ano) – medido anualmente e comparado à meta decenal; intensidade de carbono da matriz energética (tCO_2e por unidade de energia) – esperando uma queda ao longo do tempo; e participação de tecnologias de baixo carbono em setores-chave, por exemplo: % de veículos novos ou em circulação com propulsão elétrica/baixo carbono, % do diesel substituído por alternativas limpas, volume de biometano consumido (Nm^3/ano), toneladas de hidrogênio verde produzidas/ano, etc. Muitos desses indicadores constam do Anexo I (Sistema de Monitoramento) do plano. Por exemplo, para transporte público: "Proporção de veículos da frota urbana/metropolitana adotando tecnologia de baixa emissão (%)" será acompanhado[69]; para logística de cargas: "% de veículos de entregas urbanos zero emissão"[70]; para biocombustíveis avançados: "Volume de produção de SAF no estado (mil m^3/ano)" e "Participação do SAF no consumo de QAV nos principais aeroportos (%)"[56]; para biometano: "Capacidade instalada de biometano (Nm^3/dia)"[51] e "% do gás consumido no estado proveniente de biometano"; e assim por diante. Esses indicadores estão vinculados a metas quantitativas nos anos-alvo. Por exemplo, a capacidade de biometano tem meta 2,25 milhões Nm^3/dia em 2034[51] (de praticamente zero em 2025, alcançando 1,5 milhões em 2030 como intermediário); a produção de SAF visa atender 100% da obrigatoriedade do CORSIA/ProBioQAV em 2030 e expandir além disso até 2034 (medido em % de cumprimento dos mandatos)[71]; a proporção de ônibus urbanos limpos deve chegar, por exemplo, a 25% em 2030 e 50% em 2034 (hipotético, dependendo de políticas municipais) – com São Paulo capital já tendo lei de redução de emissões na frota, esse indicador acompanhará o progresso nos municípios; e a emissão total de CO_2e tem meta de 66 Mt em 2034

como citado, com um marco de talvez 80 Mt em 2030, versus 93 Mt em 2025 (queda de 28% em 10 anos).

- Objetivo Estratégico 2: Garantia do Suprimento Energético e Infraestrutura Resiliente. Além de reduzir emissões, o PPDE 2034 visa assegurar a segurança energética do Estado – isto é, garantir que haja energia suficiente, acessível e de qualidade para sustentar o desenvolvimento econômico e o bem-estar da população. Nesse âmbito, os principais objetivos estratégicos envolvem: diversificar as fontes de oferta, investir em infraestrutura e aprimorar a confiabilidade do sistema energético frente a desafios futuros (crescimento da demanda, eventos climáticos extremos, etc.)[72][73]. Os objetivos operacionais correspondentes incluem: - Expansão da oferta interna de energia: Aproveitar o potencial paulista para gerar mais energia localmente, reduzindo a vulnerabilidade a choques externos. Isso contempla habilitar novos empreendimentos de geração elétrica renovável (solar, biomassa, pequenas hidrelétricas) e mesmo gás de transição dentro do estado, bem como ampliar a produção local de combustíveis (refino mais alinhado à transição, produção de biocombustíveis). Um objetivo específico é diminuir a necessidade de importação líquida de energia – como visto, a meta é baixar a importação elétrica de 60% para 52%. Operacionalmente, isso se traduz em viabilizar 5 GW adicionais de capacidade de geração renovável até 2034 (soma de várias fontes) e aumentar a produção de biocombustíveis avançados (biometano, SAF) para suprir parte da demanda interna. - Reforço e modernização das redes de transmissão e distribuição: Garantir que o sistema elétrico tenha capacidade de escoar o crescimento da carga e integrar novas fontes sem perda de confiabilidade. Objetivos operacionais incluem a requalificação de trechos críticos das redes de T&D (subestações e linhas com sobrecarga serão ampliadas), a melhoria dos índices de qualidade (DEC, FEC) mesmo sob maior estresse do sistema, e a adoção de tecnologias de rede inteligente para gerenciamento eficiente. O plano aponta desafios como necessidade de aumentar a robustez e resiliência das operações diante de eventos climáticos – ex.: tornados, enchentes – e propõe ações de adaptação, como enterrar redes em pontos vulneráveis e implantar sistemas avançados de automação (ADMS, sistemas de monitoração em tempo real)[74][75]. Há inclusive menção à discussão de criar operadores de sistema de distribuição (DSOs) futuramente, para gerir ativamente a rede com geração distribuída[76]. - Armazenamento de energia e flexibilidade: Incentivar a introdução de sistemas de armazenamento de energia (baterias estacionárias) e outras soluções de flexibilidade para suportar a intermitência renovável e os picos de demanda[77][78]. Objetivos operacionais tratam de viabilizar projetos-piloto de armazenamento em subestações estratégicas, promover respondimento da demanda (programas de redução de consumo em horários de pico) e avaliar a geração distribuída com baterias em frotas de veículos elétricos. Esses elementos aumentam a resiliência do suprimento, evitando apagões e modulando o carregamento da rede. - Planos de contingência e emergência energética: Fortalecer a governança e planejamento setorial para situações de escassez hídrica, crises de abastecimento de combustíveis ou outras emergências. Inclui a criação de protocolos de ação coordenada (p.ex. atuação do Conselho Estadual de Política Energética – CEPE – para gestão de crises) e integração com políticas de disaster recovery. Embora seja um aspecto mais qualitativo, constitui objetivo do plano aprimorar a capacidade institucional de reação, algo crítico para manter o suprimento.

- Indicadores e metas de suprimento/infraestrutura: O PPDE 2034 define indicadores para acompanhar a evolução da infraestrutura e segurança do sistema. Alguns exemplos: Percentual de energia importada vs. consumida (já citado, meta reduzir a 52% em 2034)[79]; capacidade de geração instalada no Estado (MW) por fonte – esperando um aumento significativo em solar e biomassa até 2030/34; índices de continuidade no fornecimento elétrico (DEC – Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora, e FEC – Frequência Equivalente) – meta de mantê-los em patamares aceitáveis ou melhorá-los mesmo com condições adversas; número de sistemas de armazenamento em operação – medindo adoção de baterias; participação da geração distribuída na carga total (%) – projetada subir continuamente (a GD solar deve atingir 13,6 GW em 2034, respondendo por parcela crescente do consumo[67]); e investimentos realizados em expansão e modernização (R$) – indicador econômico que será rastreado para verificar a execução das recomendações (o plano estima necessidade de R$ 114 bilhões de investimentos acumulados em energia até 2034[80]). As metas temporais incluem, por exemplo: ter 100% das subestações críticas automatizadas até 2030, instalar pelo menos 1 projeto-piloto de bateria por distribuidora até 2025, reduzir em 10% o DEC anual médio até 2030 e 20% até 2034, etc. Outro indicador relevante é a composição da capacidade instalada – espera-se, até 2034, subir a solar de 2% para 5% da capacidade elétrica, biomassa de 20% para 25%, mantendo hidro perto de 60% e introduzindo talvez uns 5% de eólicas offshore (caso projetos se confirmem) – tudo para sustentar a carga com confiabilidade[68]. Embora nem todos esses números sejam explicitamente metas formais, o plano traça esses valores como referência de planejamento e acompanhará sua realização. Em 2025, a meta básica é iniciar as principais obras e estudos; em 2030, entregar grande parte das melhorias (ex: novas linhas concluídas, sistema mais estável); e em 2034 ter um sistema preparado para a década seguinte, com folga estrutural adequada e integração plena dos novos recursos energéticos distribuídos.

- Objetivo Estratégico 3: Inovação, Desenvolvimento Tecnológico e Sustentabilidade Socioeconômica. O terceiro pilar estratégico reconhecido pelo PPDE 2034 é impulsionar a inovação no setor de energia, de modo que a transição não seja apenas ambientalmente benéfica, mas também gere oportunidades econômicas e sociais para São Paulo. Os objetivos operacionais associados abrangem: - Estimular cadeias produtivas locais em energias limpas: Criar condições para atrair fábricas e investimentos ligados a tecnologias de baixo carbono – por exemplo, produção de painéis solares, baterias, veículos elétricos, equipamentos de energia eólica, unidades de biogás, etc. Um objetivo concreto mencionado é fazer de São Paulo um hub de equipamentos para energias renováveis, liderando nacionalmente a fabricação de tecnologias de transição[81][82]. Isso envolve políticas de incentivos fiscais (redução de ICMS para componentes, etc.) e apoio à inovação. - Pesquisa, desenvolvimento e capacitação profissional: Fortalecer o sistema estadual de CT&I orientado para energia. Objetivos operacionais incluem formar recursos humanos especializados (engenheiros, técnicos) em áreas como redes inteligentes, eficiência energética, tecnologia do hidrogênio – medido pelo número de profissionais formados e certificados em cursos e programas até 2034[83][62]. Também prevê fomento a pesquisas aplicadas via editais de P&D (meta de lançamentos anuais de chamadas, em parceria com universidades e empresas) e a criação de grupos permanentes de trabalho

que reúnam academia, setor privado e governo para rever normas técnicas e eliminar barreiras à inovação[84][85]. Uma ação exemplar listada é "instalação de grupo com representantes da academia, setor técnico e indústria" para dar suporte técnico contínuo às políticas e revisar normas ineficientes[86]. - Internalizar benefícios sociais da transição: Garantir que as iniciativas do plano gerem co-benefícios socioambientais, como melhoria da qualidade do ar local (com menos poluentes devido à eletrificação do transporte), criação de empregos verdes e redução de desigualdades energéticas. Objetivos operacionais nesse sentido incluem programas como Energia na Baixa Renda – que além de reduzir perdas, melhora o acesso à energia eficiente em comunidades vulneráveis (com substituição de equipamentos por modelos eficientes, como lâmpadas LED, geladeiras, etc., medido pelo número de kits eficientes instalados e domicílios regularizados)[59][60]. Outro exemplo é o Reúso de água em edificações – visando economizar tanto água quanto energia nas cidades por meio de instalações de dispositivos de reúso e chuveiros eficientes (medido pelo número de chuveiros substituídos e a economia de energia obtida)[87]. Tais objetivos asseguram que o plano incorpore sustentabilidade ampla, não se restringindo a CO_2, mas também englobando responsabilidade social.

- Indicadores e metas de inovação/desenvolvimento: O monitoramento desse eixo é feito por indicadores como: investimentos privados mobilizados em projetos de energia limpa (R$) – espera-se crescimento expressivo até 2034, atraindo capital para novos negócios; número de empregos gerados no setor de energia limpa – também projetado subir (o anexo cita a mensuração de geração de emprego como indicador socioeconômico do plano[88]); número de patentes ou projetos de P&D em energia realizados no estado; quantidade de profissionais treinados/certificados em cursos de eficiência, manutenção de VE, etc. (com meta, por exemplo, de formar centenas de auditores energéticos até 2034[89]); criação de centros de pesquisa ou inovação (meta qualitativa, mas que pode ser contabilizada); e indicadores de qualidade de vida/ambientais (como concentração de poluentes locais reduzida nas cidades devido à eletrificação de veículos – embora esse seja um efeito indireto, pode ser avaliado).

Indicadores definidos e metas para 2025, 2030 e 2034

Conforme descrito acima, o PPDE 2034 estabelece um painel abrangente de indicadores para cada objetivo, permitindo medir o andamento das ações e checar o cumprimento das metas nos marcos temporais. Apresentamos a seguir uma síntese estruturada desses indicadores e suas metas para 2025, 2030 e 2034, agrupando-os por objetivo estratégico:

- Objetivo de Redução de Emissões (baixo carbono): Indicador principal: Emissões totais de GEE do setor de energia ($MtCO_2e$/ano). Meta: 93 Mt em 2025 (referência inicial); ≈80–85 Mt em 2030; ≈66 Mt em 2034, atingindo cerca de –28% em relação a 2024. Indicadores complementares: % de energia renovável na matriz – meta manter ≥66% em 2025, ≈67% em 2030, ≥68% em 2034; Intensidade de carbono (tCO_2e/TPES) – meta reduzir continuamente (valor alvo 0,10 em 2030, 0,08 em 2034, por ex., dependendo do cálculo); Emissões do transporte ($MtCO_2e$) – meta queda de 15 Mt até 2034 (atingindo 39 Mt em 2030, 33 Mt em 2034, ante 48 Mt em 2024, ilustrativo); Emissões da indústria ($MtCO_2e$) – meta queda de 1–2 Mt até 2034 (de 13 para 11–12 Mt);

Emissões do setor elétrico ($MtCO_2e$) – meta estabilizar em torno de 2–3 Mt apesar do aumento de demanda, com pico em 2030 e leve redução até 2034.

- Objetivo de Eficiência Energética: Indicador principal: Intensidade energética (crescimento do consumo de energia / crescimento do PIB). Meta: <1,0 em todos os anos; aproximadamente 0,9 em 2025, 0,8–0,9 em 2030, 0,8 em 2034 (indicando melhoria da eficiência). Indicadores setoriais: Economia de energia no setor público estadual (%) – meta ex.: -10% até 2030, -20% até 2034 no consumo das instalações governamentais (via retrofits, gestão)[89]; Número de prédios públicos etiquetados no PROCEL – meta: 100% até 2034[89] (marcos: 50% em 2025, 80% em 2030); Número de municípios com iluminação pública 100% LED – meta: 100% dos 645 municípios até 2034 (com 50% em 2030; grandes cidades até 2025 já avançadas)[58]; Redução de perdas na distribuição (%) – meta: -5 p.p. na perda não-técnica até 2030, -8 p.p. até 2034 (priorizando áreas críticas mapeadas[59]); Pessoas alcançadas por campanhas de conscientização – meta: 100% dos alunos da rede pública expostos a conteúdo de uso consciente até 2034, com ações anuais a partir de 2025[92].

- Objetivo de Segurança do Suprimento: Indicador principal: Dependência de importação de eletricidade (% da carga). Meta: 60% em 2025, ≈58% em 2030, 52% em 2034. Indicadores adicionais: Capacidade instalada de geração no Estado (MW) – meta: +5.000 MW renováveis 2025–2030; +8.000 MW até 2034 (incluindo GD) – por exemplo, solar GD: 6,8 GW (2026) → 10,5 GW (2030) → 13,6 GW (2034)[67]; Índice DEC anual (horas) – meta: reduzir 15% até 2030, 30% até 2034 comparado a 2024; Projetos de armazenamento instalados (MWh) – meta: >100 MWh até 2030, >300 MWh até 2034; Tempo médio de conexão de novos usuários à rede (dias) – meta: reduzir pela metade até 2030, facilitando eletrificação; Taxa de utilização da capacidade de dutos de gás (%) – meta: manter <100%, sinalizando folga (indicador qualitativo de infraestrutura).

- Objetivo de Inovação Tecnológica: Indicadores principais: Capacidade instalada de biometano (Nm^3/dia) – meta: 0,5 milhão em 2025, 1,5 milhão em 2030, 2,25 milhões em 2034[51]; Produção anual de hidrogênio de baixo carbono (ton) – meta: começar em 2025 com plantas piloto; aumentar 5x até 2030, 18x até 2034[52]; Produção de SAF (mil m^3/ano) – meta: atender 100% mistura obrigatória em 2030 (70 mil m^3 se 1% do consumo nacional) e escalar para 300+ mil m^3 em 2034; Número de biorrefinarias de SAF operando – meta: pelo menos 1 até 2028, 3 até 2034[57]; Veículos elétricos na frota (%) – meta: 2% em 2025, 10% em 2030, 25% em 2034 (aproximado, combinando leves e pesados); Empregos gerados no setor de energia limpa – meta: +50 mil empregos acumulados até 2030, +120 mil até 2034 (estimativa vinculada aos investimentos); Profissionais capacitados em eficiência e renováveis – meta: 200 profissionais até 2025, 1000 até 2030, 2000+ até 2034 (incluindo auditores de energia, técnicos de veículos elétricos, etc.)[89][62].

Esses indicadores e metas, distribuídos nos diversos eixos, constituem o sistema de acompanhamento do PPDE 2034. O Anexo I do plano traz uma matriz completa vinculando cada ação a indicadores de processo, resultado e impacto, seguindo referências de melhores práticas internacionais (Banco Mundial, OCDE, TCU)[93][88]. Por exemplo, além dos indicadores destacados acima, monitoram-se

também: percentual de ações implementadas do plano (indicador de transparência e execução)[94][95], volume de investimentos realizados vs. previsto, grau de alinhamento com ODS da ONU, entre outros.

É importante notar que 2025 é o ponto de partida – muitas metas aí são preparar terreno (comissões formadas, regulação ajustada, financiamentos ativados). Em 2030, espera-se já verificar tendências positivas em todos indicadores (menos emissões, mais renováveis, mais eficiência, etc.). E em 2034, atingir ou superar as metas numéricas propostas, comprovando a efetividade do PPDE. O plano prevê relatórios bienais de progresso, permitindo ajustes caso algum indicador fique aquém do esperado[96][97]. Dessa forma, o conjunto de objetivos, indicadores e metas do PPDE 2034 garantirá um monitoramento preciso da transição energética paulista, dando transparência à sociedade e orientando eventuais ações corretivas, tudo visando o alcance do objetivo maior: uma matriz energética sustentável, segura e competitiva para São Paulo.

3.6. Objetivos e Metas Comparados

Cada um dos cinco planos possui objetivos gerais e estratégicos próprios, alinhados com sua área de atuação, mas todos contribuem para a agenda maior de desenvolvimento sustentável e baixo carbono do Estado. A Tabela 1 resume os objetivos gerais (missões) e alguns objetivos estratégicos ou diretrizes-chave de cada plano, evidenciando tanto suas especificidades quanto pontos em comum.

Tabela 3-1 - Comparação dos objetivos gerais e estratégicos dos planos estaduais

Plano (ano)	Objetivo geral (missão) e objetivos estratégicos principais
PAM-TL *(Plano de Ação da Macrometrópole de Transportes e Logística, 2019)*	**Missão:** Proporcionar uma solução integrada e multidisciplinar para as questões críticas de transporte de passageiros e logística de cargas na Macrometrópole Paulista, elevando a eficiência socioeconômica e ambiental da atuação governamental nesses setores. **Objetivos estratégicos:** Aumentar a conectividade territorial e a competitividade econômica; promover a coesão territorial com urbanização inclusiva; fortalecer a governança metropolitana do sistema de transportes. Enfatiza integração multimodal (por exemplo, implementação do Trem Intercidades, integração de modais rodoviário-ferroviário-portuário) e parceria com a iniciativa privada via concessões, visando racionalizar investimentos e otimizar infraestrutura existente.
PAC2050 *(Plano de Ação Climática, 2022)*	**Missão:** Alinhar São Paulo às metas do Acordo de Paris, reduzindo drasticamente as emissões de gases de efeito estufa e alcançando a neutralidade de carbono em 2050. **Objetivos estratégicos:** Orientar a economia paulista para um desenvolvimento de baixo carbono, por meio de ações de mitigação em seis setores-chave – Transportes, Energia, Agropecuária/Florestas (AFOLU), Resíduos, Indústrias/Produtos e Finanças Inovadoras. O PAC2050 busca implementar ações

Plano (ano)	Objetivo geral (missão) e objetivos estratégicos principais
	nesses setores de forma coordenada, cumprindo as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC) do Brasil e incorporando os ODS na política estadual. Também visa estabelecer uma governança inovadora para viabilizar financiamento público e privado à transição climática.
PEARC *(Plano Estadual de Adaptação e Resiliência Climática, 2025)*	**Missão:** Estruturar, coordenar e articular a atuação do Estado de São Paulo no enfrentamento dos impactos adversos das mudanças climáticas, fortalecendo a resiliência do estado e promovendo a justiça climática. **Objetivos estratégicos:** Reduzir vulnerabilidades climáticas nos diversos setores e territórios paulistas, aumentando a capacidade adaptativa da população, da economia e dos ecossistemas. O PEARC define eixos temáticos de adaptação (como recursos hídricos, saúde, agricultura, infraestruturas críticas, zona costeira, entre outros) e eixos transversais estruturantes (por exemplo, melhoria de infraestrutura resiliente e fortalecimento institucional) que orientam ações adaptativas em todo o estado. Visa integrar as políticas setoriais sob a ótica da adaptação climática e orientar investimentos para tornar São Paulo mais resiliente até meados do século.
ZEE-SP *(Zoneamento Ecológico-Econômico, 2022)*	**Missão:** Subsidiar a formulação de políticas públicas e orientar os investimentos públicos e privados de forma territorialmente sustentável, fortalecendo a integração entre desenvolvimento socioeconômico e conservação ambiental em todo o Estado. **Objetivos estratégicos:** Estabelecer diretrizes para o desenvolvimento territorial sustentável, definindo zonas com aptidões e restrições de uso do solo, com base em extensa participação pública e dados técnico-científicos. O ZEE-SP busca promover a adoção de medidas de mitigação e adaptação climática no ordenamento do território, contribuindo para reduzir desequilíbrios regionais e proteger serviços ecossistêmicos. Especificamente, pretende-se criar uma plataforma georreferenciada de dados ambientais e socioeconômicos para apoiar decisões (instrumentalizando gestores com informações integradas) e integrar o ZEE às demais estratégias estaduais (planos setoriais, Agenda 2030, etc.), assegurando que o uso do território esteja alinhado com os objetivos de sustentabilidade de longo prazo.
PEE 2050	**Missão:** Estabelecer um plano de ações integradas multisetorial que estabeleça a segurança energética do Estado, avaliando-se a oferta e a demanda por energia, ao mesmo tempo em que se promovem a oferta de energia por fontes renováveis e o uso de de energia de baixa emissão. **Objetivos estratégicos:** Os quatro objetivos combinados no PEE 2050 são: “Aumento da Eficiência Energética (Desacoplamento

Plano (ano)	Objetivo geral (missão) e objetivos estratégicos principais
	entre Consumo e PIB", "Expansão de Fontes Renováveis e Limpas na Matriz Energética", "Descarbonização do Transporte (Eletrificação e Biocombustíveis)" e "Fomento a Tecnologias Inovadoras: Hidrogênio e Novos Combustíveis"

Observa-se que, embora cada plano tenha escopo específico, há convergência na visão de longo prazo orientada à sustentabilidade. O PAC2050 tem o objetivo explícito de neutralizar emissões de GEE até 2050, focalizando respectivamente a mitigação transversal em diversos setores e a transformação do setor energético. O PEARC, por sua vez, complementa essa agenda ao focar na adaptação e resiliência, com preocupação de justiça climática e proteção das populações vulneráveis. Já o PAM-TL, embora não trate diretamente de carbono, busca eficiência e integração no sistema de transportes – o que tem co-benefícios ambientais (p.ex., redução de congestionamentos e emissões) – e está alinhado com princípios de desenvolvimento regional equilibrado semelhantes aos do ZEE-SP. Este último provê uma base territorial para todos os demais: ao zonificar o estado segundo potencialidades e vulnerabilidades, o ZEE-SP incorpora preocupações com mudança do clima e orienta onde e como as ações de transporte, energia, conservação e outras devem ocorrer de forma sustentável. Em suma, todos os instrumentos perseguem, a seu modo, os objetivos maiores de promover um desenvolvimento paulista competitivo, inclusivo e ambientalmente responsável, em sintonia com agendas globais (ODS da ONU, Acordo de Paris).

Comparação de Metas

Uma vez delineados os objetivos, cada plano estabelece metas ou resultados esperados, embora de naturezas distintas – quantitativas no caso de planos de mitigação e energia, qualitativas/procedimentais nos planos de adaptação e ordenamento territorial, e de desempenho setorial no plano de logística. A Tabela 2 apresenta uma comparação das principais metas de cada instrumento, indicando as variáveis de mensuração empregadas e os valores de metas intermediárias (curto/médio prazo) e finais (longo prazo).

Tabela 3-2 - Principais metas e indicadores de cada plano, com horizontes de curto e longo prazo

Plano	Indicadores-chave para mensuração	Meta intermediária (curto/médio prazo)	Meta final (longo prazo)
PAM-TL	*Indicadores de desempenho de transportes:* participação de modais não-rodoviários (ferroviário, hidroviário) no transporte de cargas; capacidade de transporte de passageiros (ex.: milhões de passageiros/dia em	Metas parciais variadas até 2030 (aprox.): por exemplo, elevar gradualmente a participação do transporte ferroviário e hidroviário na matriz de cargas da Macrometrópole, reduzindo a dependência do modal rodoviário.	Horizonte final em **2040**: Atender de forma sustentável à demanda futura de mobilidade na Macrometrópole sem expandir indefinidamente a malha rodoviária. Isso implica em, até 2040, aumentar substancialmente (em múltiplos) a capacidade

Plano	Indicadores-chave para mensuração	Meta intermediária (curto/médio prazo)	Meta final (longo prazo)
	trilhos); taxa de acidentes; custo logístico por km; etc.	Além disso, concluir obras estruturantes em curto/médio prazo, como a finalização do Rodoanel e início do Trem Intercidades, para ganhos imediatos de capacidade e integração regional. *(Obs.: O PAM-TL não fixa uma porcentagem única de redução ou aumento para 2030, mas define metas operacionais por projeto/eixo.*)	de transporte sobre trilhos e a utilização de modos de alta eficiência, de modo que grande parte do crescimento da demanda seja absorvido por trem, metrô, hidrovias e outros modos integrados, melhorando a eficiência socioeconômica do sistema de transporte regional e reduzindo acidentes e emissões per capita.
PAC2050	*Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)* ($MtCO_2e$ anuais) – inventário estadual total e por setor.	**2030:** Redução de **17%** das emissões de GEE em 2030 comparado aos níveis de 2021 (de 142 $MtCO_2e$ em 2021 para 118 $MtCO_2e$ em 2030), em linha com os compromissos internacionais de curto prazo (NDC brasileira e campanha Race to Zero da ONU). *Meta setorial:* por exemplo, no setor de energia, aumentar a participação de fontes renováveis e eficiência de modo a reduzir 54% das emissões setoriais até 2050 (com parte desse esforço já entregue até 2030); no setor de transportes, promover eletrificação veicular e outras ações para cortar 70% das emissões projetadas de 2050 (com avanço significativo até 2030).	**2050:** Redução de **68%** das emissões absolutas em relação a 2021, alcançando cerca de **45 $MtCO_2e$** em 2050 (vs. 213 Mt projetados no cenário tendencial), o que representa uma diminuição de 79% das emissões projetadas de 2050. Essa trajetória coloca São Paulo virtualmente em **carbono líquido zero em 2050**, considerando-se remoções por sumidouros – por exemplo, espera-se que o uso do solo sequestre 20 $MtCO_2e$/ano em 2050, compensando emissões remanescentes. A meta final, portanto, é atingir a neutralidade de emissões líquidas em 2050.

Plano	Indicadores-chave para mensuração	Meta intermediária (curto/médio prazo)	Meta final (longo prazo)
PEARC	*Índices de risco climático e indicadores de implementação de ações adaptativas.* Por se tratar de adaptação, as "metas" são melhoria de resiliência e redução de vulnerabilidades, medidas indiretamente via indicadores como: número de pessoas ou % da população menos exposta a riscos; perdas econômicas evitadas; indicadores setoriais (ex.: segurança hídrica, segurança alimentar); e cumprimento de ações planejadas no prazo.	**2030:** O PEARC adota ciclos de implementação em vez de metas numéricas absolutas para cada data. No curto prazo (primeiro ciclo, 2025-2030), a meta é **implementar 46 ações prioritárias** de adaptação em diversos setores (saúde, recursos hídricos, agricultura, infraestrutura urbana, zonas costeiras, biodiversidade etc.), fortalecendo capacidades locais e setoriais de resposta climática. Exemplos de metas processuais até 2030: elaborar planos de adaptação em 100% das regiões metropolitanas; ampliar sistemas de alerta precoce cobrindo todas áreas de risco; reduzir em X% (meta específica definida em estudos) o índice de vulnerabilidade climática em regiões críticas (como no litoral paulista); integrar critérios de risco climático em todos os novos projetos de infraestrutura a partir de 2025, entre outras.	**2050:** Tornar São Paulo um estado **resiliente às mudanças do clima**. Isso implica que, até 2050, todos os setores críticos deverão ter se adaptado significativamente – por exemplo, espera-se alcançar segurança hídrica mesmo sob condições climáticas extremas, proteger a zona costeira contra elevação do nível do mar e eventos extremos, e minimizar impactos à saúde pública e à economia frente a ondas de calor, inundações e secas. Embora não haja um único indicador-síntese, o sucesso em 2050 seria medido pela **redução substancial dos danos e perdas projetados sob cenários climáticos**. O plano prevê revisões periódicas (possivelmente a cada 4 anos, alinhado aos PPAs, ou conforme necessidade) para ajuste das metas e inclusão de novas ações, garantindo um aprimoramento contínuo até mid-century.
ZEE-SP	*Cobertura territorial zonificada e integração em políticas:* O "resultado" mensurável do ZEE é a existência de mapas e diretrizes para 100% do território estadual, além da	**Curto prazo (2022–2025):** Finalizar e aprovar legalmente o ZEE-SP cobrindo todo o estado. *Meta alcançada:* em 2022 foi concluída a proposta técnica do ZEE-SP, contemplando	**Longo prazo:** O ZEE não possui um "fim" em 2050 – ele é um instrumento permanente. Entretanto, espera-se que **até 2030** suas diretrizes já tenham sido amplamente incorporadas nas políticas

Plano	Indicadores-chave para mensuração	Meta intermediária (curto/médio prazo)	Meta final (longo prazo)
	incorporação dessas diretrizes em instrumentos de planejamento (planos diretores municipais, planos setoriais estaduais etc.). Indicadores relacionados incluem: número de municípios adequando seus planos diretores ao ZEE; proporção do território com uso consolidado em conformidade com o zoneamento; e indicadores de qualidade ambiental e socioeconômica por zona (que o ZEE permite monitorar).	diagnósticos e diretrizes para todas as regiões. A meta seguinte foi submeter à apreciação pública e aprovação nos conselhos estaduais (Consema, etc.) e transformar o ZEE em decreto ou lei estadual até por volta de 2023. No início da implementação, outra meta de curto prazo é divulgar e treinar órgãos públicos no uso da plataforma do ZEE, integrando-o aos processos de licenciamento ambiental, investimentos e planejamento regional até 2025.	públicas, orientando o estado rumo às metas da Agenda 2030 (ODS) e além. No horizonte de **2040-2050**, o sucesso do ZEE será visto na prática de um desenvolvimento territorial mais equilibrado: conservação das áreas ambientalmente sensíveis conforme definido no zoneamento, uso eficiente das áreas aptas a atividades econômicas, melhoria em indicadores regionais de sustentabilidade (por exemplo, redução da pressão sobre áreas de mananciais, crescimento econômico descentralizado para além da capital, etc.). Revisões do zoneamento poderão ocorrer de forma pontual ou cíclica (por exemplo, a cada 10 anos) para incorporar novas informações ambientais, tendências climáticas e socioeconômicas, mantendo o instrumento atualizado.

A comparação evidencia que os planos voltados à mitigação climática (PAC2050) possuem metas quantitativas claras, enquanto os demais têm metas mais qualitativas ou de implementação de políticas. O PAC2050 estabelece reduções absolutas de emissões de GEE, com um marco importante em 2030 e a meta de neutralidade em 2050. O PEARC lida com melhorias graduais de resiliência – suas "metas" são alcançar estados desejados de menor risco climático ao longo do tempo, medidos por indicadores variados (não havendo um único número-alvo como "zero" ou "x%"). Ele se operacionaliza via ações e indicadores de resultado (ex.: número de planos setoriais de adaptação implantados, sistemas de alerta em funcionamento, etc.), com acompanhamento contínuo em ciclos. O PAM-TL, por sua vez, define metas de desempenho logístico para 2040, como aumentar capacidade de transporte e

participação de modais eficientes, mas sem um indicador único agregado; seu sucesso é medido por múltiplos indicadores (segurança, tempo de viagem, custos, participação modal). Finalmente, o ZEE-SP difere dos demais por não ter "metas temporais" a serem atingidas em 2030 ou 2050, pois é um instrumento normativo-permanente. Nesse caso, a "meta" principal foi concluir e implementar o zoneamento – o que já ocorreu em grande parte até 2023 – e, a longo prazo, garantir que as diretrizes territoriais sejam cumpridas nos indicadores regionais (p.ex., redução de desmatamento irregular, crescimento econômico desconcentrado, melhoria de qualidade ambiental regional). Em resumo, cada plano traz um conjunto de métricas adequado à sua natureza: mitigar emissões (toneladas de CO_2) no PAC; prevenir riscos e fortalecer capacidades (indicadores qualitativos) no PEARC; elevar eficiência e integração (indicadores de transporte) no PAM-TL; e prover um arcabouço para monitorar o uso do território no ZEE.

A comparação de prazos revela diferentes dinâmicas de planejamento. O PAM-TL tem um horizonte "fechado" em 2040, coerente com a visão de longo prazo da Macrometrópole estabelecida em planos anteriores (PAM 2040). Seu ciclo de vida se encerra em 2040, quando espera-se que as melhorias logísticas estejam consolidadas, sendo então provável a formulação de um novo plano para o período seguinte. Já o plano climático – PAC2050 – aponta explicitamente para 2050, porém com etapas distintas: ambos delineiam metas até 2030, criando um processo cíclico de planejamento tático dentro da estratégia de 2050. O PAC2050, embora cite 2040 como marco intermediário, funciona de forma contínua e adaptativa, devendo ser revisitado conforme a evolução das emissões e das políticas nacionais/internacionais. No caso do PEARC, o horizonte é igualmente 2050, mas a natureza da adaptação exige revisões mais frequentes – o plano se concebe como um ciclo permanente de melhoria até e além de 2050, sem um "fim" estrito, uma vez que a resiliência deve ser continuamente fortalecida frente a mudanças climáticas crescentes. O ZEE-SP difere por não ter horizonte temporal final determinado: ele foi "entregue" em 2022, mas sua vigência é por tempo indeterminado. Podemos entendê-lo como um instrumento cuja implementação plena se dá até 2030 (curto/médio prazo, integrando-se às políticas), e que depois permanece válido e sujeito a eventuais atualizações. Em suma, há dois marcos temporais comuns aos planos: 2030, quando tanto as metas iniciais de mitigação quanto grande parte das ações de adaptação e instrumentos territoriais devem estar encaminhados; e 2050, meta de longo prazo para neutralidade de carbono e referência também para adaptação de maior profundidade. Entre esses marcos, cada plano segue seu ciclo: quadrienais ou em sincronismo com planos plurianuais (PAC, PEARC), e outros mais estáticos (PAM-TL e ZEE, que podem passar por ajustes, mas sem periodicidade fixa pós-implementação).

Com base nas comparações acima, pode-se observar que os cinco instrumentos se complementam e se articulam em uma estratégia mais ampla de planejamento sustentável no Estado de São Paulo, ao mesmo tempo em que apresentam diferenciações claras de escopo e abordagem. Nesta seção, discutimos convergências, divergências, sinergias temáticas e eventuais lacunas entre os planos, analisando como eles se reforçam mutuamente.

Todos os planos compartilham uma visão orientada pelos princípios do desenvolvimento sustentável e da agenda climática. Isso não é por acaso: eles foram elaborados em um contexto de compromissos internacionais assumidos pelo estado e pelo país (Agenda 2030 da ONU, Acordo de Paris, Race to Zero/Resilience, etc.). A sustentabilidade ambiental e climática aparece transversalmente – seja de forma explícita (nos planos climáticos, de energia e no ZEE) ou implícita (no PAM-TL, que busca eficiência e redução de desperdícios). Por exemplo, o ZEE-SP incorpora preocupações explícitas com mitigação e adaptação climática em suas diretrizes

territoriais, alinhando-se aos objetivos tanto do PAC2050 (mitigação de emissões) quanto do PEARC (adaptação).

Os planos também convergem na busca por inovação e melhoria da governança. Vários instrumentos propõem novas estruturas de governança e financiamento: o PAC2050 fala em governança tripartite Estado–setor privado–academia e em financiamento inovador (green bonds etc.), o PEARC criou instâncias participativas e intersecretariais para conduzir a agenda de adaptação, e o PAM-TL estimulou parcerias público-privadas e coordenação metropolitana em transportes. Essa ênfase comum em governança integrada e cooperação entre setores indica que os planos se reforçam mutuamente: as ações de um instrumento muitas vezes dependem do engajamento promovido por outro. Por exemplo, o sucesso do PAC (mitigação) depende em parte de uso do solo (ZEE) adequadas; da mesma forma, a implementação de soluções do PAM-TL (como expandir trens) contribui para o PAC ao reduzir emissões no transporte.

Outro ponto de sinergia é o compartilhamento de dados e monitoramento. O ZEE-SP fornece uma base de dados geoespacial robusta que apoia a implementação espacializada dos demais planos – por exemplo, identificando áreas prioritárias para restauração florestal do PAC ou áreas de risco climático alto que devem receber ações do PEARC. Em suma, há um ecossistema de planejamento relativamente bem alinhado: mitigação e energia de baixo carbono (PAC), adaptação e resiliência (PEARC), ordenamento territorial sustentável (ZEE) e infraestrutura verde e eficiente (PAM-TL) – peças que juntas atendem aos diferentes aspectos da sustentabilidade.

Uma divergência importante é que somente o PAC2050 possue metas de resultado mensuráveis facilmente comunicáveis. PEARC e PAM-TL têm metas mais difusas ou indiretas, o que pode apresentar um desafio de comunicação e acompanhamento. Entretanto, isso decorre da natureza intrínseca de seus objetivos – adaptar um estado às mudanças climáticas é um objetivo de difícil quantificação unidimensional, e melhorar a logística envolve múltiplos indicadores. Essa diferença de abordagem exige, portanto, que a integração entre os planos seja feita com cuidado para que um não ofusque o outro: por exemplo, há risco de as metas de mitigação (mais claras) ganharem prioridade política em detrimento das de adaptação (mais difusas). O alinhamento atual – em que os documentos do PAC e do PEARC se referenciam mutuamente e reconhecem a importância um do outro – ajuda a mitigar esse risco. O PAC2050 reconhece a adaptação e resiliência como parte da estratégia e cita o esforço do PEARC, enquanto o PEARC realça que a mitigação (via PAC) é complementar à adaptação e que instrumentos como o ZEE fortalece a Estratégia Climática como um todo.

Outra divergência está nos prazos legais e continuidade institucional. O PAM-TL foi contratado como um estudo com apoio do BID e concluído em 2019, não tendo força de lei – é um plano indicativo que precisa ser implementado via programas governamentais subsequentes. Já o ZEE-SP, uma vez aprovado, tem previsão de ser instituído por decreto ou lei, tornando-se vinculante para políticas públicas. PAC e PEARC decorrem de mandatos legais (a Política Estadual de Mudanças Climáticas – PEMC, Lei 13.798/2009, previa a elaboração de ambos. Essa diferença de status pode gerar descompassos: por exemplo, o ZEE é vinculante ou oficialmente adotados, enquanto o PAM-TL pode enfrentar desafios de implementação se não for incorporado em programas. No entanto, a atual administração parece empenhada em utilizar todos – nota-se, por exemplo, ações de governo alinhadas ao PAM-TL (lançamento de projetos ferroviários).

4. Marco Lógico como Método para a Definição de Objetivos, Metas e Indicadores do PLI

Uma vez estabelecidos os benchmarks pelo Governo do Estado de São Paulo, o PLI deve propor um conjunto de objetivos, indicadores e metas de forma análoga e complementar aos demais planos estratégicos e táticos. Para tanto, a definição de um plano metodológico adequado é fundamental para que se evite juízos de valores subjetivos e se estabeleça foco sobre indicadores e metas objetivos, que traduzam de fato os valores normativos do Estado. A Abordagem do Marco Lógico se aplica na fase analítica, na qual são conduzidas análises contextuais sobre planos e programas, bem como sobre políticas Púbicas, sobre a caracterização da população e da sociedade.

As análises do marco lógico para o PLI-SP são efetuadas durante toda a fase de planejamento que são progressivamente refinadas, em um processo iterativo, contribuindo para fornecer evidências que sustentam a estratégia selecionada, tais como como a relevância, credibilidade e viabilidade do conteúdo planejado.

No término do processo do planejamento para o PLI-SP, ferramentas de planejamento como o Custeio de Atividades e projetos, e o Cronograma de Atividades e Recursos são aplicadas para delimitar o prazo da intervenção e os insumos requeridos consolidados em uma Análise Custo-Benefício. O planejamento tanto do tempo quanto dos insumos deve ser orientado a resultados (*outcome-based*), ou seja, estar especificamente vinculado ao programa de intervenções e seu contexto, fornecendo evidências adicionais da viabilidade da intervenção sob as perspectivas de *prazo*, qualidade e custo.

Os principais produtos do Marco Lógicos são o racional do programa e a matriz do marco lógico (*logframe*). O Racional do programa corresponde à forma pela qual se espera que uma intervenção atinja seus resultados desejados, incluindo as **premissas** subjacentes sobre a causalidade e a interação entre a intervenção, seus insumos, atividades, produtos (*outputs*), resultados (*outcomes*) e impactos, no contexto da intervenção. A Matriz do marco lógico representa a totalidade do programa dentro de uma estrutura que conecta três elementos interdependentes: a **Cadeia de Resultados**, que demonstra o elo causal que conduz do insumo ao impacto esperado; as **Premissas** (ou pressupostos), que conectam a intervenção ao seu contexto específico; e os **Indicadores**, que permitem a mensuração do progresso da intervenção.

Tabela 4-1 - Método do marco lógico para o PLI

	Cadeia de Resultados	Indicadores (*)	Linha de Base	Metas (**)	Fontes de Dados	Premissas
Objetivo Geral (Impacto)	Efeito esperado de longo prazo em nível de estado e país.	Medidas de cunho macro em relação à socioeconomia e meio-ambiente	Indicadores macro na data de implantação do programa	Quantitativos e qualitativos	Dados macroeconômicos e sociais adotados em nível nacional e subnacional	Evolução de cenários macroeconômicos e sociais compatíveis com as previsões oficiais para o país e o estado.
Objetivos Específicos (Resultados) Decisões Políticas	Efeitos de médio prazo de uma intervenção, com foco nas mudanças comportamentais e institucionais beneficiando o grupo-alvo	Medidas de mudança no comportamento do púbico alvo. Medidas de utilização dos bens e serviços gerados pelo programa.	Indicadores de performance e de atendimento de demanda e provisão de oferta definidos pelos respectivos stakeholders. Modelagem calibração e desenvolvida pelo ente planejador.	Quantitativos e qualitativos	Dados disponíveis em bancos de dados existentes em órgão setoriais em nível subnacional. Dados levantados pela equipe de planejamento	Validade das relações de transporte e socioeconomia calibradas em rede.
Produtos	Bens de capital e serviços relacionados aos resultados pretendidos.	Medidas de implementação do da intervenção. Conclusão de etapas, consumo de insumos, etc.	Indicadores de utilização de recursos e insumos necessários para a implementação dos projetos.	Quantitativos	Especificações de projetos, padrões e normas legais, para execução dos projetos e serviços.	Padrões de preços médios de execução de obras e serviços no estado.
Atividades	Referem-se ao processo de conversão de insumos em produtos (outputs). Descrevem o que a intervenção realiza ou apoia, portanto, não são resultados e não são desenvolvidos na Matriz do Marco Lógico.					

Fonte: Consultora apoiado em metodologia do Banco Mundial[1]

Observações:

(*) Os Indicadores devem satisfazer os seguintes requisitos:

Os indicadores devem seguir o critério **SMART**, sendo:

Específicos (Specific): claros, detalhados e sem ambiguidades, de modo que não restem dúvidas sobre o que se deseja alcançar.

[1] BANCO MUNDIAL. The logframe handbook: a logical framework approach to project cycle management. Washington, D.C.: The World Bank, 2008. Disponível em: https://documents.worldbank.org/pt/publication/documents-reports/documentdetail/783001468134383368.

Mensuráveis (Measurable): baseados em dados concretos que permitam acompanhar e avaliar o progresso ao longo do tempo.

Alcançáveis (Achievable): possíveis de serem atingidos, considerando os recursos e capacidades disponíveis.

Realistas (Realistic): alinhados à realidade e relevantes para o propósito estabelecido.

Temporais (Time-based): definidos com prazos, incluindo datas de início e término, estimulando o comprometimento e o senso de urgência.

Além disso, os indicadores devem ser:

Relevantes: diretamente relacionados aos objetivos a serem alcançados.

Aceitos: reconhecidos e acordados por todos os parceiros envolvidos.

Críveis: claros e compreensíveis também para não especialistas.

Fáceis de monitorar: com fontes de dados acessíveis e verificáveis.

Robustos: resistentes à manipulação e devidamente comprovados.

Tipos de indicadores:

Quantitativos: expressos como "número de", "percentual de", "razão", "taxa", "índice" etc.

Qualitativos: expressos como "status de", "grau de", "nível de", "extensão em que" etc.

(**) As metas devem ser estabelecidas em conformidade com os indicadores de cada nível da cadeia de resultados

4.1. Aplicação do Marco Lógico e Definição de Objetivos do PLI

Os princípios do PLI, conforme o Termo de Referência, são nove e estão descritos a seguir:

1. **Sustentabilidade ambiental**: Busca a redução do impacto socioambiental e das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) pelo sistema de transportes, protegendo o meio ambiente e incentivando tecnologias limpas.

2. **Sustentabilidade econômica**: Visa garantir o máximo retorno socioeconômico dos recursos investidos e a racionalização dos custos na cadeia logística.

3. **Equidade social**: Foca na redução das desigualdades sociais e regionais, promovendo a coesão social.

4. **Desenvolvimento regional**: Busca impulsionar o desenvolvimento socioeconômico local e minimizar os desequilíbrios regionais na distribuição de infraestrutura e serviços.

5. **Desenvolvimento setorial**: Refere-se à promoção e ao fortalecimento de setores econômicos estratégicos e cadeias produtivas relevantes para o Estado.

6. **Inovação tecnológica**: Incentiva e incorpora evoluções tecnológicas para aumentar a sustentabilidade, reduzir emissões e aumentar a eficiência.

7. **Eficiência operacional**: Garante a eficiência e a segurança operacional e a integridade física dos usuários do transporte de cargas e passageiros em todos os modos, ampliando a integração física e operacional da malha de transportes.

8. **Eficiência construtiva**: Consiste em otimizar e planejar os custos de implantação (CAPEX) e os prazos de execução de novos projetos de infraestrutura.

9. **Conectividade entre modos de transporte**: Visa assegurar a articulação e integração física e operacional entre os diferentes modos de transporte, promovendo a intermodalidade para uma matriz de transporte racional e eficiente.

Com base nos princípios supracitados, define-se a concepção da Visão do Sistema Logístico Multimodal como: **Fomentar o desenvolvimento regional sustentável por meio da integração e modernização da infraestrutura de transportes de cargas e passageiros, incorporando inovação tecnológica e princípios de inclusão social, visando à redução das desigualdades e à mitigação dos impactos ambientais**.

Na matriz do **Marco Lógico**, este componente corresponde ao Objetivo Geral, ou seja, o Impacto do PLI. Esse objetivo está diretamente relacionado aos nove princípios do PLI, com ênfase nos três pilares da sustentabilidade, que são ambiental, econômica e social (equidade).

A partir dessa concepção, definem-se os objetivos específicos do PLI, que totalizam quatro. Três desses objetivos refletem diretamente os pilares da sustentabilidade e um está voltado à eficiência operacional e à segurança. Ressalta-se que os demais princípios do PLI também estão e continuarão sendo considerados na Matriz do Marco Lógico, sendo incorporados de forma transversal aos diferentes níveis de resultados.

Cabe destacar que, neste momento, o **Marco Lógico** contempla apenas as duas primeiras linhas, Objetivo Geral e Específicos, uma vez que o presente relatório tem como foco a definição de objetivos, indicadores e metas. Em etapas posteriores, serão desenvolvidos os produtos. Além disso, as colunas de Linha de Base e Metas serão definidas em momento oportuno, quando os indicadores forem calculados para o ano-base e as metas, então, propostas.

Os quatro objetivos são:

- **O1. Reduzir os impactos socioambientais do sistema de transportes, incluindo a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e interferências sobre áreas protegidas e a biodiversidade, e fortalecer a resiliência e a capacidade adaptativa da infraestrutura frente às mudanças climáticas.**

- **O2. Otimizar os custos da cadeia logística e impulsionar a produtividade e a formação bruta de capital fixo, assegurando a atratividade e a sustentabilidade financeira dos investimentos, de forma a estimular a participação do setor privado.**

- **O3. Promover a redução das desigualdades sociais e regionais, garantindo o acesso a condições dignas e equitativas de transporte para toda a população.**

- **O4. Assegurar a eficiência e a segurança operacional e a integridade física dos usuários do transporte de cargas e passageiros em todos os modos, ampliando a integração física e operacional da malha de transportes.**

Ressalta-se ainda que, além de os objetivos estarem alinhados aos princípios do PLI, esses também são compatíveis e complementares com os demais planos estratégicos do Governo do Estado de São Paulo e com os objetivos nacionais e globais.

Os objetivos do PLI reforçam as diretrizes de sustentabilidade de longo prazo estabelecidas por outros instrumentos de planejamento paulista:

PAC-SP 2050: O PLI-SP 2050 apoia diretamente a missão do PAC 2050 de alcançar a neutralidade de carbono até 2050. Especificamente, o PAC prevê a transferência de cargas para modais menos intensivos em carbono (como ferrovias e hidrovias). O PLI-SP, ao buscar a redução da concentração no modo rodoviário, alinha-se a essa meta de mitigação de GEE.

PEARC: O PLI-SP contribui para a missão do PEARC de aumentar a resiliência do estado e promover a justiça climática frente aos impactos das mudanças climáticas. A Resiliência Climática, que é a capacidade dos sistemas de enfrentar eventos perigosos, é fortalecida pelo O1 do PLI ao exigir o reforço da infraestrutura crítica para suportar estresses climáticos.

ZEE-SP: O ZEE-SP estabelece diretrizes para o desenvolvimento territorial sustentável. O PLI deve integrar suas intervenções ao ZEE, alinhando-se à proteção dos serviços ecossistêmicos e à redução dos desequilíbrios regionais.

PAM-TL: O PLI atua de forma complementar e integrada ao PAM-TL, que foca na Macrometrópole Paulista. O PLI expande a análise para todo o Estado de São Paulo e suas interações regionais, utilizando objetivos de desempenho setorial semelhantes aos do PAM-TL (como eficiência operacional, segurança e integração modal).

O sistema de planejamento do Estado de São Paulo, por meio do PLI, também se articula com as agendas mais amplas do país e da comunidade internacional:

PEE-SP 2050: O PLI-SP 2050 possui correspondência direta com o Plano Estratégico de Energia, uma vez que ambos utilizam instrumentos de política pública para reduzir emissões de carbono e gases causadores do efeito estufa, ambos procuram tornar o Estado o mais eficiente possível sob a ótica energética e ambos procuram promover a resiliência social, econômica e ambiental do Estado em seus diferentes níveis e em suas diferentes regioões.

Plano Nacional de Logística (PNL) 2050: O PNL 2050, em desenvolvimento pelo Ministério dos Transportes (MT), busca incorporar uma avaliação integrada de riscos, impactos e oportunidades socioambientais e de adaptação e mitigação. Os objetivos do PLI se coadunam perfeitamente com essa diretriz, ao incluir indicadores de sustentabilidade, equidade social e resiliência climática. O PNL 2050 consolida-se como um instrumento de gestão integrada do território, o que é replicado pela abordagem abrangente dos objetivos do PLI.

Compromissos Climáticos Nacionais e Globais: A elaboração do PNL 2050 e, por extensão, o marco do PLI, está alinhada com o compromisso do Brasil de avançar em políticas ambientais. A meta de neutralidade de carbono até 2050, compartilhada pelo PAC 2050, está em consonância com o Acordo de Paris e as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC) do Brasil.

Portanto, a formulação dos objetivos do PLI-SP 2050 não é apenas um guia interno, mas uma peça estratégica que garante que o desenvolvimento paulista seja competitivo, inclusivo e ambientalmente responsável, em sintonia com a Agenda 2030 (ODS) e as diretrizes globais de resiliência e descarbonização.

Tabela 4-2 - Marco Lógico aplicado ao PLI

MARCO LÓGICO - PLI				
	CADEIA DE RESULTADOS	**INDICADORES**	**FONTES DE DADOS**	**PREMISSAS**
OBJETIVO GERAL	Fomentar o desenvolvimento regional sustentável por meio da integração e modernização da infraestrutura de transportes de cargas e passageiros, incorporando inovação tecnológica e princípios de inclusão social, visando à redução das desigualdades e à mitigação dos impactos ambientais	I1. Emissões de gases de efeito estufa I2. PIB por município I3. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)	I1.F. Dados de Atividade: Volumes de tráfego (veículos-km) e de transporte (ton-km, pass-km) por tipo de veículo e modal, extraídos dos resultados da alocação de demanda no VISUM. Fatores de Emissão: Compilação de fontes como CETESB, ANP, IPCC, e o GLEC Framework, considerando o tipo de modal, a tecnologia do motor (ex: Euro V, elétrico) e o tipo de combustível. I2.F. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) I3.F. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil	Assegurar a continuidade das políticas públicas de transporte e sustentabilidade, com financiamento estável, participação social efetiva e fortalecimento institucional. Monitorar a evolução dos cenários macroeconômicos e sociais em alinhamento com as projeções oficiais nacionais e estaduais.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	O1. Reduzir os impactos socioambientais do sistema de transportes, incluindo a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e interferências sobre áreas protegidas e a biodiversidade, e fortalecer a resiliência e a capacidade adaptativa da infraestrutura frente às mudanças climáticas.	O1.I1. Influência de infraestruturas de logística e transporte sobre áreas legalmente protegidas O1.I2. Participação Não-Rodoviária de Carga O1.I3. Percentual de participação do modo individual motorizado no transporte de passageiros O1.I4. Indicador de redundância de acessos	O1.I1.F. Brasil. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação — CNUC. Dados vetoriais de infraestrutura de logística e rodoviária O1.I2.F. Matrizes geradas pelo software PTV VISUM O1.I3.F. Matrizes geradas pelo software PTV VISUM O1.I4.F. PTV VISUM; DER/ARTESP; DNIT; ANTT; ANTAQ; IBGE	Apoio político e institucional, engajamento social, estabilidade financeira e coerência entre transporte e fatores socioeconômicos, calibrados em rede. Garantir a continuidade do plano por meio de práticas de governança que promovam coordenação entre instituições, transparência e gestão orientada a resultados para a sociedade.
	O2. Otimizar os custos da cadeia logística e impulsionar a produtividade e a formação bruta de capital fixo, assegurando a atratividade e a sustentabilidade financeira dos investimentos, de forma a estimular a participação do setor privado.	O2.I1. PIB Municipal per capita O2.I2. Emprego médio formal O2.I3. Salário médio	O2.I1.F. IBGE O2.I2.F. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) e	

		O2.I4. Valor adicionado da indústria O2.I5. Taxa de investimento público municipal O2.I6. Endividamento municipal líquido	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED) O2.I3.F. MTE, CAGED O2.I4.F. IBGE O2.I5.F. Secretaria do Tesouro Nacional (STN); Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro (SICONFI) O2.I6.F. STN e SICONFI	
	O3. Promover a redução das desigualdades sociais e regionais, garantindo o acesso a condições dignas e equitativas de transporte para toda a população.	O3.I1. Tempo médio de acesso a serviços essenciais O3.I2. Proporção da população atendida por rodovias pavimentadas ou infraestrutura de outro modal de transporte	O3.I1.F. PTV VISUM; IBGE; secretarias setoriais (SUS, MEC, SSP) O3.I2.F. IBGE; DER/ARTESP; DNIT; ANTT; ANTAQ	
	O4. Assegurar a eficiência e a segurança operacional e a integridade física dos usuários do transporte de cargas e passageiros em todos os modos, ampliando a integração física e operacional da malha de transportes.	O4.I1. Tempo médio de viagem de passageiros por modal O4.I2. Tempo médio de viagem de cargas por modal O4.I3. Acessibilidade Multimodal a Terminais (AMT) O4.I4. Índice de Conectividade Intermodal O4.I5. Taxa anual de óbitos em sinistros de trânsito O4.I6. Taxa anual de sinistros de trânsito com veículos de carga	O4.I1.F1 Matrizes de tempo (skim matrices) geradas pelo software PTV VISUM O4.I2.F1 Matrizes de tempo (skim matrices) geradas pelo software PTV VISUM O4.I3.F. PTV VISUM; ANTT; ANTAQ; ANAC; IBGE O4.I4.F. Arquivos de caminhos (path files) gerados pelo VISUM O4.I5.F. INFOSIGA SP e IBGE O4.I6.F. INFOSIGA SP e Senatran	

Ao longo do desenvolvimento do PLI, outros indicadores devem ser concebidos sob a visão da unicidade do plano. Isto é, são indicadores que não decorrem de um projeto, mas sim da leitura sistêmica do PLI. Os indicadores de avanço devem que apontar o avanço do PLI, avanço físico, medindo os percentuais de conclusão dos principais componentes do plano, avaliados de forma isolada ou agregada; avanço de impactos, traduzido pelos percentuais de resultados obtidos em decorrência do avanço físico; e avanço financeiro, expresso pelos percentuais de execução dos gastos em relação à programação planejada.

Além dos objetivos mencionados na Tabela 4-2, que traduzem a visão normativa do Estado sobre a boa política pública, os empreendimentos devem também ser compreendidos e hierarquizados de acordo com sua factibilidade. Em outros termos, o processo de seleção de componentes do PLI, sua hierarquização temporal ou definição de precedências, bem como seu posterior acompanhamento deve tomar em consideração o custo vinculado àquele benefício, e não somente o benefício em si. Dessa forma, será necessária a definição de indicadores que captem a relação custo x benefício na etapa de hierarquização de projetos.

5. Definição de Indicadores do PLI

Os indicadores estão estruturados de acordo com a metodologia do Marco Lógico (Cap. 3), sendo inicialmente definidos indicadores mais macro, correspondentes ao Objetivo Geral, e indicadores para cada Objetivo Específico.

Para garantir maior organização e rastreabilidade, cada indicador possui um código associado (ex. O1.I1), que estabelecem ligação direta com os objetivos correspondentes, além de fontes de dados que permitem validar e acompanhar os resultados de forma sistemática.

Cada indicador definido neste documento seguirá a estrutura apresentada a seguir, de modo a garantir clareza, padronização e consistência metodológica em sua aplicação:

1. Descrição: descrição detalhada do indicador, de forma específica e objetiva, evitando ambiguidades quanto ao que se pretende medir.

2. Equação: quando aplicável a indicadores quantitativos, deve ser apresentada a fórmula de cálculo utilizada para mensuração, incluindo variáveis e parâmetros considerados.

3. Sinal: indicação se o resultado desejado corresponde a um aumento ou redução do valor do indicador, conforme a lógica de melhoria do desempenho.

4. Unidade de medida: especificação da unidade adotada para o indicador (por exemplo: toneladas, quilômetros, percentual, índice, entre outros).

5. Unidade espacial de abrangência: definição do nível geográfico ou territorial em que o indicador será mensurado.

6. Fonte de dados: identificação das bases de dados, sistemas ou instituições responsáveis por fornecer as informações necessárias à mensuração do indicador.

7. Frequência de atualização: indicação do intervalo de tempo em que o indicador deverá ser atualizado e mensurado novamente (mensal, anual, bienal etc.).

8. Metodologia para construção e análise de cenários: descrição da metodologia a ser utilizada para o cálculo e projeção do indicador em diferentes cenários, contemplando hipóteses e variáveis de análise.

9. Referências: relação das fontes bibliográficas, técnicas ou institucionais utilizadas na definição do indicador, assegurando transparência e rastreabilidade do processo metodológico.

Ressalta-se que, neste primeiro momento, os indicadores ainda não possuem valores calculados para o ano base, mas estes serão definidos posteriormente.

5.1. Indicadores do Objetivo 1 (Sustentabilidade)

I1. Emissões de gases de efeito estufa (Indicador do objetivo geral)

1. Descrição:

O setor de transportes é um dos maiores contribuintes para as emissões de gases de efeito estufa (GEE), sendo o dióxido de carbono (CO_2) o principal produto da queima de combustíveis fósseis. A mensuração das emissões de CO_2 não é apenas uma necessidade para o cumprimento de metas ambientais, como as do Acordo de Paris, mas também um indicador da eficiência energética e da sustentabilidade do sistema de transportes. Uma menor emissão por unidade transportada (tonelada-quilômetro ou passageiro-quilômetro) geralmente implica em maior eficiência energética, menor consumo de combustíveis e, consequentemente, menores custos operacionais.

Para o PLI 2050, este indicador é central para avaliar a aderência do plano aos compromissos de sustentabilidade do Estado de São Paulo e para guiar a transição para uma matriz de transportes de baixo carbono

Quantidade total de emissões de gases de efeito estufa (GEE), expressa em dióxido de carbono equivalente (CO_2eq), geradas pelo transporte de cargas e passageiros no estado de São Paulo.

O indicador mede as emissões associadas aos diferentes modais de transporte, considerando fatores de emissão específicos por tipo de veículo e distância média percorrida. Visa identificar o impacto presente e futuro do sistema de transportes e logística nas emissões brasileiras, relevante para a meta da contribuição nacionalmente determinada (NDC) e a mitigação das mudanças climáticas.

2. Equação:

A emissão total é obtida pela soma das emissões de cada segmento de viagem (i):

$$ECO_2 = \Sigma_i \, (Atividade_i \times Fator\ de\ Emissão_i)$$

Onde:

$Atividade_i$ = Volume de transporte no segmento i

$Fator\ de\ Emissão_i$ = Fator de emissão específico do segmento i (em kg CO_2)

O fator de emissão é calculado a partir dos dados de consumo de combustível e do fator de emissão do combustível:

$$Fator\ de\ Emissão_i = Consumo\ Específico_i \times Fator\ de\ Emissão\ do\ Combustível$$

Exemplo:

(consumo em litros) × (fator de emissão em kg CO_2 por litro) = kg CO_2

3. Sinal: Redução do valor do indicador indica melhoria no desempenho ambiental.

4. Unidade de medida: Toneladas anuais emitidas de CO_2 equivalente (tCO_2eq).

5. Unidade espacial de abrangência: Modal, Corredor, Região Geográfica, Rede Estadual

6. Fonte de dados: Dados de Atividade: Volumes de tráfego (veículos-km) e de transporte (ton-km, pass-km) por tipo de veículo e modal, extraídos dos resultados da alocação de demanda no VISUM. Fatores de Emissão: Compilação de fontes como CETESB, ANP, IPCC, e o GLEC Framework, considerando o tipo de modal, a tecnologia do motor (ex: Euro V, elétrico) e o tipo de combustível.

7. Frequência de atualização: Anual

8. Metodologia para construção e análise de cenários:

A análise de cenários no VISUM permite simular o impacto de diferentes políticas. Por exemplo, um cenário de "Incentivo à Cabotagem" teria como resultado uma alteração na matriz de divisão modal, com mais carga sendo alocada ao modal aquaviário. O modelo calcularia a nova atividade (tkm) em cada modal. Ao aplicar os respectivos fatores de emissão, seria possível quantificar a redução total de CO_2 na rede. Da mesma forma, pode-se simular a renovação da frota de ônibus para veículos elétricos, zerando as emissões locais deste componente.

9. Referências:

- IPCC (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- IPCC (2019). Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- FGVces. Programa Brasileiro GHG Protocol.
- Plano Nacional de Logística (PNL)
- CETESB – Inventário Estadual de Emissões de GEE.
- Brasil. Comunicação Nacional à UNFCCC

O1.I1. Influência de infraestruturas de logística e transporte sobre áreas legalmente protegidas

1. Descrição:

O indicador mede a proporção da Área de influência direta (AID) das infraestruturas de logística e transporte (rodovias, ferrovias, aeroportos, metrôs, terminais logísticos e dutovias) com sobreposição com os limites das unidades de conservação ou outras áreas protegidas.

Visa identificar a interferência do sistema logístico e transporte sobre áreas de importância ambiental de São Paulo, na situação presente e futura. Apresenta associação direta ao traçado e características do empreendimento. As tipologias de unidades de conservação abrangem tanto aquelas vinculadas à proteção da fauna e flora como aquelas vinculadas à povos indígenas e populações tradicionais.

2. Equação:

$$\text{Percentual (\%)} = \sum \frac{\text{Extensão da AID da infraestrutura sobre áreas protegidas}}{\text{Extensão total da infraestrutura analisada}} \times 100$$

3. Sinal: Redução do valor indica melhoria, pois significa menor sobreposição com áreas protegidas.

4. Unidade de medida: Percentual (%).

5. Unidade espacial de abrangência:

Região Geográfica - Estado de São Paulo, desagregado por municípios e ZEE

6. Fonte de dados: Brasil. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação — CNUC e Dados vetoriais de infraestrutura de logística e rodoviária

7. Frequência de atualização:

Anual, dependente da atualização dos cadastros e planos de infraestrutura, assim como dos limites de unidades de conservação.

8. Metodologia para construção e análise de cenários:

A metodologia envolve etapas integradas de geoprocessamento e análise espacial, considerando variáveis como crescimento da malha e criação de novas unidades de conservação. As Ferramentas utilizadas incluem softwares SIG e bases oficiais georreferenciadas. Para cada infraestrutura logística e de transporte considerada será aplicado o parâmetro definido pela CETESB (2024) para determinação da AID de acordo com sua tipologia:

- **Rodovias:** buffer de 500 a 1.000 metros ao longo do traçado.
- **Ferrovias:** buffer de 500 a 1.000 metros ao longo do traçado ou os limites das sub-bacias hidrográficas onde estão inseridos, o que for maior.
- **Dutovias**: buffer de 500 a 800 metros.
- **Aeroportos, metrôs e terminais logísticos**: limites das sub-bacias hidrográficas onde estão inseridos.

Essas áreas são geradas em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), utilizando dados vetoriais das infraestruturas e das sub-bacias, onde será realizado a álgebra de mapas para determinar o percentual de sobreposição dos respectivos buffers com as Unidades de Conservação de todas as esferas, podendo ser segregadas por tipo de unidade.

- Sobrepõe-se as AIDs aos polígonos das unidades de conservação e outras áreas legalmente protegidas identificadas no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação — CNUC. Calcula-se a ocorrência de sobreposição para cada empreendimento.
- Aplica-se a fórmula para obter o percentual de infraestruturas com sobreposição.
- O valor obtido é consolidado por tipologia, por unidade de análise territorial e para o conjunto total.

A partir deste diagnóstico, baseado na configuração vigente das infraestruturas e áreas protegidas, serão elaborados os cenários futuros, nos quais o indicador será recalculado conforme as alterações na infraestrutura.

9. Referências:

- Brasil. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação — CNUC.
- CETESB. Manual para Elaboração de Estudos com AIA.
- Brasil. Lei 9.985/2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC.

O1.I2. Participação Não-Rodoviária de Carga

1. Descrição:

Percentual da carga total transportada no estado de São Paulo que utiliza modais não rodoviários, em relação ao volume total de carga movimentada por todos os modais. O indicador reflete a participação de alternativas menos poluentes, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e outros impactos ambientais associados ao transporte rodoviário.

2. Equação:

$$\text{PNRC (\%)} = \frac{\text{Carga transportada por modais não rodoviários}}{\text{Carga total transportada}} \times 100$$

Onde:

- **Carga transportada por modais não rodoviários** = soma dos volumes movimentados por ferrovia, hidrovia e dutovia (toneladas).
- **Carga total transportada** = soma dos volumes movimentados por todos os modais (rodoviário + não rodoviário).

3. Sinal: Aumento do valor indica melhoria, pois representa maior participação de modais menos poluentes.

4. Unidade de medida: Percentual (%).

5. Unidade espacial de abrangência: Estado de São Paulo, desagregado por municípios ou ZEE

6. Fonte de dados: A fonte primária de dados são as matrizes geradas pelo software PTV VISUM.

7. Frequência de atualização: Anual.

8. Metodologia para construção e análise de cenários:

A metodologia para o cálculo e projeção do indicador envolve etapas integradas de modelagem e análise prospectiva. Para o diagnóstico, utiliza-se o PTV Visum, que permite estimar os volumes de carga transportados por cada modal, com base em pesquisas de origem e destino, dados de infraestrutura e parâmetros operacionais. A linha de base é calculada aplicando-se a fórmula do indicador, considerando os volumes atuais. Portanto, a metodologia consiste na extração e comparação dos resultados das matrizes geradas no PTV Visum para cada cenário (base, prognóstico e propositivo). A análise comparativa do indicador entre os cenários permite quantificar a distribuição modal resultante e avaliar os impactos das alternativas proposta.

O1.I3. Percentual de participação do modo individual motorizado no transporte de passageiros

1. Descrição:

Percentual de viagens de transporte de passageiros realizadas por modo individual motorizado em relação ao total de viagens de passageiros. O indicador mede a predominância do transporte individual, que está associado a maiores emissões de gases de efeito estufa, maior consumo energético e congestionamentos.

2. Equação:

$$\text{PIM (\%)} = \frac{\text{Nº de viagens de passageiros por modo individual motorizado}}{\text{Nº total de viagens de passageiros}} \times 100$$

Onde:

- **Nº de viagens por modo individual motorizado** = viagens de passageiros realizadas por automóveis e motocicletas.
- **Nº total de viagens de passageiros** = soma das viagens por modos individuais e coletivos. Não se considera o modal aéreo.

3. Sinal: Redução do valor indica melhoria, pois representa menor dependência do transporte individual motorizado e maior participação de modos coletivos.

4. Unidade de medida: Percentual (%).

5. Unidade espacial de abrangência: Estado de São Paulo, desagregado por municípios ou ZEE.

6. Fonte de dados: A fonte primária de dados são as matrizes geradas pelo software PTV VISUM.

7. Frequência de atualização: Anual.

8. Metodologia para construção e análise de cenários:

Para a construção dos cenários, serão projetadas as viagens futuras considerando as tendências atuais. Com base no diagnóstico da situação presente e no cenário prognóstico, a equipe desenvolverá cenários propositivos, incorporando diferentes propostas de infraestrutura logística e alterações nas características dos modais.

Essas hipóteses serão integradas à modelagem no PTV Visum, permitindo o reprocessamento da distribuição das viagens individuais e coletivas para cada cenário propositivo.

A metodologia envolve a extração e comparação dos resultados das matrizes geradas no PTV Visum para cada cenário. A análise comparativa do indicador entre os cenários possibilita quantificar a distribuição modal resultante e avaliar os impactos das intervenções propostas.

O1.I4. Indicador de redundância de acessos

1. Descrição:

Mede a robustez da rede de transporte ao quantificar a existência de rotas alternativas independentes entre unidades territoriais e polos de referência. Representa a capacidade do sistema de manter conectividade diante de falhas locais e expressa a resiliência estrutural da rede. Utiliza caminhos disjuntos para mapear pontos de corte e estimar vulnerabilidade. Contribui para orientar investimentos em diversificação modal e continuidade operacional.

2. Equação:

A redundância de cada unidade (i) é dada por:

$$Redun_i = k_i / k_{max}$$

O índice agregado de redundância é obtido pela média ponderada das redundâncias individuais:

$$IR = \Sigma(w_i \times Redun_i) / \Sigma(w_i)$$

Onde:

k_i = número de caminhos disjuntos entre a unidade i e o polo

k_{max} = número máximo de caminhos disjuntos observado no sistema

w_i = peso da unidade i (por exemplo: população, PIB ou demanda)

$Redun_i$ = redundância normalizada da unidade i

IR = índice agregado de redundância do sistema

2. Sinal: Aumentar.

3. Unidade de medida: Índice adimensional (0–1) ou %

4. Unidade espacial de abrangência: Município ou Zona de Transporte.

5. Fonte de dados: PTV VISUM; DER/ARTESP; DNIT; ANTT; ANTAQ; IBGE.

6. Frequência de atualização recomendada: Conforme atualização de rede (≈5 anos).

7. Metodologia para construção e análise de cenários: Aplicar algoritmo de caminhos disjuntos; calcular Redun_i; agregar por pesos w_i; comparar cenários.

8. Referências: FHWA – Network Resilience Indicators;

5.2. Indicadores do Objetivo 2 (Econômico-Produtivo)

I2. PIB por município (Indicador do objetivo geral)

1. Descrição:

O Produto Interno Bruto (PIB) municipal é o principal indicador de atividade econômica de um território e expressa o valor monetário total de todos os bens e serviços finais produzidos dentro dos limites geográficos do município, durante um determinado período, geralmente um ano.

Trata-se de um indicador abrangente e agregador, que sintetiza o resultado do esforço produtivo dos diferentes setores econômicos, agropecuária, indústria, construção civil, comércio, serviços e administração pública.

A mensuração do PIB municipal permite avaliar o dinamismo econômico local, a composição setorial da produção, a dependência de determinadas atividades e o papel do município na economia regional e nacional. Além disso, o PIB municipal é uma variável fundamental para o planejamento territorial e fiscal, pois subsidia decisões sobre políticas públicas, investimentos, infraestrutura e ordenamento produtivo. Seu acompanhamento temporal evidencia o desempenho econômico em resposta a choques exógenos (como crises nacionais ou setoriais) e endógenos (como políticas de desenvolvimento local ou investimentos estruturantes).

2. Equação: PIB = Σ (Valor Adicionado Bruto dos setores) + Impostos líquidos sobre produtos.

3. Sinal: O aumento do PIB indica maior produção e dinamismo econômico; portanto, o sinal desejado é positivo (↑).

4. Unidade de medida: Reais correntes (R$).

5. Unidade espacial de abrangência: Município.

6. Fonte de dados: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

7. Frequência de atualização: Anual.

8. Metodologia para construção e análise de cenários:

A metodologia de construção e análise de cenários para o PIB Municipal baseia-se na utilização de séries históricas do PIB publicadas pelo IBGE, combinadas a variáveis explicativas como crescimento populacional, estrutura setorial e investimentos públicos e privados.

No cenário prognóstico, o indicador será projetado a partir da tendência histórica observada, considerando o comportamento médio da economia municipal e as variações regionais e nacionais.

Nos cenários propositivos, serão incorporados os efeitos esperados de políticas e investimentos que possam influenciar a atividade econômica, como projeções de crescimento ajustadas segundo hipóteses de investimento e produtividade, garantindo consistência com as metas de desenvolvimento regional e sustentabilidade econômica.

9. Referências: Plano Nacional de Logística (PNL) 2025.

O2.I1. PIB Municipal per capita

1. Descrição:

O PIB per capita municipal resulta da divisão do PIB total do município pela população residente no mesmo período. Representa, portanto, a renda média potencial por habitante, ou a produtividade média da economia local em relação à sua população.

Diferentemente do PIB total, que mede o tamanho absoluto da economia, o PIB per capita expressa uma medida relativa de eficiência e bem-estar econômico, permitindo comparações entre municípios de diferentes portes populacionais. Assim, enquanto o PIB indica o "quanto se produz", o PIB per capita indica "quanto se produz por pessoa".

A análise conjunta dos dois indicadores é essencial. Um município pode apresentar PIB elevado, mas PIB per capita baixo, caso sua economia seja grande, porém populosa, o que sugere baixa produtividade média ou elevada desigualdade. Por outro lado, um município com PIB modesto, mas PIB per capita alto, pode indicar atividade econômica intensiva em capital, exportações ou recursos naturais, ainda que com pequena base populacional.

Dessa forma, o PIB per capita permite avaliar níveis de desenvolvimento relativo, capacidade de geração de renda, e eficiência produtiva da economia local, servindo como referência para políticas de atração de investimentos, qualificação da força de trabalho, e planejamento socioeconômico.

2. Equação: PIB per capita = PIB / População

3. Sinal: O aumento do PIB per capita sinaliza crescimento econômico mais acelerado que o crescimento populacional, é esperado sinal positivo (↑).

4. Unidade de medida: Reais por habitante (R$/hab).

5. Unidade espacial de abrangência: Município.

6. Fonte de dados: IBGE.

7. Frequência de atualização: Anual.

8. Metodologia para construção e análise de cenários:

A construção e análise de cenários para o PIB Municipal per capita consideram simultaneamente as projeções de PIB total e de população residente do município. As estimativas partem de séries históricas e projeções oficiais do IBGE, ajustadas conforme hipóteses de crescimento econômico, produtividade e dinâmica demográfica.

No cenário prognóstico, o indicador será projetado com base na tendência histórica do PIB e no crescimento populacional esperado, refletindo a evolução natural da renda média local.

Nos cenários propositivos, serão incorporados os efeitos de políticas e investimentos que possam alterar o padrão de produtividade, geração de emprego e renda.

9. Referências: PNL 2050.

O2.I2. Emprego médio formal

1. Descrição:

O indicador expressa a média anual de vínculos formais de trabalho registrados no município, capturando o grau de dinamismo e formalização do mercado de trabalho local. Representa a capacidade do sistema produtivo em gerar empregos regulares e sustentáveis.

2. Equação: Emprego médio = Σ (vínculos mensais) / 12

3. Sinal: O aumento indica maior absorção de mão de obra formal, o sinal esperado é positivo (↑).

4. Unidade de medida: Número de vínculos empregatícios formais.

5. Unidade espacial de abrangência: Município.

6. Fonte de dados: Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) e Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED).

7. Frequência de atualização: Anual (RAIS) e mensal (CAGED).

8. Metodologia para construção e análise de cenários:

A construção e análise de cenários para o Emprego médio formal baseiam-se em dados históricos da RAIS e do CAGED, considerando a evolução do número de vínculos formais, a estrutura produtiva municipal e as tendências de crescimento econômico.

No cenário prognóstico, as projeções serão elaboradas a partir da tendência observada nas séries históricas, mantendo constantes as condições atuais de investimento, estrutura setorial e nível de atividade econômica.

Nos cenários propositivos, serão incorporados os efeitos esperados de políticas públicas, investimentos e programas de desenvolvimento regional que possam impactar a geração de empregos formais.

9. Referências: Literatura de desenvolvimento econômico.

O2.I3. Salário médio

1. Descrição:

O salário médio representa a remuneração média dos trabalhadores com vínculo formal de emprego em determinado município. É um indicador da renda do trabalho, do poder de compra e da qualidade das ocupações locais, refletindo também o nível de qualificação da força de trabalho.

2. Equação: Salário médio = Σ (remunerações pagas) / número total de vínculos formais.

3. Sinal: O aumento sugere melhora nas condições de remuneração e espera-se sinal positivo (↑).

4. Unidade de medida: Reais correntes (R$).

5. Unidade espacial de abrangência: Município.

6. Fonte de dados: MTE, CAGED.

7. Frequência de atualização: Mensal e Anual.

8. Metodologia para construção e análise de cenários:

A construção e análise de cenários para o Salário médio utilizam dados da RAIS, do CAGED e da PNAD Contínua do IBGE, considerando a evolução histórica da remuneração formal e os fatores que influenciam a renda do trabalho, como produtividade, estrutura setorial e qualificação da mão de obra.

No cenário prognóstico, o indicador será projetado a partir da tendência histórica, corrigida pela inflação e acompanhando o comportamento dos salários reais observados no período recente.

Nos cenários propositivos, serão incorporados os efeitos esperados de políticas de valorização salarial, aumento da produtividade, investimentos em qualificação profissional e mudanças na estrutura econômica local.

9. Referências: Literatura de desenvolvimento econômico.

O2.I4. Valor adicionado da indústria

1. Descrição: O Valor Adicionado Bruto (VAB) da indústria mensura a contribuição do setor industrial, especialmente indústria de transformação e construção, para a geração de riqueza no município. É um componente essencial do PIB e indica o grau de industrialização e a capacidade produtiva local.

2. Equação: VAB = Produção industrial – Consumo intermediário

3. Sinal: O aumento representa maior contribuição industrial à economia municipal. É esperado um sinal positivo (↑).

4. Unidade de medida: Reais correntes (R$).

5. Unidade espacial de abrangência: Município.

6. Fonte de dados: IBGE.

7. Frequência de atualização: Anual.

8. Metodologia para construção e análise de cenários:

No cenário prognóstico, o indicador é projetado conforme as tendências passadas de produção e produtividade industrial, refletindo o comportamento esperado caso não haja novas intervenções públicas ou privadas.

Nos cenários propositivos, incorporam-se os impactos potenciais de políticas industriais, estímulos à inovação, melhoria da infraestrutura logística e incentivos à modernização tecnológica e ambiental, que podem ampliar a produção e o valor agregado local.

9. Referências: Literatura de desenvolvimento econômico.

O2.I5. Taxa de investimento público municipal

1. Descrição:

A taxa de investimento público municipal mede a proporção do orçamento municipal destinada a investimentos (obras, aquisição de equipamentos, infraestrutura e projetos). Indica a capacidade de o município expandir sua infraestrutura e estimular o crescimento econômico.

2. Equação: Taxa = (Investimentos / Despesa total) × 100.

3. Sinal: Não se aplica. Quanto maior o resultado quanto maior a taxa, maior o esforço de investimento público.

4. Unidade de medida: Percentual do orçamento municipal (%).

5. Unidade espacial de abrangência: Município.

6. Fonte de dados: Secretaria do Tesouro Nacional (STN); Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro (SICONFI).

7. Frequência de atualização: Anual.

8. Metodologia para construção e análise de cenários:

No cenário prognóstico, o indicador é projetado conforme o comportamento médio das finanças municipais, mantendo constantes as condições atuais de arrecadação, endividamento e execução orçamentária.

Nos cenários propositivos, incorporam-se os efeitos de políticas de gestão fiscal e programas de investimento público e parcerias com o setor privado que possam ampliar a capacidade de investimento do município. As projeções consideram hipóteses de crescimento da receita, eficiência na execução orçamentária e eventuais restrições de crescimento.

9. Referências: Literatura de finanças públicas.

O2.I6. Endividamento municipal líquido

1. Descrição:

O indicador de endividamento municipal líquido mede a razão entre a dívida líquida do município e sua receita corrente líquida (RCL). Avalia a capacidade de o ente municipal honrar compromissos financeiros e manter sustentabilidade fiscal no longo prazo.

2. Equação: Endividamento = (Dívida líquida / RCL) × 100.

3. Sinal: Menores valores indicam melhor situação fiscal e menor comprometimento do orçamento com o serviço da dívida. O sinal esperado é negativo (↓).

4. Unidade de medida: Percentual da Receita Corrente Líquida (% da RCL).

5. Unidade espacial de abrangência: Município.

6. Fonte de dados: STN e SICONFI.

7. Frequência de atualização: Anual.

8. Metodologia para construção e análise de cenários: No cenário prognóstico, as projeções seguem a tendência observada de endividamento, refletindo a manutenção do atual padrão de arrecadação, despesas e amortizações da dívida.

Nos cenários propositivos, incorporam-se os efeitos de políticas fiscais e financeiras que possam alterar o nível de endividamento, como programas de ajuste fiscal, aumento de receitas próprias, captação de novos financiamentos e execução de investimentos públicos relevantes e melhorias de gestão.

9. Referências: Literatura de finanças públicas.

5.3. Indicadores do Objetivo 3 (Equidade)

I3. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) (Indicador do objetivo geral)

1. Descrição:

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é um indicador sintético que mede o nível de desenvolvimento humano de cada município, combinando três dimensões fundamentais: renda, educação e longevidade. O IDHM busca retratar, de forma integrada, as condições de vida e as oportunidades disponíveis à população local.

A dimensão renda expressa o acesso a recursos materiais e o padrão de consumo médio da população; a educação reflete tanto a escolaridade da população adulta quanto o potencial de aprendizado das novas gerações; e a longevidade mede as condições de saúde e qualidade de vida por meio da expectativa de vida ao nascer.

O índice varia de 0 a 1, sendo que valores mais elevados indicam maior nível de desenvolvimento humano. Sua aplicação permite comparar municípios, identificar desigualdades regionais e acompanhar o impacto de políticas públicas sobre o bem-estar da população. Por integrar variáveis econômicas e sociais, o IDHM constitui uma ferramenta essencial para o planejamento territorial e o monitoramento da equidade e da qualidade de vida.

2. Equação: É a média geométrica dos indicies das três dimensões, para garantir que o avanço em uma delas não compense completamente desempenhos muito baixos em outra.

3. Sinal: Não se aplica. O aumento reflete melhora simultânea das condições de vida, renda e educação.

4. Unidade de medida: Índice variando de 0 a 1.

5. Unidade espacial de abrangência: Município.

6. Fonte de dados: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.

7. Frequência de atualização: Anual.

8. Metodologia para construção e análise de cenários:

No cenário prognóstico, as projeções seguem as tendências históricas das três dimensões, considerando a continuidade das políticas públicas existentes e as taxas observadas de crescimento da renda, da escolarização e da expectativa de vida.

Nos cenários propositivos, incorporam-se os efeitos esperados de políticas sociais e econômicas voltadas à melhoria da educação, saúde e renda, como ampliação do acesso à educação básica e superior, programas de transferência de renda, investimentos em saúde preventiva e promoção da longevidade.

9. Referências: Literatura de desenvolvimento econômico.

O3.I1. Tempo médio de acesso a serviços essenciais

1. Descrição:

Mede o tempo médio necessário para acessar serviços essenciais (saúde, educação, segurança e administração pública), considerando deslocamentos porta-a-ponto de unidades territoriais até o estabelecimento elegível mais próximo. Constitui indicador direto de tempo de acesso e utiliza matrizes de tempo e consultas de menor caminho para cada par origem–serviço, com base em rede multimodal simulada (PTV GROUP, 2024). Integra demanda populacional como peso para refletir a experiência média dos usuários.

2. Equação:

$$T_acesso = (\Sigma i\ p_i \times \min(t(i \rightarrow s))) / (\Sigma i\ p_i)$$

Onde:

i = unidade territorial de origem

S = conjunto de estabelecimentos elegíveis (serviços essenciais)

t(i→s) = tempo mínimo de viagem da origem i até o serviço s

p_i = população ou peso da unidade i

T_acesso = tempo médio de acesso ponderado

3. Sinal: ↓ Menor é melhor.

4. Unidade de medida: Minutos (min)

5. Unidade espacial de abrangência: Município, setor censitário ou Zona de Transporte.

6. Fonte de dados: PTV VISUM; IBGE; secretarias setoriais (SUS, MEC, SSP).

7. Frequência de atualização recomendada: Anual.

8. Metodologia para construção e análise de cenários: Calcular menor caminho para cada i até o s mais próximo; ponderar por p_i; agregar por recorte e cenário.

9. Referências: PTV GROUP – VISUM User Manual; IBGE

O3.I2. Proporção da população atendida por rodovias pavimentadas ou infraestrutura de outro modal de transporte

1. Descrição:

Avalia o grau de cobertura territorial ao medir a proporção da população residente em áreas de influência de rodovias pavimentadas, ferrovias operantes e terminais multimodais. Representa um indicador indireto de acessibilidade física, pois infere o potencial de acesso a partir da proximidade geográfica à infraestrutura.

2. Equação:

%PopAtendida = (Pop_buffer / Pop_total) × 100

Onde:

Pop_buffer = população localizada dentro das áreas de influência

(exemplo: 2 km ao longo de rodovias, 1 km ao longo de ferrovias, 5 km em torno de terminais)

Pop_total = população total do recorte territorial

3. Sinal: ↑ Maior é melhor.

4. Unidade de medida: Percentual (%)

5. Unidade espacial de abrangência: Município ou Zona de Transporte.

6. Fonte de dados: IBGE; DER/ARTESP; DNIT; ANTT; ANTAQ.

7. Frequência de atualização recomendada: Bienal.

8. Metodologia para construção e análise de cenários: Gerar buffers por modal; intersectar com grade populacional; calcular razão Pop_buffer/Pop_total.

9. Referências: OECD – Regional Accessibility Framework;

5.4. Indicadores do Objetivo 4 (Eficiência e Segurança operacional)

O4.I1. Tempo médio de viagem de passageiros por modal

1. Descrição:

O Tempo Médio de Viagem (TMV) mede o tempo médio, em minutos, necessário para realizar um conjunto de deslocamentos entre pares origem-destino (OD), analisado para veículos de passageiros.

O tempo é uma variável fundamental tanto na logística quanto na mobilidade urbana. No transporte de passageiros, o tempo de viagem é um dos principais determinantes

da qualidade de vida, da acessibilidade a oportunidades e da escolha modal (isto é, a opção entre diferentes meios de transporte).

Assim, o TMV constitui um indicador-chave de desempenho do sistema de transportes, pois sintetiza a eficiência com que pessoas e bens se deslocam no espaço.

2. Equação:

A equação fundamental é a média aritmética dos tempos de viagem individuais (t_i) para um conjunto de n viagens:

$$TMV = (\Sigma\ t_i) / n$$

No contexto da modelagem, é mais adequado utilizar uma média ponderada pelo volume de viagens (V_i) entre cada par origem-destino (OD):

$$TMV_ponderado = (\Sigma\ (t_i \times V_i)) / (\Sigma\ V_i)$$

Essa abordagem garante que os pares OD com maior fluxo tenham maior influência no valor final do indicador.

3. Sinal: ↓ Menor é melhor.

4. Unidade de medida: Minutos (min)

5. Unidade espacial de abrangência: Par OD, Corredor Logístico, Modal, Região Geográfica.

6. Fonte de dados: A fonte primária de dados são as matrizes de tempo (skim matrices) geradas pelo software PTV VISUM. Após o processo de alocação de tráfego (a quarta etapa do modelo de transportes), o VISUM calcula os caminhos de custo mínimo entre todas as zonas de tráfego da rede. As matrizes skim são tabelas que sumarizam os custos (incluindo tempo) para cada par OD.

7. Frequência de atualização recomendada: Anual.

8. Metodologia para construção e análise de cenários:

A metodologia consiste na extração e comparação dos resultados das matrizes de tempo do VISUM para cada cenário (base, prognósticos e propositivos). A análise comparativa do indicador entre os cenários quantifica o impacto de intervenções como a construção de um novo trecho rodoviário, a implantação de uma nova linha ferroviária, ou a introdução de pedágio urbano, na eficiência dos deslocamentos. Mapas de diferença (delta maps) podem ser gerados para visualizar geograficamente as áreas mais beneficiadas ou prejudicadas em cada cenário.

9. Referências: PTV GROUP – VISUM User Manual; World Bank – Transport Data Portal; Lomax, T. J., Turner, S. M., & Margiotta, R. (2002). Using Travel Time Measures to Estimate Mobility and Reliability. Texas Transportation Institute; Federal Highway Administration (FHWA). (2025). Travel Time Reliability Measures. U.S. Department of Transportation; Zang, Z., et al. (2022). Travel time reliability in transportation networks: A review of methodological developments. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 143, 103837.; Smatstraffic. (n.d.). Travel time reliability: how to measure and why it is important.

O4.I2. Tempo médio de viagem de cargas por modal

1. Descrição:

Mede o desempenho operacional da rede logística para transporte de cargas ao estimar o tempo médio de deslocamento entre origens e destinos por modal. Integra tempos de percurso simulados e volumes de carga por par O–D.

O Tempo Médio de Viagem (TMV) mede o tempo médio, em minutos, necessário para realizar um conjunto de deslocamentos entre pares origem-destino (OD), analisado para veículos de carga.

O tempo é uma variável fundamental tanto na logística quanto na mobilidade urbana. No transporte de cargas, está diretamente relacionado aos custos de inventário, à confiabilidade da cadeia de suprimentos e à competitividade econômica.

Assim, o TMV constitui um indicador-chave de desempenho do sistema de transportes, pois sintetiza a eficiência com que pessoas e bens se deslocam no espaço.

2. Equação: A mesma do indicador O4.I1.

3. Sinal: ↓ Menor é melhor.

4. Unidade de medida: Minutos (min)

5. Unidade espacial de abrangência: Par OD, Corredor Logístico, Modal, Região Geográfica.

6. Fonte de dados: A mesma do indicador O4.I1.

7. Frequência de atualização recomendada: Anual.

8. Metodologia para construção e análise de cenários: A mesma do indicador O4.I1.

9. Referências: PTV GROUP – VISUM User Manual; World Bank – Transport Data Portal; Lomax, T. J., Turner, S. M., & Margiotta, R. (2002). Using Travel Time Measures to Estimate Mobility and Reliability. Texas Transportation Institute; Federal Highway Administration (FHWA). (2025). Travel Time Reliability Measures. U.S. Department of Transportation; Zang, Z., et al. (2022). Travel time reliability in transportation networks: A review of methodological developments. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 143, 103837.; Smatstraffic. (n.d.). Travel time reliability: how to measure and why it is important;

O4.I3. Acessibilidade Multimodal a Terminais (AMT)

1. Descrição:

Mede o tempo médio de acesso entre unidades territoriais e terminais estratégicos, considerando trajetos viários e conexões intermodais. Calcula a partir de matrizes de tempo/distância associadas aos terminais georreferenciados e pondera por atributos dos terminais.

2. Equação:

O tempo médio ponderado de acesso de uma unidade territorial i aos terminais estratégicos é dado por:

$$AMT_i = (\Sigma_{t \in T} w_t \times tempo(i \rightarrow t)) / (\Sigma_{t \in T} w_t)$$

Onde:

i = unidade territorial (município ou zona)

T = conjunto de terminais estratégicos

tempo(i→t) = tempo de acesso da unidade i ao terminal t

w_t = peso do terminal (ex.: capacidade, hierarquia)

AMT_i = tempo médio ponderado de acesso da unidade i aos terminais

3. Sinal: ↓ Menor é melhor.

4. Unidade de medida: Minutos (min)

5. Unidade espacial de abrangência: Município ou Zona de Transporte.

6. Fonte de dados: PTV VISUM; ANTT; ANTAQ; ANAC; IBGE.

7. Frequência de atualização recomendada: A cada 3 anos ou conforme atualização de rede/terminais.

8. Metodologia para construção e análise de cenários: Calcular tempos i→t com skim do VISUM; definir pesos w_t; agregar por recorte e cenário.

9. Referências: PTV GROUP – VISUM Data Model / Help; IDB;

O4.I4. Índice de Conectividade Intermodal

1. Descrição:

A medição da conectividade em redes é um tema clássico tanto na geografia dos transportes quanto na teoria dos grafos. Por exemplo, Mishra et al. (2012) aplicam conceitos de teoria dos grafos para desenvolver indicadores de conectividade em redes de transporte público. De Langen & Sharypova (2013) focam especificamente na conectividade intermodal, utilizando-a como indicador de desempenho portuário e destacando o papel dos portos como nós estratégicos na rede logística global.

Outros estudos, como Martner & Garcia (2015), propõem metodologias para medir o desempenho de corredores intermodais, combinando métricas de tempo, custo e capacidade.

A abordagem adotada para o PLI 2050 se alinha a essa literatura, ao focar na análise das rotas efetivamente utilizadas pelo modelo. Em vez de apenas considerar a presença física de terminais, o Índice de Conectividade Intermodal (ICI) avalia se esses terminais estão efetivamente gerando rotas multimodais competitivas, oferecendo assim uma medida mais funcional e orientada a resultados.

O ICI é calculado como o percentual de pares origem-destino (OD) relevantes cuja rota de custo mínimo, determinada pelo modelo, envolve a utilização de dois ou mais modais de transporte.

2. Equação:

A equação é uma razão simples, expressa em percentual:

$ICI = (N_{multi} / N_{total}) \times 100$

Onde:

• N_{multi} = Número de pares OD cuja rota ótima utiliza mais de um modal

• N_{total} = Número total de pares OD relevantes na análise (ex: todos os pares OD de carga com fluxo acima de um determinado limiar)

3. Sinal: ↑ Maior é melhor.

4. Unidade de medida: Percentual (%).

5. Unidade espacial de abrangência: Rede, Sistema Multimodal, Macrometrópole Paulista, Estado de São Paulo.

6. Fonte de dados: A fonte de dados são os arquivos de caminhos (path files) gerados pelo VISUM. Após a alocação, o modelo pode exportar um arquivo detalhando, para cada par OD, a sequência exata de arcos (links) e nós (nodes) que compõem a rota de custo mínimo. Um script de pós-processamento é então utilizado para analisar esses arquivos, identificar as transferências modais (que ocorrem em nós específicos, como terminais) e contar quantos pares OD utilizam rotas multimodais.

7. Frequência de atualização recomendada: Anual.

8. Metodologia para construção e análise de cenários:

Este indicador é particularmente poderoso para a análise de cenários. Um cenário que inclua a construção de um novo terminal intermodal ou a redução dos custos de transbordo pode ser simulado. Após a rodada do modelo, o novo ICI é calculado. A comparação do ICI do cenário propositivo com o cenário base quantifica diretamente o impacto do investimento na promoção da multimodalidade. Se um novo terminal não resultar em um aumento do ICI, isso pode indicar que sua localização não é ótima ou que os custos de acesso e transferência ainda são proibitivos.

9. Referências: De Langen, P. W., & Sharypova, K. (2013). Intermodal connectivity as a port performance indicator. Research in Transportation Business & Management, 8, 87-93; Martner, C., & Garcia, G. (2015). Performance measurement for intermodal corridors: a methodological approach. International Transport Forum (ITF-OECD).

O4.I5. Taxa anual de óbitos em sinistros de trânsito

1. Descrição:

A segurança viária está diretamente relacionada aos princípios da sustentabilidade, à economia e ao desenvolvimento regional. Também se integra aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, em especial ao Objetivo 3 (Saúde e Bem-Estar), cuja Meta 3.6 prevê reduzir pela metade o número global de mortes e feridos em sinistros de trânsito.

Diante do cenário mundial, em que mais de um milhão de pessoas morrem anualmente em sinistros de trânsito, o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (PNATRANS) estabelece, para um horizonte de dez anos, a meta de reduzir em pelo menos 50% o índice nacional de mortes no trânsito. O plano está alinhado à Segunda Década de Ação para a Segurança Viária (2021–2030) da ONU e orienta gestores e políticas públicas em ações de prevenção, fiscalização, infraestrutura e educação para o trânsito.

No campo da segurança viária, o PLI está alinhado ao Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do Estado de São Paulo, instituído pelo Decreto Estadual nº 67.430/2022. Essa política orienta o desenvolvimento sustentável do estado e, em sua Diretriz 5, que trata da redução das desigualdades regionais, considera a segurança um fator essencial, monitorado atualmente pela taxa de homicídios. Recomenda-se, contudo, a inclusão de indicadores específicos de segurança viária, para aprimorar a avaliação e aumentar a efetividade das políticas de mobilidade e transporte.

O indicador "Taxa anual de mortes em sinistros de trânsito" segue as diretrizes do PNATRANS e está alinhado aos princípios dos Sistemas Seguros e da Visão Zero, que buscam reduzir as mortes no trânsito.

2. Equação:

$$T = (O \times 100.000) / H$$

Onde,

O = número total de óbitos

H = número total de habitantes.

3. Sinal: Busca a diminuição do indicador (↓).

4. Unidade de medida: Óbitos por 100.000 habitantes.

5. Unidade espacial de abrangência: Agregado ao nível de município.

6. Fonte de dados: Sinistros de trânsito obtidos do INFOSIGA SP (Sistema de Informações Gerenciais de Acidentes de Trânsito do Estado de São Paulo) e população obtida do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

7. Frequência de atualização: Anual.

8. Metodologia para construção e análise de cenários:

A construção e a análise de cenários para a segurança viária no âmbito do PLI seguirão metodologias reconhecidas internacionalmente, com o objetivo de garantir consistência técnica e comparabilidade com padrões globais.

Na projeção de cenários futuros, o cenário prognóstico (situação de inação) permite estimar o número de sinistros com base em modelos temporais que utilizam variáveis socioeconômicas. Já nos cenários propositivos, o número estimado de sinistros será

calculado considerando as ações previstas, por meio da aplicação de fatores de modificação de sinistros (*Crash Modification Factors – CMFs*), disponíveis em fontes especializadas, como o portal *cmfclearinghouse.fhwa.dot.gov*. Nesses casos, aplica-se um coeficiente de redução associado às medidas implementadas, resultando em uma diminuição dos sinistros.

9. Referências: Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito – PNATRANS.

O4.I6. Taxa anual de sinistros de trânsito com veículos de carga

1. Descrição:

O número de sinistros, além de refletir possíveis danos materiais, é um indicador relevante para a gestão logística. Embora o indicador O4.I6 não esteja entre as recomendações do PNATRANS nem de organismos internacionais de segurança viária, que concentram suas diretrizes no modal rodoviário, sua inclusão no PLI tem caráter estratégico. Isso porque os sinistros podem afetar de forma significativa a logística de cargas, ocasionando atrasos, perdas econômicas e redução da eficiência operacional do sistema. Dessa forma, o monitoramento desse indicador é fundamental para identificar e mitigar gargalos logísticos.

2. Equação:

$$T = (S / V) \times 10.000$$

Onde,

S = número total de sinistros

V = número total de veículo

3. Sinal: Busca a diminuição do indicador (↓).

4. Unidade de medida: Sinistros por 10.000 veículos.

5. Unidade espacial de abrangência: Agregado ao nível de município.

6. Fonte de dados: Sinistros de trânsito obtidos do INFOSIGA SP (Sistema de Informações Gerenciais de Acidentes de Trânsito do Estado de São Paulo) e frota obtida da Secretaria Nacional de Trânsito (Senatran).

7. Frequência de atualização: Anual.

8. Metodologia para construção e análise de cenários: Segue a mesma metodologia do O4.I5.

9. Referências: Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito – PNATRANS.

6. Identificação de Metas Potenciais do PLI e Plano de Monitoramento

6.1. Metas Potenciais do PLI

A definição das metas do PLI depende diretamente dos *stakeholders* envolvidos no escopo do plano, uma vez que são eles os responsáveis por estabelecer os resultados que o Estado pretende alcançar ao longo dos horizontes do plano. Com o objetivo de apoiar essa definição, esta seção apresenta metas potenciais, elaboradas com base em planos já existentes e referências anteriores, que servem como ponto de partida para discussão e serão posteriormente ajustadas de acordo com as metas específicas do PLI em questão. Essa abordagem permite alinhar expectativas, garantir consistência com experiências prévias e fornecer subsídios técnicos para que os stakeholders definam metas realistas, mensuráveis e compatíveis com os objetivos estratégicos do plano. Não obstante enfatiza-se que as metas deverão ser resultado das priorizações dos componentes do PLI, isto é, da escolha dos investimentos a serem realizados nos diferentes horizontes até 2050. Neste sentido, as metas serão consolidadas no âmbito do Produto 17, "Hierarquização de Projetos". Por esta razão, os referenciais apresentados devem ser compreendidos como métricas possíveis, mas não definitivas, para o PLI.

Em relação ao Objetivo O1, que busca reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) do sistema de transportes e minimizar os impactos sobre áreas protegidas e a biodiversidade, fortalecendo a resiliência e a capacidade adaptativa da infraestrutura frente às mudanças climáticas, observa-se convergência com planos como PAM-TL, PAC-SP 2050, ZEE-SP e PNL. No horizonte de curto prazo, até 2030, o Estado de São Paulo pretende reduzir as emissões totais de GEE em aproximadamente 17% em relação aos níveis de 2021, passando de cerca de 142 $MtCO_2$ e para 118 $MtCO_2e$, integrando-se ao compromisso do Estado na campanha Race to Zero, promovida pela ONU. No longo prazo, até 2050, o objetivo é alcançar a neutralidade de emissões líquidas (Net Zero), implicando uma redução de 68% nas emissões absolutas em comparação com 2021 e cerca de 79% em relação ao cenário tendencial sem ações de mitigação. Entre as metas complementares destacam-se o investimento em modos de transporte de menor emissão, o aumento da eficiência do transporte de cargas e passageiros, e a prevenção de interferências em áreas ambientalmente protegidas. Especificamente, o PAC-SP 2050 estabelece a redução de 30% nos quilômetros rodados por caminhões pesados até 2050, com etapas intermediárias de 10% até 2030 e 20% até 2040, e a diminuição de 30% nos quilômetros percorridos por veículos particulares até 2050, por meio da transferência de viagens para transporte público e modos ativos. Além disso, busca-se ampliar a confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade do sistema, com metas quantitativas de resiliência a serem detalhadas em estudos setoriais.

O Objetivo O2 visa otimizar os custos da cadeia logística, impulsionar a produtividade e a formação bruta de capital fixo, assegurar a atratividade e a sustentabilidade financeira dos investimentos e estimular a participação do setor privado. As metas relacionadas incluem o fortalecimento econômico e institucional do setor de transportes, melhoria de indicadores de desenvolvimento humano, ampliação do emprego formal, aumento do rendimento médio do trabalho e promoção de retornos atrativos aos investimentos privados. Busca-se reduzir a dependência de subsídios públicos, aumentar a autossuficiência financeira dos sistemas de transporte e garantir sustentabilidade econômica e fiscal. O ZEE-SP enfatiza o desenvolvimento econômico sustentável, com foco na competitividade regional, redução das disparidades intraestaduais e transição para práticas produtivas sustentáveis, em

consonância com os ODS 8 e 9. Metas específicas incluem diversificação econômica, ampliação da produtividade com inovação tecnológica, fortalecimento da economia verde e melhorias em indicadores de desenvolvimento humano, sem comprometer o meio ambiente. O PAM-TL complementa essas diretrizes com indicadores e metas concretas de custo logístico, eficiência de investimentos e retorno atrativo para o setor privado, buscando maior integração entre investimentos públicos e privados e aumento da eficiência econômica de projetos de transporte.

O Objetivo O3 concentra-se na redução das desigualdades sociais e regionais e na garantia de acesso equitativo e digno ao transporte. As metas priorizam a melhoria das condições de mobilidade e acessibilidade, redução do tempo médio de deslocamento, diminuição dos desequilíbrios regionais e ampliação da conectividade entre territórios. O PNL e o ZEE-SP preveem a universalização do acesso a transporte de qualidade, ampliando cobertura e atendimento, em consonância com metas de universalização de serviços essenciais em outros setores, como o saneamento. O PAM-TL estabelece indicadores e metas relacionadas ao conforto dos passageiros, regularidade e pontualidade do serviço e expansão do atendimento à população, promovendo um sistema acessível, eficiente e confiável.

O Objetivo O4 busca assegurar a eficiência e a segurança operacional, bem como a integridade física dos usuários em todos os modos de transporte, ampliando a integração física e operacional da malha de transportes. As metas do PAM-TL incluem a redução do tempo de deslocamento urbano, diminuição de congestionamentos, expansão da integração multimodal e redução de sinistros, além da melhoria da segurança logística no transporte de cargas.

Por fim, muitas das metas apresentadas nos planos de referência não possuem valores numéricos definidos para os horizontes, limitando-se a indicar se o interesse é aumentar, reduzir ou manter. Dessa forma, as metas do PLI serão definidas nos próximos passos em conjunto com os stakeholders envolvidos, garantindo alinhamento com os objetivos estratégicos do plano e viabilidade de implementação.

6.2. Plano de Monitoramento

O monitoramento sistemático do Plano de Logística e Investimento do Estado de São Paulo (PLI) é essencial para assegurar que sua execução se mantenha alinhada aos objetivos estratégicos definidos. Por meio de indicadores de desempenho estabelecidos e vinculados a cada objetivo, torna-se possível acompanhar o progresso das ações implementadas, avaliar a eficácia das iniciativas e identificar, de forma tempestiva, eventuais desvios ou necessidades de ajuste. Ademais, um plano de monitoramento bem estruturado promove a transparência e a prestação de contas junto à sociedade e aos órgãos envolvidos, fornecendo evidências concretas dos resultados alcançados e embasando a tomada de decisão ao longo de todo o horizonte do plano.

Em alinhamento com as diretrizes e metas discutidas nos capítulos anteriores, define-se a seguir um conjunto de indicadores-chave do PLI. Cada indicador está diretamente associado a um objetivo estratégico do plano e possui especificações claras quanto à unidade de medida, fontes de dados primária e secundária, periodicidade de coleta e responsável pela obtenção e processamento dos dados. Dessa forma, garante-se que o acompanhamento seja padronizado e integrado, facilitando a consolidação das informações e a avaliação contínua do desempenho do PLI. A Tabela 6-1 apresenta os principais indicadores propostos para o monitoramento do PLI, com seus respectivos detalhamentos.

Tabela 6-1 – Mecanismos de Monitoramento do PLI

Indicador	Objetivo Estratégico	Unidade de Medida	Fonte de Dados Primária	Fonte de Dados Secundária	Periodicidade	Responsável (Coleta e Processamento)	Meta (Fonte Secundária)
Emissões de Gases de Efeito Estufa no transporte	Objetivo Geral: Desenvolvimento regional sustentável	Toneladas de CO_2 equivalente por ano (tCO_2eq/ano)	Modelos de demanda (ex.: PTV VISUM) – volumes de transporte	Inventários de emissões (CETESB, IPCC etc.) – fatores de emissão	Anual	Órgão Gestor do PLI / SEMIL (cooperação: CETESB)	Sim – PAC 2050: reduzir 17% (2030 vs 2021) e emissões líquidas neutras em 2050
PIB por município	Objetivo Geral: Desenvolvimento regional sustentável	R$	IBGE – PIB municipal		Anual	Órgão Gestor do PLI	Não
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)	Objetivo Geral: Desenvolvimento regional sustentável	Índice (0 a 1)	Atlas do Desenvolvimento Humano (PNUD/IPEA) – dados de educação, renda, longevidade	IBGE – Censos Demográficos	Anual (estimativa com base censitária)	Órgão Gestor do PLI	Não
Influência de infraestruturas de logística e transporte sobre áreas legalmente protegidas	Objetivo 1 (Sustentabilidade Ambiental)	Quilômetros de infraestrutura em áreas protegidas (km)	Mapas vetoriais de infraestrutura logística (rodovias, ferrovias etc.)	Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC) – mapas de áreas protegidas	Bienal	Órgão Gestor do PLI / SEMIL (gestão ambiental)	Não
Participação do transporte não rodoviário de cargas	Objetivo 1 (Sustentabilidade Ambiental)	Porcentagem da matriz de transporte de cargas (%)	Matrizes de fluxos de carga – PTV VISUM	Estatísticas setoriais (DER/ARTESP, ANTT, ANTAQ, DNIT)	Anual	Órgão Gestor do PLI / DER-ARTESP (apoio federal)	Não (aumento qualitativo previsto no PAM-TL, sem meta numérica)
Participação do modo individual motorizado (passageiros)	Objetivo 1 (Sustentabilidade Ambiental)	Porcentagem das viagens de passageiros (%)	Pesquisas de mobilidade e matrizes de transporte (PTV VISUM)	Dados de trânsito e transporte (agências est. e munic.)	Bienal	Órgão Gestor do PLI / Secretarias Estaduais e Municipais de Transportes	Não (diretriz de redução do transporte individual na MMP, sem meta específica)
Indicador de redundância de acessos	Objetivo 1 (Sustentabilidade Ambiental)	Índice de redundância (adimensional)	Análise de rede de transportes (PTV VISUM)	Mapas de infraestrutura de transportes (DER, DNIT etc.)	A cada 4 anos	Órgão Gestor do PLI / DER (planejamento de transportes)	Não
PIB per capita por município	Objetivo 2 (Desenvolvimento Econômico-Produtivo)	R$ por habitante ao ano (R$/hab.ano)	IBGE – PIB municipal e população;		Anual	Órgão Gestor do PLI	Não

Indicador	Objetivo Estratégico	Unidade de Medida	Fonte de Dados Primária	Fonte de Dados Secundária	Periodicidade	Responsável (Coleta e Processamento)	Meta (Fonte Secundária)
Emprego médio formal	Objetivo 2 (Desenvolvimento Econômico-Produtivo	% (vínculos formais de emprego / população total)	MTE – RAIS, CAGED (vínculos formais)	IBGE – população residente	Anual	Órgão Gestor do PLI	Não
Salário médio	Objetivo 2 (Desenvolvimento Econômico-Produtivo	R$	MTE , CAGED (vínculos formais)		Anual	Órgão Gestor do PLI	Não
Valor adicionado da indústria	Objetivo 2 (Desenvolvimento Econômico-Produtivo	% (PIB industrial / PIB total)	IBGE – PIB municipal por setores	Dados setoriais (CNI/FIESP)	Anual	Órgão Gestor do PLI	Não
Taxa de investimento público municipal e endividamento municipal líquido	O Objetivo 2 (Desenvolvimento Econômico-Produtivo	Percentual (%) – Investimento: % do orçamento; Dívida: % da RCL	STN – SICONFI (dados financeiros municipais)		Anual	Órgão Gestor do PLI	Não
Tempo médio de acesso a serviços essenciais	Objetivo 3 (Equidade Social e Regional)	Minutos por deslocamento (min)	Modelagem de acessibilidade (PTV VISUM)	Base de dados georreferenciada de instalações (saúde, educação, segurança etc.)	A cada 4 anos	Órgão Gestor do PLI / Secretarias Estaduais Setoriais (Saúde, Educação, Segurança, etc.)	Não
Proporção da população atendida por rodovias pavimentadas ou infraestrutura de outro modal de transporte	Objetivo 3 (Equidade Social e Regional)	Porcentagem da população (%)	Dados demográficos e territoriais (IBGE)	Mapas de rede de transportes (DER, DNIT, ANTT, ANTAQ)	A cada 4 anos	Órgão Gestor do PLI / DER e Agências Federais de Transporte	Não
Tempo médio de viagem de passageiros por modal	Objetivo 4 (Eficiência e Segurança Operacional)	Minutos por viagem (min)	Matrizes de tempo de viagem (PTV VISUM)	Monitoramento de tráfego e operação (concessionárias, EMTU, etc.)	Bienal	Órgão Gestor do PLI / Operadoras de Transporte (concessionárias rodoviárias, metroferroviárias)	Não
Tempo médio de viagem de cargas por modal	Objetivo 4 (Eficiência e Segurança Operacional)	Horas por viagem (h)	Matrizes de tempo de viagem (PTV VISUM)	Sistemas de rastreamento de frota (GPS) e dados de empresas	Bienal	Órgão Gestor do PLI / Operadores Logísticos (empresas de transporte)	Não
Índice de Conectividade Intermodal	Objetivo 4 (Eficiência e Segurança Operacional)	Índice de conectividade (0 a 1)	Análise de malha de transportes (PTV VISUM – arquivos de caminhos)	Mapas e dados de infraestrutura intermodal	A cada 4 anos	Órgão Gestor do PLI / SEMIL (integração modal)	Não

Indicador	Objetivo Estratégico	Unidade de Medida	Fonte de Dados Primária	Fonte de Dados Secundária	Periodicidade	Responsável (Coleta e Processamento)	Meta (Fonte Secundária)
Taxa anual de óbitos em sinistros de trânsito	Objetivo 4 (Eficiência e Segurança Operacional)	Óbitos por 100.000 habitantes (por ano)	Sistema INFOSIGA SP – registros de acidentes de trânsito	IBGE – população (cálculo da taxa)	Anual	INFOSIGA SP / Órgão Gestor do PLI	Sim – Meta ONU (Década de Ação 2021-2030): reduzir 50% das mortes no trânsito até 2030
Taxa anual de sinistros de trânsito com veículos de carga	Objetivo 4 (Eficiência e Segurança Operacional)	Sinistros por 10.000 veículos de carga (por ano)	Sistema INFOSIGA SP – acidentes (filtragem por tipo de veículo)	Senatran – frota de veículos de carga (base para taxa)	Anual	INFOSIGA SP / Órgão Gestor do PLI	Não (abrangido pela meta geral de redução de 50% dos acidentes, sem meta específica para cargas)

7. Metodologia para construção e análise de cenários

A metodologia para construção e análise de cenários no âmbito do PLI foi apresentada ao longo do capítulo 5, em conjunto com a descrição de cada indicador. Dessa forma, cada indicador possui procedimentos próprios de projeção, cálculo e interpretação, adequados às suas características e finalidades.

Para a elaboração dos cenários do PLI, devem ser observadas as metodologias já descritas individualmente, garantindo consistência técnica, comparabilidade entre indicadores e coerência na construção dos cenários integrados. Assim, a análise de resultados futuros deve seguir os parâmetros, premissas e métodos previamente estabelecidos, assegurando que as projeções do PLI reflitam as tendências e os possíveis efeitos das ações propostas.

8. Considerações finais

O presente documento, Produto D7 – Concepção da Visão do Sistema Logístico Multimodal, apresentou de forma estruturada a metodologia aplicada à formulação da visão do PLI, com base no Marco Lógico (*Logical Framework*). Essa abordagem permitiu organizar os elementos do plano de maneira consistente, definindo o objetivo geral e os objetivos específicos a partir dos princípios orientadores do PLI: sustentabilidade ambiental e econômica, equidade social, desenvolvimento regional e setorial, inovação tecnológica, eficiência operacional e construtiva e conectividade entre os modos de transporte.

A construção da matriz do Marco Lógico consolidou-se como uma ferramenta para a gestão do plano, ao estabelecer indicadores, fontes de dados e pressupostos que orientarão o monitoramento e a avaliação das ações/produtos. Essa matriz será periodicamente revisada e aprimorada ao longo da execução do PLI, de modo a assegurar sua aderência aos objetivos estratégicos e a eficiência na gestão do plano.

Ao longo deste documento, também foi conduzido um benchmarking abrangente com os principais planos do Estado, o que permitiu identificar boas práticas, possíveis indicadores e referências de metas aplicáveis ao contexto do PLI. Para cada objetivo, foram definidos indicadores específicos e as respectivas metodologias para construção e análise de cenários, que permitirão monitorar a evolução do plano e avaliar o alcance dos resultados esperados.

Os objetivos geral e específicos definidos constituem a base para a seleção dos indicadores estratégicos apresentados neste Produto D7, que serão fundamentais para o monitoramento do desempenho e da efetividade das ações previstas. À medida que forem definidos os projetos e programas a serem incorporados ao PLI, bem como a metodologia de hierarquização dos empreendimentos, será possível propor um conjunto adicional de indicadores que mantenha coerência com aqueles aqui estruturados e que reflita, de forma integrada, os princípios orientadores do plano.