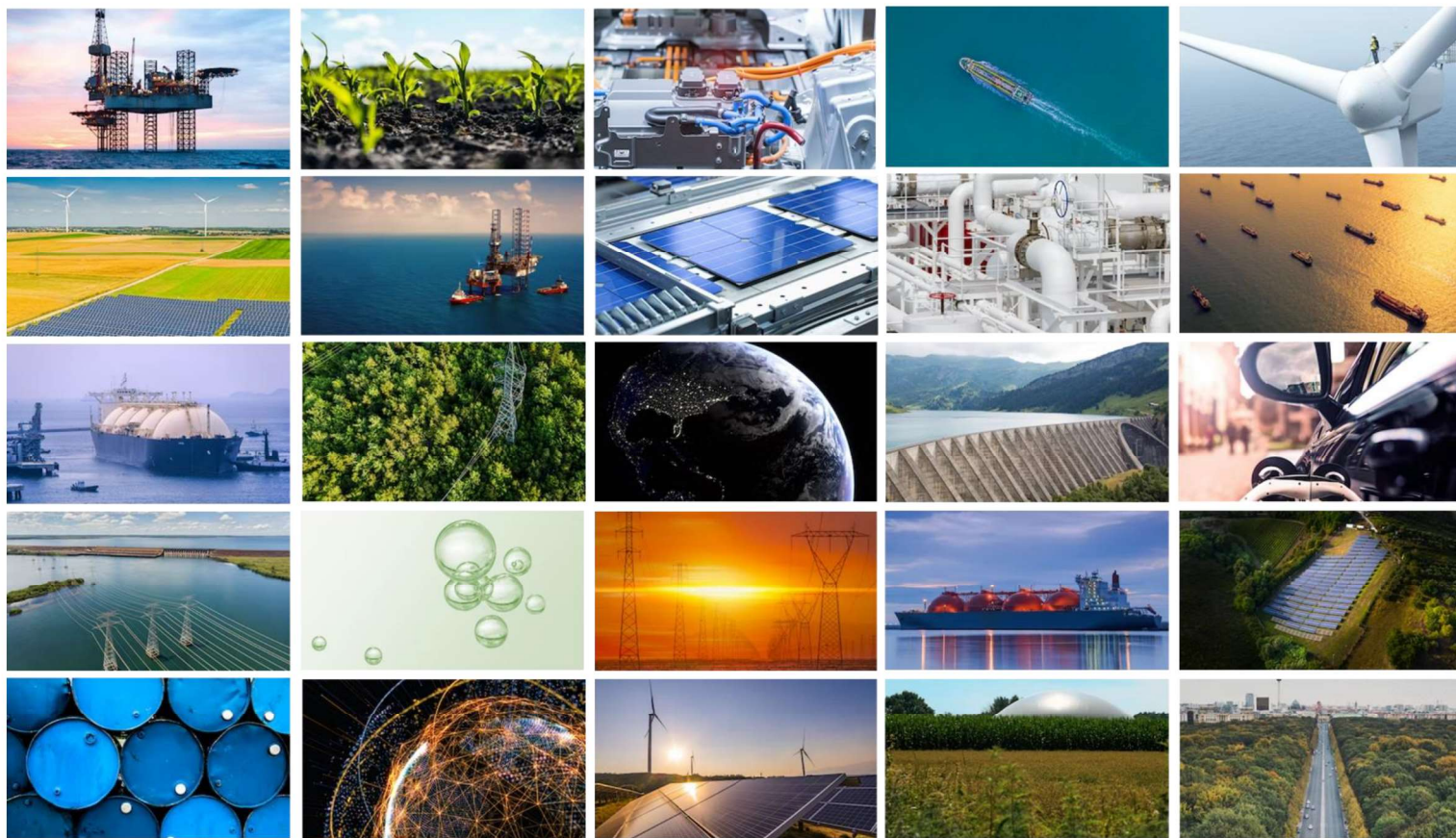


Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente - SIMA



PLANO ESTADUAL DE ENERGIA 2050

(RACE TO ZERO / RACE TO RESILIENCE)

Sumário Executivo

VERSÃO PRELIMINAR PARA APRESENTAÇÃO NA COP 27

Novembro de 2022



São Paulo, Novembro de 2022

Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente - SIMA

Secretário de Infraestrutura e Meio Ambiente

Fernando Barrancos Chucre

Secretário Executivo de Infraestrutura e Meio Ambiente

José Amaral Wagner Neto

Subsecretário de Infraestrutura

Cassiano Quevedo Rosas de Ávila

Subsecretário de Meio Ambiente

Eduardo Trani

Equipe Técnica – SIMA

José Ricardo Amorim

Ricardo Cantarani (Coordenação)

Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo - FUSP

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP

Coordenador Geral

Prof. Dr. Dorel Soares Ramos

Sub-Coordenação Técnica

Dr. Roberto Castro

Sub-Coordenação – Integração e Interface

Ubiratan Francisco Castellano

Conselho de Consultores Sênior

Prof. Dr. José Sidnei Colombo Martini

Prof. Dr. Antonio Marcos de Aguirra Mazzola

Grupo de Trabalho Visão de futuro tecnológico e temas disruptivos

Ceres Zenaide Barbosa Cavalcanti - Lider

Ricardo Lima

Leonardo Ivo

Lucas Pimes

Grupo de Trabalho Cenários econômicos, considerações sobre a produtividade da economia

Roberto Castro - Lider

Dorel Soares Ramos

Mateus Henrique Balan

Laís Domingues Leonel

Grupo de Trabalho Cenários de demanda e de oferta, considerando o Potencial de recursos energéticos em 2050

Dorel Soares Ramos - Lider

Roberto Castro

Mateus Henrique Balan

Martin Melo Dias

Pedro Souza Rosa

Grupo de Trabalho Biomassa, Biocombustíveis e Resíduos Sólidos Urbanos

Margareth de Cássia Oliveira Pavan - Lider

Aline Homrich

Pedro Rosa

Grupo de Trabalho Disponibilidade hídrica e usos múltiplos

Luís Fernando Nogueira - Lider

Dorel Soares Ramos

Mateus Henrique Balan

Cosme Rodolfo dos Santos

Roberto Castro

Grupo de Trabalho Eólica Offshore

Luiz Armando Steinle Camargo - Lider

Martin Melo Dias

Grupo de Trabalho Usinas Híbridas

Luiz Armando Steinle Camargo - Lider

Laís Domingues Leonel

Grupo de Trabalho Eletromobilidade

Rafael Herrero Alonso - Lider

Dorel Soares Ramos

Ubiratan Francisco Castellano

Grupo de Trabalho Mecanismos de Carbono

Fernando Almeida Prado - Lider

Fabiana Viana

Grupo de Trabalho Hidrogênio Verde e novas gerações de combustíveis

Ennio Peres da Silva - Lider

Carla Kazue Nakao Cavaliero

Kalyne Silva Brito

Matheus Henrique Baesso

Grupo de Trabalho Balanço de Emissões

Munir Y. Soares - Lider

Fabio A. Diuana

Luiz Bernardo Baptista

Taísa Nogueira

Grupo de Trabalho Mudanças Climáticas

José Wanderley Marangon Lima - Lider

Michelle Simões Reboita

Grupo de Trabalho Participação do Gás Natural / Petróleo e Derivados

Edmilson Moutinho dos Santos - Lider

Hirdan Katarina de Medeiros Costa

Denis Martins Fraga

Julio Nishida

Karen Kristensen

Thiago Luis Felipe Brito

Grupo de Trabalho Eficiência Energética

André Luiz Veiga Gimenes - Lider

Vinícios Oliveira Silva

Miguel Edgar Morales Udaeta

Grupo de Trabalho Resposta da Demanda e Redes Inteligentes

Cyro Vicente Boccuzzi - Lider

Grupo de Trabalho Resposta da Demanda e Recursos energéticos distribuídos

Mateus Sabino Viana – Lider

Rafael Herrero Alonso

Dorel Soares Ramos

Sumário

1	Introdução	7
2	Política Energética do Estado de São Paulo	9
2.1	Diagnóstico: identificação dos temas estratégicos do Estado	9
2.2	Visão de Futuro: Tendências e transição energética	10
2.3	Posicionamento: Política de Inovação	11
3	Cenários econômicos, considerações sobre a produtividade da economia	13
3.1	Diagnóstico	13
3.2	Visão de Futuro	13
3.3	Posicionamento	15
4	Cenários de oferta e demanda dos energéticos de interesse	17
4.1	Diagnóstico	17
4.2	Visão de Futuro	17
4.2.1	Classe Residencial	17
4.2.2	Classe Comercial – CC	17
4.2.3	Classe Industrial – CI	18
4.2.4	Classe Outros – CO	19
4.2.5	Conclusão da Visão de Futuro	19
4.3	Posicionamento	20
5	Biomassa, Biocombustíveis e Resíduos	22
5.1	Diagnóstico	22
5.2	Visão de Futuro	22
5.3	Posicionamento	25
6	Disponibilidade hídrica e usos múltiplos	27
6.1	Diagnóstico	27
6.2	Visão de Futuro	27
6.3	Posicionamento	28
7	Eólica Offshore	30
7.1	Diagnóstico	30
7.2	Visão de Futuro	31
7.3	Posicionamento	32
8	Projetos Híbridos	34
8.1	Diagnóstico	34
8.2	Visão de Futuro	35
8.3	Posicionamento	36
9	Eletromobilidade	38
9.1	Diagnóstico	38

9.2	Visão de Futuro	38
9.3	Posicionamento.....	39
10	Mecanismos de Carbono.....	41
10.1	Diagnóstico.....	41
10.2	Visão de Futuro	41
10.3	Posicionamento.....	42
11	Hidrogênio Verde e novas gerações de combustíveis	44
11.1	Diagnóstico.....	44
11.2	Visão de Futuro	44
11.3	Posicionamento.....	45
12	Balanço de Emissões	47
12.1	Diagnóstico.....	47
12.2	Visão de Futuro	48
12.3	Posicionamento.....	49
13	Mudanças Climáticas.....	51
13.1	Diagnóstico.....	51
13.2	Visão de Futuro	51
13.3	Posicionamento.....	53
14	Participação do Gás Natural / Petróleo e Derivados.....	55
14.1	Diagnóstico.....	55
14.2	Visão de Futuro	55
14.3	Posicionamento.....	56
15	Eficiência Energética	58
15.1	Diagnóstico.....	58
15.2	Visão de futuro.....	58
15.3	Posicionamento.....	59
15.4	Recomendações Gerais	60
16	Resposta da Demanda e Redes Inteligentes	61
16.1	Diagnóstico.....	61
16.2	Visão de Futuro	61
16.3	Posicionamento.....	62
17	Resposta da Demanda e Recursos energéticos distribuídos.....	64
17.1	Diagnóstico.....	64
17.2	Visão de Futuro	64
17.3	Posicionamento.....	66
18	Consolidação das Recomendações	68

1 Introdução

O Governo do Estado de São Paulo tem trabalhado ativamente para o desenvolvimento de ações que envolvem a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente. Nesse contexto, criou, no ano de 1995 a atual Divisão de Mudanças Climáticas e Acordos Multilaterais da CETESB cujo objetivo é oferecer suporte às ações que possam emergir de compromissos oriundos de acordos internacionais, como o Protocolo de Montreal (1989) e a Convenção Quatro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (1992). Essa divisão coordena os programas PROZENESP e PROCLIMA da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA), criados por meio de resoluções publicadas no ano de 1995.

No ano de 2009 foi instituída a Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC), por meio da Lei Estadual nº 13.798, cujo conteúdo e regulamentação são aderentes à Convenção do Clima da ONU e à Política Nacional sobre Mudanças do Clima.

No âmbito da PEMC, existem diversas metas ambientais e de sustentabilidade como, por exemplo, metas de redução de emissões de gases de efeito estufa, pelo Estado de São Paulo. Para que parte desses objetivos pudessem ser atendidos, o Estado, por meio do Conselho Estadual de Política Energética, aprovou, no ano de 2012, o Plano Paulista de Energia 2020, cujos objetivos eram elevar para 69% a participação das energias renováveis na matriz energética do Estado até o ano de 2020, além de estimular o uso racional e eficiente da energia em todos os setores da economia.

Dentre os produtos mais recentes da PEMC, a SIMA coordenou o Projeto Trajetórias de Descarbonização, Fase I (2019 – abril 2021). O projeto foi promovido pelo *Climate Group/Under 2 Coalition* e identificou, nesse período, 12 ações prioritárias para a mitigação de 30% das emissões de gases de efeito estufa no Estado. A Fase II do projeto considerou elaborar uma ferramenta de cálculo que permitisse avaliar o alcance dessas ações, com foco na neutralidade de emissões (NetZero 2050).

Ainda nesse contexto, o Estado de São Paulo aderiu às campanhas globais da ONU/UNFCCC *Race to Zero* e *Race to Resilience*, por meio do Decreto nº 65.881, com foco em zerar as emissões líquidas de gases de efeito estufa até o ano de 2050. Estabeleceu-se, portanto, o Plano de Ações Climáticas (PAC/SP) (NetZero 2050) de São Paulo, no ano de 2021.

Por meio desse plano, o Estado de São Paulo busca estabelecer novas metas e soluções tecnológicas que considerem o uso de energias renováveis, a restauração florestal, agricultura de baixo carbono, bioeconomia, proteção da biodiversidade, controle e prevenção da poluição, qualidade do ar, transportes sustentáveis, segurança hídrica, saneamento ambiental, municípios resilientes e cidades sustentáveis.

Considerando esse cenário, a SIMA, por meio do seu secretário e subsecretário de infraestrutura, estabeleceu o Projeto do Plano Estadual de Energia 2050 (PEE/SP), cujo objetivo principal é planejar o setor energético do Estado (lados da oferta e da demanda) com foco na neutralidade do CO₂ nos setores prioritários da economia do Estado, sempre em consonância com os programas *Race to Zero* e *Race to Resilience* da ONU.

O Plano Estadual de Energia 2050 está em construção pela SIMA por meio de uma parceria com a Universidade de São Paulo e busca soluções tecnológicas factíveis para o uso eficiente da energia e para a transição energética, tanto pelo lado da oferta, quanto pelo lado da demanda, nos setores prioritários da economia do Estado de São Paulo.

É importante frisar que essa parceria conta com quase duas dezenas de especialistas e pesquisadores de diversas áreas e que o trabalho é realizado sob a supervisão da SIMA. As frentes de trabalho são:

- Visão de futuro tecnológico / Tendências em temas disruptivos;
- Cenários econômicos, considerações sobre a produtividade da economia;
- Cenários de oferta e demanda dos energéticos de interesse;
- Biomassa, Biocombustíveis e Resíduos;
- Disponibilidade hídrica e usos múltiplos;
- Eólica “Offshore”;
- Projetos Híbridos;
- Eletromobilidade;
- Mecanismos de Carbono;
- Hidrogênio Verde e novas gerações de combustíveis;
- Balanço de Emissões;
- Mudanças Climáticas;
- Participação do Gás Natural / Petróleo e Derivados;
- Eficiência Energética;
- Resposta da Demanda e Redes Inteligentes;
- Resposta da Demanda e Recursos energéticos distribuídos.

2 Política Energética do Estado de São Paulo

2.1 Diagnóstico: identificação dos temas estratégicos do Estado

Historicamente, os pilares do setor de energia nacional são: a modicidade, a segurança energética e a universalização do acesso. Os mesmos três pilares contribuem para embasar as políticas estaduais no Brasil. Sob o contexto do PEE/SP, a busca por competitividade, que incorpora a modicidade tarifária, deve ser vista objetivando um equilíbrio do hoje com o futuro. Isto é, investimentos em tecnologias iniciais podem ser mais caras hoje, porém no futuro podem trazer menor impacto ambiental e social, além de maior garantia de atendimento da demanda à menores custos.

O pilar de segurança energética, por sua vez, compreende a necessidade de atendimento da demanda por meio do planejamento e execução de ações de provimento de infraestrutura e otimização do sistema. A universalização de acesso, fator fundamental para o desenvolvimento da sociedade moderna, é entendida como parte da sustentabilidade, a qual deve contemplar o equilíbrio do tripé ambiental, social e econômico.

Como a energia impacta em toda a economia, estes três pilares, Competitividade, Segurança Energética e Sustentabilidade, fundamentam a busca por uma energia mais competitiva, módica e segura, de forma a garantir o atendimento à demanda, respeitando as questões social, ambiental e econômica.

Conforme mencionado, o PAC/SP definiu como principal diretriz para o PEE “Alcançar a neutralidade de emissões de gases de efeito estufa até o ano de 2050”.

Sobre isso, a Figura 1 apresenta uma correlação entre os respectivos setores, as fontes energéticas e as emissões de CO₂ observadas nesses setores.

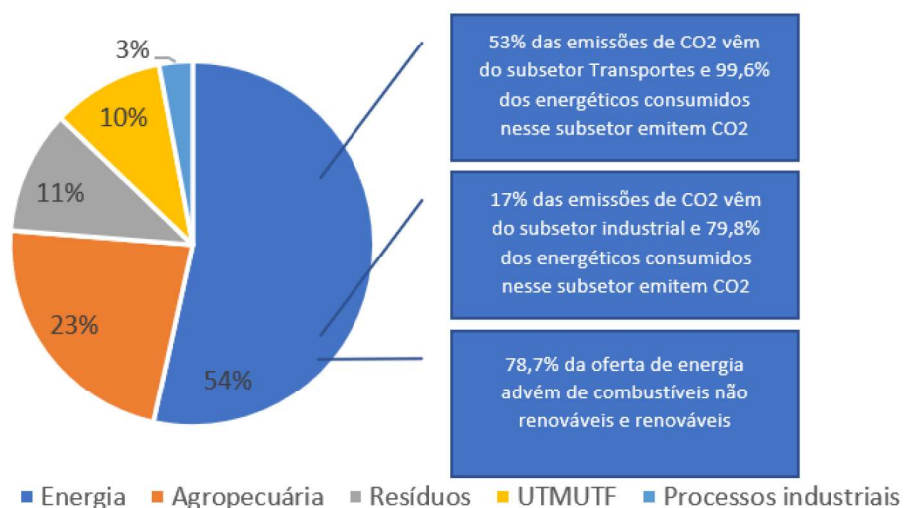
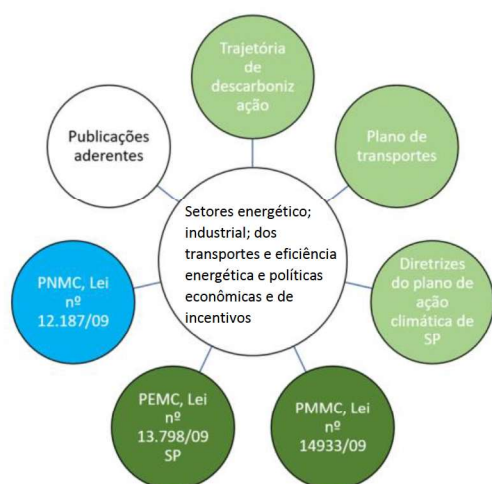


Figura 1 – Participação setorial nas emissões de CO₂ no estado de São Paulo, observada no ano de 2019. Fonte: plataforma SEEG (<https://plataforma.seeg.eco.br/>)

Este contexto fundamenta os setores chave a serem trabalhados para alcançar a diretriz definida. Realizou-se um levantamento de planos e diretrizes para a descarbonização divulgados pelo governo federal, além de planos de nível estadual e municipal do Estado de São Paulo (ver Figura 2).

A partir desse levantamento, foi possível se posicionar quanto às temáticas que devem ser trabalhadas no Plano de Energia do Estado de São Paulo.



Setor energético: mais renováveis, menos combustíveis, eficiência energética, GD com fontes renováveis, combustíveis avançados para a geração de energia e novas tecnologias factíveis dos pontos de vista ambiental e socioeconômicos.

Indústria: eficiência energética, eletrificação, combustíveis renováveis, combustíveis avançados para a indústria, H2 como vetor energético

Transportes: eletrificação (elétricos e a célula a combustível), uso do H2 como combustível e vetor energético, veículos mais eficientes, combustíveis renováveis, logísticas que tornem o consumo de combustível mais otimizado

Eficiência energética: edificações inteligentes, iluminação pública de baixo consumo e elevada eficiência e transversal aos respectivos setores

Resiliência, soluções baseadas na natureza e assuntos sistêmicos

Finanças verdes e normas e leis de incentivos à descarbonização em todos os setores da economia

Figura 2 – Direcionamento estratégico presentes no país e no estado de São Paulo. Fonte: elaboração própria.

2.2 Visão de Futuro: Tendências e transição energética

Em um movimento de conscientização global e de compromissos firmados nas Conferência das Partes (COP) realizada em 2021, e COP26, o Brasil assumiu compromissos alinhados com as pautas globais, entre tais, a de redução de emissões líquidas globais de gases de efeito estufa (GEE). Nesse contexto, a meta acordada é de reduzir as emissões em 50% até o ano de 2030, quando comparada as emissões do ano de 2005.

O setor de energia figura entre os maiores responsáveis pelas emissões de GEE mundial e por isso está passando por um processo de adequação e transição. A transição do setor de energia prevê uma mudança de um setor baseado em combustíveis fósseis para um ambiente de geração por fontes renováveis, captura de carbono e armazenamento de energia. E esse processo de transição e modernização está pautado por quatro pilares de desenvolvimento: Descarbonização, Descentralização, Digitalização e Diversificação.

Descarbonização: A transição do setor de energia prevê uma mudança de um setor baseado em combustíveis fósseis para um ambiente de geração por fontes renováveis, captura de carbono, armazenamento de energia e eficiência energética. Dessa forma, o processo de descarbonização só pode ser alcançado com a integração de várias soluções e tecnologias. Cada setor tem sua especificidade e somente uma estratégia customizada pode gerar os resultados então esperados.

Com vistas a corroborar nesse processo de descarbonização, os custos de emissões podem ser considerados em novos projetos, dessa maneira, as tecnologias de baixo impacto começam a ficar muito mais competitivas, do ponto de vista financeiro, frente as tecnologias com emissões e suas respectivas taxas.

Descentralização: O processo de descentralização consiste na possibilidade da geração de energia por diversos agentes, mudando a atual proposta de geração centralizada. Essa tendência possibilita que a Geração Distribuída (GD) de fontes renováveis se fortaleça e representem uma parcela cada vez mais significativa na matriz elétrica nacional.

Nesse modelo, a produção de energia tende a acontecer mais próxima da carga, possibilitando ainda que regiões remotas consigam atender as suas demandas com tecnologias renováveis. Esse modelo de geração permite que os usuários produzam toda a energia que consomem podendo inclusive gerar créditos com a distribuidora de energia quando disponibiliza o excesso da produção.

Digitalização: O processo de transição prevê também a modernização do setor de energia e, com isso, aspectos fundamentações da nova era de dados influem nesse movimento. A digitalização é a passagem de dados e processos analógicos para o meio digital. A capacidade de captar e analisar um grande volume de dados são fatores fundamentais para o desenvolvimento das redes elétricas inteligentes.

A digitalização da cadeia da energia torna-se fundamental em um horizonte de entrada massiva de renováveis intermitentes na rede. Além disso, o tratamento e análise de dados torna-se um aspecto chave no processo de monitoramento ambiental, inserção de novos agentes na abertura do mercado, controle de novas tecnologias, automação e todos novos temas que permeiam o processo de transição e modernização do setor.

Diversificação: O processo em curso de diversificação das fontes de geração torna-se fundamental para garantir a segurança energética. Em um processo de inserção cada vez maior de renováveis intermitentes é de extrema importância que se consiga extrair o benefício de cada fonte. Nesse contexto, o Brasil tem uma posição privilegiada que o permite se beneficiar das sazonalidades das fontes de energia solar, eólica, hidráulica e biomassa.

2.3 Posicionamento: Política de Inovação

Como unidade da federação de maior importância econômica, o Estado de São Paulo precisa se manter como referência nacional na condução e promoção de atividades inovativas, as quais são em geral desenvolvidas no âmbito das empresas e significativamente apoiadas pelo Estado e somaram dispêndio de cerca de R\$ 19,78 bilhões em 2017, enquanto o Brasil como um todo atingiu o valor de R\$ 47,45 bilhões. É importante que o Estado continue aperfeiçoando os ambientes inovativos, em especial aqueles já existentes em torno das 109 instituições de ensino superior públicas e dos 17 Parques Tecnológicos do Estado.

Adicionalmente, é importante dar continuidade aos processos de aperfeiçoamento da regulação relevante para a inovação, fazendo uso dos mecanismos previstos no novo Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação, estabelecido pelo Governo Federal, dentre os quais o poder de compra do estado e o desenvolvimento de alianças estratégicas entre o setor privado, academia e ICTs.

Como destacado pela Estratégia Nacional de Inovação, os investimentos privados e públicos em infraestrutura para inovação foram drasticamente minorados, em grande parte por redução dos recursos do FNDCT. Não obstante, o Estado de São Paulo tem mantido elevados níveis investimento em inovação, alocando o equivalente a 4,89% das receitas líquidas para atividades de P&D no triênio 2016-2018, em grande medida operado pela FAPESP, que precisam ser continuados e direcionados à temas com impacto sobre a descarbonização.

Dos doutores empregados no Estado de São Paulo 95% são titulados no próprio território, sendo esta a maior taxa do País e demonstrando que há uma baixa migração de doutores para o Estado. Assim, o Estado deve se valer de sua posição de destaque econômico e inovativo para ampliar a

absorção de pesquisadores e profissionais, assim como empresas e startups, nacionais e internacionais, reforçando o ambiente inovativo estadual e suprimindo a crescente demanda por mão-de-obra especializada, em especial para os temas de inovação.

Em suma, a diretriz de descarbonização e as macrotendências proporcionam novas oportunidades e desafios para o Estado de São Paulo, de forma que o investimento em inovação surge como uma excelente ferramenta para que se possa acelerar o processo de entrada de novas tecnologias no mercado, as quais são detalhadas nos capítulos seguintes.

3 Cenários econômicos, considerações sobre a produtividade da economia

3.1 Diagnóstico

As incertezas na economia mundial, nos primeiros anos da década de 2020 afetam indiretamente a economia paulista, à medida em que têm impacto sobre a economia brasileira, mas tem efeito direto sobre o Estado de São Paulo, ao impactarem no aumento dos preços das commodities exportadas pelo Estado. Os principais produtos exportados por São Paulo atualmente são, o óleo bruto de petróleo, o açúcar e a soja processada, nessa ordem de importância.

De certa forma, o cenário internacional permanece positivo para a economia paulista, embora o prolongamento da guerra na Ucrânia sinalize para a possibilidade de uma crise energética e uma consequente recessão no continente Europeu.

O crescimento da economia paulista no segundo trimestre de 2022, além do crescimento observado no primeiro trimestre, reverte uma sequência de resultados negativos. Essa reversão de tendência é fato relevante no suporte às projeções de longo prazo e denotam sinais de que a estrutura econômica do Estado tende a responder positivamente em uma visão de futuro.

3.2 Visão de Futuro

A expectativa de evolução para a economia do Estado de São Paulo, no horizonte 2023/2050, considera como base, o diagnóstico apresentado que se baseia nos estudos realizados pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) na análise da conjuntura econômica do Estado no segundo trimestre de 2022. Com base nesse estudo, adotou-se o crescimento de 2,7% no PIB paulista para 2022, taxa considerada máxima, no intervalo de projeções.

A visão de futuro para a economia brasileira fundamenta-se no trabalho realizado pelo Instituto Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) que serviu de suporte para a elaboração do Plano Integrado de Longo Prazo para a Infraestrutura (PILP), para o Brasil.

Nas avaliações econômicas realizadas pelo IPEA no âmbito do PILP, foram construídos dois cenários para a evolução da economia Nacional, um cenário de Referência e um outro cenário Transformador. Para construção dos cenários, o instituto combinou três diferentes modelagens econômicas: um modelo macroeconômico, um modelo de estimação de produção agrícola, pecuária e florestal, e um modelo de equilíbrio geral. A fundamentação teórica do processo adotado no processo de estimação dos fundamentos econômicos é apresentada no relatório utilizado como referência neste estudo (CIP-INFRA, 2021).

De maneira resumida, os fundamentos de cada cenário adotado estão apresentados a seguir.

No cenário de referência produzido pelo IPEA, de acordo com Cavalcanti e Souza Júnior (2018), apud (CIP-INFRA, 2021), considera-se uma subutilização dos fatores de produção em 2018 e que seriam aprovadas as reformas que trariam o equilíbrio fiscal de longo prazo, o que possibilita a evolução da economia para uma trajetória de crescimento balanceado.

“Nesse cenário, a evolução do PIB depende dos parâmetros do processo de acumulação de capital humano e dos valores de equilíbrio das seguintes variáveis: i) taxas de poupança e investimento; ii) razão entre o investimento em

infraestrutura e o investimento total; iii) taxa de crescimento da produtividade total de fatores; iv) taxa de utilização do capital; e v) taxa de ocupação da mão de obra.”

O cenário de referência não considera que sejam concretizadas reformas microeconômicas profundas, de modo que se adota o cenário de evolução econômica nos padrões médios das últimas décadas e que o capital humano seguirá, para as próximas décadas, o padrão etário da escolaridade brasileira de 2017, adotando-se a premissa de que a produtividade auferida pelo nível de escolaridade seja mantido constante, ou seja, sem ganho de produtividade.

Nesse aspecto cabe a reflexão acerca da expectativa de redução nas taxas de crescimento da população, o que acarreta a perda do bônus demográfico, de tal modo que adotar-se a mesma taxa de produtividade para o nível de escolaridade, com a redução da População Economicamente Ativa (PEA), significa considerar-se ganhos decrescentes, em valores relativos do crescimento econômico no longo prazo, com base na escolaridade da população.

Esse é um dos fatores que justifica a saturação e a redução da taxa brasileira de crescimento econômico no longo prazo. Essa é uma realidade experimentada em muitas economias avançadas no mundo.

Por outro lado, no Cenário Transformador, para além do que foi considerado no Cenário de Referência, considera-se a aprovação das reformas que viabilizariam o equilíbrio fiscal de longo prazo e que estariam em vigor, um amplo e profundo conjunto de medidas voltadas para o aumento do investimento e da melhoria na produtividade da economia, especialmente no que diz respeito ao enfrentamento das graves deficiências de infraestrutura no País.

Em resumo, as principais bases para cada cenários são elencados a seguir:

Cenário de Referência

- **Reformas fiscais** que deem sustentabilidade de Longo Prazo (LP) às contas públicas, permitindo reduzir gradativamente a dívida bruta do governo geral (DBGG) no futuro;
- Cenário conservador para o crescimento da **escolaridade**: convergência para o nível EUA 2015, em 2100.
- **Produtividade** crescendo à média do período 1970 a 2019 (0,3% a.a.), depois da retomada cíclica do imediato pós-crise de 2020, com a produtividade crescendo de forma mais acelerada que a tendência de longo prazo.

Cenário Transformador

- **Reformas fiscais** que deem sustentabilidade de longo prazo às contas públicas e melhore a alocação de recursos da economia (por meio de uma reforma tributária).
- Crescimento mais otimista da **escolaridade**: convergência para o nível EUA 2015 em 2060.
- **Amplas reformas microeconômicas**: que estimulem o aumento da **produtividade** e os investimentos em **infraestrutura**.
- **Produtividade** crescendo, no longo prazo, o dobro da média do período 1970 a 2019, depois da retomada cíclica do período pós-crise de 2020.

O cenário moderado para o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro foi construído considerando-se que o crescimento a cada ano, de 2023 a 2050, será o valor médio entre o esperado para o cenário transformador e o cenário de referência.

Para a construção dos cenários das taxas de crescimento do PIB Paulista de 2023 a 2050, considera-se a forte correlação histórica entre as taxas de crescimento do PIB brasileiro e do paulista, de modo que à partir das perspectivas de evolução do PIB brasileiro construídas pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) para dar suporte à elaboração do Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura (PILP) (CIP-INFRA, 2021), pode-se construir as expectativas de crescimento do PIB paulista no longo prazo, adotando para balizamento os cenários elaborados para o Brasil. Desse modo, torna-se possível caracterizar que o contexto apresentado para o crescimento da economia do Estado de São Paulo está efetivamente coerente com as expectativas de crescimento para o Brasil, sendo nitidamente comparáveis a resultados de estudos elaborados e publicados por instituições reconhecidas.

Assim, foi projetado o crescimento do PIB paulista com base na forte correlação histórica entre o crescimento do PIB brasileiro e o paulista de forma a se manter a aderência entre as expectativas regionais e os cenários projetados a nível nacional. Como resultado obtém-se, como base, a expectativa de crescimento para os cenários de referência, o cenário transformador, o que dá origem ao cenário moderado, construído com base nos anteriores, o qual se considera o mais adequado para se utilizar como expectativa mais provável, nos estudos elaborados neste projeto do Plano Paulista de Energia – PPE 2050 “Race to Zero”. Os resultados obtidos são apresentados na Figura a seguir.

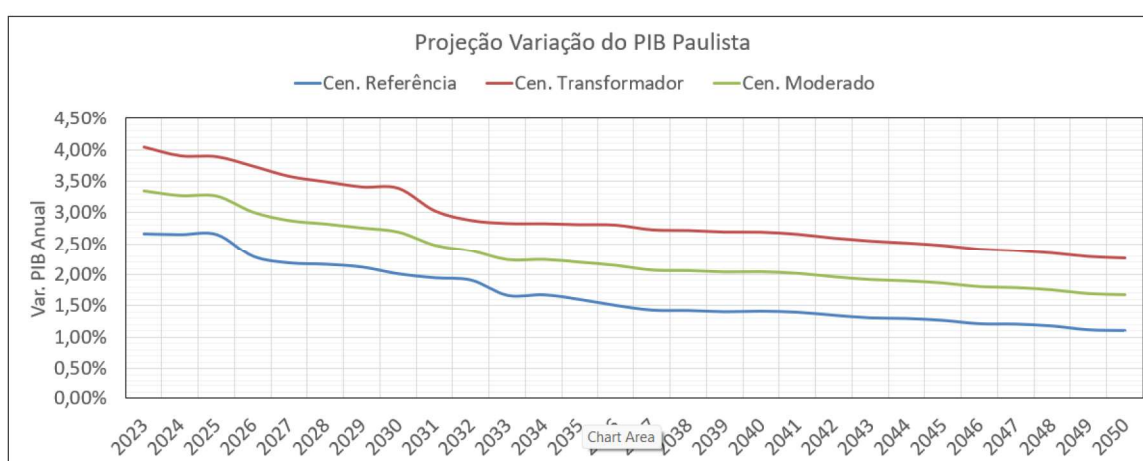


Figura 3 - Projeção de crescimento do PIB paulista de 2023 a 2050. Fonte: Adaptado de IPEA (2022)

3.3 Posicionamento

Observando-se os resultados obtidos para as projeções nos vários cenários de PIB para o Estado de São Paulo, com base nos estudos realizados, recomenda-se que seja adotado como base, o cenário moderado de crescimento, o qual conjuga e pondera os fatores dos possíveis cenários projetados para o Brasil.

Discute-se que as políticas energéticas emanadas deste Plano Paulista de Energia 2050 – Race to Zero, podem, por si só, induzir taxas de crescimento econômico diferentes dos cenários apresentados neste trabalho.

É fato que as políticas são indutoras de crescimento da economia, entretanto, para fundamentar um dado conjunto de ações coordenadas para a energia, é necessário que se inicie o processo à partir de uma determinada expectativa e que, à medida que as políticas sejam efetivamente implantadas e produzam seus efeitos práticos, sejam revistas, periodicamente, as expectativas para o crescimento econômico, já levando em conta os efeitos das políticas implantadas.

Assim, o posicionamento de destaque neste trabalho é a recomendação de que o plano de energia seja revisado periodicamente e que sejam promovidos os ajustes necessários nas diretrizes, visando o caminho da descarbonização da economia paulista.

4 Cenários de oferta e demanda dos energéticos de interesse

4.1 Diagnóstico

A demanda de energia elétrica total do Estado de São Paulo, em 2021, foi de 15,4 GW médios, com aumento de 5,6% em relação ao ano anterior, sendo este aumento explicado principalmente pela retomada após o arrefecimento da pandemia de Covid-19, no ano de 2020. Da energia consumida dentro do Estado de São Paulo uma parcela é gerada dentro do próprio Estado, com destaque para a geração hidroelétrica, responsável por 78% da produção no ano de 2021 e 84% no ano de 2020. Além disso observa-se o crescente avanço da participação da geração solar e uma retomada na geração a gás natural, no ano de 2021.

Do lado da demanda, o Estado de São Paulo representou 26% de todo o Sistema Interligado Nacional¹ e 46% do Submercado Elétrico Sudeste/Centro Oeste no ano de 2021, sendo o maior estado consumidor. Apesar do baixo crescimento da demanda nos últimos 7 anos, observa-se uma crescente diminuição do consumo através das empresas distribuidoras de energia elétrica, Mercado Cativo, e o aumento do Mercado Livre de Energia no Estado aumentando a participação de Consumidores Livres e Especiais.

4.2 Visão de Futuro

Os principais resultados obtidos com a aplicação da metodologia para projeção do consumo de eletricidade para o Estado de São Paulo, que dá a visão de futuro no horizonte até 2050, são apresentados a seguir.

4.2.1 Classe Residencial

Projeção de consumo da classe residencial tem como principais premissas o desenvolvimento econômico representado pelo crescimento do PIB e o crescimento do número de consumidores residenciais influenciado diretamente pela projeção da população.

Os resultados obtidos com a aplicação da metodologia de previsão considerando os três cenários de PIB (referência, moderado e transformador) são apresentados na Figura 4.

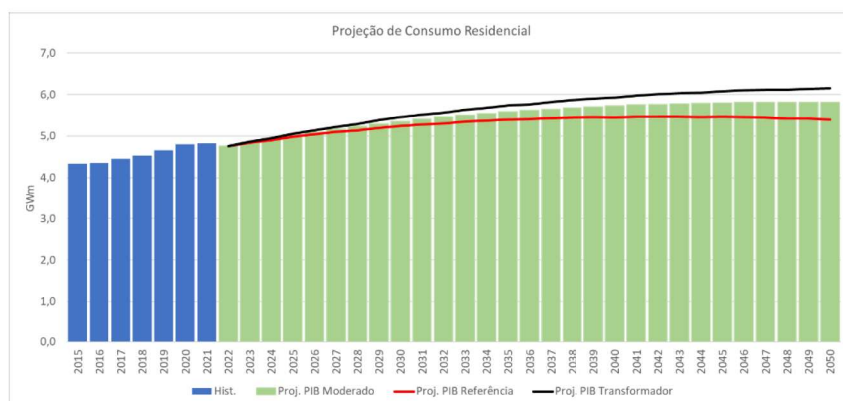


Figura 4 - Consumo da Classe Residencial Estado de São Paulo

4.2.2 Classe Comercial – CC

Para o consumo da classe comercial, observa-se o crescimento apontado na Figura 5.

¹ Ref: Infomercado CCEE

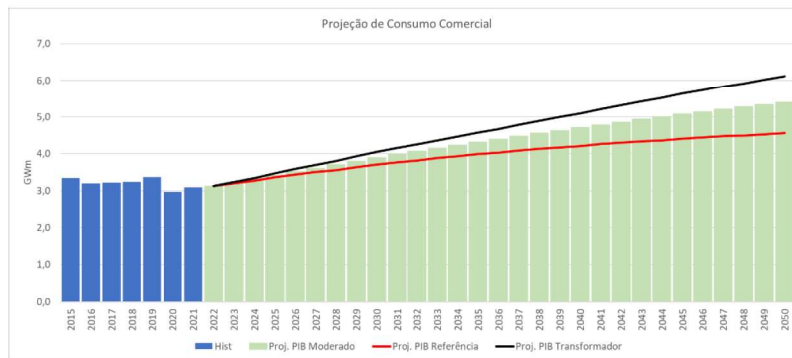


Figura 5 - Consumo da Classe Comercial Estado de São Paulo

4.2.3 Classe Industrial – CI

A classe industrial de consumo é a que mais sofre influências de variáveis macroeconômicas, não só do PIB interno como externo. Uma parcela do consumo está atrelada a fatores internos e está associada ao consumo per capita, essa parcela é denominada da indústria tradicional.

Contudo, ao se comparar a elasticidade entre a indústria tradicional e o total do consumo do setor industrial nota-se uma estabilidade no consumo da indústria tradicional e uma sensibilidade maior com a variação do PIB em relação ao consumo industrial total.

Outro aspecto é a determinação de uma premissa inicialmente compatível com a abordagem simplificada dos outros setores, onde se determina a projeção da variação do PIB e crescimento populacional.

Os setores industriais serão inicialmente tratados conjuntamente (Cimento, Ferro Gusa e Aço, Ferro-Ligas, Mineração e Pelotização, Não-Ferrosos e outros da Metalurgia, Química, Alimentos e Bebidas, Têxtil, Papel e Celulose, Cerâmicas e Outros) mas poderão ser estratificados diante da necessidade. Essa necessidade se apresenta especialmente ao considerar políticas de incentivo em determinados setores da indústria e ao projetar cargas com porcentagem significativa no consumo industrial como, por exemplo, produtores de alumínio.

A projeção do setor industrial conjunta, considerando a elasticidade PIB São Paulo, é apresentada na Figura 6 e projeta uma retomada no consumo industrial de 6 GWm no ano de 2021 para 11,25 GW no ano de 2050.

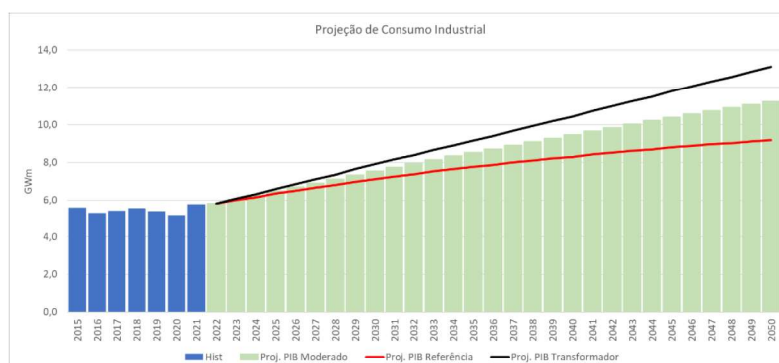


Figura 6 - Consumo da Classe Industrial Estado de São Paulo

4.2.4 Classe Outros – CO

Assim como o consumo residencial a projeção para o Consumo de Outros tem um menor crescimento devido aos PIBs considerados após 2040.

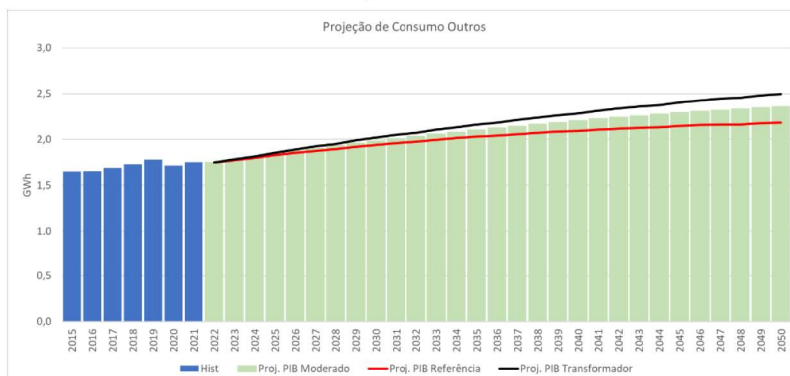


Figura 7 - Consumo da Classe Outros Estado de São Paulo

4.2.5 Conclusão da Visão de Futuro

Considerando a projeção de consumo do cenário moderado apresentada na Figura 8 verifica-se um aumento de 60,5% de 2022 até 2050 sendo a maior participação neste valor do crescimento da indústria (93,3% de aumento no mesmo período).

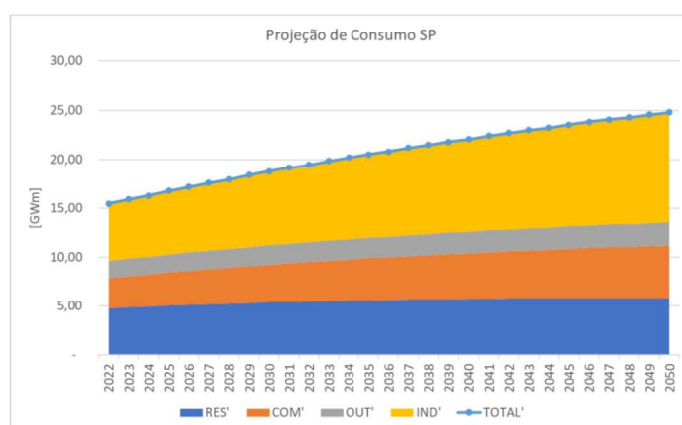


Figura 8 - Consumo por Classe Estado de São Paulo Cenário Moderado

Entretanto este crescimento para o cenário moderado é antes de se contabilizar ganhos com eficiência energética, geração distribuída e perdas. Ao se considerar a eficiência energética e geração o consumo líquido do estado de São Paulo tem um crescimento médio de 0.72% ao ano até o ano de 2043 e após este ano o consumo experimenta um encolhimento, principalmente puxado pelos cenários de Geração Distribuída.

Considerando-se os três cenários de crescimento do PIB para ao Estado de São Paulo de 2023 a 2050, nota-se que as expectativas para o consumo de eletricidade seguem trajetória de crescimento até 2035 para o cenário de referência, até 2041 no cenário moderado e até 2046 no cenário transformador. A partir desses anos, há uma estabilização no consumo de eletricidade. Esse é um fenômeno natural quando se trata do consumo de energia elétrica, que atinge patamar de saturação, com a evolução da economia.

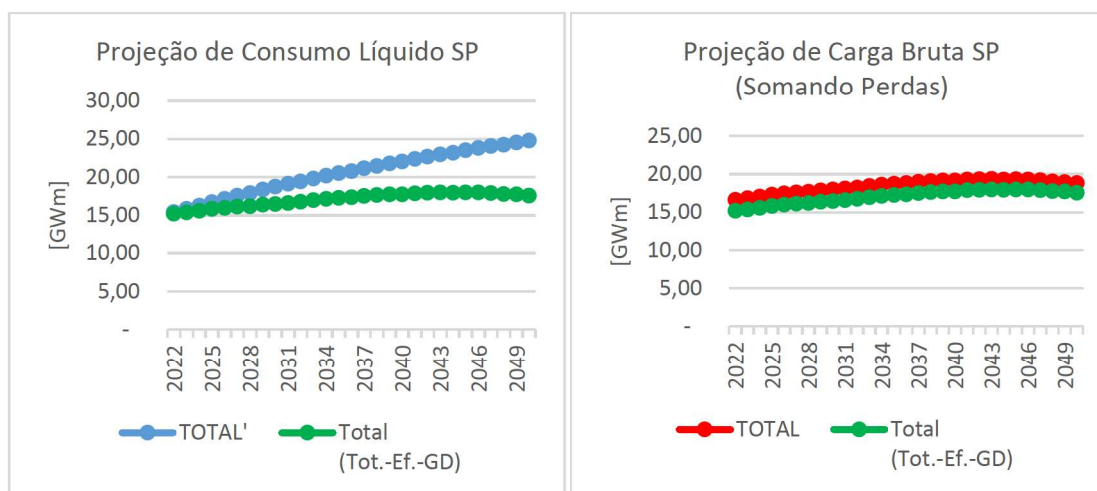


Figura 9 - Consumo Líquido e Carga para o cenário moderado

Na Figura 10 observa-se que o cenário de PIB transformador implicaria num crescimento de carga 6,7 GWm maior que o cenário de referência.

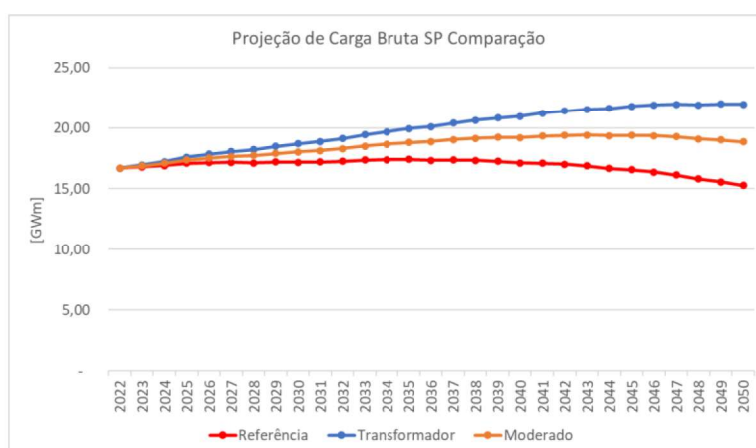


Figura 10 – Carga Projetada por Cenário

Em termos de evolução da participação das classes no consumo, a Figura 11 apresenta a evolução da matriz de consumo projetada para o Estado de São Paulo, observando-se que de acordo com essas projeções, em 2050, o consumo industrial permanece com a maior fatia (42%), aumentando sua participação no consumo de eletricidade no Estado.

4.3 Posicionamento

Para a adequada avaliação das políticas de redução da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), é necessário que os trabalhos realizados neste projeto sejam revisados periodicamente, para que se possa acompanhar o traçado da curva de redução das emissões em função do crescimento de consumo de eletricidade.

Observando-se a evolução da matriz de consumo, observa-se que a classe residencial perde participação no horizonte 2023/2050, de modo que as políticas voltadas à redução das emissões do lado do consumo de eletricidade deverão apresentar mais eficácia, se voltadas para o consumo industrial e comercial.

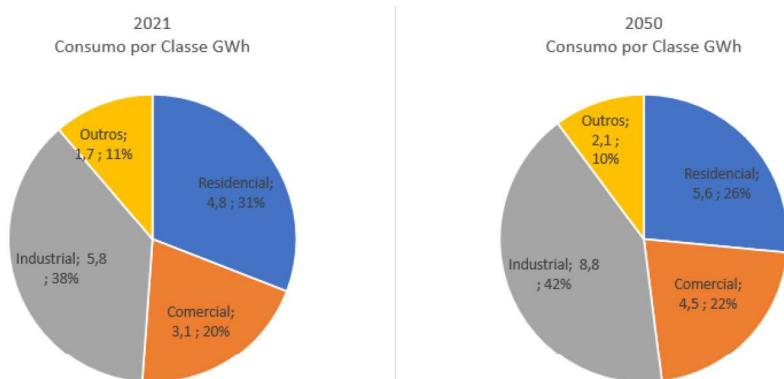


Figura 11 - Evolução da Matriz de Consumo de Eletricidade no Estado de São Paulo

5 Biomassa, Biocombustíveis e Resíduos

5.1 Diagnóstico

Tradicionalmente o Brasil tem destaque mundial na produção de biocombustíveis, despontando como um dos maiores produtores de etanol a partir de cana-de-açúcar. Outros tipos de biomassa também são utilizados como fonte de energia no país, tais como a lenha, o bagaço da cana-de-açúcar, a lixívia (resíduo do setor de papel e celulose), cascas de arroz, algumas culturas oleaginosas, como a soja e o algodão, e os sebos ou gorduras para produção de biodiesel.

O Estado de São Paulo, em particular, como um dos maiores produtores de etanol, tem tradição na produção de bioenergia gerada pelo processo de cogeração do setor sucroenergético, utilizando bagaço de cana de açúcar. Outras fontes de biomassa também são exploradas no estado, como vinhaça, para produção de biogás e resíduos sólidos urbanos (através do gás de aterros).

Apesar de várias iniciativas em curso para usos energéticos dos resíduos disponíveis regionalmente no estado, essa biomassa ainda é subutilizada, frente ao potencial que representa para geração de diferentes biocombustíveis. Por exemplo, resíduos da cana-de-açúcar (palhas e pontas, vinhaça e torta de filtro), resíduos agroindustriais em geral e resíduos pecuários de confinamento (dejetos), lodo de estação de tratamento de esgoto e a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (RSU), entre outros.

Vale destacar que o uso de resíduos como matéria-prima terá um papel cada vez importante na oferta de biocombustíveis, uma vez que a prática em larga escala, além da geração de bioenergia, pode contribuir para a melhor gestão de resíduos, e a mitigação de emissão de gases de efeito estufa (GEE), entre outros poluentes. O Estado de São Paulo tem potencial para impulsionar a produção de bioenergia, seja pelo aumento da produção de etanol, ou da bioenergia do bagaço de cana-de-açúcar ou pela produção de biogás, a partir da vinhaça entre outros resíduos produzidos regionalmente. A prática traz benefícios sociais a partir da geração de empregos diretos e indiretos, o que pode resultar no aumento da qualidade de vida. Além disso, fomenta a inclusão social, a geração de novas atividades econômicas, o fortalecimento da indústria local e a promoção do desenvolvimento regional pelo estímulo a inovação e pelo fortalecimento desenvolvimento da cadeia de valor.

5.2 Visão de Futuro

Em escala global, espera-se que a demanda por biocombustíveis aumente progressivamente, para deslocamento do uso de combustíveis fósseis especialmente em veículos.

No Brasil, políticas públicas como o RenovaBio² que entrou em vigor em 2020, devem acelerar a produção e uso de biocombustíveis. O Plano Decenal de Energia (PDE) projeta um crescimento de 4,1% do etanol para 2031. As projeções da produção de etanol e açúcar, pelo PDE, indicam que haverá elevada quantidade de resíduos deste setor, a qual pode ser destinada à produção de biogás.

² O RenovaBio política que reconhece o papel estratégico dos biocombustíveis (etanol, biodiesel, biometano, bioquerosene, segunda geração, entre outros) na matriz energética brasileira no que se refere à sua contribuição para a segurança energética. É composto por três eixos estratégicos: 1) Metas de Descarbonização; 2) Certificação da Produção de Biocombustíveis; e 3) Crédito de Descarbonização (CBIO). Os biocombustíveis considerados no RenovaBio são: etanol anidro e hidratado (de primeira e de segunda geração); biodiesel; biometano, bioquerosene de aviação (bioQAV), além de biocombustíveis alternativos.

Neste contexto, o potencial de biogás poderá alcançar 7,1 bilhões de Nm³ em 2031. Adicionalmente, o biometano desponta pela flexibilidade de uso em frotas de veículos leves e pesados, de forma análoga ao gás natural. No Estado de São Paulo, uma determinação da SPTrans, que entrou em vigor dia 17 de outubro de 2022, proíbe a inclusão de ônibus 0 Km a diesel na frota de transporte coletivo da cidade de São Paulo.

Além do uso em transporte, os bioenergéticos produzidos regionalmente, podem ser utilizados para geração de energia, o que levará a um aumento na oferta de bioeletricidade. A utilização de biogás de vinhaça em caldeiras, ou a queima de outros resíduos, como a da palha da cana-de-açúcar, também representam alternativas para aumento da oferta de bioeletricidade em curto prazo.

Vários estudos, apontam os resíduos orgânicos, como impulsionadores para transição energética transformando a oferta limitada de combustíveis de transporte de baixo carbono e criando uma economia local e circular.

Nessa perspectiva, outros biocombustíveis como etanol de segunda geração também devem ganhar escala no médio e longo prazo. O potencial do Estado de São Paulo para aumento da oferta de biocombustíveis é expressivo e pode contribuir com as metas domésticas de descarbonização dos sistemas econômicos, aliando, geração de emprego, desenvolvimento tecnológico, inovação e sustentabilidade. Fomentar a diversificação da produção de biocombustíveis no estado poderá fortalecer o mercado interno e externo.

O Estado de São Paulo, tem o potencial para o desenvolvimento de diferentes *hubs* para produção de bioenergia aderentes com vocações regionais. A produção de bioenergia no estado pode se desenvolver a partir de modelos de negócios sustentáveis voltados para Economia Circular, buscando sinergias possíveis, seja em infraestrutura, desenvolvimento tecnológico ou trocas de matéria prima (resíduos, por exemplo) para ganho de escala. Ou seja, empresas (ou setores) que tradicionalmente são desconectados (ex. como agropecuária e saneamento) poderão se unir e obter vantagens competitivas na produção de bioenergéticos em processos simbióticos.

Grandes geradores de biomassa podem desempenhar papéis de âncoras para o desenvolvimento da cadeia de bioenergia, fomentando condições para que o ecossistema de negócios se consolide no estado com atração de pequenas empresas, inovação e desenvolvimento tecnológico.

Para 2030 o elevado potencial de bioenergéticos disponíveis regionalmente no Estado de São Paulo será aproveitado para produção de biocombustíveis de forma otimizada. Tecnologias amadurecidas, devem evoluir em ganhos de eficiência e otimização de processos de produção e logística.

Com relação à bioeletricidade, os atributos das fontes serão considerados para competitividade e expansão da fonte.

Mecanismos de incentivos devem ser considerados para expansão da estrutura de distribuição de biometano bem como para concentração e escalabilidade de biomassa a partir de diferentes fontes.

Em 2040 e 2050 o uso otimizado e regionalizado de diferentes tipos de bioenergéticos será intensificado.

Deverão surgir novos arranjos e modelos de negócios que favoreçam o desenvolvimento da geração distribuída a partir de diferentes tipos de matérias primas. Esses novos modelos de

negócios serão baseados em inovação e orientados para digitalização e Economia Circular. Com base nas características do Estado e do potencial mapeado a partir de diferentes fontes, são apontadas a seguir oportunidades para produção de bioenergéticos que deverão evoluir no Estado de São Paulo.

- *Biogás de vinhaça e outros bioenergéticos regionais do setor sucroenergético*

Além do bagaço, a palha, a torta de filtro e a vinhaça (ou vinhoto) podem ser utilizadas para geração de energia. A palha de cana-de-açúcar é gerada na etapa da colheita de cana. A Vinhaça é um resíduo resultante do processo da destilação do álcool, cuja geração estimada é de 12 litros gerados para cada litro de álcool produzido. O potencial para o estado para produção potencial de biogás a partir de resíduos do setor sucroenergéticos foi estimado, em de 12 bilhões Nm^3/ano (ABIOGAS, 2020).

- *Biogás de Estações de Tratamento de esgoto*

O potencial de geração de biogás a partir do setor de saneamento para o Brasil, segundo a ABIOGAS (2020), seria da ordem de 1,17 bilhão Nm^3/ano . Para o estado de São Paulo seria da ordem de 0,4 bilhão Nm^3/ano ³. O Plano Estadual do Estado de São Paulo deve prever diretrizes para recuperação energética dos insumos gerados nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's).

- *Biogás de aterros sanitários ou fração orgânica de resíduos sólidos urbanos*

Alinhada com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que em seus princípios discorre sobre “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (Capítulos 6º e 7º), a hierarquização no uso dos resíduos prevê, em primeiro lugar a prevenção da geração, depois o reuso, depois a reciclagem, na sequência a recuperação energética dos resíduos e como última alternativa à disposição final em aterros. A adoção de sistemas de valorização dos resíduos sólidos urbanos possibilita o uso do resíduo para obtenção de energia, dispondo somente o rejeito nos aterros sanitários, após esgotadas as possibilidades de sua valorização. A captação e uso do biogás gerado nos aterros sanitários, deve ser fortalecida, pois reduz significativamente as emissões de GEE, podendo adicionalmente gerar energia. O Estado de São Paulo, em seu Plano Estadual de Resíduos, coloca a Economia Circular como visão de futuro para a gestão de resíduos dentro do estado (SIMA, 2020).

- *Combustíveis de Derivado de Resíduos (CDR)*

O CDR é produzido a partir dos Resíduos Sólidos para utilização como combustível, principalmente em fornos de cimento (coprocessamento). Também pode ser utilizado para geração de energia elétrica (em usinas termelétricas). No caso de resíduos sólidos urbanos, após a remoção dos materiais recicláveis e remoção dos materiais não combustíveis, na coleta e/ou centro de triagem, ele passa por um processo de trituração e, posteriormente, por um processo de secagem, para aumentar o poder calorífico do produto e evitar processos de fermentação.

Segundo essa regulamentação da CETESB (nº 73, de 06-08-2020), apenas poderão ser utilizados para fins de CDR os resíduos sólidos urbanos que não apresentem viabilidade técnica ou econômica para serem reciclados, bem como aqueles que, após a triagem realizada por cooperativas de catadores, sejam considerados rejeitos.

³ Aqui, se está considerando a representatividade para o estado de 31% do potencial estimado para o Brasil, a partir de ABIOGAS (2020).

5.3 Posicionamento

A bioenergia produzida a partir de materiais orgânicos é um componente essencial de uma Economia Circular e pode contribuir para descarbonização da matriz energética do Estado de São Paulo.

Recomendações para aumentar a oferta de bioenergia no estado de São Paulo estão relacionadas ao melhor aproveitamento do bagaço de cana de açúcar para produção de eletricidade e de outros bioenergéticos do setor, tais como palhas e pontas, vinhaça e torta de filtro. Adicionalmente, sugere-se o uso de outros tipos de resíduos, tais como o da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, do lodo proveniente das estações de tratamento de efluentes e de dejetos de animais a partir de diferentes rotas tecnológicas.

Vale mencionar que há uma evidente diferença na viabilidade dos projetos entre pequenos, médios e grandes produtores para produção dos diferentes biocombustíveis (etanol, biogás/biometano, bioeletricidade etc.) o que implica em desafios de magnitudes diferentes. Existe ainda a carência de equipamentos nacionais para implementação e manutenção de projetos, limitações de infraestrutura e questões regulatórias que demandam aprimoramento. Vale destacar que o desenvolvimento da cadeia de bioenergia no Estado de São Paulo tem a capacidade de impulsionar o PIB através da geração de empregos.

Diante das considerações anteriores sobre visão de futuro e da análise das questões conjunturais apresentadas e trianguladas com as percepções de diferentes atores da cadeia de produção de bioenergia, sugere-se concentrar ações em quatro macro áreas: (i) infraestrutura; (ii) fomento, (iii) capacitação e conhecimento (iv) regulação.

(i) Infraestrutura

A solução logística para o escoamento e aproveitamento de pequenos volumes de produção de biogás representa um grande desafio em função das limitações geográficas da rede distribuição hoje existente.

A conexão com as fontes de geração de biometano são muito distintas (predominantemente descentralizada) da conexão com as fontes de gás natural (predominantemente centralizadas). Com relação à infraestrutura para expansão de biogás/biometano, recomenda-se o fomento da rede de distribuição de gás através de mecanismos de incentivos diretos ou indiretos, tais como incentivo ao uso de biogás e biometano que podem favorecer a expansão da fonte à medida que se desenvolve o mercado consumidor, implicando em atração do setor privado para investimentos em infraestrutura. Cabe observar outra oportunidade para o uso de biometano no estado, que seria a substituição do diesel usado no setor agroindustrial, em caminhões, tratores, colheitadeiras e outros maquinários agrícolas, ou atendendo a veículos urbanos ou rodoviários que circulam nas regiões não abastecidas pela rede de gasodutos.

(ii) Fomento

- Promoção de mecanismos de incentivo para a inserção da bioenergia, tais como linhas de financiamento subsidiado.
- Elaboração de planos/diretrizes para atração da indústria com vistas a desenvolver a cadeia produtiva em nível estadual (exemplo, fabricação de biodigestores, membranas de purificação, equipamento de análise e monitoramento de gases, gaseificadores, etc.).

- Estabelecimento de programas de colaboração entre indústria, governo e universidade com o intuito de promover trocar conhecimentos, manter isonomia de informações e inovação.
- Promoção de integração setorial (e entre indústrias distintas) com benefícios de competitividade, inovação e avanços tecnológicos através de compartilhamento de infraestrutura e buscando sinergias entre recursos (resíduos).
- Estímulo à compra e manutenção de ativos, ao longo da vida útil das plantas, não apenas no período de sua implantação.
- Metas de inserção de frotas de veículos movidos à biocombustíveis nos planos de mobilidade
- Redução da carga tributária sobre máquinas e equipamentos utilizados na cadeia de produção para geração de bioenergia
- Fomento a aquisição de energia elétrica gerada a partir de biogás/bioeletricidade em prédios públicos.
- Estabelecimento e fortalecimento do estado como orquestrador institucional para o desenvolvimento de *hubs* de bioenergias, com vocações regionalizadas a partir de grandes geradores de biomassa.

(ii) Capacitação e Conhecimento

- Divulgação de conhecimentos técnicos sobre biogás/biometano e outras rotas tecnológicas buscando evidenciar a curva de aprendizagem das diferentes tecnologias.
- Difusão de conhecimento sobre viabilidade e retorno de investimento dos projetos, através de cartilhas voltadas para pequenos e médios produtores.
- Fortalecimento a Pesquisa e Desenvolvimento, através de parcerias com universidades, empresas fabricantes de equipamentos e incentivo às startups.
- Designação pelo estado de instituição de coordenação das iniciativas de geração, divulgação e disseminação de conhecimento.
- Incentivo à elaboração pelos municípios da caracterização dos fluxos de resíduos produzidos regionalmente, com a finalidade de direcionar as políticas públicas e estimular investimentos privados para geração de energia a partir de resíduos, pelas diferentes rotas.
- Estímulo a implantação de projetos de biogás em pequena e média escala, em propriedades rurais, criando soluções integradas de gestão de resíduos e aproveitamento energético.

(iii) Regulação

A importância de evidenciar o atributo biometano da molécula é fundamental. É importante também valoração dos atributos sistêmicos da bioeletricidade (proximidade dos centros de carga, despachabilidade, mitigação de gases de efeito estufa). Como aprimoramento regulatório recomenda-se:

- Reconhecimento dos atributos ambientais na aquisição de biometano por parte das concessionárias de distribuição de gás.
- Criação de produtos específicos para o biogás nos leilões de energia elétrica do mercado regulado, que considerem os atributos sistêmicos e ambientais da fonte.
- Promoção de mecanismos que favoreçam a recuperação energética dos aterros sanitários
- Desenvolvimento de mecanismos de certificação, a exemplo do Renovabio.

6 Disponibilidade hídrica e usos múltiplos

6.1 Diagnóstico

A avaliação conjuntural da disponibilidade hídrica do Estado de São Paulo, no âmbito do Plano Estadual de Energia, leva à conclusão de que o estado possui um perfil importador de energia elétrica e que se apoia principalmente no seu parque existente de Usinas Hidrelétricas para geração própria, de modo que são presentes conflitos entre a utilização dos recursos hídricos para geração de eletricidade e as necessidades hídricas para outros usos, como por exemplo, abastecimento urbano, irrigação e navegação.

A elevada capacidade instalada de geração de energia hidrelétrica leva à constatação de que não se dispõe de potencial hidrelétrico remanescente significativo, capaz de suportar um programa de expansão relevante para a geração de energia elétrica no estado.

6.2 Visão de Futuro

A visão de futuro para o Estado de São Paulo, no que se refere à disponibilidade hídrica e seus impactos na oferta de energia elétrica, podem ser abordados em quatro aspectos que estão correlacionados: os impactos das mudanças climáticas na geração de energia hidráulica; o estudo das demandas e conflitos com os usos múltiplos da água; a possível expansão da geração hidráulica; e por fim, a hibridização de usinas hidrelétricas existentes.

O primeiro aspecto trata do impacto das mudanças climáticas na geração de energia hidráulica. Este tema ganhou relevância internacional nos últimos anos, com a identificação de um novo período crítico pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). O período atualmente considerado, conforme estabelecido na Portaria nº 74/2020-MME, é de junho de 1949 a novembro de 1956. Porém, no Plano da Operação Energética 2021-2025, o ONS reconheceu que o período de 2012 a dezembro de 2020 representou um período crítico severo nas vazões afluentes. O reconhecimento deste novo padrão é crucial para o setor, que se baseia na otimização do uso da água para minimizar a função de custo futuro de usinas despachadas centralizadamente pelo ONS, como também impacta no processo de Revisão de Garantias Físicas de tais empreendimentos.

Há estudos que procuram quantificar os impactos das mudanças climáticas nas Usinas Hidrelétricas, especificamente na Bacia do Rio Paraná, e os resultados apontam para uma alteração no padrão de afluência das bacias hidrográficas, como também impactos estruturais na usina e em seu entorno.

O segundo aspecto aborda as demandas e conflitos com os usos múltiplos. Dentre todos os usos, o que merece destaque é a utilização da navegação fluvial, devido a seu potencial econômico e ao histórico de conflitos com o setor elétrico. Segundo o Departamento Hidroviário da Secretaria de Transportes e Logística do Estado de São Paulo, a Hidrovia Tietê-Paraná tem potencial para aumentar suas cargas em até 22 milhões de toneladas por ano, a depender de obras de remoção de gargalos específicos.

Ao se expandir a capacidade até este limite, é esperado um incremento do potencial conflito com a geração de energia (pela quantidade de água que passaria pelasclusas, e não pelas turbinas das hidrelétricas), além do tráfego hidroviário representar restrições operativas para as usinas hidrelétricas, que não podem operar totalmente no modo de otimização energética.

O terceiro tópico avalia as opções para expansão da geração de energia elétrica de fonte hidráulica, sendo esta a principal fonte de energia elétrica própria do Estado de São Paulo. De acordo com o PERH 2020-2023, há apenas 9 novos empreendimentos com projetos básicos aprovados, com potencial total de 372,93 MW, distribuídos em 5 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI). Quando se trata de projetos em fases anteriores, especificamente de inventário e estudo de viabilidade, o potencial total salta para 1.502,21 MW. Tendo em vista que cerca de 2/3 da capacidade instalada de energia elétrica no estado é

associada a aproveitamentos hidrelétricos e que o estado possui uma característica de importador de energia, a expansão da geração de energia através desta fonte ganha relevância estratégica e merece ser avaliada.

Há alternativas para expansão da geração hidráulica que merecem ser consideradas nas análises de políticas energéticas de longo prazo para o Estado. Tais abordagens constam no estudo realizado pela EPE em 2019 e trata da Repotenciação, Modernização e Ampliação de Usinas Hidrelétricas no país. Quando se trata de Repotenciação e Modernização, o objetivo é aumentar a capacidade de geração e eficiência na conversão energética através da substituição ou modernização de unidades geradoras existentes.

No estudo conduzido pela EPE foram selecionadas 16 usinas que possuíam mais de 25 anos de operação e com potência igual ou superior a 100 MW, totalizando uma Potência outorgada total igual ou superior a 10 GW. Quando se trata da possível ampliação na potência instalada de usinas existentes, o Estado de São Paulo conta com 4 UHEs que possuem obras civis já preparadas para receber turbinas e geradores adicionais, permitindo a ampliação da oferta de potência.

Por fim, o quarto aspecto trata da Hibridização de UGRHs existentes. De acordo com estudos preliminares, o Estado de São Paulo teria um potencial energético de aproximadamente 2 GW para hibridização de Usinas hidráulicas existentes via associação solar fotovoltaica na modalidade onshore (no entorno dos reservatórios), e de aproximadamente 4GW na modalidade offshore (nos reservatórios).

Contudo, a hibridização de Usinas Hidráulicas pode fornecer outras externalidades positivas. Há estudos que apontam para mecanismos de controle de vazões mínimas para se atender hidrovias, através do cálculo de uma vazão incremental artificial. Em posse dessa vazão artificial, seria possível dimensionar uma Usina Fotovoltaica que fornecesse a energia equivalente para o sistema.

6.3 Posicionamento

Em dezembro de 2021, a ANEEL aprovou a regulamentação de Centrais Geradoras Híbridas e Centrais Geradoras associadas. Em resumo, a medida permite implementar instalações que explorem, de forma concomitante, diversas fontes de energia. As maiores vantagens indicadas pela ANEEL são a complementaridade das fontes de geração, o uso mais eficiente e estável da rede de transmissão, a mitigação de riscos comerciais e a economia na compra de terreno e custos associados.

Adicionalmente à tendência de hibridização de empreendimentos hidrelétricos, uma segunda medida pode ser tomada, com o intuito de explorar de forma eficiente a infraestrutura existente. Esta medida se utiliza das estratégias de Repotenciação, Modernização e Ampliação da capacidade instalada nas usinas hidrelétricas indicadas pela EPE para o Estado de São Paulo. Além destas, é relevante expandir este estudo para empreendimentos que já se encontram desativados no estado.

Com isso, foram listadas três principais ações que devem guiar as ações estratégicas deste grupo de trabalho:

Tabela resumo com as três principais ações:

Ação proposta	Objetivo (justificativa)	Desafio ou oportunidade que visa endereçar (identificado na etapa de visão de futuro) a diretriz principal e os pilares da política	Potenciais impactos (positivos ou negativos/riscos, sobre emissões - se houver estimativa).
Hibridização de Usinas Hidrelétricas	Apoiar a expansão da geração de energia, utilizando a infraestrutura de rede já disponível. -Minimizar conflitos oriundos dos usos múltiplos (em especial com navegação fluvial)	Oportunidade de aumentar a geração de energia elétrica, como também mitigar os conflitos entre o setor elétrico e a navegação em hidrovias do estado.	-A hibridização terá impactos positivos na diminuição de emissões de GEE, além de representar um caminho relevante para enfrentamento dos impactos climáticos, que demandarão o aproveitamento das complementariedades entre as diversas fontes renováveis de geração de energia elétrica.
Repotenciação, Modernização e Ampliação de UHEs existentes	Apoiar a expansão da geração de energia, utilizando a infraestrutura de rede já disponível.	Oportunidade de aumentar a geração de energia elétrica, sem construir novos empreendimentos; Desafio de se identificar os empreendimentos que seriam viáveis economicamente.	Ainda é necessário quantificar, porém a substituição de energia hidráulica em detrimento de fontes de geração térmica fóssil, deve ter impactos positivos e o aumento de capacidade instalada nas usinas hidrelétricas pode ser benéfico, à medida que os impactos climáticos devem levar a diferentes regimes hidrológicos, com picos mais acentuados de vazão, que podem ser aproveitados com o aumento da capacidade instalada.
Estudo de reativação de usinas desativadas	Apoiar a expansão da geração de energia, utilizando a infraestrutura da usina e da rede parcialmente disponível.	Oportunidade de aumentar a geração de energia elétrica, com menores investimentos em infraestrutura; Desafio de se identificar os empreendimentos que seriam viáveis nos aspectos técnicos e econômicos.	-Ainda é necessário quantificar, porém a substituição de energia hidráulica em detrimento de fontes de geração térmica fóssil, deve ter impactos positivos.

7 Eólica Offshore

7.1 Diagnóstico

As metas globais para neutralizar as emissões de carbono no horizonte 2050 englobam, necessariamente, a estratégia de substituição dos combustíveis fósseis por energias renováveis, sendo que a energia eólica *offshore* se apresenta como uma importante modalidade de geração limpa capaz de contribuir de forma significativa com esse processo nas próximas décadas, ajudando a impulsionar as transições energéticas, descarbonizando a eletricidade e produzindo combustíveis de baixo carbono (ex. hidrogênio verde).

Atentando-se aos benefícios da eólica *offshore* associados com as diretrizes de zerar emissões no longo-prazo e as particularidades econômicas e energéticas do Estado de São Paulo, este tipo de fonte de geração torna-se candidata natural a ser considerada no contexto do Plano Estadual de Energia (PEE) 2050.

A eólica *offshore* apresenta a marca global superior a 57 GW de capacidade instalada, estando presente em 17 países, com projeção de crescimento global de até quinze vezes durante as próximas duas décadas, gerando mais de 1 trilhão de reais em investimentos nesta fonte. Neste horizonte, estima-se que sua expansão poderia evitar entre 7 bilhões de toneladas de emissões de dióxido de carbono (CO₂) do setor de energia em todo o mundo, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis.

Em nações que apresentam potencial para a exploração da eólica offshore, identifica-se uma notória movimentação de governos, instituições e mercado para o delineamento de estratégias regionais e nacionais para acelerar e maximizar a eficácia, a confiabilidade e a sustentabilidade da implantação e operação da energia eólica offshore em seus territórios (ex. Reino Unido, Alemanha, Dinamarca e China, dentre outros) sob o prisma das diretrizes gerais estabelecidas com foco em zerar emissões até 2050.

O Brasil apresenta um potencial superior a 700 GW distribuídos em 356 GW na região Nordeste, 197 GW na Norte, 97 GW na Sul e 47 GW na região Sudeste.

O marco regulatório das eólicas *offshore* no Brasil encontra-se em fase final de discussão e prevê-se o seu estabelecimento ainda em 2022. Nesta esteira, observa-se forte movimentação nacional, evidenciado, dentre outros, pelo grande número de projetos eólicos (offshore) em processos de licenciamento ambiental abertos no IBAMA (169 GW).

Os empreendimentos planejados concentram-se em estados com maior potencial energético, sendo: Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte; Rio de Janeiro e Espírito Santo; Santa Catarina e Rio Grande do Sul, não havendo solicitação para projetos no estado de São Paulo.

Embora a região Sudeste apresente um potencial relativamente menor que nas demais regiões do Brasil, cumpre-se ressaltar a existência de fatores estratégicos, econômicos e energéticos que agregam importante peso para se incentivar a promoção deste tipo de modalidade de geração no estado de São Paulo.

A inserção de uma nova fonte renovável de energia como a eólica *offshore* é uma tarefa complexa, pois exige a combinação de diversos fatores, tais como infraestrutura específica, parque industrial maduro, incentivos governamentais, linhas de financiamento, mão de obra qualificada, regulamentação, potencial energético, entre outros.

Neste racional, o Estado deve avaliar de forma estratégica os benefícios oriundos da inserção da eólica *offshore* e estabelecer uma política estadual de incentivo a essa fonte.

Pontos Fortes

- Oportunidade para geração de energia elétrica limpa e produção de hidrogênio verde para atendimento da demanda energética estadual, sobretudo, em regiões de maior concentração de carga, como os polos industriais da Baixada Santista e de São Paulo e região metropolitana.
- Existência de infraestrutura *onshore* (rede de conexão, transmissão e distribuição de energia elétrica) e *offshore* (dutos e gasodutos da indústria de exploração de Petróleo e Gás na Bacia de Santos) que podem atender o escoamento, respectivamente, de energia elétrica e o hidrogênio verde.
- Infraestrutura Portuária de Santos e São Sebastião para apoio logístico a indústria *offshore*.
- Indústria paulista com possibilidade de contribuir em diferentes segmentos da cadeia de valor da indústria eólica *offshore*.
- Relevante tradição do estado em Engenharia, Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em atividades que possuem sinergia com demandas requeridas pela indústria eólica *offshore*.

Pontos Fracos

- Projetos eólicos *offshore* em fase de planejamento no cenário nacional concentrados em outros estados de maior potencial energético (maior atratividade econômica).
- Custos de investimento encontram-se em patamar elevado, requerendo ações de incentivo financeiro.
- Não há projetos eólicos *offshore* em fase de planejamento no Estado de São Paulo, em contraste com o observado em estados próximos: ES e RJ (Sudeste), SC e RS (Sul).
- Ausência de ações, em nível estadual, para a promoção de atividades associadas com a indústria da eólica *offshore*.
- Planos para os Portos de Santos e São Sebastião não contemplam desenvolvimentos para atendimento das atividades eólica *offshore* e produção de hidrogênio.
- Marco regulatório das eólicas *offshore* em fase de estabelecimento e discussão com a sociedade, com previsão de definições até final de 2022.

7.2 Visão de Futuro

A expectativa do mercado é de que os primeiros parques eólicos *offshore* no Brasil entrem em operação a partir de 2030. Em particular ao Estado de São Paulo, há uma defasagem em relação aos estados com projetos em planejamento e com ações em curso para atração de investimentos e desenvolvimentos regionais, de modo que não se visualiza parques em operação antes de 2035. Questões associadas com o estabelecimento do marco regulatório, desenvolvimento do mercado e o longo-prazo requerido em planejamento e implantação desses tipos de usinas (7-10 anos) sustentam tais previsões.

A partir do horizonte 2030, prevê-se um crescimento exponencial da capacidade instalada nacional em decorrência do atual grande número de projetos em planejamento (169 GW), que deve superar a expectativa do Plano Nacional de Energia (EPE) que aponta ao menos 16 GW instalados até 2050.

De forma geral, visualiza-se que a expansão da eólica *offshore* ocorra direcionada para o atendimento da demanda por energia elétrica e para a produção de hidrogênio verde, com este último assistindo tanto a demanda nacional, quanto a de exportação (sobretudo para os desenvolvimentos na região nordeste).

No caso de São Paulo, a produção eólica *offshore* deve ser direcionada para o atendimento regionalizado da carga (região da Baixada Santista, São Paulo e região metropolitana) e

produção de hidrogênio verde (sobretudo, para consumo dos polos industriais nestas regiões). A exportação também é opção.

A visão de futuro aponta para um processo de amadurecimento e expansão da indústria da eólica *offshore* no Brasil, com o desenvolvimento da cadeia de valor dessa indústria (a exemplo do que foi observado no caso da eólica *onshore* e solar fotovoltaica), bem como da infraestrutura portuária para o atendimento das demandas decorrentes a implantação e operação de parques eólicos e produção de hidrogênio.

No cenário de expansão das eólicas *offshore* no Estado de São Paulo, essas tendências também devem se concretizar e somar a uma maior integração com as atividades do setor de óleo & gás na bacia de Santos.

7.3 Posicionamento

O grande desafio para o Estado de São Paulo reside na promoção da eólica *offshore* ante a maior atratividade observada em outros estados, motivo pelo qual deve-se buscar estabelecer alternativas estratégias que englobem a valoração das características da indústria paulista (e seu potencial) e a possibilidade de atendimento da carga concentrada na Baixada Santista, São Paulo e região metropolitana, dentre outros aspectos associados com a infraestrutura de escoamento e logística do estado, além dos benefícios tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais advindos da expansão da eólica *offshore*.

Portanto, a expansão da eólica *offshore* no estado de São Paulo requer a definição, por parte do Estado, de diretrizes, prioridades e, principalmente, ações que promovam a inserção desta fonte. Em linha com a experiência internacional e peculiaridades paulista, abaixo elencam-se as principais ações a serem seguidas:

Ação	Objetivo
Estabelecer Plano Estratégico para o Desenvolvimento da Eólica <i>Offshore</i> no Estado, explorando-se as potencialidades da indústria paulista, da infraestrutura presente no estado e a possibilidade de atendimento da carga (por energia elétrica e por hidrogênio verde).	• Promover o desenvolvimento da eólica <i>offshore</i> no estado, aumentando a atratividade financeira destes tipos de empreendimentos, buscando-se explorar sinergias entre setores atuantes no estado. • Otimizar o uso da infraestrutura de gasodutos da indústria de óleo e gás com o compartilhamento com a eólica <i>offshore</i>.
Promover Mecanismos de Incentivo para a Inserção da Energia Eólica <i>Offshore</i> no estado de São Paulo.	• Promover o desenvolvimento de usinas eólicas <i>offshore</i> e atração de investimento na cadeia de valor. • Promover a atratividade dos projetos em status de tecnologia incipiente no estado.
Estabelecer Programas de (i) Desenvolvimento da Cadeia Produtiva do Setor, (ii) de Atração da Indústria Eólica <i>Offshore</i> Internacional e (iii) de Colaboração entre Indústria e Governo.	• Prover atratividade para a instalação da Indústria Internacional no estado. • Estabelecer troca de conhecimento entre Indústria e Estado. • Fomentar desenvolvimento tecnológico; • Desenvolver regionalmente a cadeia de valor da eólica <i>offshore</i>.
Promover Plano de Aperfeiçoamento da Infraestrutura Portuária contemplando atividades da Eólica	• Aprimoramento da infraestrutura portuária visando a atender a indústria eólica <i>offshore</i> no curto, médio e longo prazos.

Offshore e Produção de Hidrogênio Verde.	• Incentivar o desenvolvimento de clusters industriais nos arredores dos portos.
Fomentar exploração de sinergias entre a Eólica <i>Offshore</i> e a cadeia de suprimento da Eólica <i>Onshore</i> e de outras atividades correlatas.	• Explorar a existência da cadeia de suprimento da eólica <i>onshore</i> e diversidade da indústria paulista de forma a buscar sinergias de atividades correlatas (ex. suprimentos, logística, operação, manutenção e indústria de atividades secundárias).
Promover incentivo ao desenvolvimento de Parque Eólico Offshore Piloto de médio porte	• Acumular conhecimento e gerar desenvolvimentos tecnológicos visando ampliação da capacidade instalada no estado.
Promover Programa de Monitoramento de Dados e Pesquisas Técnicas para Mapeamento do Potencial Eólico Offshore no estado.	• Estabelecer base de dados (Climatológicos e Oceanográficos) público, com riqueza de informação e acurácia, para suporte à estimativa coerente do potencial eólico offshore no estado e prover suporte ao desenvolvimento de projetos.
Estabelecer Marco Regulatório	• Definir regramentos para o Desenvolvimento de Usinas Eólicas Offshore, em relação aos aspectos de planejamento, desenvolvimento e operação.

8 Projetos Híbridos

8.1 Diagnóstico

A promoção de usinas híbridas renováveis se constitui em relevante estratégia para o atendimento das metas globais de descarbonização de matrizes energéticas, pois promove a geração de energia elétrica limpa e a eficiência no aproveitamento de recursos físicos e energéticos disponíveis em mesmo local, implicando em benefícios sociais, econômicos, ambientais e operacionais aos empreendedores e ao sistema elétrico. Deste modo, as usinas híbridas representam uma importante alternativa a ser promovida no âmbito do Plano Estadual de Energia - Horizonte 2050 (Race to Zero / Race to Resilience).

As usinas híbridas têm atraído crescente interesse nos mais diversos mercados internacionais (ex. EUA, Austrália, China, Índia), não sendo diferente no mercado nacional, sobretudo, em razão da participação das fontes renováveis na matriz e da complementaridade local a partir da combinação de diferentes fontes de geração. No Brasil, a Resolução Normativa ANEEL nº 954, de 30 de novembro de 2021, estabeleceu o tratamento regulatório para implantação de usinas híbridas, pavimentando a possibilidade de exploração de arranjos compostos por diferentes tecnologias de geração com base nas vocações energéticas de cada local e a exploração de recursos físicos compartilhados, dentre eles, o sistema de escoamento da produção.

Como resultado do marco regulatório, cresce o número de agentes do mercado manifestando interesse na constituição de usinas híbridas, sobretudo, na tipologia formada entre uma usina existente e outra nova (usinas associadas), no qual se busca otimizações em CAPEX da unidade entrante e OPEX do conjunto (aumentando a atratividade dos projetos). Contudo, em razão da resolução ter menos de um ano de publicação e do prazo requerido para implantação de novos projetos, as usinas de grande porte atualmente encontram-se em fase de planejamento ou de construção, isto é, ainda são incipientes no Brasil.

Em virtude do considerável potencial solar fotovoltaico (FV) e suas características tecnológicas, que o permite ser associado com outras fontes e em diferentes locais (adaptabilidade), visualiza-se o seu protagonismo no estado em arranjos híbridos, além do seu potencial de expansão nas modalidades de usinas centralizadas (atuais 1,1 GW em operação e construção) e de geração distribuída (atuais 1,7 GW). No caso da formação de usinas solares centralizadas, há possibilidade da 'hibridização' desta fonte via acoplamento de Sistemas de Armazenamento de Energia (SAE)⁴, que podem conferir maior flexibilidade operativa para estas fontes de geração sazonal, a exemplo do que se intensifica no cenário internacional.

Os níveis de irradiação no estado são mais elevados nas regiões central e noroeste, justamente onde há maior presença de hidrelétricas. Em complemento, a existência de um parque gerador hidrelétrico de 14,9 GW no estado implica que o estabelecimento de usinas híbridas compostas por hidrelétricas com solar FV seria de relevante oportunidade, principalmente, ao se considerar que a capacidade de expansão de hidrelétricas encontra-se praticamente exaurida e a hibridização destas usinas, via solar FV, agregaria com a expansão e a otimização de recursos físicos e energéticos locais, que além de promoverem maior eficiência dos aproveitamentos disponíveis, beneficiam aspectos de operação e planejamento do sistema.

A composição de usinas a biomassa com a solar FV é outro arranjo promissor. A capacidade instalada das usinas a biomassa no estado é de 6,8 GW, com concentração em locais com alta incidência de irradiação, sobretudo, na região noroeste do estado. A geração sazonal típica das

⁴ A Portaria nº 66/MME, de 5 de setembro de 2022, publicada pelo Ministério de Minas e Energia, considera a combinação duas ou mais fontes de geração com soluções de armazenamento de energia como projetos híbridos.

usinas a biomassa poderia ser complementada pela geração diurna da solar FV, que na associação compartilharia física e contratualmente a infraestrutura de conexão e uso da rede de transmissão, originalmente estabelecida para atendimento da biomassa. As usinas a biomassa também podem ser hibridizadas via associação com gás natural. Neste arranjo, a usina opera com o bagaço da cana e com gás natural como combustível auxiliar, permitindo-se gerar energia o ano todo, diminuindo a sazonalidade da geração e aumentando a garantia física das usinas.

Pontos fortes:

- Potencial energético para aumento da capacidade instalada estadual por meio da formação de arranjos híbridos compostos por fontes renováveis, sobretudo, pela associação de novas fontes às existentes.
- Infraestruturas de geração e de rede elétrica bastante desenvolvida e ramificada.
- Infraestrutura logística madura e desenvolvida.
- Baixa necessidade de aprimoramentos tecnológicos e inovativos para a composição de usinas híbridas a partir da associação de fontes de potencial relevante no estado.
- Cadeias de Valor dos setores presentes no estado com grau de maturidade que refletem em condições basilares para o pronto atendimento das demandas de hibridização de usinas.

Pontos fracos:

- Usinas híbridas ainda se configuram como uma tipologia incipiente no âmbito nacional.
- Estruturas flutuantes para solar fotovoltaica e Sistemas de Armazenamento demandam por maiores desenvolvimentos para que a atratividade financeira justifique sua aplicação na hibridização de usinas.
- Tecnologia e infraestrutura para utilização de gás natural como combustível auxiliar em usinas a biomassa requer maior desenvolvimento e expansão da malha de distribuição.
- Custos e disponibilidade de terras (área plantada versus área requerida para projetos) são aspectos que devem ser ponderados quanto a atratividade da hibridização da biomassa por solar fotovoltaica.

8.2 Visão de Futuro

A visão de futuro no horizonte 2050 aponta para a perspectiva de consolidação das usinas híbridas em diferentes mercados, caracterizando-se pelo emprego de tecnologias inovadoras e de maior eficiência, bem como pela formação de novos arranjos compostos por tecnologias dedicadas para a produção e armazenamento de hidrogênio a partir de geração renovável.

No estado, visualiza-se como factível a participação das quatro composições de usinas híbridas com maior potencial, identificadas na fase de diagnóstico: Usinas Hidrelétricas com Solares FV fixas e flutuantes; Usinas a Biomassa com Solares FV; Usinas a Biomassa com Gás Natural; Usina Solar Fotovoltaica com Sistemas de Armazenamento de Energia (SAE).

Destas alternativas, entende-se que a combinação formada por hidrelétricas e solar fotovoltaica é a que mais se destacará, no horizonte de 2050, em razão do potencial energético e financeiro para inserção da solar em áreas de entorno e flutuantes nos reservatórios das hidrelétricas existentes no estado.

Os benefícios desta expansão estendem-se sobre questões associadas ao planejamento da operação do sistema elétrico nacional. Por exemplo, aprimoramentos nos regramentos de despacho para a exploração da geração solar de forma coordenada com a geração hidrelétrica

contribuiria para garantia de disponibilidade hídrica e manutenção de cotas de reservatórios e da hidrovía Tietê-Paraná.

A expansão da solar fotovoltaica nas modalidades de usinas centralizadas e geração distribuída também deve se concretizar no horizonte 2050. Estudos de planejamento da expansão indicados pela EPE reforçam esta tendência, ao apontar para crescente participação da solar na matriz de eletricidade brasileira.

Em relação as alternativas associadas com a biomassa, as hibridizações via solar fotovoltaica e via gás natural devem se consolidar, pois há perspectivas de expansão da biomassa, da solar fotovoltaica e dos sistemas de escoamento de gás natural no estado, não havendo barreiras tecnológicas significativas para a constituição de tais arranjos. Ademais, frisa-se a oportunidade de exploração possibilidade de escoamento de biometano nos períodos de safra, representando uma vantagem a ser obtida desta configuração.

A associação de usinas como a solar FV com SAE também tem importante espaço para crescimento no horizonte. A redução esperada no custo destes sistemas e evoluções tecnológicas previstas implicariam em maior atratividade destes sistemas, que conferem capacidade de gerenciamento da geração, que pode ser armazenada e injetada no sistema tanto em horários de baixa geração como em horários de alto preço, permitindo uma “arbitragem de preços” por parte do Empreendedor. No fluxo de energia das usinas híbridas, tem-se a tendência que as evoluções tecnológicas adicionem etapas de transformação de energia, sendo a energia elétrica direcionada para atendimentos de carga, para Sistemas de Armazenamento de Energia e para a produção de combustível verde (ex. hidrogênio).

Na expansão das usinas híbridas, visualiza-se um melhor aproveitamento das infraestruturas existentes de transporte e da rede interligada. Contudo, devem ser observadas as possibilidades de reforço das redes em decorrência das transformações energéticas que ocorrerão em paralelo à expansão das usinas híbridas (ex. decorrentes da expansão do gás natural, hidrogênio, eletromobilidade, resposta da demanda e geração distribuída, além de questões associadas com desenhos de mercado e a evolução).

8.3 Posicionamento

A expansão de usinas híbridas no estado deve ser realizadas com ações coordenadas para que o potencial identificado no estado, de fato, possa ser explorado, provendo impulso econômico da cadeia produtiva. Deste modo, para a concretização das evoluções previstas, requerem-se políticas de incentivo ao desenvolvimento tecnológico e da cadeia produtiva destas fontes, sobretudo, das tecnologias de armazenamento de energia e produção de hidrogênio.

Neste sentido, recomenda-se o estabelecimento de uma Política Estratégica de suporte à expansão de usinas híbridas no Estado de São Paulo, para que sejam definidas políticas públicas, programas e incentivos que estimulem o desenvolvimento da cadeia de valor de geração de energias renováveis e usinas híbridas, com linhas de crédito competitivas e desonerações (fiscais e financeiras), aliados ao apoio a novos negócios emergentes e incentivos à pesquisa, desenvolvimento e inovação.

Ademais, devem ser estabelecidas diretrizes e prioridades estratégias associadas com mecanismos específicos de contratação (ex. Leilões) e valorização dos atributos das usinas híbridas (ex. serviços ancilares), bem como ações para promoção de aprimoramentos regulatórios específicos, de forma similar às estratégias adotadas por mercados internacionais que promoveram esta tipologia em seus mercados.

Como recomendações gerais de ações que devem ser contempladas no delineamento de Política Estratégia Estatal para a Promoção das Usinas Híbridas, citam-se:

Ação	Objetivo
Estabelecer Política Estratégia Estatal para a Promoção das Usinas Híbridas	• Definir diretrizes ao desenvolvimento regional da cadeia produtiva das fontes que compõem projetos híbridos e considerar os desenvolvimentos existentes no estado para atendimento individualizado das fontes candidatas à hibridização. • Promover Política de incentivo à hibridização de usinas hidrelétricas existentes por usinas solar flutuante ou fixas nos entornos dos reservatórios. • Definir diretrizes para o aproveitamento estratégico das sinergias das cadeias produtivas e atividades correlatas (ex. suprimentos, logística, operação, manutenção e indústria de atividades secundárias) entre os energéticos de hibridização. • Promover Programa de Fomento ao Desenvolvimento Tecnológico e Acadêmico (solar flutuante, hidrogênio verde e sistemas de armazenamento).
Promover Mecanismos de Incentivo Financeiro à Atratividade das Usinas Híbridas	• Promover o desenvolvimento de usinas híbridas e atrair investimentos na cadeia de valor. Aumentar a atratividade dos projetos e desenvolvimento do setor. • Promover tratamento para modelos de negócios incipientes de hibridização de usinas. • Estabelecer mecanismos de incentivos e de contratação de energia (Leilões regionais).
Atuar na Promoção de Aprimoramentos Regulatórios	• Definir regramentos de: (i) garantia física; (ii) despacho (otimização local); (iii) oferta de serviços ancilares e de capacidade; (iv) comercialização para projetos híbridos com armazenamento (atuação como carga e geração).

9 Eletromobilidade

9.1 Diagnóstico

A Tabela 1 apresenta o resumo do Diagnóstico por dimensões de análise.

Tabela 1. Resumo do diagnóstico por dimensões de análise

Pontos fortes do ESP	Pontos fracos do ESP	Dimensões de análise
Apresenta uma capacidade de desenvolvimento industrial de veículos leves e pesados	Modernização do parque industrial, reinserir o parque produtivo nacional nas cadeias produtivas globais	Tecnologia – Inovação tecnológica
A participação da geração renovável é representativa para o cenário atual de VE circulantes	Difusão dos VE está em fase inicial	Tecnologia – Planejamento Energético
A infraestrutura de geração de energia, tem capacidade de atender a demanda atual de VE	Difusão da infraestrutura de recarga está em fase inicial	Infraestrutura – Infraestrutura de geração
Apresenta fornecedores de insumos para atender a demanda da eletromobilidade.	Fabricas completas da cadeia de baterias para os veículos.	Econômica – Resíduos e insumos
Conta com uma cadeia produtiva robusta e consolidada para veículos pesados,	Frota reduzida de ônibus e caminhões elétricos em operação e resistência das empresas em adotar a rota da eletrificação	Econômica – Cadeia Produtiva
Conta com Leis, Resoluções e metas Munic./Estad./Feder.	Ações coordenadas e discordância entre o setor público e privado.	Econômica – Normas, Políticas e Regulamentos
Evolução cada vez maior de agentes envolvidos no setor de eletromobilidade em anunciar metas de descarbonização, utilização de fontes renováveis e eletromobilidade.	Popularização do tema e discussão sobre os desafios, barreiras e oportunidades.	Social – Universalização do Acesso
Contou com investimento de P&D ANEEL em torno de R\$500M em 2018	Continuidade de investimentos em P&D no tema	Econômico – Impulso Econômico
Presença incentivos e créditos fiscais.	Incentivos, créditos fiscais e benefícios arrojados para o consumidor.	Econômico – Impulso Econômico

9.2 Visão de Futuro

A

Tabela 2 apresenta o resumo da Visão de Futuro por dimensões de análise. Importante ressaltar que a tabela não tem a intenção de esgotar todas as oportunidades e desafios para o Estado de São Paulo no tema da eletromobilidade. Contudo, reflete os principais direcionamentos identificados a partir das referências analisadas.

Tabela 2. Resumo da visão de futuro por dimensões de análise

Oportunidades para o ESP	Desafios para o ESP	Dimensões de análise
Liderar Roadmap nacional e planos de longo prazo	Articulação e harmonização entre os stakeholders envolvidos de alguma forma no tema	Econômica - Normas, Políticas e Regulamentos
Liderar o movimento das políticas públicas integradas para a eletrificação das frotas de VL e VP	ambiente político-regulatório robusto e alinhado às demandas do setor	Econômica - Normas, Políticas e Regulamentos
Renovação da indústria / Parque industrial / Expansão da Infraestrutura de recarga	Altos investimentos em infraestrutura. Decisões estratégicas de empresas estrangeiras.	Tecnológico – Inovação tecnológica e/ou serviços
Geração de empregos	Operacionalização de uma nova cadeia tecnológica, treinamento, capacitação, mudança dos engenheiros automotivos	Social – Geração de empregos
Aumento dos investimentos de empresas	Estabilidade política e sinalizações governamentais	Econômico – Impulso econômico
Redução dos problemas de saúde relacionados as emissões	Troca da frota de veículos a combustão, principalmente os movidos a diesel. Dificuldades de penetração no transporte público coletivo devido a contratos existentes	Meio Ambiente - Emissões
Produção local de baterias	Altos investimentos em infraestrutura	Tecnológicos - Tecnológico – Inovação tecnológica e/ou serviços
Definição metas de banimento dos veículos a combustão	Aplicação de Leis mais rigorosas	Econômica - Normas, Políticas e Regulamentos
Mudanças regulatórias e normativas para permitir o V2G/V2H/V2B	Regulatório e disponibilidade de maior número de modelos de VE com capacidade de operar nos modos V2G/V2H/V2B	Econômica - Normas, Políticas e Regulamentos
Aplicação de tarifas diferenciadas e dinâmicas para recarga dos VE	Regulatório, implantação de redes inteligentes, <i>smart metering</i> , infraestrutura de comunicação, padronização	Tecnológicos - Tecnológico – Inovação tecnológica e/ou serviços
Novos produtos, modelos de negócios e serviços	Ausência de uma política de Estado que estimule o setor	Econômica - Normas, Políticas e Regulamentos
Envolvimento do consumidor em participar de forma ativa no Setor elétrico	Difusão do conhecimento, informação e capacitação,	Social – Universalização do acesso
Novas pesquisas, desenvolvimento e inovação nos diversos temas da cadeia de eletromobidade	Incentivo à PDI e capacitação profissional e tecnológica, econômicas, tecnológicas e climáticas	Econômico – Impulso econômico

9.3 Posicionamento

Seguem as principais macro ações, descrevendo o objetivo/justificativa de cada ação, o desafio ou oportunidade que visa endereçar, e qualificar/quantificar potenciais impactos. Importante ressaltar que a relação não tem a intensão de esgotar as ações sobre o assunto, permitindo revisões e atualizações futuras. Contudo, reflete as principais ações identificadas a partir das

referências e incorpora reflexões que adaptam a visão dos trabalhos consultados à conjuntura atual.

- **Implementar políticas de incentivo e regulação direcionadas aos VE:** Difundir em larga escala a mobilidade elétrica no Estado de São Paulo (ESP), para atendimento às metas de descarbonização. Estabelecer uma política de metas alinhadas nas esferas federais, estaduais, municipais para evolução da mobilidade elétrica no ESP. Redução das emissões, atendimento às metas, redução dos gastos com saúde, menor ruído, novos serviços, atualização das frotas Governo do Estado em articulação com outras esferas políticas de forma a coordenar os esforços.
- **Aprimorar e ampliar investimentos em PD&I na área de Mobilidade Elétrica:** Desenvolvimento de novos modelos de negócio, tecnologias, serviços, sistemas, plataformas, não contemplados pela cadeia nacional. Criação de curso técnico e de graduação voltados para o desenvolvimento de soluções e mão de obra qualificada de alto nível para operar em toda cadeia de valor da mobilidade elétrica. Recuperar a competitividade da engenharia, atualização dos cursos de graduação, técnicos e especializações no tema. Governo do Estado em articulação com empresas do setor de energia e órgão de fomento no tema de mobilidade elétrica. Setor automotivo, Universidades, Escolas Técnicas Estaduais (ETEC)s.
- **Estimular a implantação de gigafactories no ESP abrangendo baterias, componentes eletrônicos e VE:** Impulsionar o parque produtivo do estado nas cadeias produtivas globais. Geração de empregos, renovação do parque fabril, tecnologia alinhada com o contexto internacional. Investimento no Estado, redução do desemprego, aumento do PIB. Criar empregos de qualidade das futuras gerações. Governo do Estado em articulação com empresas privadas, envolvidas de alguma forma no setor de mobilidade elétrica.
- **Estimular a renovação e apoio a indústria do local:** Estabelecer uma cadeia produtiva e política industrial da eletromobilidade de VE leves e pesados no ESP. Geração de emprego, renovação do parque fabril, tecnologia alinhada com o contexto internacional. Renovação das frotas de ônibus urbanos a diesel, responsáveis por grande parte das emissões do EST. Governo do Estado em articulação com outras esferas políticas de forma a coordenar os esforços.
- **Investimento na infraestrutura de recarga pública lenta e rápida:** Expansão das redes de recarga pelo ESP Viabilizar os investimentos público e privado para aumento dos pontos de recarga. Evitar incerteza e indisponibilidade do consumidor para recarga dos VE. Governo do Estado em articulação com outras esferas políticas de forma a coordenar os esforços com empresas de energia e demais envolvidas no setor.
- **Propor campanhas de informação e reportagens sobre os benefícios e potencialidades dos VE:** Esclarecer os mitos e incertezas relacionados aos VE leves e pesados. Difundir as possibilidades de novos serviços e benefícios que vão além do VE para o público em geral. Entendimento do público sobre interconectividade entre o usuário e veículo, integração multimodal, conexão com a rede elétrica, infraestrutura de recarga, autonomia, tempo de recarga, entre outros. Governo do Estado em articulação com empresas de comunicações, órgãos públicos, instituições de ensino.

10 Mecanismos de Carbono

10.1 Diagnóstico

Mecanismos de Mercado (MM) representam iniciativas de precificar as externalidades produzidas pelas Mudanças Climáticas (MC) nos bens e serviços produzidos pela economia. No Brasil estas iniciativas ainda se encontram em um nível de desenvolvimento marginal se comparado com a experiência internacional.

Quando são analisadas as oportunidades da aplicação de MM no Brasil e, em específico, no Estado de SP, podem ser elencados como ponto forte relevante o fato que existe nível razoável de consciência da sociedade que o tema das MC demanda iniciativas robustas e urgentes. Existe ainda recente iniciativa do Governo Federal sinalizando a intenção de criação de um mercado de certificados de emissões reduzidas no Brasil. O Estado de SP reúne condições de infraestrutura e conhecimento, que o qualificam a ser o protagonista na implantação dos MM no Brasil. Esta infraestrutura representada pela CCEE- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica que parece possuir a vocação natural para ser a hospedeira dessas iniciativas, vantagem esta que é acompanhada pelo mais bem desenvolvido sistema financeiro do País, pela Bovespa e por algumas das melhores universidades do país que podem liderar a dimensão estratégica do conhecimento requerido por nessas iniciativas.

As principais fragilidades (pontos fracos) dizem respeito ao fato que MM representam em termos pragmáticos aumento de custos para a economia, o que pode provocar oposição de agentes políticos e econômicos. Esta oposição potencial indica que as ações de implementação de MM (evidentemente necessárias) para complementar, em conjunto com outras iniciativas detalhadamente descritas em outros GTs deste projeto, para que se possa atingir emissões líquidas nulas em 2050, irão exigir grande esforço de coordenação política e técnica. Cabe por princípio a condição dessa coordenação a Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA), ou entidade similar que venha ocupar essa responsabilidade no governo de SP.

10.2 Visão de Futuro

Como não existem iniciativas de MM estruturados, exceção feita a alguns poucos projetos de redução de emissões voluntárias, a maioria em projetos de uso da terra e atrelados à economia agrícola, existe todo um abrangente conjunto de iniciativas que podem ser divididos em:

Curto prazo – até 2025 - O contexto de curto prazo será marcado pelo agravamento dos temas conexos às MC tanto no plano nacional como internacional, o que permitirá com maior facilidade que os agentes públicos, em especial aqueles representantes do Estado de SP, possam fazer proposições mais restritivas sem que a oposição da sociedade seja emblemática. A geração de empregos e o surgimento de projetos de empreendedores relacionados com a dimensão ambiental de redução de emissões de GEE movimentando a economia devem ser considerados como oportunidades a serem aproveitadas nos planos estratégicos do Estado de SP.

Os desafios atrelados a essas oportunidades irão requerer da **dimensão tecnológica** segurança cibernética, garantindo especialmente transparência de regras e da contabilização e liquidação financeira. Não se espera que seja possível um regramento menos competente do que aqueles vigentes para o mercado bancário e mercado de energia elétrica no ACL.

Na **dimensão sociopolítica e ambiental**, espera-se que os desafios a serem enfrentados sejam coerentes com a manutenção de princípios de equidade energética, com a devida preservação

de suporte a consumidores hipossuficientes e ampliação de serviços ambientais, como tratamento de lixo urbano e sistemas de água e esgoto.

Na **dimensão econômica**, os desafios dizem respeito à governança dos valores arrecadados que devem ter destinação estrita a temas conexos com a temática das MC. Os papéis do regulador e do legislador, que irão construir o arcabouço regulatório, terão responsabilidade para oferecerem ambiente regulatório com segurança jurídica e tributária para os agentes locais e dar credibilidade internacional para uma segunda etapa de consolidação de um mercado brasileiro de MM.

Médio e longo prazo- 2025-2030 - O agravamento das condições climáticas irá representar o aumento das pressões políticas, econômicas e diplomáticas tanto para o Brasil e outros países emergentes. Se de uma parte esta pressão geopolítica e econômica vai exigir ações firmes do Governo Brasileiro, o agravamento do tema irá criar oportunidades cada vez maiores por produtos e serviços associados a energias renováveis e uso da terra para a produção de alimentos de forma sustentável. Para ambas as demandas, o Brasil terá oportunidades robustas para melhorar suas condições econômicas. Os MM irão fazer parte importante dessas oportunidades, nas dimensões de governança e credibilidade internacional. A oportunidade de certificados de MM pode representar a porta de entrada de um comércio ampliado de alimentos produzidos de forma sustentável, produtos e serviços de energia, com destaque para o H₂ verde, desde que certificados com elevada credibilidade.

A criação de uma estrutura de plataformas de gestão de MM pode se transformar em relevante mecanismo de comércio para países ainda em fase de desenvolvimento dessas soluções inclusive como ferramenta de proteção a iniciativas de livre comércio (Mecanismos de Ajuste de Fronteira - MAF⁵) que venham a ser criados por países importadores. Contemplar os serviços ambientais nestas plataformas representa, ao mesmo tempo, uma dificuldade adicional, mas uma necessidade que não pode deixar de ser considerada.

Na medida em que o agravamento das MC justifique o aprofundamento das medidas e das políticas associadas às mais diversas vertentes de tecnologia e usos sustentáveis de energia e uso da terra, a vertente dos MM tem importância relevante em evitar que a precificação das externalidades não venha a prejudicar as demandas pela redução da pobreza e desigualdade no Brasil.

10.3 Posicionamento

Iniciativas de MM representam conjunto de complexas tarefas (evidentemente entre outras iniciativas) que o Estado de SP deve enfrentar para atingir emissões líquidas zero em 2050. Pela complexidade de articulação política e empresarial, as iniciativas não poderão carecer da liderança da SIMA. Assim, se propõe um grupo de trabalho que contemple simultâneos desafios:

- i. **Grupo Técnico** - Estabelece as metas temporais da implantação dos MM e as metas de indicadores de redução de emissões atribuídas a esta vertente. Este grupo deve fazer a interface com as Universidades Paulistas e com a FAPESP;
- ii. **Grupo de Articulação Política** – Responsável pela conexão com a Assembleia Legislativa e com o Legislativo Federal, indicando a vocação e a potencialidade do Estado de exercer

⁵ MAF representam iniciativas de taxar produtos importados provenientes de países que descuidem de suas emissões. Existem propostas de que todos os países ausentes do Acordo de Paris ou mesmo aqueles que apresentem metas tímidas passem a ser objeto de taxações sobre suas exportações.

- o protagonismo nacional. Este grupo também deve fazer frente à interface institucional com agências reguladoras, ministérios e entidades intrasetoriais como EPE, ONS e CCEE;
- iii. **Grupo de Articulação Empresarial** - Responsável por fazer a ponte com setores relevantes da economia, indústria, transporte, agricultura e pecuária. Entidades como FIESP, FIRJAN, Federação Nacional da Agricultura e assemelhados devem ser envolvidos e;
 - iv. **Grupo de Comunicação** - responsável por interagir com a mídia tradicional e alternativas como blogs, canais institucionalizados de notícias, produtores de vídeo e *influencers* em geral. O grupo de Comunicação deve ser ainda responsável pela atualização permanente do progresso das atividades dos outros grupos, dando transparência aos avanços internamente na SIMA, e para a sociedade em geral via *website*, especialmente desenvolvido para o projeto. O grupo ainda deve dispor de representantes com perfil mais técnico e que sejam responsáveis por prospectar projetos, iniciativas que envolvam inovações, iniciativas comerciais e empresariais e quaisquer outros fatos relevantes que mereçam atenção de cada grupo; e
 - v. **Grupo de Coordenação Executiva** - responsável pela liderança deste projeto e por coordenar com o Secretário de Estado o apoio institucional e político do Estado de SP para atuar como facilitador dos grupos de articulação política e empresarial.

Metas a serem cumpridas:

Os cronogramas a serem propostos dependem da vontade política do Governo, mas a ideiação deste grupo temático é que as primeiras iniciativas de MM possam estar operacionais no início de 2025.

Metas de redução de emissões devem ser feitas a partir de permissões que se baseiem em redução das emissões para os primeiros 3 anos de mercado (2025-2028) atingindo redução de 10/20% das emissões a serem atingidas no terceiro ano.

A partir de 2028, as permissões devem ser paulatinamente reduzidas, mas as permissões disponíveis devem ser concedidas por meio de leilões públicos permitindo-se que a economia se ajuste de forma competitiva e que recursos adicionais possam suprir investimentos em outras iniciativas coerentes com a meta geral de emissões nulas em 2050.

Tanto as metas para 2028 como aquelas dos ciclos subsequentes devem ser balizadas a partir de recomendações de metas plausíveis feitas pelos demais grupos de Tecnologia e cenários econômicos. Dada a dinâmica desse processo recomenda-se ciclos de 3 anos para cada ajuste.

11 Hidrogênio Verde e novas gerações de combustíveis

11.1 Diagnóstico

O hidrogênio não é uma fonte de energia, mas um vetor energético, atualmente empregado em diversos setores industriais como insumo químico. Em 2021 a demanda mundial desse produto foi 94 milhões de toneladas (t), com destaque para aplicações no setor petroquímico (42,5 %), de produção de amônia (36,2 %), de metanol (16,0 %) e redução direta de ferro (5,3 %). Ao Brasil coube cerca de 0,6 % desse total, ou seja, um consumo da ordem de 550 mil t, utilizadas principalmente nos mesmos setores globais: petroquímico e amônia. Esses valores colocam o Brasil muito distante dos maiores consumidores globais, como a China (25 % do mercado mundial) e Estados Unidos (12 %), de forma que, na atualidade, o Brasil não é um importante *player* desse mercado. Estimativas feitas para o ESP indicam uma demanda da ordem de 200 mil t/ano, da mesma forma distribuídas entre os setores petroquímico (80 %) e produção de amônia (20 %). Esse valor corresponde a aproximadamente um terço da demanda nacional, ou a 0,2 % da demanda global.

Com relação aos novos combustíveis, notadamente aqueles produzidos com o uso do hidrogênio, não há no momento essa aplicação no ESP, o que está reservado para um futuro próximo, a depender das políticas de incentivos e programas de obtenção de combustíveis sintéticos.

Como atualmente o hidrogênio produzido no Estado é obtido da reforma do gás natural sem a captura do CO₂ (hidrogênio cinza, H₂C), tem-se uma emissão de GEE de aproximadamente 1.400 t/ano. Não há, até o momento, no ESP, programa em andamento para a redução/eliminação dessas emissões, apesar de algumas iniciativas anunciadas em outros estados. Também não há uma política tecnológica que incentive ou promova a produção e as aplicações do hidrogênio como vetor energético. Isso está ocorrendo em outros estados, principalmente como forma de criar e aproveitar uma nova oportunidade de negócio, em vista da expectativa por um mercado global para o hidrogênio verde (H₂V), produzido de fontes renováveis.

11.2 Visão de Futuro

Partindo-se da demanda atual de hidrogênio no ESP, da ordem de 200 mil t/ano, a situação futura será resultado da sobreposição de dois quadros evolutivos: o crescimento das atuais demandas e o incremento adicional devido às novas aplicações do hidrogênio, que deverão contribuir para a descarbonização de diversos setores econômicos, notadamente os de transporte e industrial (químico, siderúrgico etc.).

A análise da evolução da demanda atual indicou um cenário de substituição gradual, de forma linear, do H₂C por uma combinação de H₂V e H₂A (hidrogênio azul, que é o H₂C com captura de carbono), dadas as características das aplicações desse insumo químico. A Tabela 1 sintetiza os valores estimados em cada caso para os horizontes de 2030, 2040 e 2050.

Tabela 1- Demandas de H₂V e H₂A estimadas para o ESP

Ano	Demanda H ₂ V para amônia (mil t)	Demanda H ₂ A para refinarias (mil t)	Demanda total (mil t)
2030	14	58	72
2040	41	162	203
2050	76	303	379

Já as estimativas do incremento da demanda devido às novas aplicações apontaram os valores adicionais indicados na Tabela 2, onde foram considerados os setores mais significativos, a saber, de produção de metanol, incremento na fabricação de amônia e uso em transportes.

Tabela 2- Demandas de H2V em novas aplicações no ESP

Ano	Metanol (mil t)	Amônia (mil t)	Transporte (mil t)	Total H2V (mil t)
2030	135	32	0	167
2040	269	63	6	338
2050	404	95	299	798

Portanto, considerando-se os dois cenários, tem-se a previsão de demandas totais de hidrogênio, nos horizontes desse estudo, 2030, 2040 e 2050, respectivamente da ordem de 240, 540 e 1.200 mil toneladas.

Tomando-se como meta se alcançar a neutralidade de emissões de gases de efeito estufa até o ano de 2050, neste horizonte todo o hidrogênio produzido para atender essa demanda deverá ser de H2V, obtido de diversas fontes renováveis, ou H2A, neste caso para uso do setor petroquímico.

11.3 Posicionamento

As ações para que o hidrogênio e os novos combustíveis possam contribuir para a descarbonização do ESP devem abordar duas vertentes: a substituição do hidrogênio atualmente utilizado (H2C) por hidrogênio sem emissões de GEE (H2V e H2A) e a utilização desses combustíveis renováveis em novas aplicações, substituindo os de origem fóssil, o que poderá incluir a introdução de novos negócios no Estado, como a exportação de grandes quantidades de H2V. As ações indutoras do tipo positivas, ou seja, que oferecem vantagens às empresas e instituições que implementarem tais ações, devem ter prioridade em relação às ações indutoras negativas, onde ocorrem constrangimentos ou penalizações àquelas que não se adequem às ações propostas. Deve-se atentar ao aspecto temporal dessas ações, que se reduzirão na medida em que os objetivos sejam alcançados e os processos se tornem competitivos, funcionando por si só.

As ações para o incentivo ao uso do hidrogênio renovável não são exclusivas, devendo estar associadas e integradas às ações que induzirão as demais fontes renováveis. Algumas dessas ações, incluindo algumas já em uso em outros países, estão sintetizadas no quadro abaixo.

Tabela resumo com as três principais ações.

Ação proposta	Objetivo	Desafios ou oportunidades	Potenciais impactos
Criação do Plano Estadual de Hidrogênio	Organizar e agregar as empresas e instituições para promover o uso energético do hidrogênio no ESP	Integrar e obter sinergia entre empresas, institutos de pesquisa e universidades, que possuem objetivos e modus operandi diversos	Positivos: cria sinergia entre diferentes atores e potencializa os esforços. Negativos: pode burocratizar os procedimentos e desincentivar iniciativas individuais.
Criar junto à FAPESP um programa especial para o uso energético do hidrogênio nos moldes do programa de bioenergia (Bioen)	Estabelecer um programa coordenado de pesquisas e desenvolvimentos sobre a tecnologia do hidrogênio	Adequar e compatibilizar objetivos tradicionalmente acadêmicos para a busca de resultados práticos e aplicáveis em curtos e médios espaços de tempo.	Positivos: agregar e amplificar os esforços dispersos de PD&I no Estado nessas áreas. Negativos: desincentivo a esforços de PD&I nas empresas.
Subsídio financeiro à produção de H2 ou novos combustíveis renováveis	Compensar os custos iniciais mais elevados dos produtos.	Obter investimentos de risco em cenários de incertezas. Oportunidade de se conseguir investimentos importantes no Estado	Positivos: estímulo à produção no Estado. Negativo: onera o orçamento e prejudica investimentos em outros setores
Renúncia fiscal (impostos de importação de equipamentos; impostos de comercialização sobre H2V, H2A e novos combustíveis)	Reduzir custos de investimento e de operação e de comercialização	Ajustar o orçamento estadual para cobrir a perda de receita; obter a aprovação da medida nos diferentes órgãos de deliberação	Positivos: estímulo à produção no Estado. Negativo: reduz a captação de recursos e prejudica investimentos em outros setores
Taxa de emissão de carbono	Induzir investimentos próprios na substituição dos processos	Conseguir a cooperação de empresas e instituições; evitar o repasse de custos à sociedade	Positivo: os investimentos são privados. Negativos: as empresas podem deixar de produzir no Estado.
Imposição de percentual de vendas de veículos com novos combustíveis	Inserir progressivamente veículos com baixas ou nenhuma emissão nas frotas	Conseguir a cooperação de empresas e instituições; evitar o repasse de custos à sociedade	Positivo: fabricantes tornam custos dos veículos acessíveis. Negativos: fabricantes podem deixar de comercializar no Estado.
Subsídios às aquisições de veículos com novos combustíveis	Inserir progressivamente veículos com baixas ou nenhuma emissão nas frotas	Ajustar o orçamento estadual para cobrir a perda de receita; obter a aprovação da medida nos diferentes órgãos de deliberação	Positivos: facilita a aquisição de veículos de baixas emissões. Negativo: onera o orçamento e prejudica investimentos em outros setores
Financiamento da substituição da rede de gás natural	Disseminar o uso do hidrogênio junto à rede de gás natural	Obter investimentos de risco em cenários de incertezas. Oportunidade de se conseguir investimentos importantes no Estado	Positivos: permite o transporte de grandes volumes de hidrogênio. Negativos: custos de substituição da rede e adaptação de equipamentos.
Criação de uma malha de gás “limpo” no Estado	Disseminar o uso do hidrogênio, biometano e metano sintético	Obter investimentos de risco em cenários de incertezas. Oportunidade de se conseguir investimentos importantes no Estado	Positivos: evita a substituição da rede de gás natural. Negativos: custos elevados.

12 Balanço de Emissões

12.1 Diagnóstico

O balanço de emissões tem por objetivo quantificar as emissões de gases do efeito estufa⁶ (GEE), responsáveis pelo aquecimento global e mudanças climáticas, de forma a verificar se as medidas propostas poderão de fato garantir que a neutralidade de emissões de GEE do setor energético do Estado de São Paulo (ESP) seja alcançada.

No mundo, o setor energético é responsável por mais da metade das emissões totais de GEE, (UNEP, 2021). O padrão de emissão brasileiro destoa em relação à média global uma vez que o setor de AFOLU (do inglês, *agriculture, forests and other land use*), que soma os setores agropecuária e mudanças de uso da terra e floresta, constitui 69,5% das emissões do país. Já o Estado de São Paulo se aproxima do observado a nível mundial, em que o setor de mudança de uso da terra e floresta é responsável por cerca de 7,4% das emissões totais de GEE e o setor energético é o mais expressivo e responsável por mais da metade das emissões, como está representado na Figura 12.

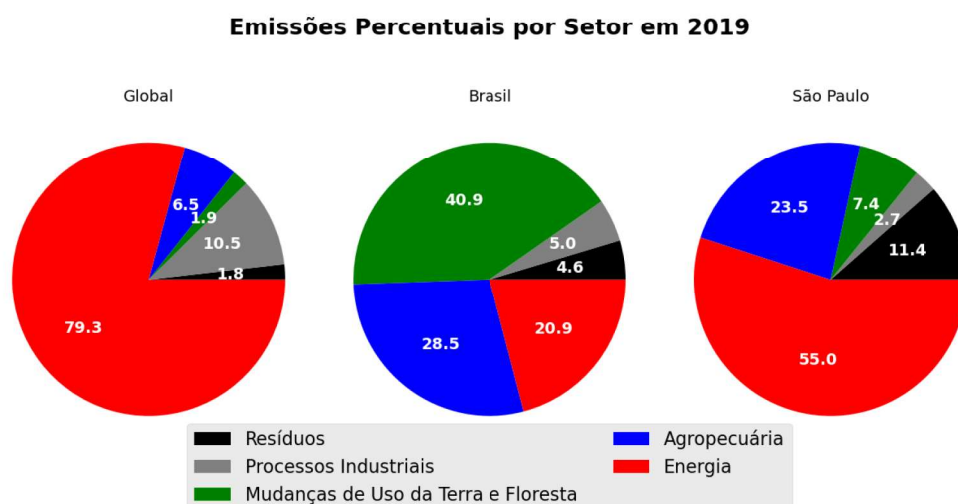


Figura 12: Emissões percentuais por setor no mundo, Brasil e em São Paulo em 2019. Fonte: CAIT, SEEG

Em relação às emissões de GEE provenientes exclusivamente do setor energético, o estado de São Paulo emitiu cerca de 19,5% do total do setor energético brasileiro. A Figura 13 apresenta a distribuição das emissões de GEE do ESP por subsetor energético em 2019.

O maior potencial de mitigação de emissões de GEE no setor energético do ESP está no subsetor de transporte, tanto no segmento de carga quanto de passageiro. Tal subsetor pode, potencialmente, gerar co-benefícios associados à redução de emissão advinda da produção de combustíveis, uma vez que mitigar a emissão de transporte implica também em diminuir a demanda por combustíveis fósseis. Outro ponto forte, é o potencial de mitigação de emissões de GEE energéticos do setor agropecuário, que tem suas emissões concentradas no uso de combustível pelo maquinário, que apresenta alternativas de baixo custo relativo, sem grandes

⁶Os principais gases causadores do efeito estufa são aqueles que absorvem e emitem radiação na faixa do infravermelho (IPCC, 2018). Os principais GEEs são o vapor de água (H₂O), o ozônio (O₃), o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O), sendo os quatro últimos os que tem maior emissão antrópica (IPCC, 2018). Além destes pode-se citar os hexafluoreto de enxofre (SF₆), hidrofluorcarbonetos (HFCs) e os perfluorcarbonetos (PFCs) (IPCC, 2018).

desafios tecnológicos e que podem ser implementadas de forma integrada com produção de biogás local.

Além disso, há ainda a capacidade do ESP se aproveitar da integração do Sistema Interligado Nacional para obter energia elétrica e da criação de mecanismos de mercado de carbono. Sem esse último é deveras difícil que o setor energético do ESP alcance a neutralidade de gases do efeito estufa em 2050.

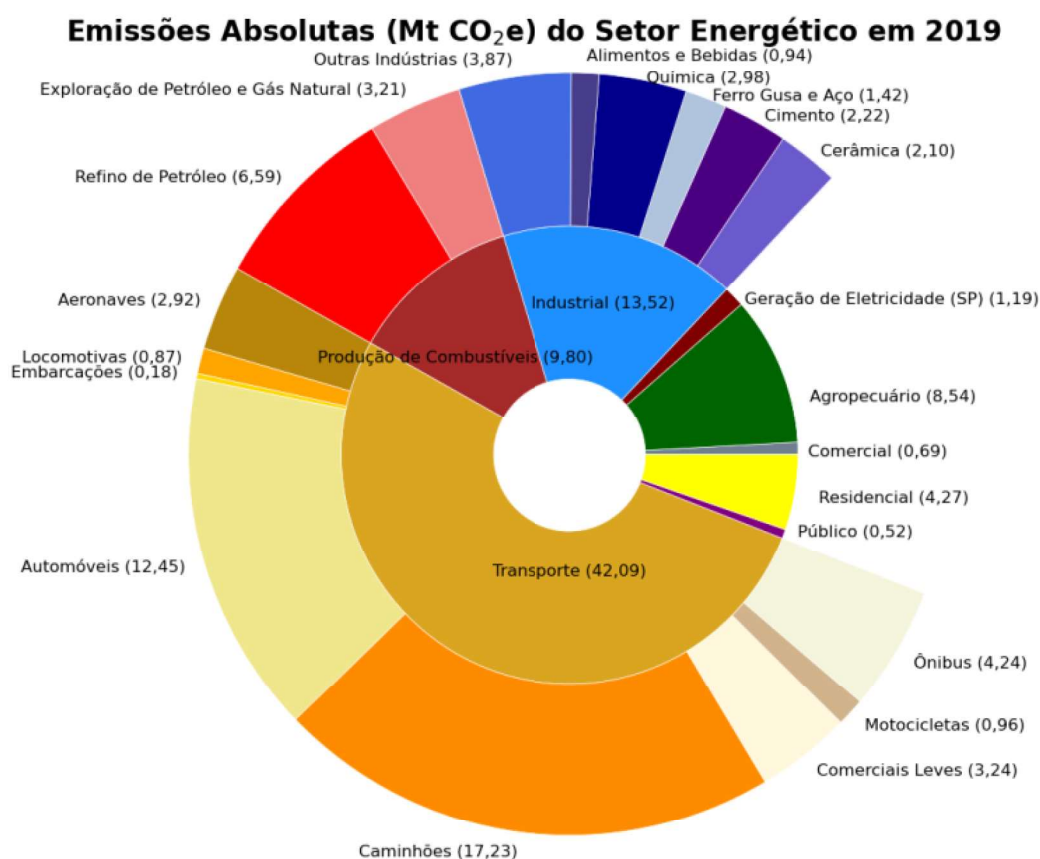


Figura 13: Emissões absolutas (Mt CO_{2e}) por setor energético em São Paulo em 2019. Fonte: Adaptado de SEEG, 2022.

12.2 Visão de Futuro

Com relação às emissões de gases do efeito estufa, a visão do futuro global do Estado de São Paulo no horizonte 2050 é de alcançar a meta proposta de neutralidade de GEE nesse mesmo ano, conforme estabelecido no Decreto Estadual nº 65.881 (São Paulo, 2021). A neutralidade de emissão de GEE implica em um balanço líquido igual a zero ou negativo no qual eventuais emissões sejam compensadas por remoções iguais ou superiores.

Tal objetivo é por si só um desafio, não somente pela quantidade de emissões atualmente oriundas do Estado, mas também pelos setores emissores e suas relações intrínsecas com aspectos econômicos e sociais. Não se pode esperar que a solução virá por meio de uma drástica redução da atividade econômica.

A meta deve ser encarada considerando as diversas sinergias e decisões de compromisso que políticas e medidas visando seu cumprimento possam gerar. As dimensões de análise precisam contemplar além de elementos técnicos, tais como a busca por alternativas tecnológicas mais eficientes, menos carbono-intensivas, ou técnicas que removam carbono, mas também compreender como essas medidas podem modificar aspectos de caráter ambiental e social.

Dessa forma, a meta de neutralidade de GEE em 2050 se apresenta como um enorme desafio devido às questões destacadas anteriormente e no diagnóstico de emissões. A Figura 14 resume o que foi apontado no diagnóstico e na visão de futuro relativo ao balanço de emissões.

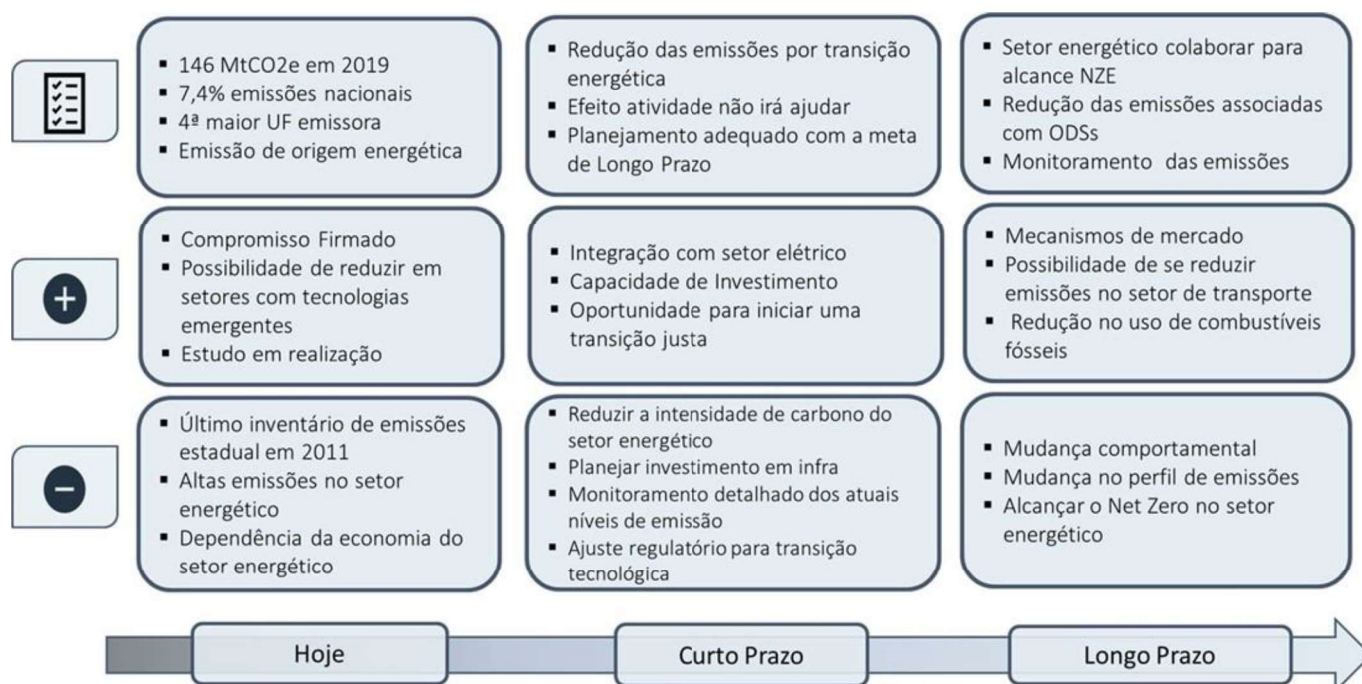


Figura 14: Resumo do diagnóstico e visão de futuro elaborado para o ESP relativo ao balanço de emissões.

12.3 Posicionamento

A fim de se alcançar a visão de futuro proposta é preciso que medidas e ações sejam adotadas, desde o presente, visando uma mudança no *status quo* atual. Para que em 2050 o objetivo de neutralidade de gases de efeito estufa do Estado de São Paulo seja atingido, o setor de energia deverá contribuir reduzindo suas emissões ao máximo, ainda que isso signifique que o setor permaneça positivo em emissões.

O quadro conceito da Tabela a seguir busca apresentar de forma mais objetiva as principais ações gerais propostas, indicando e descrevendo aspecto adicionais do ponto de vista operacionalização dessas medidas. Ele busca assim auxiliar que tomadores de decisão possam rapidamente identificar os principais elementos de cada uma das propostas.

Tabela 3 - Quadro conceito de ações proposta indicando objetivo, desafios impactos e outros elementos que podem auxiliar a estratégia a ser adotada.

Ação proposta	Objetivo (justificativa)	Desafio ou oportunidade que visa atingir (identificado na etapa de visão de futuro) a diretriz principal e os pilares da política	Potenciais impactos (positivos ou negativos/riscos)
Inventários de emissão periódicos para o ESP	Monitoramento das emissões do estado	Auxiliar as políticas públicas Servir para acompanhar os resultados dos esforços de mitigação, Identificar os setores mais emissores	Riscos: ausência ou atraso na elaboração do inventário que impactariam no acompanhamento das ações
Incentivo à P&D	Acelerar o desenvolvimento de novas tecnologias, de mitigação, principalmente em setores transporte e indústria.	Tornar processos e tecnologias de baixo carbono acessíveis e bem desenvolvidas.	Riscos: investimentos em tecnologias que não consigam ser difundidas ou que não sejam aderidas globalmente.
Políticas voltadas à redução de emissões	Acelerar a implementação ou difusão de alternativas tecnológicas já aptas para serem usadas do ponto de vista técnico e econômico.	Mobilizar e auxiliar os agentes do setor energético a adotarem medidas de mitigação já disponíveis, buscando desfazer barreiras econômicas e/ou sociais.	Riscos: que as tecnologias disponíveis hoje não sejam as tecnologias mais adequadas para o horizonte de mais longo prazo

13 Mudanças Climáticas

13.1 Diagnóstico

Segundo o último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), as mudanças no clima são atribuídas diretamente às atividades humanas. Experimentos numéricos mostram que sem a inclusão da forçante antrópica, a componente natural do clima não é capaz de reproduzir o aumento observado na temperatura média global nas últimas décadas. Isto reforça o movimento mundial em prol da descarbonização de todas as atividades humanas, principalmente aquelas que mais emitem gases de efeito estufa como a produção de energia, indústria e o setor de transportes.

O padrão climático do estado de São Paulo é influenciado, em grande parte, por sistemas atmosféricos que se desenvolvem fora das fronteiras do estado através da circulação atmosférica do país. Em todas as estações do ano, as menores médias de temperatura no estado de São Paulo são registradas nas áreas montanhosas da Serra do Mar e da Mantiqueira, enquanto as maiores ocorrem no noroeste do estado, região mais plana e afastada do oceano. A variabilidade sazonal da precipitação é modulada pelo sistema de monção, ou seja, no verão a precipitação pode ultrapassar 900 mm em alguns setores do estado. Nessa época do ano, a Amazônia e o oceano Atlântico são fontes de umidade para a região. No interior do estado, o jato de baixos níveis que transporta umidade da Amazônia exerce grande influência na chuva, enquanto na região litorânea a disponibilidade de umidade é muito influenciada pela brisa marítima bem como pelo transporte de umidade pelos ventos do setor oeste.

13.2 Visão de Futuro

Desde o final da década de 70, o tema “*mudanças climáticas*” tem despertado interesse na sociedade e os estudos sobre as mudanças no clima são baseados tanto em dados observados quanto em projeções de modelos numéricos. Os principais resultados dos estudos publicados são compilados em relatórios que se chamam Relatórios de Avaliação (*Assessment Report*) pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Os relatórios do IPCC mostram que a temperatura média global já ultrapassou o valor de 1,1°C comparada à média do período pré-industrial e indicam que, se o aquecimento global exceder a 1,5°C acima do nível pré-industrial, presenciaremos modificações irreversíveis no sistema climático, como por exemplo, o derretimento das calotas polares.

Vários estudos avaliaram o desempenho do conjunto de modelos globais do CMIP5 e mostram que a grande maioria dos GCMs é capaz de reproduzir as características básicas do ciclo anual de precipitação, como a migração sazonal de convecção na região tropical e características climatológicas da monção global, em particular da América do Sul, embora permanecendo alguns vieses sistemáticos (IPCC, 2013). No caso do CMIP6, embora tenha ocorrido algumas melhorias nas simulações do clima presente, em geral, os mesmos vieses obtidos no CMIP5 ocorrem no CMIP6, como pode ser observado em (Almazroui, et al., 2021) no caso da América do Sul. Os modelos globais não são hábeis em simular as características regionais do clima e, portanto, os modelos climáticos regionais aninhados nos modelos globais incorporando os modelos hidrológicos conseguem ter uma visão melhor dos processos dinâmicos da nuvem, fornecendo grandes melhorias na representação dos extremos de precipitação sub-diários e até sub-horários em escala continental.

Um estudo sobre projeções climáticas na América do Sul com os MCRs do CORDEX e disponibiliza os resultados da projeção de temperatura média do ar, ciclo de vida da monção sul-americana bem como de índices climáticos no sítio [Ciências Atmosféricas \(unifei.edu.br\)](http://CiênciasAtmosféricas.unifei.edu.br).

Temperatura: a temperatura do ar é uma variável que mostra aumento sobre todo o globo terrestre, estações do ano e cenários independente do modelo climático utilizado. Entretanto, os valores projetados diferem em magnitude dependendo do cenário, período analisado e, é claro, pelo modelo utilizado. Essas especificidades podem ser visualizadas no atlas https://meteorologia.unifei.edu.br/projecao_climatica_america_sul/intercomp que permite ao usuário escolher o modelo regional desejado e o modelo global que dirigiu o MCR.

Além disso, os resultados projetados considerando o cenário RCP8.5 são mostrados por períodos (2020-2040, 2040-2060, 2060-2080 e 2080-2100). Considerando o período 2060-2080, os MCRs RegCM, Eta e REMO aninhados ao modelo global HadGEM2-ES indicam aumento de mais de 2°C no estado de São Paulo, exceto na primavera quando as temperaturas podem aumentar em mais de 4°C (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). As projeções ainda indicam valores mais acentuados no período 2080-2100 (vide atlas).

Precipitação e Índices Climáticos: As projeções da precipitação e de diferentes índices climáticos baseados no MCR Eta complementaram o estudo prévio incluindo os modelos da segunda fase do CORDEX: RegCM e REMO. Hoje, esse é um dos trabalhos mais completos em termos de projeções climáticas de precipitação usando RCMs na América do Sul, pois inclui as projeções estado da arte do CORDEX-CORE (RegCM e REMO) e as do modelo Eta, que é uma iniciativa independente, sendo cada um desses modelos dirigidos por três MCGs do CMIP5 e com resultados avaliados por estação do ano.

Para a precipitação sazonal, durante o verão, há grande incerteza nas projeções, pois enquanto o modelo Eta projeta condições secas sobre o estado de São Paulo em todo o período futuro analisado, o modelo RegCM mostra condições mais úmidas que no clima presente, enquanto projeções com sinal mais fraco, mas também indicando aumento da precipitação, são obtidas com o REMO. Somente o Eta que projeta um condições secas mais acentuadas sobre todo o Brasil. Para as demais estações do ano, as projeções sobre São Paulo indicam condições não muito diferentes do clima atual, exceto para o período 2080-2100 que mostra condições secas na primavera.

O estudo dos eventos extremos, em geral, é realizado através de índices definidos pelo CCI/WCRP/JCOMM Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI <http://www.cccma.ec.gc.ca/data/climdex/climdex.shtml>). analisaram seis índices climáticos e compilaram os principais resultados obtidos para o verão.

O sinal de mudança mais consistente está localizado onde mais de um índice climático indica mudanças. No estado de São Paulo, há indicação de aumento do volume de precipitação durante o verão e de aumento da frequência de eventos extremos de chuva diária (indicado pelo índice R95p). Embora sejam projetados aumento da frequência de eventos extremos, salienta-se que esses são uma realidade e que os modelos climáticos globais e regionais só confirmam que os problemas ainda serão piores no futuro. Para o setor de energia, os eventos extremos apesar de não alterarem a produção de energia em longo período, podem trazer consequências às estruturas das usinas, ao segmento de transmissão e distribuição de energia provocando apagões e tornando o sistema interligado mais vulnerável.

Ainda com relação a períodos secos e úmidos consecutivos observa-se que os períodos secos tendem a se tornar mais extensos principalmente após 2060. Não há mudanças expressivas

entre o outono e primavera nos períodos úmidos. Os mapas contendo os resultados descritos estão disponíveis em:

https://meteorologia.unifei.edu.br/south_america_climate_projection/CORDEX_ClimateIndices.

Ventos: projeções climáticas regionalizadas com o modelo RegCM4 usando o cenário RCP8.5 indicam aumento da intensidade do vento próximo à superfície no período de 2070-2098. A 100 m, a projeção é de aumento de cerca de 1 m/s sobre o Estado de São Paulo e ainda mais intensos *off shore*, exceto na estação do verão, quando pode ocorrer até redução da intensidade do vento. Já num estudo com projeções com o modelo regional Eta, também considerando o cenário RCP8.5, 100 m de altura e o mesmo período indicam as mudanças projetadas em termos de percentual anual. Sobre o Estado de São Paulo, há um aumento projetado de cerca de 10% na intensidade do vento.

Radiação Solar: o modelo Eta e cenário RCP8.5, projeta um aumento médio de cerca de 6% na radiação recebida no Estado de São Paulo no período de 2070-2099 comparado ao de 1961-1990.

13.3 Posicionamento

Já se está vivenciando as mudanças climáticas e, se não forem criadas estratégias para a redução de emissões de gases de efeito estufa, ocorrerão efeitos irreversíveis no planeta como o degelo das calotas polares, criando um desastroso *feedback* positivo no sistema climático, e a savanização da Amazônia. Em escala mais regional, mudanças no clima impactam as atividades agrícolas, a saúde da população e a distribuição espacial da biodiversidade. O estado de São Paulo cada vez mais será afetado pelas mudanças no clima, ou seja, com temperatura mais elevada, o consumo de energia aumenta para a climatização dos ambientes. Os recursos naturais podem não ser suficientes para atender o consumo de energia necessitando de fontes fósseis, mais gases de efeito serão emitidos à atmosfera aumentando ainda mais o efeito estufa.

As projeções da precipitação mostram ainda incertezas no período de verão. Tomando-se como base a projeção do modelo Eta haverá déficits de precipitação na região das usinas da Bacia do Paraná afetando não só a geração hidrelétrica, mas o suprimento de água para a região.

O desenvolvimento de novas centrais hidrelétricas usando usinas a fio d'água, que não conseguem regularizar as vazões, deve ser acompanhado de sistemas artificiais de armazenamento como baterias, bombeamento hídrico ou até o hidrogênio. Para o caso de São Paulo, as usinas existentes ou as que podem ser construídas devem buscar complementaridade, por exemplo, com usinas fotovoltaicas flutuantes otimizando o uso das conexões com a rede elétrica. O Estado de São Paulo tem pouco potencial para a geração eólica no presente e com as mudanças climáticas na modalidade *on shore*. Já os *off shore*, que embora possuam um potencial importante devem ter avaliada a viabilidade econômica.

É necessário rever a operação atual das bacias no estado de São Paulo para manter os níveis de volume útil em torno de 70% dependendo das características de cada usina. Estas providências estão em linha com a necessidade cada vez mais premente quanto aos outros usos da água que tradicionalmente estavam vinculadas à geração de energia elétrica desde o código de águas de 1932.

Um outro movimento que se vive hoje é da descentralização do setor elétrico através da geração distribuída e do empoderamento do consumidor que passa a dispor de tecnologias de informação para controle do seu consumo. Sistemas distribuídos tendem a ser mais resilientes a eventos extremos visto que dispõem localmente de seus próprios recursos. A busca de

soluções locais pode minimizar os efeitos dos eventos extremos como por exemplo instalação de baterias em residências junto com geração fotovoltaica.

Com referência à ação do governo nos últimos anos, em especial na área de energia, houve uma negação aos modelos do IPCC e consequentemente os cenários de mudança climática não foram incorporados ao processo de planejamento da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Com a crise energética iniciada a partir de 2013, o assunto “mudança climática” foi colocado em pauta a partir de 2018 mas ainda de forma muito tímida e poucas ações específicas foram apresentadas.

Ação proposta	Objetivo (justificativa)	Desafio ou oportunidade que visa atingir a diretriz principal e os pilares da política	Potenciais impactos (positivos ou negativos/risco s)	Instituição responsável pela implementação	Público alvo	Nível de prioridade (matriz GUT, ver tabela 4 do doc orientativo)	Possíveis indicadores de acompanhamento
Adição de armazenamento às usinas hidrelétricas existentes	Minimizar o efeito da variabilidade mais intensa das chuvas	Incentivar o uso de geração fotovoltaica combinada com as usinas hidrelétricas da região Buscar armazenamento artificial para compor com os recursos renováveis	As mudanças climáticas apontadas trazem risco ao suprimento de energia	Setor privado com ação política do estado	Agentes do setor energético	G -3 U - 4 T - 3	Matriz Elétrica % Renovável % armazenamento
Mudança na matriz energética de todo o setor econômico (principalmente transportes e indústria)	Reduzir as emissões de gases de efeito estufa	Mobilizar os investidores dessas áreas e investir em energia limpa	Inicialmente haverá gastos para mudança na matriz energética, mas com o tempo o investimento se compensa e há o ganho na redução de emissões	Setor privado com ação política do estado	Toda a sociedade	G - 2 U- 3 T - 2	Órgãos de fiscalização do governo
Programa de sensibilização social com vistas ao entendimento sobre mudanças climáticas	Informar a população sobre o que são as causas das mudanças climáticas e o impacto disso para sua vida e, principalmente, saúde	Criação de um programa eficiente e escolha adequada dos meios de comunicação	O programa melhorará o entendimento da população aos problemas ambientais	Setor público e privado	Toda a sociedade	G - 3 U - 3 T - 2	Órgãos de fiscalização do governo

14 Participação do Gás Natural / Petróleo e Derivados

14.1 Diagnóstico

Entre os pontos fortes apontados para o setor de Gás Natural (GN) no Estado de São Paulo destacam-se a dimensão dos mercados e a vantagem logística. O Estado é o maior consumidor de GN no país e sua demanda é a mais diversificada, com predominância dos consumos de GN nos setores industrial, residencial, comercial e Gás Natural Veicular (GNV). Além disso, o Estado constitui o principal centro de carga do sistema de suprimento sul-sudeste-centro-oeste, e isso lhe dá acesso às principais fontes de gás natural doméstico e/ou importado, tanto via o maior gasoduto internacional da América do Sul, o Gasoduto Bolívia-Brasil, GASBOL, como via terminais de importação de gás natural liquefeito (GNL) (já existentes ou em planejamento). Ainda em respeito à evolução histórica do balanço gasífero estadual, com as descobertas do pré-sal na Bacia de Santos, São Paulo potencialmente transforma-se de importador líquido petróleo e gás natural, em exportador líquido de petróleo e gás natural. Além dos benefícios evidentes nas esferas da recepção de royalties e outras participações governamentais sobre esses recursos minerais e do comércio internacional, o potencial “monetizável” do GN produzido em jurisdições paulistas abre perspectivas materiais de aprimoramento dos quadros de diversificação, segurança e independência energética.

No campo da produção de derivados de petróleo, o Estado detém o maior e mais sofisticado parque de refino do país, que atende tanto a demanda local como as exportações aos demais Estados. São Paulo é o principal centro de carga de um sistema de transporte que se conecta aos dinâmicos mercados da região centro-oeste. Potencialmente, esse mesmo sistema também dá acesso às crescentes ofertas de biocombustíveis disponíveis no interior do país. Destaca-se que as diminuições de consumo local de derivados de petróleo até 2050 tenderá a reforçar o papel de exportador de SP, para esses mesmos derivados, para suprir o restante do país, beneficiando-se de infraestrutura de transporte e distribuição consolidados no território nacional.

No campo dos pontos fracos, para GN, destaca-se a ausência de infraestrutura em um número grande dos municípios do Estado, inibindo o acesso ao GN para muitos consumidores que buscam soluções alternativas, por exemplo, através do uso do GLP. Há baixa maturidade tecnológica dos produtores e carregadores de energia alternativa (como biometano e H₂), que reduz as possibilidades de descarbonização crescente dos consumos de gás. Existe baixo interesse por parte dos produtores do pré-sal em disponibilizar e internalizar o GN. Por fim, aponta-se também a inexistência de mecanismo de precificação do serviço ambiental de gases combustíveis de origem renovável. No âmbito dos derivados de petróleo elenca-se a idade do parque de refino, que não é o mais moderno e complexo em comparação com refinarias mais novas. Pode haver pouco espaço para evolução tecnológica futura desse parque de refino, inclusive no sentido de se adotar as melhores práticas para descarbonização das operações e para diversificação dos produtos, com crescente participação de biocombustíveis no mix produtivo.

14.2 Visão de Futuro

Percebem-se alguns vetores para o atingimento da neutralidade de emissões de GEE no setor de GN e derivados de petróleo até 2050. O primeiro deles é a inserção de gases combustíveis de origem renovável (biometano, H₂ e NH₃), para os quais o Estado de São Paulo apresenta elevado

potencial de produção, e que podem compor com GN de origem fóssil nos sistemas de distribuição de gás construídos no Estado. O segundo vetor ocorre pela ampliação do uso de GN no setor de veículos pesados e, posteriormente, a substituição do GN de origem fóssil pelo BioGNV no mesmo sistema de transporte.

Por fim, um terceiro vetor passa pelo uso crescente do GN e o decorrente deslocamento do uso de derivados de petróleo, os quais passam, por sua vez, a deslocar usos finais de carvão e lenha, quando a substituição por GN não é possível.

Essa visão de futuro está ao alcance do Estado de São Paulo em suas dimensões tecnológicas, econômicas e de base de recursos naturais. Pode-se supor que se trata de oportunidades de relativo baixo custo para a descarbonização dos usos finais da energia. Nesse sentido, deve ser entendida como uma visão estratégica para o Estado em seu desafio de buscar uma transição energética de baixo carbono com mínimos custos adicionais.

A maior inserção de gases combustíveis, fósseis e renováveis, no mix energético paulista somente é possível com a ampliação da infraestrutura existente, sem a qual setores de difícil abatimento, como o de veículos pesados, podem ter maiores dificuldades para promover uma ampla descarbonização. A partir da progressão na curva de maturidade tecnológica para a inserção de carregadores de energia com pegadas carbônicas neutras (incluindo o H₂ e a NH₃), estes também poderão fazer uso dos sistemas de movimentação de gases combustíveis existentes no Estado, favorecendo, assim, a sua penetração e estágios adicionais na estratégia de descarbonização dos usos finais de energia em São Paulo. A materialização destas oportunidades passa pela superação de uma série de desafios.

14.3 Posicionamento

A partir da visão futura estabelecida sugere-se que haja uma política de energia paulista, que interaja com os principais decisores e grupos de interesse no plano Federal, e que estimule a rápida ampliação da oferta de GN, seja pela facilitação ao acesso aos dutos e/ou terminais de GNL (existentes ou em desenvolvimento), seja pela imposição de limites à reinjeção de GN associado nas zonas de E&P de petróleo e gás do pré-sal da Bacia de Santos. No que tange ao acesso do GN aos mercados paulistas, é importante que o planejador incorpore uma visão multimodal, concebendo soluções alternativas de suprimento via gasodutos, mas também via sistemas a granel de pequena escala de GNC e GNL.

Com a mesma perspectiva, é importante que o planejador modele mecanismos que possibilitem a maximização da inserção do biometano nos sistemas de distribuição e/ou transporte de gás existentes. Este elemento é de suma importância dado que as potenciais plantas produtoras estão dispersas e distantes dos principais mercados. Além disso, no caso das plantas de menor escala, a viabilidade econômica ao produtor poderá não ser alcançada sem instrumentos efetivos de incentivo fiscal e/ou econômico.

Observa-se que o preço do biometano ainda tende a ser comparado diretamente com aquele do GN. Isso reduz a remuneração do serviço ambiental produzido pelo biometano, inibindo a sua expansão. É elemento crucial, portanto, modelar novos equacionamentos econômicos para o biometano disponível tanto nas grandes plantas produtoras como nas unidades de menor escala. Entretanto, pesquisas adicionais ainda precisam ser realizadas pelo planejador, buscando lidar com elevadas incertezas que ainda cercam alguns instrumentos que parecem ser interessantes, como os mercados voluntário ou compulsório de carbono, que poderiam monetizar os serviços ambientais entregues pelas fontes energéticas de baixo carbono.

Com isso os agentes da cadeia de suprimento, incluindo os grandes consumidores mais afeitos a incorporar estratégias de descarbonização em suas decisões energéticas, podem buscar formas de compartilhar e incorporar a seus negócios os custos e benefícios associados à monetização dos serviços ambientais previstos. Há de se analisar se tais modelos podem ser necessariamente o melhor indutor da maximização da inserção do biometano nos sistemas de distribuição de gás do Estado de São Paulo. As definições destes mecanismos de monetização dos serviços ambientais devem conferir aos produtores e todos os demais agentes econômicos envolvidos a viabilidade econômica dos investimentos requeridos na instalação das plantas de biometano,

Destaca-se ainda a necessidade de pesquisas que tenham como objetivo avançar nas curvas de maturidade tecnológicas para a inserção dos gases carregadores de energia com pegada carbônica neutra (H_2 , NH_3). Neste último elemento de pesquisa, é importante que o Estado tenha também como objetivo a valorização e ampliação de uso de seus recursos energéticos domésticos, que devem ser aproveitados de forma eficiente, isto é, com a infraestrutura ótima (menor custo e maior parcela do potencial inserido). Neste sentido, deve-se executar uma proposta de otimização da infraestrutura gasífera, a partir do potencial de oferta de biometano. Isso tudo contempla as possibilidades de criação de “clusters” energéticos, tendo os gases combustíveis como âncoras, que podem ser movimentadas através de múltiplos modais para atender consumidores de difícil acesso, como os caminhões e trens que operam no Estado e fazem uso de infraestrutura de rodagem.

Com o intuito de ampliar os usos finais de GN no setor veicular, é necessário que a infraestrutura de abastecimento seja ampliada. A instalação de corredores azuis de transporte de cargas pode ser implementada com difusor da tecnologia de abastecimento no setor. Além disso, é importante a adoção de políticas locais e municipais com o intuito de incentivar a compra de veículos movidos a energias alternativas e que não excluam a entrada do GNV. Um exemplo recente foi a decisão da SPTrans, reguladora do transporte público na Capital de São Paulo, em outubro de 2022, de proibir a compra de ônibus novos a diesel.

Ainda na esfera de pesquisa e do desenvolvimento de tecnologias, desta vez voltadas ao setor de petróleo, há de se ampliar projetos que contribuam para o aumento da viabilidade de tecnologias de mitigação das emissões de GEE nas refinarias. A cadeia de produção de derivados pode ser descarbonizada ao se reduzir ocorrência de vazamentos de metano e queima do gás (*flaring*). Nas refinarias, há um grande potencial para captura e armazenamento do carbono do CO_2 oriundo dos processos de transformação.

Em termos de posicionamento regulatório é importante inferir que o papel institucional do Estado de São Paulo ocorre na distribuição de gás canalizado. Ou seja, todos os demais elos da cadeia precisam ser analisados à luz das regulações e das políticas públicas decididas e implementadas em esfera Federal.

Porém, vácuos importantes devem ser preenchidos no que se refere à comercialização de biometano e outros insumos que se qualifiquem para movimentação nas redes de distribuição de gás. Desse modo, sugere-se que órgão regulador estadual, nomeadamente ARSESP, interaja com a Agência Nacional de Petróleo (ANP) para se evitar conflitos regulatórios desnecessários e que podem inibir a evolução desse emergente mercado. Também tal recomendação se estende aos órgãos com funções típicas ou atípicas de legislar. Assim, a harmonização regulatória é uma ação essencial em prol do desenvolvimento do mercado de gás.

15 Eficiência Energética

15.1 Diagnóstico

Em termos de inovação tecnológica o Estado de São Paulo convive com a realidade setores produtivos e comerciais com alta capacidade de investimento e modernização tecnológica e os consumidores residenciais e comerciais de baixa renda, ainda tecnologicamente defasados pela falta de capacidade de investimento.

A atual cadeia de inovação é forte e consolidada, mas ainda cabe ao Estado fortalecer a pesquisa e o desenvolvimento em eficiência energética, o que pode acontecer com suporte da FAPESP aos centros de Pesquisa das Universidades Estaduais Paulistas e o fomento da disseminação desse conhecimento às Faculdades de Tecnologia (FATEC)s para formação de pessoal técnico.

Do ponto de vista de segurança energética, a situação atual da eficiência energética no estado não representa riscos ao sistema energético paulista.

No entanto, a incapacidade de pagamento das contas e as perdas comerciais junto aos consumidores de baixa renda oneram os custos da energia elétrica, aumentam o desperdício e são de difícil gestão pelas concessionárias de energia, pois envolvem questões de segurança pública.

Nestes consumidores a eficiência se traduz em redução de custos com a fatura de energia e, para os socialmente vulneráveis, aumenta sua capacidade de adimplência e garantia de acesso à energia com concomitante direcionamento dos recursos economizados para outras necessidades básicas.

15.2 Visão de futuro

A eficiência energética é um fator chave para cumprimento das metas net zero. A redução de demanda energética decorrente do aumento da eficiência tem custo de implantação competitivo e reduz a pressão sobre os meios de produção, transporte e distribuição dos energéticos, especialmente em um cenário restritivo em termos de emissões de carbono na economia.

Os ganhos sistêmicos são aqueles advindos da efficientização não só de usos finais isolados, mas de todos os componentes envolvidos na prestação do serviço energético e incorporam ganhos com a Digitalização e Internet das Coisas. A composição dos ganhos com evolução tecnológica dos equipamentos de usos finais e os ganhos sistêmicos serão fundamentais para de São Paulo alcance as metas do Race to Zero.

Segundo estudos do IEA, Energy Efficiency 2021, é possível um decréscimo na intensidade energética da ordem de 35%, um incremento na eficiência da economia da ordem de 4% aa até 2030.

Para o Estado de São Paulo, em um cenário de implantação bem-sucedida de medidas de mitigação do PAC para cumprimento do Net Zero, estima-se uma redução no consumo de eletricidade de 20% para 2030, 27% para 2040 e 44% para 2050 em relação ao cenário tendencial sem ações.

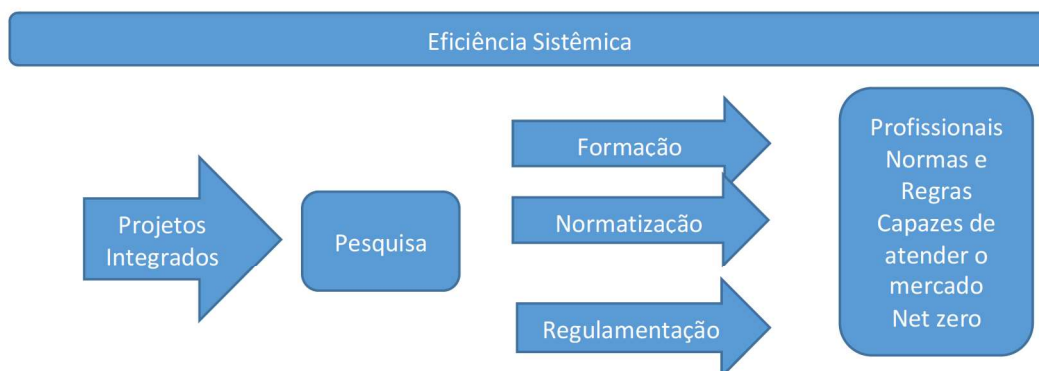
Para o atingimento destes percentuais os maiores ganhos deverão ocorrer para os setores residencial, comercial e setor público.

Em termos de inovação tecnológica espera-se que Estado de São Paulo possa ter políticas para atrair e abrigar empresas de serviços e fabricantes de equipamentos de usos finais mais eficientes.

As leis e regras para que o Estado de São Paulo atinja as metas Net zero irão gerar uma demanda no mercado por tais profissionais e empresas especializados.

O Estado deve fortalecer a pesquisa e o desenvolvimento com Suporte da FAPESP aos centros de Pesquisa das Universidades Estaduais Paulistas e fomentar a disseminação desse

conhecimento às FATECs para formação de pessoal técnico. Caberá também ao poder público fomentar uma política de capacitação necessária aos ganhos sistêmicos.



Como parte dos desafios à eficiência energética no Estado de São Paulo podem-se citar:

- Inibir a opção dos consumidores por soluções tecnológicas obsoletas e sabidamente ineficientes, porém mais baratas;
- Capacitar o mercado para responder às demandas Net Zero: Pesquisa, Ensino e formação de pessoal técnico e de nível superior, avanços na normatização com vistas à eficiência;
- Gerir os desafios dos consumidores de baixa renda: regularização para redução de perdas comerciais, capacidade de pagamento e adimplência, acesso a tecnologias eficientes;
- Modernizar os próprios do Estado de forma a ser indutor do mercado
- Criar novos padrões de eficiência e emissões para as edificações públicas e privadas no Estado;
- Articular a captação de recursos junto às concessionárias de distribuição e PROCEL.

15.3 Posicionamento

Fortalecimento do mercado de usos finais eficientes

Benefício esperado: incremento acelerado da participação de usos finais eficientes em detrimentos de tecnologias obsoletas e ineficientes.

Público alvo: todos os setores consumidores.

- **Ações de cunho fiscal no estado para maiores alíquotas em tecnologias ineficientes e menores nas eficientes com especial atenção aos usos finais de maior importância.**
Essa medida visa inibir a compra de tecnologias baratas, porém obsoletas e ineficientes. Como risco identifica-se o fato de que consumidores podem adquiri-las em outros estados.
- **Exigência crescente nos padrões de eficiência energética**
Ações para exigência continuamente crescente nos padrões de eficiência energética em equipamentos fabricados nacionalmente ou importados, com a previsão de descontinuação no mercado de tecnologias obsoletas e sabidamente ineficientes.
- Criação de uma comissão para avaliação contínua dos resultados das políticas em curso.
- Criação de um programa de estímulo a renovação do parque de iluminação pública dos municípios do Estado com linhas de financiamento incentivadas às PPPs.
- Criação de um programa de efficientização dos próprios públicos do Estado –

- Criação de um programa de regularização, eficientização dos usos finais em consumidores de baixa renda.
- Criação de um programa para substituição de chuveiros elétricos por aquecedores solares com complementação elétrica por chuveiros eletronicamente controlados.

Indução de Ganhos sistêmicos

Benefício esperado: incremento de ganhos por economia de recursos como água, melhoria de projetos, especificação decorrentes de melhoria na formação de engenheiros, arquitetos e técnicos, mudanças normativas para facilitar e embasar escolhas eficientes pelos profissionais.

Público alvo: Edificações e sistemas de serviço energético em geral;

- **Criação de obrigatoriedade de reuso de água em edificações no estado**
- **Ação de conscientização de consumidores de todos os setores e disseminação do conceito de uso racional e eficiente de energia no Estado**
- **Ação criação de um Grupo de trabalho para estabelecer uma política de pesquisa sobre ganhos sistêmicos em eficiência energética, envolvendo:**
 - Pesquisa para subsídios à uma formação em projetos permeada por conceitos de eficiência energética.
 - Pesquisa para subsídios à revisão/ ampliação de normas técnicas diversas em construção civil, hidráulica, condicionamento ambiental etc. de forma que projetistas possam ter embasamento normativo para especificações eficientes.
 - Criação de cursos para disseminação do conhecimento adquirido.

15.4 Recomendações Gerais

Além do surgimento das novas tecnologias que, via de regra são estrangeiras, caberá ao poder público criar assimetrias de mercado de forma que equipamentos menos eficientes sejam preteridos pelo público leigo. Tais assimetrias devem, evidentemente, ultrapassar o Estado de São Paulo.

O estado de São Paulo, cujo protagonismo e pujança econômica já fazem com que a implantação das melhorias tecnológicas seja competitivamente absorvida pelos setores industrial e comercial, deverá criar políticas para direcionar o setor.

É imperioso que, inclusive pela sua grande representatividade, haja maneiras de promover a eficientização dos sistemas em usos nos clientes de baixa renda, pequenos comércios e demais que tenham maiores dificuldades de investimento, não deixando assim que a evolução tecnológica deixe de ser absorvida por esses setores.

Além dos ganhos sistêmicos, a evolução tecnológica, especialmente nos sistemas de iluminação, condicionamento ambiental, aquecimento e força motriz precisam ser incorporados às edificações em todos os setores.

Dessa forma, as políticas propostas deverão também incorporar mecanismos para forçar a busca pela oferta de equipamentos mais eficientes e para que todo o mercado consumidor possa aderir e promover a eficientização dos usos finais.

Criação de um centro para direcionamento e coordenação de pesquisas em eficiência energética que fundamente a formação acadêmica de projetos eficientes nas diversas modalidades de engenharia e arquitetura, bem como a atualização de normas em construções, sistemas hidráulicos, mecânicos e elétricos para embasar e respaldar projetos eficientes. As ações desse centro deverão estar articuladas com FAPESP, universidades estaduais, SIMA, ABNT.

Em termos financeiros, São Paulo deverá articular a captação de recursos junto ao PROCEL/Eletróbrás e junto ao PROPEE das Concessionárias de Distribuição de energia Elétrica do Estado.

16 Resposta da Demanda e Redes Inteligentes

16.1 Diagnóstico

O Setor Elétrico Brasileiro passa por um período de profunda transformação tecnológica e regulamentar, com muitas frentes simultâneas que tem criado um conjunto de disposições adotado sob o título de “modernização do setor elétrico brasileiro”, mas que, de fato não prevê a necessária atualização tecnológica dos ativos de transmissão e distribuição para a nova realidade de intensa e crescente adoção de RDES – Recursos Distribuídos de Energia e de abertura de mercado pela livre comercialização. Para que as transformações pretendidas as redes precisam acompanhar e viabilizar os novos modelos, suportando por exemplo, medição avançada com sistemas alternativos de tarifas inteligentes para a melhor adequação de custos sistêmicos, bem como a incorporação de novas tecnologias para aumentar a resiliência das redes para eventos climáticos extremos.

Esta atualização será fundamental e caminho crítico para o atingimento das metas de redução de emissões, pela crescente descentralização dos sistemas e pela maior eletrificação de usos finais, deslocando outros energéticos, e, portanto, deve ser foco prioritário de atenção do Governo do Estado de São Paulo, mesmo considerando que as decisões sobre o tema dependam na sua maior parte do Governo Federal e do Congresso Nacional. O Estado concentra grande parte da competência tecnológica e do parque produtivo do tema, gerando impactos que extrapolam enormemente o setor de energia, atingindo dimensões ambientais, sociais e econômicas, como a criação de empregos, competitividade e efeitos alavancados na sua economia, razão pela qual políticas públicas complementares à regulamentação vigente precisam ser estabelecidas.

16.2 Visão de Futuro

Três aspectos principais influenciam o futuro das redes de Transmissão e Distribuição (T&D). Primeiramente as medidas de abertura de mercado no curto prazo (2028) em discussão; em segundo lugar as barreiras existentes na atual regulamentação, notadamente no tocante a vida útil e forma de reconhecimento de investimentos nos novos equipamentos e a captura quase que imediata de novas receitas para a modicidade tarifária, desincentivando investimentos em tecnologia; e a presença de fortes encargos, impostos e subsídios nas tarifas atuais, de difícil remoção no curto prazo. As atuais concessões expirarão também no curto prazo, o que pode ser uma oportunidade para a revisão de obrigações e direitos nos novos contratos.

Entre os pontos fortes destacam-se o forte crescimento de renováveis no país e especialmente no Estado de São Paulo, o que trará oportunidade de aumentar no curto prazo (2030) a participação da produção local de energia através de autoprodução (que já é bastante expressiva) e geração distribuída, complementadas por recursos de flexibilidade operativa, como armazenamento de energia e resposta da demanda. Hoje a elevada dependência de suprimento externo é um fato que traz desafios relevantes, especialmente considerando a atual situação dos sistemas de T&D, ainda não preparados para a nova realidade operativa descentralizada e sua fragilidade frente a mais frequentes eventos climáticos extremos. No longo prazo será possível, com a introdução progressiva de medição e tarifas inteligentes, como recursos de flexibilidade, caminhar na direção de autossuficiência sustentável com a maior escala de produção de energia local, ampliando ao mesmo tempo as oportunidades de transações de energia diretamente entre consumidores.

Outro ponto forte diz respeito ao início da introdução da tecnologia 5 G nas telecomunicações das principais cidades brasileiras, que permitirá disponibilizar serviços de conectividade de grande desempenho e baixa latência, facilitando e agilizando a transição tecnológica para a digitalização das redes e dos serviços comerciais no setor no curto prazo, desde que existam incentivos para o compartilhamento de infraestruturas entre os setores elétricos e de telecomunicações, aumentando a velocidade de penetração das novas tecnologias e reduzindo os investimentos globais necessários por uma maior eficiência operacional, já no curto prazo. No longo prazo haverá a integração progressiva de outros serviços públicos nesta mesma modelagem, evoluindo para a implementação de alto nível de integração de serviços nas cidades inteligentes.

Um ponto forte adicional que pressionará definitivamente a transição energética é a intensificação de eventos meteorológicos extremos decorrentes da mudança climática, que trará levado senso de urgência para o aumento da resiliência dos sistemas de T&D, hoje obsoletos, já no curto prazo. O desafio neste caso é a viabilização dos investimentos necessários para uma rápida evolução e renovação das redes legadas para as redes inteligentes. No mais longo prazo, com a maior penetração de tecnologias e evolução dos modelos de negócios, a confiabilidade poderá ser provida em maior escala através de proliferação de micro redes com maior autonomia e menor dependência destes sistemas públicos atuais. Neste caso, o desafio principal será o aumento da complexidade operativa para integrar as diferentes camadas e escalas operativas entre múltiplos agentes de operação de redes, Operador Nacional do Sistema, Operadores da Transmissão, da Distribuição e outros agentes agregadores de micro redes.

Finalmente um ponto fraco relevante, além dos anteriormente mencionados, diz respeito ao fato de que grande parte dos benefícios advindos da transformação e modernização tecnológica das redes de T&D extrapolam as fronteiras do setor elétrico, o que impede muitas vezes a sua validação dentro de análises de custo-benefício exclusivamente desenvolvidas dentro dos limites da regulação setorial. Por esse motivo é comum que os governos adotem incentivos para esta transição através de políticas verticais e considerando dimensões de impacto ampliado nas camadas ambiental, social e de inclusão, como por exemplo o emprego destas tecnologias nas cidades inteligentes e em outros serviços públicos.

16.3 Posicionamento

Apesar do Governo do Estado de São Paulo não ter jurisdição direta sobre a regulamentação do setor elétrico, poderá novamente se valer dos estudos ora em desenvolvimento, buscando colaborativamente influenciar a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e o Ministério de Minas e Energia (MME) nas mudanças regulatórias identificadas como necessárias.

O papel do Governo do Estado de São Paulo nesta frente de atuação será fundamental para assegurar que a transição energética rumo à emissão zero seja viabilizada, integrando as demais frentes de ação e abrindo caminho para uma maior eletrificação da economia. Para isso são propostas 3 medidas principais, que em resumo objetivam remover barreiras, facilitar e acelerar a transição tecnológica dos sistemas atuais de T&D para a incorporação de tecnologias de redes inteligentes e resposta a demanda:

Medida 1: Desenvolver política local específica de incentivo a implementação de plano de implantação massiva da Medição Inteligente e progressiva oferta de Resposta a Demanda

- ✓ Objetivo: Suprir necessidade crescente de flexibilidade sistêmica
- ✓ Oportunidade: Habilitar benefícios da abertura de mercado
- ✓ Impactos: Habilitar Resposta da Demanda, preços inteligentes e opções aos consumidores paulistas

Medida 2: Desenvolver incentivos à implantação de Armazenamento de Energia no Estado de São Paulo

- ✓ Objetivo: Suprir flexibilidade sistêmica e garantir confiabilidade de suprimento
- ✓ Oportunidade: Melhorar confiabilidade e fator de carga no estado
- ✓ Impactos: Habilitar Resposta da Demanda e aumentar confiabilidade

Medida 3: Incentivar Elétricas e Operadoras de telecomunicações a aumentar o compartilhamento de infraestruturas no Estado de São Paulo

- ✓ Objetivo: Acelerar a digitalização das redes elétricas com menores e mais eficientes investimentos
- ✓ Oportunidade: acelerar modernização e evitar duplicidade de investimentos
- ✓ Impactos: Habilitação da implantação massiva da Medição Inteligente com menores custos e maior velocidade

Tabela resumo com as três principais ações.

Ação proposta	Objetivo (justificativa)	Desafio ou oportunidade	Potenciais impactos
Medição Inteligente	suprir flexibilidade sistêmica	Trazer benefícios da abertura de mercado	Habilitar Resposta da Demanda, preços inteligentes e opções aos consumidores paulistas
Armazenamento de Energia	Suprir flexibilidade sistêmica e garantir confiabilidade de suprimento	Melhorar confiabilidade e fator de carga no estado	Habilitar Resposta da Demanda e aumentar confiabilidade
Maior compartilhamento de infraestruturas	Acelerar a digitalização das redes elétricas com menores e mais eficientes investimentos	Oportunidade – acelerar modernização e evitar duplicidade de investimentos	Habilitar a implantação massiva da Medição Inteligente com menores custos e maior velocidade

17 Resposta da Demanda e Recursos energéticos distribuídos

17.1 Diagnóstico

Nesta seção, são identificados e apresentados de forma sucinta os principais pontos fortes e fracos que se observa atualmente sobre o tema tratado no Estado de São Paulo (ESP), e o que poderia ser adotado, em linhas gerais, para contribuir com a diretriz geral do Estudo (zerar o balanço das emissões de Gases de Efeito Estufa - GEE do ESP até o horizonte de 2050).

Os pontos fortes do ESP são: (i) segunda maior capacidade instalada acumulada de Micro e Minigeração Distribuída (MMGD) no Brasil, e valores médios anuais de irradiação global horizontal diária similares ao de áreas do Nordeste; (ii) políticas nacionais existentes que possibilitam avanços na expansão dos Recursos Energéticos Distribuídos (REDs) no horizonte do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2031 / metas definidas no Eixo 1 – Eletrificação Acelerada do Plano de Ação Climática do Estado de São Paulo - *Net Zero* 2050 (PAC 2050); (iii) as principais fontes de energia primárias utilizadas em REDs são renováveis, cuja análise de ciclo de vida indica emissões de GEE significativamente menores do que as fontes não renováveis; (iv) crescimento de MMGD, com impacto positivo sobre a cadeia de valor envolvendo fabricantes, distribuidores, integradores e consumidores; e (v) crescimento de unidades consumidoras com MMGD baseada em Usinas Fotovoltaicas (UFVs), na vertente da tendência de consumo 4D (Descarbonização/ Digitalização/ Descentralização/ Diversificação ou Disrupção ou Desagregação).

Os pontos fracos do ESP são: (i) participação inexpressiva da fonte solar em usinas de Autoprodução de Energia (APE) e de outras fontes que não a solar em MMGD; e (ii) ainda não existe um plano estratégico em âmbito nacional que norteie um desenho de mercado para REDs no horizonte 2050 levando em conta metas de redução de emissões de GEE, de forma a orientar a evolução regulatória e normativa.

Em linhas gerais, as rotas tecnológicas recomendadas para o ESP incluem: (i) expansão de MMGD e usinas APE com UFVs; (ii) uso de Sistemas de Armazenamento de Energia com Baterias (SAEB); (iii) participação em Resposta da Demanda (RD); e (iv) novos modelos de negócios para REDs.

17.2 Visão de Futuro

Para a Visão de Futuro sobre REDs no ESP, são adotadas as seguintes premissas:

- Curto prazo: (i) projeções de expansão de MMGD conforme cenários do PDE 2031 e projeções de REDs do Plano Nacional de Energia (PNE) 2050; (ii) cenário econômico de referência; e (iii) perspectiva de aumento de competitividade de SAEB.
- Longo prazo: (i) evolução do arcabouço regulatório e normativo e do desenho de mercado para expansão sustentável dos REDs; (ii) projeções do PNE 2050; e (iii) cenário econômico de referência.

As rotas tecnológicas recomendadas para o ESP, compreendem:

- MMGD
 - Expansão de UFVs, justificada por: (i) não emissão de GEE durante sua operação; (ii) potencial previsto de atingir em 2031, no Cenário de Referência do PDE 2031, uma capacidade instalada 3,5 vezes maior do que a verificada até setembro de 2022 no ESP; e (iii) competitividade.

- Desenvolvimento de outras fontes como biomassa, biometano e resíduos⁷.
- Desenvolvimento de APE baseada em UFVs, justificada por: (i) não emissão de GEE durante sua operação; (ii) potencial da fonte no ESP; (iii) competitividade; e (iv) o processo de abertura do Ambiente de Contratação Livre (ACL);
- Uso de SAEB, em conjunto com MMGD e APE, justificado por: (i) benefícios para a integração de fontes renováveis; (ii) possibilidade de participação em programas de RD; (iii) desenvolvimento de novos modelos de negócios para a futura prestação de serviços ao Sistema Interligado Nacional (SIN), contribuindo com a confiabilidade, resiliência e eficiência econômica do sistema; e (iv) possibilidade de aumento da competitividade de SAEB no Brasil nos próximos anos;
- Participação de consumidores do ACL ou agentes agregadores de demanda desses consumidores no programa estrutural de RD regulamentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), justificada por: (i) benefícios econômicos para os consumidores e para a modicidade tarifária; (ii) benefícios para a integração de fontes renováveis, para a confiabilidade do sistema e sua eficiência econômica; e (iii) possibilidade de redução de despacho de Usinas Termelétricas (UTES), contribuindo para a redução de emissões de GEE.

Portanto, identifica-se, sob a rota tecnológica adotada:

- No curto prazo: (i) expansão de MMGD e usinas APE com UFVs; (ii) uso de SAEB, com benefícios individuais e sistêmicos; e (iii) participação em RD;
- No longo prazo: novos modelos de negócios para REDs no mercado de atacado por meio de microrredes, usinas virtuais, agregadores e interação entre os operadores dos sistemas de distribuição (DSOs, da sigla em inglês para *Distribution System Operators*) e o operador do sistema de transmissão (TSO, da sigla em inglês para *Transmission System Operator*).

As oportunidades para o ESP são: (i) novos modelos de negócios para REDs no mercado de atacado por meio de microrredes, usinas virtuais, agregadores e interação entre DSOs e TSO; (ii) expansão de MMGD e APE baseadas em UFVs, uso de SAEB, participação em RD e, no longo prazo, novos modelos de negócios para REDs; (iii) políticas nacionais existentes que possibilitam avanços na expansão dos REDs no horizonte do PDE 2031 / metas definidas no Eixo 1 – Eletrificação Acelerada do PAC 2050; (iv) expansão de UFVs com fonte solar, ou seja, fonte renovável cuja análise de ciclo de vida indica emissões de GEE significativamente menores do que as fontes não renováveis; (v) Impactos positivos sobre a cadeia de valor envolvendo fabricantes, distribuidores, integradores, consumidores e novos agentes como comercializadores-agregadores, microrredes, usinas virtuais, agregadores e DSOs; e (vi) incorporação do papel ativo do consumidor ao planejamento e aos mercados de eletricidade.

Os desafios para o ESP são:

- (i) incentivo à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) e capacitação profissional e tecnológica, contribuição com instituições setoriais na elaboração de um plano estratégico para a inserção de REDs;
- (ii) no curto prazo: atuar como *stakeholder* na valoração de custos e benefícios de MMGD, modernização do Setor Elétrico Brasileiro (SEB), implementação de redes inteligentes e incorporação do papel ativo do consumidor;
- (iii) no longo prazo: incertezas regulatórias, econômicas, tecnológicas e climáticas;

⁷ O Grupo 3 do Plano Estadual de Energia de SP – *Race to Zero/Race to Resilience* 2050 (PEE 2050) trata especificamente destas fontes.

- (iv) atuar como *stakeholder* na elaboração de um plano estratégico em alinhamento com instituições setoriais levando em conta metas de redução de emissões, norteando a evolução regulatória e normativa; e (v) implementar regulamentos adequados de destinação de resíduos de baterias, como logística reversa.

17.3 Posicionamento

Esta seção apresenta as principais macro ações, descrevendo o objetivo/justificativa de cada ação, o desafio ou oportunidade que visa endereçar, e qualificar/quantificar potenciais impactos. Por fim, apresenta-se uma tabela resumo das ações com palavras-chaves deste processo lógico resumido.

- **Promover a expansão de MMGD e APE baseadas em UFVs, o uso de SAEB e a participação em RD:** o objetivo/justificativa compreende: (i) não emissão de GEE durante operação de UFVs; (ii) potencial previsto; (iii) competitividade; e (iv) colaboração com metas definidas nas diretrizes do PAC 2050 no Eixo 1 – Eletrificação Acelerada. A oportunidade que visa endereçar é o aumento da participação da fonte solar na matriz elétrica do ESP. Os potenciais impactos são: (i) redução de emissões pelo consumo de energia da rede; e (ii) impactos positivos sobre a cadeia de valor envolvendo fabricantes, distribuidores, integradores.
- **Atuar como *stakeholder* na elaboração de um plano estratégico para a inserção de REDs, considerando os resultados da Tomada de Subsídios (TS) nº 011/2021 da ANEEL:** o objetivo/justificativa consiste no alinhamento e contribuição com instituições setoriais de forma a nortear um desenho de mercado para REDs no horizonte 2050 levando em conta metas de redução de emissões, de forma a orientar a evolução regulatória e normativa. A oportunidade que visa endereçar é o aumento da participação da fonte solar na matriz elétrica do ESP e novos modelos de negócios. Os potenciais impactos são: (i) redução de emissões pelo consumo de energia da rede; e (ii) impactos positivos sobre a cadeia de valor envolvendo fabricantes, distribuidores, integradores, consumidores e novos agentes como comercializadores-agregadores, microrredes, usinas virtuais, agregadores e DSOs.
- **Atuar como *stakeholder* em definições sobre valoração dos custos e benefícios de MMGD, modernização do SEB, implementação de redes inteligentes e incorporação do papel ativo do consumidor:** o objetivo/justificativa consiste no alinhamento com instituições setoriais de forma a viabilizar expansão de MMGD e APE baseadas em UFVs, o uso de SAEB e a participação em RD no horizonte do PDE 2031. A oportunidade que visa endereçar é o aumento da participação da fonte solar na matriz elétrica do ESP e novos modelos de negócios. Os potenciais impactos são: (i) redução de emissões pelo consumo de energia da rede; e (ii) impactos positivos sobre a cadeia de valor envolvendo fabricantes, distribuidores, integradores, consumidores e novos agentes como comercializadores-agregadores, microrredes, usinas virtuais, agregadores e DSOs.

Tabela resumo com as três principais ações.

Ação proposta	Objetivo (justificativa)	Desafio ou oportunidade que visa endereçar (identificado na etapa de visão de futuro) a diretriz principal e os pilares da política	Potenciais impactos (positivos ou negativos/riscos, sobre emissões sobre emissões - se houver estimativa).
Promover MMGD e APE baseadas em UFVs, SAEB e RD	Não emissão de GEE, potencial, competitividade, diretrizes do PAC	Aumento da participação da fonte solar na matriz elétrica do ESP	Redução de emissões pelo consumo de energia da rede; impactos positivos sobre a cadeia de valor envolvendo fabricantes, distribuidores, integradores
Atuar como <i>stakeholder</i> em plano nacional estratégico	Alinhamento e contribuição com instituições setoriais, orientando a evolução regulatória e normativa	Aumento da participação da fonte solar na matriz elétrica do ESP e novos modelos de negócios	Redução de emissões pelo consumo de energia da rede; impactos positivos sobre a cadeia de valor envolvendo fabricantes, distribuidores, integradores, consumidores e novos agentes como comercializadores-agregadores, microrredes, usinas virtuais, agregadores e DSOs
Atuar como <i>stakeholder</i> na modernização do SEB	Alinhamento com instituições setoriais, horizonte PDE 2031		

18 Consolidação das Recomendações

Na perspectiva do que foi apresentado, considerando o diagnóstico do setor energético do Estado de São Paulo, bem como as perspectivas futuras relativas às fontes energéticas, tecnologias, comportamento do consumidor e o cenário macroeconômico, é possível apresentar um conjunto de recomendações para direcionar as ações do Estado de São Paulo e agentes privados com vistas ao *net zero*.

Mudanças Climáticas. Em escala mais regional, mudanças no clima impactam as atividades agrícolas, a saúde da população e a distribuição espacial da biodiversidade. O estado de São Paulo cada vez mais será afetado pelas mudanças no clima, ou seja, com temperatura mais elevada, o consumo de energia aumenta para a climatização dos ambientes.

Os recursos naturais podem não ser suficientes para atender o consumo de energia necessitando de fontes fósseis, mais gases de efeito estufa serão emitidos à atmosfera aumentando ainda mais as condições de aquecimento climático.

É necessário rever a operação atual das bacias no estado de São Paulo para manter os níveis de armazenamento em torno de 70% do volume útil, dependendo das características de cada usina. Estas providências estão em linha com a necessidade cada vez mais premente quanto aos outros usos da água que tradicionalmente estavam vinculadas à geração de energia elétrica desde o código de águas de 1932.

Eficiência Energética. O estado de São Paulo, cujo protagonismo e pujança econômica já fazem com que a implantação das melhorias tecnológicas seja competitivamente absorvida pelos setores industrial e comercial, deverá criar políticas para direcionar o setor.

É imperioso que, inclusive pela sua grande representatividade, haja maneiras de promover a efficientização dos sistemas em usos nos clientes de baixa renda, pequenos comércios e demais atividades que tenham maior dificuldade de investimento, não deixando assim que a evolução tecnológica deixe de ser absorvida por esses setores.

Além dos ganhos sistêmicos, a evolução tecnológica, especialmente nos sistemas de iluminação, condicionamento ambiental, aquecimento e força motriz precisam ser incorporados às edificações em todos os setores. Dessa forma, as políticas propostas deverão também incorporar mecanismos para forçar a busca pela oferta de equipamentos mais eficientes e para que todo o mercado consumidor possa aderir e promover a efficientização dos usos finais.

Tecnologia. Para a concretização das evoluções previstas, requer-se políticas de incentivo ao desenvolvimento tecnológico e da cadeia produtiva destas fontes, sobretudo, das tecnologias de armazenamento de energia e produção de hidrogênio. Ainda na esfera de pesquisa e do desenvolvimento de tecnologias, desta vez voltadas ao setor de petróleo, há de se ampliar projetos que contribuam para o aumento da viabilidade de tecnologias de mitigação das emissões de GEE nas refinarias.

A cadeia de produção de derivados pode ser descarbonizada ao se reduzir ocorrência de vazamentos de metano e queima do gás (*flaring*). Nas refinarias, há um grande potencial para captura e armazenamento do carbono do CO₂ oriundo dos processos de transformação.

Planejamento. No que tange ao acesso do GN aos mercados paulistas, é importante que o planejador incorpore uma visão multimodal, concebendo soluções alternativas de suprimento via gasodutos, mas também via sistemas a granel de pequena escala de GNC e GNL, além de incorporar mecanismos que possibilitem a maximização da inserção do biometano nos sistemas de distribuição e/ou transporte de gás existentes.

A substituição do hidrogênio atualmente utilizado (H₂C) por hidrogênio sem emissões de GEE (H₂V e H₂A) e a utilização desses combustíveis renováveis em novas aplicações, substituindo os de origem fóssil, poderá alavancar a geração de novos negócios no Estado, como a exportação de grandes quantidades de H₂V. As ações para o incentivo ao uso do hidrogênio renovável não são exclusivas, devendo estar associadas e integradas às ações que induzirão as demais fontes renováveis.

Fontes renováveis. Este elemento é de suma importância dado que as potenciais plantas produtoras de biometano estão dispersas e distantes dos principais mercados. Além disso, no caso das plantas de menor escala, a viabilidade econômica ao produtor poderá não ser alcançada sem instrumentos efetivos de incentivo fiscal e/ou econômico. Cabe observar outra oportunidade para o uso de biometano no estado, que seria a substituição do diesel usado no setor agroindustrial, em caminhões, tratores, colheitadeiras e outros maquinários agrícolas, ou atendendo a veículos urbanos ou rodoviários que circulam nas regiões não abastecidas pela rede de gasodutos.

Recomendações para aumentar a oferta de bioenergia no Estado de São Paulo estão relacionadas melhor aproveitamento do bagaço de cana de açúcar para produção de eletricidade e de outros bioenergéticos do setor, tais como palhas e pontas, vinhaça e torta de filtro. Adicionalmente, sugere-se o uso de outros tipos de resíduos, tais como a da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, do lodo proveniente das estações de tratamento de efluente e de dejetos de animais a partir de diferentes rotas tecnológicas.

O desenvolvimento de projetos híbridos aproveitando as usinas hidrelétricas existentes, pode ser acompanhado de sistemas artificiais de armazenamento como baterias, bombeamento hídrico ou até o hidrogênio, dependendo da necessidade de atendimento de demanda de ponta. Para o caso de São Paulo, as usinas existentes devem buscar complementaridade, por exemplo, com usinas fotovoltaicas flutuantes otimizando o uso das conexões com a rede elétrica. O Estado de São Paulo tem pouco potencial para a geração eólica no presente e com as mudanças climáticas na modalidade *onshore*. Já os *offshore*, que embora possuam um potencial importante devem ser avaliadas a viabilidade econômica.

Um dos grandes desafios para o estado de São Paulo reside na promoção da eólica *offshore* ante a maior atratividade observada em outros estados, motivo pelo qual deve-se buscar estabelecer alternativas estratégias que englobem a valoração das características da indústria paulista (e seu potencial) e a possibilidade de atendimento da carga concentrada na Baixada Santista, São Paulo e região metropolitana, dentre outros aspectos associados com a infraestrutura de escoamento e logística do estado, além dos benefícios tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais advindos da expansão da eólica *offshore*.

Projetos Híbridos. Complementando o exposto em relação ao desenvolvimento de usinas híbridas no Estado, as ações devem ser pavimentadas de forma coordenada para que o potencial identificado no Estado de fato possa ser explorado, provendo impulso econômico da cadeia

produtiva. Adicionalmente à tendência de hibridização de empreendimentos, em especial os hidrelétricos, uma segunda medida pode ser tomada, com o intuito de explorar de forma eficiente a infraestrutura existente. Esta medida se utiliza das estratégias de Repotenciação, Modernização e eventual Ampliação da capacidade instalada nas usinas hidrelétricas indicadas pela EPE para o Estado de São Paulo.

Cadeia Produtiva. Existe ainda a carência de equipamentos nacionais para implementação e manutenção de projetos de diferentes fontes energéticas. Dessa forma, propõem-se estimular a implantação de gigafactories no ESP abrangendo baterias, componentes eletrônicos e VE, além da renovação e apoio da indústria local. Vale destacar que o desenvolvimento da cadeia de, dentre outros, bioenergia e eletromobilidade no Estado de São Paulo tem elevada capacidade de impulsionar o PIB através da geração de empregos.

Sistemas distribuídos. Um outro movimento que se vive hoje é da descentralização do setor elétrico através da geração distribuída e do empoderamento do consumidor que passa a dispor de tecnologias de informação para controle do seu consumo. Sistemas distribuídos tendem a ser mais resilientes a eventos extremos visto que dispõem localmente de seus próprios recursos. A busca de soluções locais pode minimizar os efeitos dos eventos extremos como por exemplo instalação de baterias em residências junto com geração fotovoltaica, de forma que é necessário facilitar e acelerar a transição tecnológica dos sistemas atuais de T&D para a incorporação de tecnologias de redes inteligentes e resposta a demanda.

Finalmente, é importante salientar que o posicionamento apresentado reflete o diagnóstico identificado para o Estado de São Paulo e as tendências globais, além das perspectivas futuras que se desenham e se mostram mais prováveis. Ainda, faz-se evidente a necessidade da definição de metas que permitam o acompanhamento e controle social, além de reajustes de rotas. Considerando a dinâmica tecnológica e dos mercados, é também provável que essas perspectivas futuras se alterem em alguma medida, de forma que os planos de ação estabelecidos podem carecer de revisões visando o caminho da descarbonização da economia paulista.

As Tabelas a seguir sintetizam possíveis **“Ações a serem implementadas no horizonte 2050”**, ressaltando-se que o presente Relatório que busca traduzir um Resumo Executivo de um Projeto de grande amplitude desenvolvido pela Universidade de São Paulo – USP, por demanda da SIMA, caracteriza um estágio intermediário das atividades, pelo que continuará sendo desenvolvido, agora contemplando uma série de simulações para dar substância quantitativa à esta primeira etapa de desenvolvimento, mirando o aprimoramento da visão de futuro ora estabelecida e, de forma enfática, propiciando a recomendação de ações do Estado junto aos Agentes de Mercado e o estabelecimento de Políticas Públicas consistentes para se atingir a neutralidade de emissões em âmbito de São Paulo no horizonte 2050.

Fomento à Tecnologia

<u>Tipo</u>	<u>Ação</u>	<u>Detalhe</u>	<u>Área</u>
P&D	Direcionar recursos de P&D do Estado, especial da FAPESP, para áreas estratégicas para a descarbonização do Estado	Pesquisa e programas de desenvolvimento tecnológico. Aceleração da maturidade tecnológica de tecnologias estratégicas.	solar flutuante, gases carregadores de energia com pegada carbônica neutra (H_{2verde} , NH_3), sistemas de armazenamento, mobilidade Elétrica, eficiência energética, novas tecnologias.
Capacitação	Fomento a criação de cursos técnicos e graduação pelas instituições	mão de obra qualificada de alto nível para operar em toda cadeia de valor	Mobilidade elétrica.
Regulamentação	Criar grupos técnicos que acelerem o processo de normatização e regulamentação de novas tecnologias no Estado	Aceleração do marco regulatório	Novas tecnologias
	programa de regularização, eficientização dos usos finais em consumidores de baixa renda.		Eficiência energética
Infraestrutura	Ampliação da infraestrutura de abastecimento de GN veicular.		GN
	Instalação de corredores azuis de transporte de cargas associada a difusor da tecnologia abastecimento no setor		GN
	políticas locais e municipais com o intuito de incentivar a compra de veículos movidos a energias alternativas e que não excluam a entrada do GNV.		Combustíveis alternativos e GN
	Programa de fomento à eficiência energética	programa de eficientização dos prédios públicos do Estado; programa para substituição de chuveiros elétricos por aquecedores solares com complementação elétrica por chuveiros eletronicamente controlados; Grupo de trabalho para estabelecer uma política de pesquisa sobre ganhos sistêmicos em eficiência energética	Eficiência energética
	Promover a expansão de MMGD e APE baseadas em UFVs, o uso de SAEB e a participação em RD.		Eficiência energética
Incentivos	Incentivos a projetos de mitigação	Ampliar projetos que contribuam para o aumento da viabilidade de tecnologias de captação e carbono e mitigação das emissões de GEE nas refinarias.	combustíveis
		Promover a redução da ocorrência de vazamentos de metano e queima do gás (flaring) para descarbonização da cadeia de produção de derivados de petróleo.	Combustíveis
Fiscal	Aumento de alíquotas para tecnologias ineficientes e menores nas eficientes com		Eficiência energética

	especial atenção aos usos finais de maior importância.		
--	--	--	--

Ajustes no Planejamento

<u>Tipo</u>	<u>Ação</u>	<u>Detalhe</u>	<u>Área</u>
Diretriz	estabelecer as metas temporais da implantação dos mecanismos de mercado e as metas de indicadores de redução de emissões atribuídas a esta vertente;		Mercado de Carbono
	Metas de inserção de frotas de veículos movidos à biocombustíveis nos planos de mobilidade;		Biomassa
	Incorporação de uma visão multimodal, concebendo soluções alternativas de suprimento via gasodutos, mas também via sistemas a granel de pequena escala de GNC e GNL;		GN
	Exigência crescente nos padrões de eficiência energética		Eficiência energética
Difusão	Criação de grupos de acompanhamento e difusão	Articulação executivo e legislativo, mídia e segmentos empresariais	Mercado de Carbono
	Difundir em larga escala a mobilidade elétrica no ESP		Mobilidade elétrica
Planos de projetos específicos	Hibridização de Usinas Hidrelétricas no intuito de apoiar a expansão da geração de energia, utilizando a infraestrutura de rede já disponível e minimizar conflitos oriundos dos usos múltiplos (em especial com navegação fluvial);		Hidro
	Estudo de reativação de usinas desativadas com intuito de apoiar a expansão da geração de energia, utilizando a infraestrutura da usina e da rede parcialmente disponível; Planos de desenvolvimento e utilização do potencial do Estado; Programa de desenvolvimento da cadeia produtiva		Eólica offshore
	Estabelecer Política Estratégia Estatal para a Promoção das Usinas Híbridas;		Usinas Híbridas
	estabelecer uma política de metas alinhadas nas esferas federais, estaduais, municipais para evolução da mobilidade elétrica no ESP.		Mobilidade elétrica
	Criação do Plano Estadual de Hidrogênio		Hidrogênio
	Desenvolver política local específica de incentivo a implementação de plano de implantação massiva da Medição Inteligente e progressiva oferta de Resposta a Demanda; Atuar como stakeholder na elaboração de um plano estratégico para a inserção de REDs, considerando os resultados da Tomada de Subsídios (TS) nº 011/2021 da ANEEL; Atuar como stakeholder em definições sobre valoração dos custos e benefícios de MMGD, modernização do SEB, implementação de redes inteligentes e incorporação do papel ativo do consumidor.		Resposta da Demanda
Dados	Promover Programa de Monitoramento de Dados		Eólica offshore
Monitoramento	Criação de uma comissão para avaliação contínua dos resultados das políticas em curso;		Eficiência energética
Criação de HUBS	Plano de Aperfeiçoamento da Infraestrutura Portuária contemplando atividades da Eólica Offshore e Produção de Hidrogênio Verde.		Eólica offshore, Hidrogênio
	hubs de bioenergias, com vocações regionalizadas a partir de grandes geradores de biomassa.		Biomassa
Infraestrutura	Elaboração de mecanismos que possibilitem a maximização da inserção do biometano nos sistemas de distribuição e/ou transporte de gás existentes; facilitação ao acesso aos dutos e/ou terminais de GNL (existentes ou em		GN e combustíveis

	desenvolvimento) e Imposição de limites à reinjeção de GN associado nas zonas de E&P de petróleo e gás do pré-sal da Bacia de Santos para estimular a ampliação da oferta de GN; Otimização da infraestrutura gasífera, a partir do potencial de oferta de biometano, permitindo a criação de “clusters” energéticos, tendo os gases combustíveis como âncoras, que podem ser movimentadas através de múltiplos modais para atender consumidores de difícil acesso, como os caminhões e trens que operam no Estado e fazem uso de infraestrutura de rodagem;	
--	--	--

Estímulo à Infraestrutura

<u>Tipo</u>	<u>Ação</u>	<u>Detalhe</u>	<u>Área</u>
Investimento	Repotenciação, Modernização e Ampliação de UHEs existentes com intuito de apoiar a expansão da geração de energia, utilizando a infraestrutura de rede já disponível;		Hídrica
	Investimento na infraestrutura de recarga pública lenta e rápida;		Eletromobilidade
	Financiamento da substituição da rede de gás natural; Criação de uma malha de gás “limpo” no Estado;		H2
Incentivo	Fomento da rede de distribuição de gás por meio de mecanismos de incentivos diretos ou indiretos, tais como incentivo ao uso de biogás e biometano;		Biomassa
	Estímulo à compra e manutenção de ativos, ao longo da vida útil das plantas, não apenas no período de sua implantação;		Biomassa
	Criação de um programa de estímulo a renovação do parque de iluminação pública dos municípios do Estado com linhas de financiamento incentivadas às PPPs.		Eficiência energética
	Desenvolver incentivos à implantação de Armazenamento de Energia no Estado de São Paulo; Incentivar Elétricas e Operadoras de telecomunicações a aumentar o compartilhamento de infraestruturas no Estado de São Paulo		Resposta da Demanda

Política Meio Ambiente & Social

<u>Tipo</u>	<u>Ação</u>	<u>Detalhe</u>	<u>Área</u>
Política, Programas, Diretriz, metas	Renovação das frotas de ônibus urbanos a diesel, responsáveis por grande parte das emissões do EST.		Eletromobilidade, Meio ambiente
	Taxa de emissão de carbono.		H2 e energias de baixo carbono, meio ambiente, mercado
	Adição de armazenamento às usinas hidrelétricas existentes para minimizar o efeito da variabilidade mais intensa das chuvas; Mudança na matriz energética de todo o setor econômico (principalmente transportes e indústria) a fim de reduzir as emissões de gases de efeito estufa;		Mudanças Climáticas, meio ambiente
	Criação de obrigatoriedade de reuso de água em edificações no estado		Eficiência Energética, meio ambiente
	Incentivo a elaboração pelos municípios da caracterização dos fluxos de resíduos produzidos regionalmente, com a finalidade de direcionar as políticas públicas e estimular investimentos privados para geração de energia a partir de resíduos pelas diferentes rotas.		Biomassa
Dados	Inventários de emissão periódicos para o ESP.		Balanco de Emissões, meio ambiente
Difusão	Divulgação de conhecimentos técnicos sobre biogás/ biometano e outras rotas tecnológicas buscando evidenciar a curva de aprendizagem das diferentes tecnologias; Difusão de conhecimento sobre viabilidade e retorno de investimento dos projetos, através de cartilhas voltadas para pequenos e médios produtores; Designação pelo estado de instituição de coordenação das iniciativas de geração, divulgação e disseminação de conhecimento.		Biomassa, social
	Programa de sensibilização social com vistas ao entendimento sobre mudanças climáticas, informando a a população sobre o que são as causas das mudanças climáticas e o impacto disso para sua vida e, principalmente, saúde.		Mudanças Climáticas
	Ação de conscientização de consumidores de todos os setores e disseminação do conceito de uso racional e eficiente de energia no Estado		Eficiência Energética
P&D	Fortalecimento a Pesquisa e Desenvolvimento, por meio de parcerias com universidades, empresas fabricantes de equipamentos e incentivo às startups.		Tecnologia, mercado, biomassa
Projeto	Estímulo a implantação de projetos de biogás em pequena e média escala, em propriedades rurais, criando soluções integradas de gestão de resíduos e aproveitamento energético.		Biomassa, social, mercado

Política Econômica

<u>Tipo</u>	<u>Ação</u>	<u>Detalhe</u>	<u>Área</u>
Incentivo, novos Mecanismo, política fiscal e tributação e linhas de crédito	Promover Mecanismos de Incentivo para a Inserção da Energia Eólica Offshore no estado de São Paulo; Promover incentivo ao desenvolvimento de Parque Eólico Offshore Piloto de médio porte;		Eólica offshore
	Taxa de emissão de carbono.		H2 e energias de baixo carbono, meio ambiente, mercado
	Subsídio financeiro à produção de H2 ou novos combustíveis renováveis, em especial nas fases iniciais de maturidade tecnológica.		H2
	Promover Mecanismos de Incentivo Financeiro à Atratividade das Usinas Híbridas;		Projetos Híbridos
	Estimular a implantação de gigafactories no ESP abrangendo baterias, componentes eletrônicos e VE.		Eletromobilidade
	Fomento a aquisição de energia elétrica gerada a partir de biogás/bioeletricidade em prédios públicos;		Biomassa
	Modelar novos equacionamentos econômicos para o biometano disponível tanto nas grandes plantas produtoras como nas unidades de menor escala;		Gás Natural, Petróleo e Derivados
	Linhas de financiamento	Promoção de mecanismos de incentivo para a inserção da bioenergia, tais como linhas de financiamento subsidiado	Biomassa
	Política tributária	Redução da carga tributária sobre máquinas e equipamentos utilizados na cadeia de produção para geração de bioenergia	Biomassa
		Renúncia fiscal (impostos de importação de equipamentos; impostos de comercialização sobre H2V, H2A e novos combustíveis).	H2
		Incentivo fiscal e/ou econômico com foco na viabilidade econômica das plantas de biometano de menor escala.	Gás Natural, Petróleo e Derivados
	Leilão Regional	Estabelecer mecanismos de incentivos e de contratação de energia (Leilões regionais).	Projetos Híbridos
Diretrizes, Planos e programas	Elaboração de planos/diretrizes para atração da indústria com vistas a desenvolver a cadeia produtiva em nível estadual (exemplo, fabricação de biodigestores, membranas de purificação, equipamento de análise e monitoramento de gases, gaseificadores, etc.); Estabelecimento de programas de colaboração entre indústria, governo e universidade com o intuito de promover trocar conhecimentos, manter isonomia de informações e inovação; Promoção de integração setorial (e entre indústrias distintas) com benefícios de competitividade, inovação e avanços tecnológicos através de compartilhamento de infraestrutura e buscando sinergias entre recursos (resíduos).		Biomassa
	Fomentar exploração de sinergias entre a Eólica Offshore e a cadeia de suprimento da Eólica Onshore e de outras atividades correlatas.		Eólica offshore
Planejamento, política e programa	Modelo de negócio	Desenvolvimento de novos modelos de negócio, tecnologias, serviços, sistemas, plataformas, não contemplados pela cadeia nacional;	Eletromobilidade
	Estimular a renovação e apoio a indústria do local: Estabelecer uma cadeia produtiva e política industrial da eletromobilidade de VE leves e pesados no ESP;		Eletromobilidade
	Imposição de percentual de vendas de veículos com novos combustíveis;		H2
Difusão	Propor campanhas de informação e reportagens sobre os benefícios e potencialidades dos VE.		Eletromobilidade

Regulação

<u>Tipo</u>	<u>Ação</u>	<u>Detalhe</u>	<u>Área</u>
Regulamento	Marco Regulatório	Estabelecer Marco Regulatório definindo regramentos para o Desenvolvimento de Usinas Eólicas Offshore, em relação aos aspectos de planejamento, desenvolvimento e operação	Eólica offshore
	Ajustes	Reconhecimento dos atributos ambientais na aquisição de biometano por parte das concessionárias de distribuição de gás.	Biomassa
		Criação de produtos específicos para o biogás nos leilões de energia elétrica do mercado regulado, que considerem os atributos sistêmicos e ambientais da fonte.	Biomassa
		Atuar na Promoção de Aprimoramentos Regulatórios e definir regramentos de: (i) garantia física; (ii) despacho (otimização local); (iii) oferta de serviços ancilares e de capacidade; (iv) comercialização para projetos híbridos com armazenamento (atuação como carga e geração).	Projetos Híbridos
Planejamento	Novos mecanismos	Promoção de mecanismos que favoreçam a recuperação energética dos aterros sanitários	Biomassa
Certificação	Desenvolvimento de mecanismos de certificação, a exemplo do Renovabio.		Biomassa
Integração	Promover a interação do órgão regulador estadual (ARSESP) com a ANP para se evitar conflitos regulatórios desnecessários e que podem inibir a evolução da comercialização de biometano e outros insumos que se qualifiquem para movimentação nas redes de distribuição de gás.		Gás Natural, Petróleo e Derivados