



PLANO DE DESCARBONIZAÇÃO

Resumo Executivo
AGOSTO - 2026



A execução do projeto do Plano de Descarbonização da Sanepar foi realizada pelo Consórcio I Care, CR ETES e Rotária do Brasil em conjunto com a equipe da Sanepar.

A união dessas empresas forma uma combinação com forte sinergia técnica e estratégica, capaz de responder com excelência aos desafios da descarbonização do setor de saneamento.

A **I Care**, referência em estratégia ambiental, aporta ao grupo sua sólida experiência na elaboração de Inventários de Gases de Efeito Estufa (IGEE), avaliação de riscos climáticos e construção de planos de transição (descarbonização) baseados em metodologias reconhecidas internacionalmente, como *Task Force on Climate-related Financial Disclosures* (TCFD), *Transition Plan Taskforce* (TPT), *Assessing low Carbon Transition Initiative* (ACT), *Science Based Targets Initiative* (SBTi) e *Carbon Disclosure Project* (CDP). Essa expertise assegura a consistência técnica das análises de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) e orienta a identificação de alavancas com viabilidade econômica e regulatória.

Complementando essa visão estratégica, o **Centro de Referência em Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto (CR ETES)** contribui com sua consolidada atuação técnico-operacional na redução de emissões de GEE no setor de saneamento, por meio da aplicação de soluções de baixo carbono em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). O grupo de profissionais atuantes no CR ETES tem se destacado em projetos voltados à valorização de subprodutos, com ênfase no aproveitamento energético do biogás e na transformação do lodo em biossólido para uso agrícola – iniciativas que evitam emissões de GEE e contribuem para a economia circular no setor de saneamento básico. Além disso, sua expertise em análises multicritério e viabilidade construtiva torna possível a adaptação eficiente das tecnologias propostas às particularidades locais, fortalecendo a capacidade do consórcio em converter diretrizes estratégicas em soluções concretas de descarbonização.

A **Rotária do Brasil** amplia essa base com sua trajetória internacional em mitigação de emissões de GEE no setor de saneamento básico, aplicando ferramentas como o *Energy Performance and Carbon Emissions Assessment and Monitoring* (ECAM) e desenvolvendo arranjos tecnológicos otimizados para estações de tratamento. Seu domínio sobre processos de engenharia, biogás e inovação energética fortalece a capacidade do consórcio em propor soluções economicamente condizentes com a realidade e adaptáveis às diversas situações que serão impostas, trazendo soluções de elevada relevância.



SUMÁRIO

01. CONTEXTO.....	01
02. CONSTRUÇÃO DO PLANO DE DESCARBONIZAÇÃO.....	02
03. PERFIL DAS EMISSÕES.....	03
04. CENÁRIO BASE DAS EMISSÕES.....	05
05. ALAVANCAS DE DESCARBONIZAÇÃO.....	06
06. TRAJETÓRIAS DE DESCARBONIZAÇÃO.....	11
6.1 Ambições climáticas de referência.....	11
6.2 Análise dos cenários de descarbonização.....	12
6.3 Emissões residuais e compensação.....	14
07. ESTRATÉGIAS DE DESCARBONIZAÇÃO.....	15
7.1 Ambição e diretrizes estratégicas.....	15
7.2 Roadmap de descarbonização.....	16
7.2.1 Potenciais de abatimento de emissões.....	17
7.2.2 Viabilidade e integração ao planejamento financeiro.....	19
7.3 Indicadores e metas.....	20
7.4 Governança.....	21
08. PRÓXIMOS PASSOS E COMPROMISSO DE ATUALIZAÇÃO.....	23
09. TERMOS E DEFINIÇÕES.....	24

Contexto

A Sanepar desempenha um papel essencial na vida de milhões de paranaenses, oferecendo serviços de saneamento que impactam diretamente a saúde, a qualidade de vida e o desenvolvimento dos municípios onde atua. Ao longo de sua trajetória, a Companhia vem ampliando progressivamente a cobertura, a qualidade e a eficiência das suas operações, com destaque para o compromisso legal com a universalização dos serviços — um dos maiores desafios estruturais do país. Com a crescente relevância da agenda climática no setor de infraestrutura, a Sanepar reconhece também que deve contribuir ativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) geradas por suas atividades. Afinal, a melhoria dos serviços tanto em termos de cobertura e qualidade acaba por ampliar as emissões de GEE, as quais se não forem geridas, podem representar risco à competitividade e à sustentabilidade do negócio no longo prazo. Esse risco já foi identificado no processo corporativo de gestão de riscos da Companhia e integra uma estratégia climática mais ampla, que contempla não apenas a mitigação das emissões, mas também a adaptação às mudanças climáticas, a segurança hídrica e o fortalecimento da resiliência operacional. Ao mesmo tempo, a Companhia mantém como



Foto: André Thiago Costa Aguiar

prioridade estratégica a expansão e a universalização dos serviços de saneamento, reconhecendo que a jornada de descarbonização deve ser conduzida de forma compatível com esse compromisso e com os princípios de uma transição justa, evitando impactos desproporcionais sobre a prestação dos serviços e a sociedade.

A relevância da gestão das emissões de GEE no setor tende a crescer nos próximos anos. Em nível nacional, o Plano Clima Setorial de Resíduos Sólidos e Efluentes já estabelece metas para a redução das emissões provenientes do tratamento de efluentes, enquanto a regulamentação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE) (Mercado Regulado de Carbono) poderá estabelecer novas exigências. Essas exigências podem envolver limites de emissões setoriais e instrumentos econômicos aplicáveis às atividades abrangidas por sua regulamentação, com possíveis repercussões para o setor de saneamento. Conforme análises desenvolvidas no âmbito do Plano, a inação frente à necessidade de redução das emissões pode representar uma exposição financeira relevante e resultar em custos crescentes de adequação. Somam-se a esse aspecto outros riscos de natureza regulatória, tecnológica e reputacional, que podem afetar a competitividade e a resiliência da Companhia no futuro.

Paralelamente, referenciais internacionais de reporte, como as normas IFRS S1 e S2, bem como as exigências crescentes de bancos multilaterais, instituições financeiras nacionais e investidores, reforçam a necessidade de que as empresas apresentem estratégias climáticas robustas para ampliar sua resiliência, preservar sua imagem e manter o acesso a financiamentos e investimentos. Ao mesmo tempo, a agenda de descarbonização cria oportunidades para elevar a eficiência operacional, reduzir custos, estimular a inovação e ampliar a circularidade dos processos, por meio do aproveitamento energético do biogás, da valorização do lodo, da adoção de tecnologias de menor intensidade de carbono e da ampliação do uso de fontes renováveis de energia.

É nesse contexto que se insere o Plano de Descarbonização da Sanepar. **Estruturado com horizonte até 2050, o Plano estabelece uma estratégia tecnicamente consistente, economicamente defensável e compatível com a realidade operacional e institucional da Companhia para a redução das emissões de GEE**, conciliando os compromissos climáticos com a continuidade da expansão e da universalização dos serviços de saneamento. Mais do que um conjunto de iniciativas de mitigação, o Plano constitui um instrumento estratégico de gestão, orientando investimentos, priorizando ações, fortalecendo a governança climática e preparando a Companhia para responder aos desafios e capturar as oportunidades decorrentes da transição para uma economia de baixo carbono.

01

Construção do plano de descarbonização

O Plano de Descarbonização da Sanepar foi estruturado com base nos referenciais do *Transition Plan Taskforce* (TPT) e ACT (*Assessing Low-Carbon Transition*), seguindo um fluxo metodológico composto por cinco etapas sequenciais, conforme apresentado na Figura 1, que combinam análise técnica, avaliação de viabilidade e planejamento estratégico e governança climática.

PROCESSO INTEGRADO DE PLANEJAMENTO: construído com a participação das áreas técnicas e operacionais da Sanepar, com envolvimento da alta gestão e alinhamento à estratégia corporativa, à gestão de riscos e às diretrizes de sustentabilidade.



FIGURA 1. Etapas de construção do Plano de Descarbonização.

Perfil das emissões

A Sanepar foi pioneira na elaboração do Inventário de Gases de Efeito Estufa (IGEE) no setor de saneamento no país, mensurando suas emissões desde 2008. Desde então, há 15 anos, a Companhia está aprimorando e consolidando o acompanhamento de suas emissões corporativas. O IGEE organiza as emissões em três categorias principais: Escopos 1, 2 e 3.

ESCOPO 1



ATIVIDADES DIRETAS DA SANEPAR:
Emissões diretas provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela organização.

ESCOPO 2



ENERGIA ELÉTRICA:
Emissões indiretas associadas ao consumo de energia elétrica adquirida e utilizada nas operações da organização.

ESCOPO 3



ATIVIDADES DA CADEIA DE VALOR (FORNECEDORES):
Emissões indiretas associadas à cadeia de valor, incluindo atividades como transporte e insumos, disposição de resíduos e outras fontes não diretamente controladas pela organização; inclui também emissões de ETEs e ETAs operadas no âmbito de Parcerias Público-Privadas (PPPs).

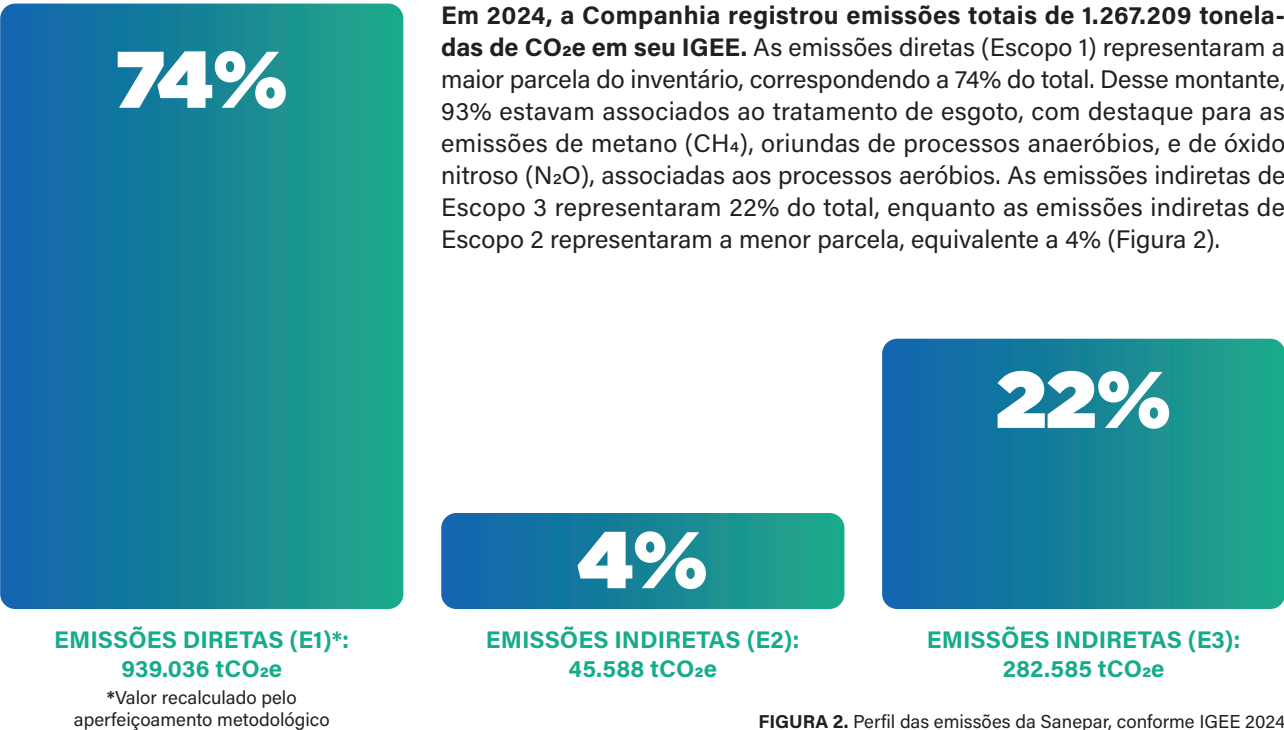


FIGURA 2. Perfil das emissões da Sanepar, conforme IGEE 2024



03



Durante o desenvolvimento do Plano de Descarbonização, foi realizada uma análise aprofundada da metodologia de cálculo das emissões do IGEE da Sanepar. A partir dessa avaliação, foram propostos aprimoramentos metodológicos e ajustes de premissas para ampliar a aderência das estimativas à realidade operacional da Companhia, incluindo a adaptação ao contexto nacional e setorial (tropicalização) de fatores e parâmetros originalmente derivados de referências internacionais, como as diretrizes do *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Sendo assim, nos próximos IGEE, a Sanepar pode incorporar esses aprimoramentos.

Os resultados deste trabalho também subsidiaram as discussões de revisão da Nota Técnica "Metodologia para estimativa de emissões de gases do efeito estufa oriundos do tratamento de esgoto doméstico", elaborada em 2024 pelo Grupo Técnico Setorial de Descarbonização da Câmara Técnica da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Apesar dos avanços com a revisão recente, o aprimoramento das metodologias de mensuração deve permanecer como uma atividade contínua, tanto para a Sanepar quanto para o setor de saneamento. O aprofundamento desenvolvido no âmbito do Plano posiciona a Companhia entre as organizações que vêm contribuindo de forma ativa e pioneira para a evolução dessa agenda em nível nacional.



Foto: André Thiago Costa Aguiar

Cenário Base de Emissões

A construção do Cenário Base teve como ponto de partida o inventário corporativo de emissões de 2024, abrangendo os Escopos 1, 2 e 3, e incorporou os aprimoramentos metodológicos propostos para a categoria de tratamento de efluentes, bem como a projeção anual das emissões até 2050. A trajetória de emissões de GEE no Cenário Base apresentada na Figura 3 considera:

- A evolução tendencial das atividades operacionais;
- As projeções de crescimento populacional associadas à universalização do saneamento;
- As expansões previstas no Planejamento Plurianual de Investimentos (PPI) e metas de contrato;
- A manutenção das condições operacionais e tecnológicas vigentes, na ausência de novas medidas de descarbonização.

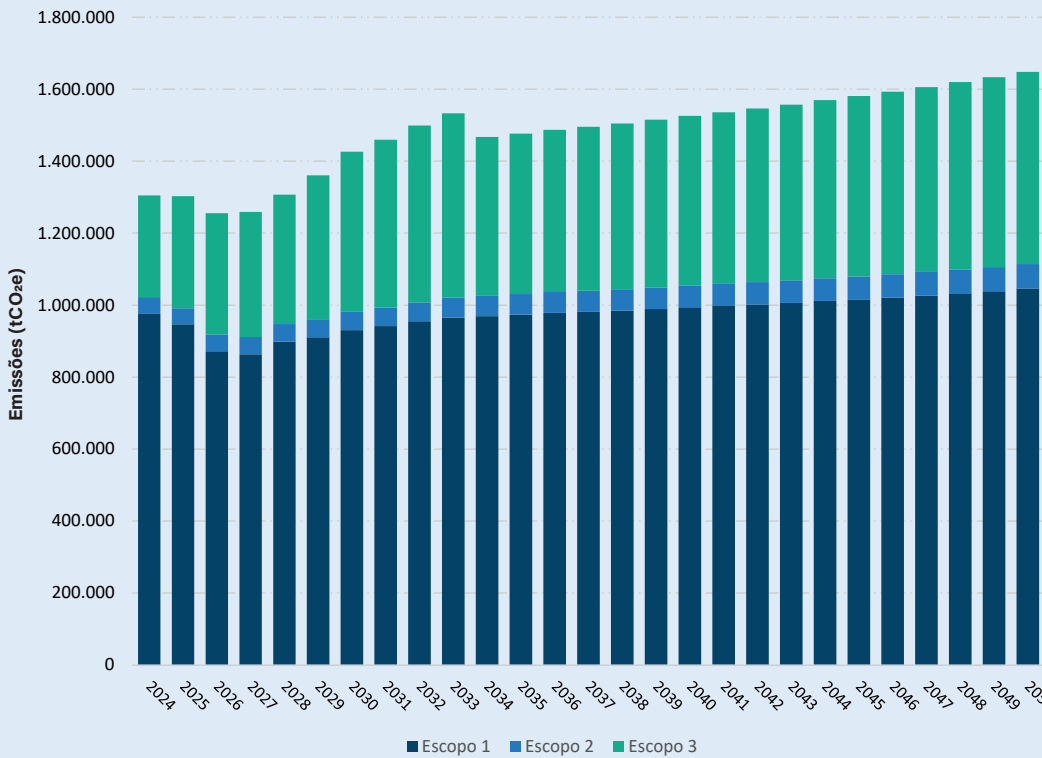


FIGURA 3. Cenário Base – Escopos 1, 2 e 3.

O Cenário Base representa, portanto, a trajetória tendencial das emissões da Companhia, considerando o crescimento esperado da prestação dos serviços e as expansões previstas em seu planejamento, com destaque para o aumento da cobertura do esgotamento sanitário e melhorias previstas no planejamento. Esse cenário pode ser interpretado sob a perspectiva de *Business as Usual* (BAU), ou seja, como evolução esperada das emissões na ausência de medidas adicionais de descarbonização. Desta forma, o Cenário Base constitui a linha de referência sobre a qual são aplicadas as alavancas de descarbonização e avaliados os impactos da estratégia de descarbonização selecionada.

04 05

Alavancas de descarbonização

Para a construção da estratégia de descarbonização da Sanepar, foi mapeado, avaliado e estruturado um conjunto de alavancas de descarbonização, **compreendidas como medidas e iniciativas capazes de reduzir emissões de GEE ou viabilizar a implantação e o acompanhamento da estratégia de descarbonização**. A partir do processo de mapeamento e triagem, foram selecionadas 44 alavancas aderentes, em diferentes graus, à realidade operacional, regulatória, financeira e institucional da Companhia. Essas alavancas são representadas por quatro tipologias de medidas:



ESTRUTURANTES:

Iniciativas que estabelecem bases institucionais, regulatórias, financeiras e de governança necessárias para viabilizar e sustentar a implementação das demais medidas de descarbonização.



TECNOLÓGICAS:

Medidas que envolvem a adoção, a substituição ou a modernização de tecnologias, com impacto direto sobre a redução de emissões.



OPERACIONAIS:

Ações voltadas à otimização de processos, à melhoria de eficiência e à qualificação de ativos, capazes de reduzir emissões por meio do aprimoramento do desempenho operacional ou de potencializar os resultados de outras medidas.



COMPENSATÓRIAS:

Medidas relacionadas à compensação das emissões residuais da Companhia, incluindo ações de reflorestamento e a eventual aquisição de créditos de carbono.

O levantamento e estudo das soluções de descarbonização mostra que as alavancas tecnológicas atualmente disponíveis, embora relevantes, não são, por si só, suficientes para sustentar a trajetória de redução necessária no longo prazo. Ainda persistem desafios de maturidade tecnológica, escala, disponibilidade de fornecedores e incertezas sobre o potencial real de mitigação e o tratamento de emissões residuais.

Por essa razão, o Plano reconhece a necessidade de combinar medidas tecnológicas e operacionais maduras com ações estruturantes de desenvolvimento da cadeia de valor e inovação de longo prazo. A articulação com a academia e centros de pesquisa pode contribuir para avançar em tecnologias emergentes, metodologias e instrumentos de monitoramento aplicáveis à descarbonização do setor, bem como avaliar, de forma criteriosa, medidas compensatórias para emissões que permanecem residuais.



05

Considerando estas tipologias mencionadas, o conjunto das 44 alavancas selecionadas foram distribuídas conforme explicado a seguir e resumido na Figura 4.

OPERACIONAIS E TECNOLÓGICAS:

13 alavancas compõem o portfólio principal do plano. Para essas medidas, as informações disponíveis em nível corporativo permitiram definir o universo potencial de aplicação, estimar os abatimentos de emissões e indicar custos associados. Esse conjunto constitui, portanto, a base quantitativa utilizada para a construção do roadmap, da trajetória de abatimento e do planejamento econômico-financeiro.

13 alavancas adicionais integram o portfólio adicional. Esse conjunto de medidas são vistas como oportunidades que poderão ser aprofundadas, à medida que avancem os diagnósticos, a disponibilidade de dados e a avaliação das condições de implementação.

ESTRUTURANTES:

16 alavancas fundamentais para criar as condições necessárias à implementação e ao aprimoramento contínuo da estratégia de descarbonização. Parte dessas medidas induz e fundamenta o desenvolvimento das alavancas do portfólio principal, por meio de diagnósticos, melhoria da base de dados, instrumentação, monitoramento e estudos específicos. Outras possuem função habilitadora, pois seus resultados serão necessários para avaliar com maior segurança a aplicabilidade do potencial de abatimento e os custos de outras alavancas tecnológicas e operacionais integrantes do conjunto das 44 medidas selecionadas.

COMPENSATÓRIAS:

2 alavancas destinadas ao tratamento das emissões residuais que não possam ser evitadas ou reduzidas por meio das intervenções diretas. Sua utilização possui caráter complementar e deverá permanecer subordinada à prioridade de redução das emissões nas operações e na cadeia de valor da companhia.

13 ALAVANCAS DO PORTFÓLIO PRINCIPAL

Medidas operacionais e tecnológicas com modelagem quantitativa do potencial de abatimento e custos.

16 ALAVANCAS ESTRUTURANTES

Medidas que fundamentam o desenvolvimento de alavancas do portfólio principal.

Função habilitadora para viabilizar outras alavancas.

13 ALAVANCAS DO PORTFÓLIO ADICIONAL

Oportunidades a serem aprofundadas conforme avancem os diagnósticos, dados e condições de implementação.

02 ALAVANCAS COMPENSATÓRIAS

Alternativas para tratamento de emissões residuais.

FIGURA 4. Distribuição das alavancas de descarbonização por categoria e portfólio.

A quantificação das alavancas do portfólio adicional apresenta diferentes níveis de maturidade. Em alguns casos, ela depende da realização prévia de diagnósticos estruturantes. Em outros, foi possível estimar o potencial de abatimento, mas ainda não os custos associados com o mesmo grau de robustez adotado no portfólio principal. Por essa razão, essas medidas não integram, nesta versão, a mesma base de priorização econômico-financeira. Contudo, poderão ser reavaliadas nas revisões periódicas do Plano, à medida que avancem a disponibilidade e qualidade dos dados, a maturidade tecnológica e as condições necessárias à sua implementação.

A Figura 5 reúne o conjunto de alavancas selecionadas para o Plano de Descarbonização, sendo indicados, para cada uma delas, seu ID, nome, categoria e nível de aprofundamento no âmbito do Plano (portfólio).

GOVERNANÇA

Participar de iniciativas setoriais relacionadas à agenda climática

Estruturante

Remuneração por metas alcançadas de descarbonização

Estruturante

Definir requisitos no setor de compras para opções menos carbono-intensivas

Estruturante

Realizar campanhas internas de engajamento e sensibilização para redução de emissões

Estruturante

Engajamento com a cadeia de valor para redução de emissões de GEE

Estruturante

REÚSO

Estudos de viabilidade, projeção de demandas e planejamento para reúso de efluentes

Estruturante

Implementação de soluções de reúso de efluentes

Tecnológica

Portfólio Adicional

PERDAS

Controle de perdas de água

Tecnológica

Portfólio Adicional

GESTÃO DE LODO

Compostagem de lodo

Tecnológica

Portfólio Principal

Estudo de viabilidade, suprimento e logística de co-substratos para co-digestão

Estruturante

Estabilização Alcalina Prolongada (EAP)

Tecnológica

Portfólio Principal

Secagem solar de lodo

Tecnológica

Portfólio Principal

Secagem térmica de lodo

Tecnológica

Portfólio Principal

Wetlands para tratamento de lodo

Tecnológica

Portfólio Principal

Co-digestão

Tecnológica

Portfólio Principal

Estudo de potencial agrícola e viabilidade logística para uso agrícola e lodo/biossólidos no entorno das ETES

Estruturante

CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS

Substituição de combustíveis na frota de veículos por alternativas mais limpas

Operacional

Portfólio Adicional

Substituição gradual de geradores a diesel por fontes renováveis

Operacional

Portfólio Adicional

METANO DISSOLVIDO

Câmara de desorção e oxidação biológica em biofiltros

Tecnológica

Portfólio Principal

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

Fomentar pesquisas e desenvolvimento para monitoramento e reavaliação tecnológica periódica de alavanca de descarbonização emergentes

Estruturante

Trajetórias de descarbonização

06

A definição da estratégia do Plano de Descarbonização da Sanepar foi subsidiada pela análise de diferentes cenários de implementação das alavancas e de seus efeitos sobre as emissões projetadas até 2050. A partir dessa avaliação, foi definida e estruturada a trajetória selecionada para orientar a implementação do Plano, tendo o Cenário Base como referência para mensurar os resultados.

Conforme apresentado anteriormente, o Cenário Base representa a evolução das emissões na ausência de novas medidas de descarbonização, considerando a continuidade das condições operacionais e tecnológicas e o crescimento esperado dos serviços de saneamento. Inicialmente, o Cenário Base foi comparado com referências externas de ambição climática, como **SBTi 1,5°C**, **NetZero** e a **meta setorial do Plano Clima**. Em seguida, foi comparado com possíveis cenários de descarbonização para implementação das alavancas de descarbonização pela Sanepar. Por fim, foram analisadas as emissões residuais em relação à trajetória do Plano Clima Setorial, ou seja, a diferença entre as emissões após a implementação das alavancas e a meta setorial.

Além da trajetória selecionada, o Plano também avaliou potenciais adicionais de redução que poderão ser incorporados progressivamente, conforme avancem as condições técnicas, econômicas, operacionais e institucionais necessárias à sua implementação.

6.1. Ambições climáticas de referência

As trajetórias das **metas SBTi 1,5°C**, **NetZero** e da **meta setorial do Plano Clima**, em comparação com o **Cenário Base** da Sanepar, são apresentadas na Figura 6. A lacuna significativa observada entre a trajetória tendencial da Companhia e essas referências evidencia a necessidade de implementar ações de mitigação de forma estruturada e priorizada, visando alinhar, progressivamente, o desempenho da Sanepar aos parâmetros científicos e setoriais.

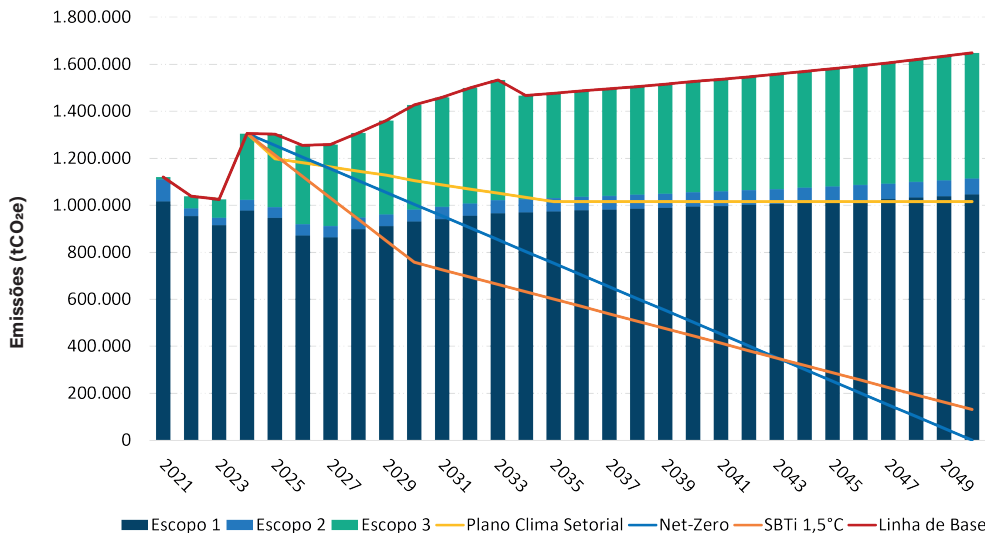


FIGURA 6. Cenário Base em comparação com as metas climáticas de referência



METAS SBTi

Metas de redução de emissões de GEE alinhadas à ciência climática e ao Acordo de Paris, validadas pela *Science Based Targets Initiative* (SBTi). Abrangem os Escopos 1, 2 e, quando aplicável, 3.

META NetZero

Compromisso de reduzir profundamente as emissões de GEE em toda a cadeia de valor, neutralizando apenas as emissões residuais por meio de remoções de carbono. Geralmente possui horizonte até 2050.

PLANO CLIMA - RESÍDUOS E EFLUENTES

Instrumento da política climática brasileira que estabelece metas para reduzir as emissões do setor de resíduos e saneamento. Entre as metas do plano clima está a ampliação da coleta e do tratamento de esgoto, maior eficiência operacional e a redução de emissões de GEE.

6.2. Análise dos cenários de descarbonização

Com objetivo de avaliar os efeitos das alavancas de descarbonização levantadas e os impactos na redução de emissão ao longo do tempo para a Sanepar, foram analisados diferentes cenários. Esses cenários representam trajetórias de implementação considerando diferentes alavancas e abrangências. A análise teve o intuito de simular medidas de mitigação e estimar seus efeitos sobre as emissões futuras da Companhia. Os cenários analisados foram: **Cenário de Descarbonização Referencial** e **Cenário de Descarbonização Estendido**.

O **Cenário de Descarbonização Referencial** considera a implantação progressiva das alavancas do portfólio principal nas unidades sob controle operacional direto da Sanepar, considerando as alavancas estruturantes. Essa trajetória representa a redução esperada a partir das medidas atualmente mais consolidadas sob os pontos de vista técnico, operacional, institucional e econômico, e constitui a estratégia selecionada para orientar a implementação do Plano até 2050.

No **Cenário de Descarbonização Estendido** foram consideradas também as alavancas do portfólio adicional e a possibilidade de ampliação da abrangência de implementação das alavancas em ETes fora do controle operacional da Companhia, conforme evoluam as condições de controle operacional, os arranjos institucionais e contratuais, além da incorporação de alavancas do portfólio adicional. Esse Cenário apresenta um potencial ampliado e uma redução mais intensa de emissões, em relação ao cenário de descarbonização referencial.

Importa destacar que o Cenário de Descarbonização Estendido não constitui um segundo compromisso de implementação nesta versão do Plano, assim como não deve ser interpretado como um limite definitivo para a trajetória de descarbonização da Companhia. À medida que avancem a execução das alavancas estruturantes, a inovação tecnológica, a avaliação de novas soluções e o aprendizado decorrente da implementação, novos potenciais poderão ser identificados, inclusive para além das 44 alavancas consideradas no Plano.

A Figura 7 apresenta, portanto, três referências principais:

- **Cenário Base**, sem a incorporação de novas medidas de descarbonização;
- **Cenário de Descarbonização Referencial**, baseado nas alavancas do portfólio principal aplicadas nas ETes que a companhia possui o controle operacional (correspondente à estratégia selecionada para o Plano de Descarbonização);
- **Cenário de Descarbonização Estendido**, que reúne oportunidades adicionais associadas à ampliação da abrangência da estratégia e à incorporação futura de outras medidas já avaliadas (portfólio adicional).

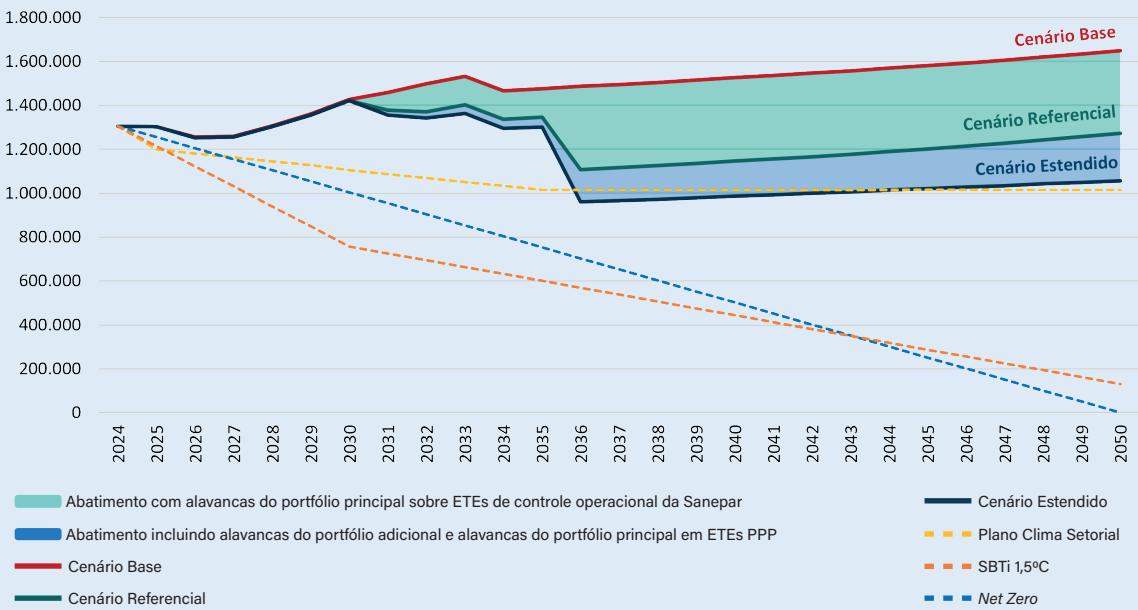


FIGURA 7. Projeção de trajetórias de descarbonização em relação ao Cenário Base e Ambições Climáticas de Referência.

Os cenários e respectivas trajetórias apresentados possuem caráter prospectivo e refletem as informações, premissas e tecnologias disponíveis durante a elaboração desta versão do Plano. Seus resultados deverão ser atualizados conforme evoluam a expansão dos serviços, o desempenho observado das medidas implantadas, a qualidade do inventário, as condições operacionais, o ambiente regulatório e a maturidade das soluções de descarbonização.

Frente à análise das alternativas, foi escolhida a trajetória do **Cenário de Descarbonização Referencial** como estratégia do **Plano de Descarbonização da Sanepar**.

6.3. Emissões Residuais e Compensação

O resultado de redução de emissões esperado com o Cenário de Descarbonização Referencial demonstra que sua execução modifica de forma relevante a trajetória esperada das emissões em relação ao Cenário Base. Entretanto, mesmo após a aplicação das alavancas previstas, permanece uma diferença entre as emissões projetadas da Companhia e a trajetória setorial de referência do Plano Clima. Essa diferença consiste nas emissões residuais.

Esse aspecto evidencia que a descarbonização deverá ser conduzida como um processo progressivo, com revisão periódica das medidas, incorporação de novas tecnologias e ampliação da capacidade de implementação ao longo do tempo. Nesse processo, a prioridade deverá permanecer na prevenção e na redução direta das emissões, seguida pela incorporação gradual das oportunidades que compõem o portfólio adicional.

Para a parcela que permanecer residual após esses esforços, poderão ser avaliadas medidas de remoção e compensação, observados os critérios de integridade, adicionalidade, rastreabilidade e viabilidade aplicáveis. Essas medidas possuem caráter complementar e não substituem a implementação das alavancas de redução previstas no Plano.

Nesse sentido, foi realizada uma estimativa indicativa da exposição financeira potencial associada às emissões residuais, considerando as emissões residuais projetadas, o preço da tonelada de CO₂ equivalente e a taxa de câmbio adotada. Essa estimativa permite avaliar a ordem de grandeza dos custos potenciais relacionados à permanência de emissões acima da trajetória de referência, os quais estão sendo considerados na estratégia de descarbonização da Sanepar. A existência de emissões residuais, até o momento, não representam obrigação financeira já definida nem decisão prévia de aquisição de créditos de carbono.

Estratégia de descarbonização

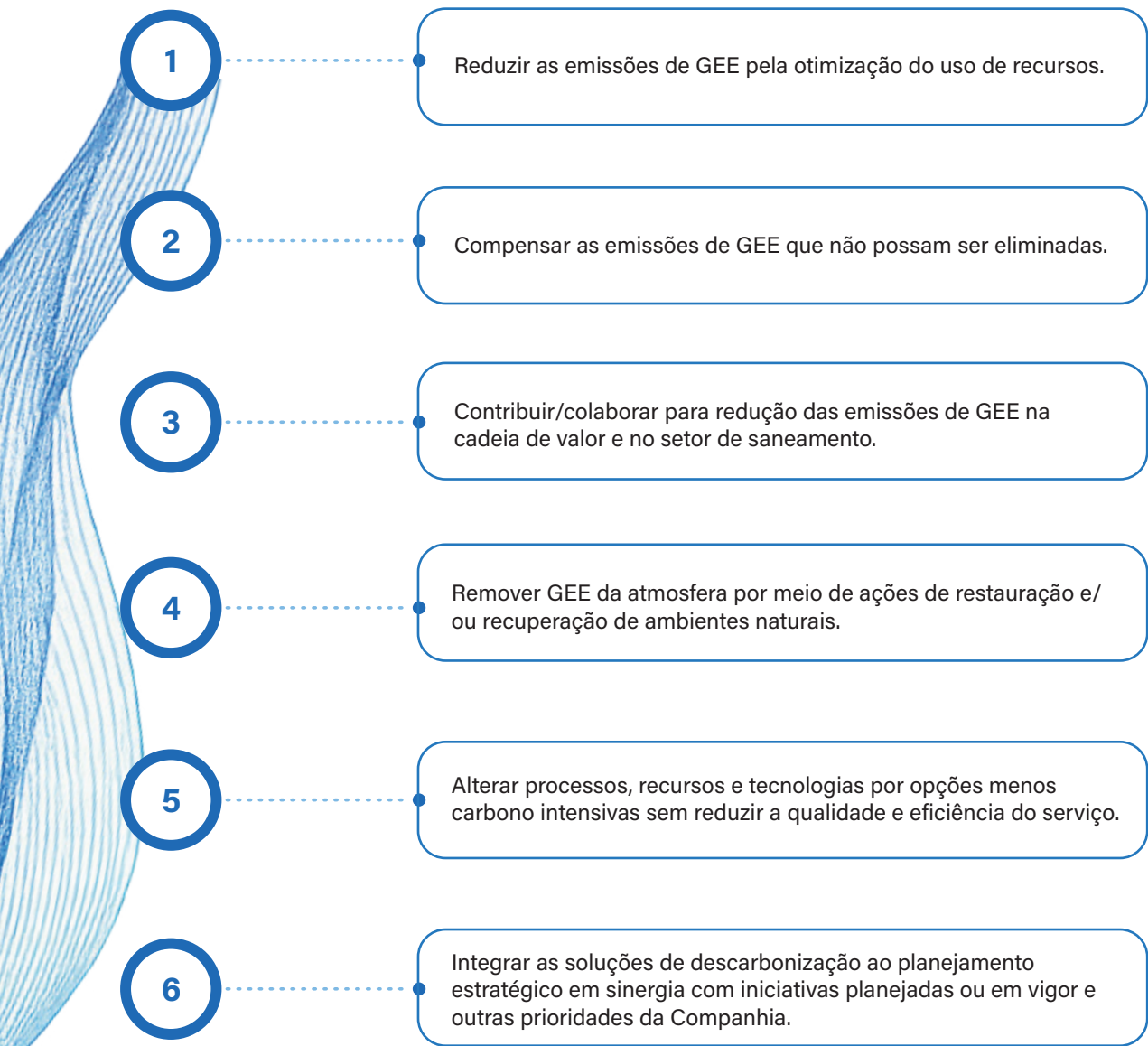
7.1. Ambição e diretrizes estratégicas

AMBIÇÃO ESTRATÉGICA

Alcançar uma trajetória corporativa de transição para uma economia de baixo carbono, orientada pela gestão e redução das emissões de GEE, de forma tecnicamente consistente, economicamente defensável, regulatoriamente sustentada e institucionalmente perene.

Em outras palavras, a Companhia almeja a incorporação progressiva da agenda de descarbonização aos processos de planejamento, operação, investimento, inovação e governança, de forma compatível com os desafios e particularidades do setor de saneamento e com os compromissos de universalização dos serviços, em alinhamento à Missão da Companhia de “Assegurar o saneamento ambiental de forma sustentável e inovadora” e ao Propósito de “Levar saúde à população de forma sustentável”.

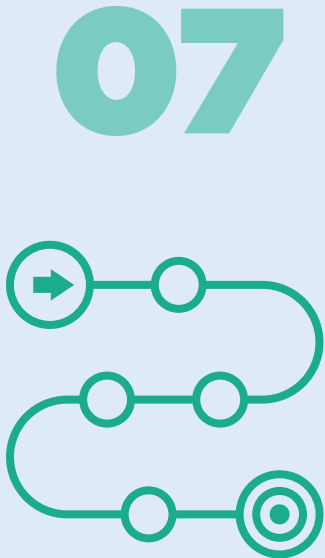
DIRETRIZES ESTRATÉGICAS



7.2. Roadmap de descarbonização

O *roadmap* de descarbonização organiza a implementação das alavancas previstas no Plano ao longo do horizonte de 2026 a 2050, conforme a trajetória de descarbonização escolhida. Para fins de planejamento, as alavancas foram distribuídas em quatro horizontes temporais, conforme apresentado na Figura 8.

Considerando a heterogeneidade do parque operacional da Sanepar, as ETEs foram organizadas em sete agrupamentos, definidos a partir de características como porte, configuração tecnológica e processos de tratamento. Essa organização permite planejar a aplicabilidade das alavancas de forma diferenciada, reconhecendo que as soluções não são igualmente aplicáveis a todas as unidades.



HORIZONTES TEMPORAIS

Leitura do *roadmap* por períodos.

	2026-2027	2028-2031	2032-2036	2037-2050
	CURTO PRAZO: 0 a 1 ano	MÉDIO PRAZO: 2 a 5 anos	LONGO PRAZO 6 a 10 anos	LONGO PRAZO ESTENDIDO 11 a 30 anos
	Exercício fiscal vigente	Parte significativa do horizonte do Plano de Negócios e de Investimentos 2026-2030	Imediatamente posterior ao Plano de Negócios vigente e metas de universalização (até 2033)	Modelagem climática, marcos de 2030 e 2050, contratos de concessão até 2048 e horizonte típico de projetos e estudos (água e esgoto)
AGRUPAMENTO DE ETEs				
7 grupos para refletir a heterogeniedade do parque operacional.	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	
	Exclusivamente aeróbio.	UASB/RALF, sem filtro biológico percolador.	UASB/RALF e filtro biológico percolador.	
	Vazão > 70L/s	Vazão > 70L/s	Vazão > 70L/s	
	GRUPO 4	GRUPO 5	GRUPO 6	GRUPO 7
	Porte médio.	Pequeno porte (inclui todas as unidades).	ETEs com linhas de tratamento de grupos distintos.	Análise aprofundada de ETE Norte (Londrina); ETE Verde (Ponta Grossa); ETE Vila City (Paranavai).
	Vazão 20 a 70L/s	Vazão < 20L/s		

FIGURA 8. Horizontes temporais e agrupamentos utilizados no plano de descarbonização

A estrutura apresentada na Figura 8 constitui a base do *roadmap*: os horizontes indicam quando as alavancas são previstas, enquanto os agrupamentos indicam os tipos de unidades aos quais elas podem ser aplicáveis. Paralelamente a essa distribuição, o Plano foi organizado em três fases de implementação, que representam a evolução da estratégia de descarbonização da Companhia:

- FASE DE ATIVAÇÃO — 2026 a 2027:** estruturação das condições institucionais, técnicas e operacionais necessárias ao início da implementação do Plano, incluindo governança, diagnósticos, qualificação de dados, estudos e preparação das primeiras medidas;
- FASE DE TRAÇÃO — 2028 a 2036:** ampliação progressiva da implementação, integração das alavancas aos ciclos de planejamento e investimento e consolidação das transformações operacionais e tecnológicas;
- FASE DE IMPACTO — 2037 a 2050:** consolidação e ampliação dos resultados de abatimento, expansão das soluções implantadas e incorporação de medidas adicionais à medida que avancem a maturidade tecnológica, a disponibilidade de informações e as condições de viabilidade.

A estratégia de implementação combina alavancas operacionais e tecnológicas do portfólio principal, com medidas estruturantes e compensatórias, que desempenham funções distintas e complementares, apresentadas na seção 5.

Entre as alavancas operacionais e tecnológicas, parte ainda depende da execução prévia de ações estruturantes, de diagnósticos adicionais e/ou de melhoria da qualidade dos dados para que sua aplicabilidade, potencial de abatimento e custos possam ser estimados com maior segurança.

Conforme apresentado no item alavancas de descarbonização, o portfólio principal é composto por 13 medidas operacionais e tecnológicas, para as quais a base de informações disponível em escala corporativa apresentou nível de detalhamento suficiente para definir sua aplicabilidade, estimar os potenciais de abatimento e associar custos indicativos de implementação.

7.2.1 Potenciais de abatimento de emissões

Os potenciais de abatimento de emissões por horizonte temporal, por agrupamento de ETes e por alavanca são apresentados na Figura 9. Considerando a trajetória selecionada, correspondente às ETes sob controle operacional direto da Sanepar, o potencial acumulado de abatimento das alavancas modeladas é de 6.379.055 tCO₂e até 2050. A trajetória é construída de forma a aumentar progressivamente o abatimento das emissões, refletindo a ampliação progressiva das intervenções, a entrada em operação das medidas implantadas e a continuidade de seus efeitos ao longo do horizonte do Plano, com um valor relevante de abatimento concentrado no longo prazo estendido (aproximadamente 84%), conforme apresentado na Figura 9.

HORIZONTES TEMPORAIS

Potencial de redução estimado por período.

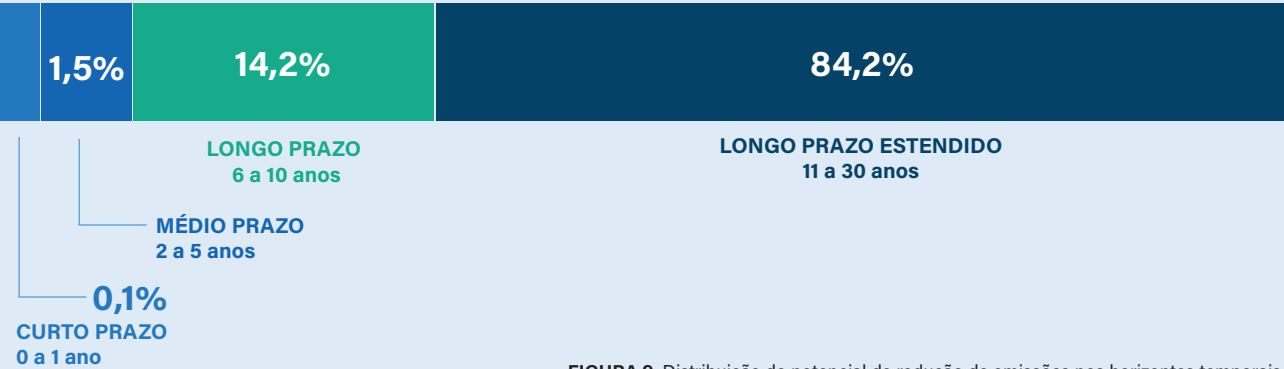


FIGURA 9. Distribuição do potencial de redução de emissões nos horizontes temporais.

Conforme apresentado na Figura 10, os grupos de ETes 2, 5 e 4 concentram a maior parcela do potencial acumulado, respondendo, respectivamente, por aproximadamente 33%, 18% e 17% do total, acumulando 68% de abatimento do Plano, como apresentado na Figura 10. A maior representação do Grupo 2 está associada principalmente às alavancas aplicadas em ETes com reatores anaeróbios, já no Grupo 5 devido ao alto potencial agregado pelo grande número de ETes pequenas, cuja implementação tende a ser mais eficiente por blocos.

A análise por alavanca também demonstra concentração do abatimento em um conjunto reduzido de medidas, com destaque para a substituição de queimadores (37%), o retrofit de reatores UASB/RALF (19%), controle automático da aeração com base no oxigênio dissolvido (OD) (15%), e o controle automático da aeração com base na amônia (ABAC) (14%). Em conjunto, essas quatro alavancas representam aproximadamente 85% do potencial acumulado¹, evidenciando a centralidade da mitigação da emissão de metano em sistemas anaeróbios e da otimização da aeração para mitigação da emissão de óxido nitroso na trajetória selecionada.

Potencial de abatimento — alavancas de descarbonização do portfólio principal (tCO₂e)

ALAVANCAS DE DESCARBONIZAÇÃO	%
Substituição de queimadores	36%
Retrofit de reatores UASB e RALF	18%
Controle automático com base no OD	15%
Controle automático com base no ABAC	14%
Câmara de dessorção e oxidação biológica em biofiltros	7%
Secagem térmica de lodo	6%
Canteiro de Mineralização	2%
Geração de energia fotovoltaica	1%
Aproveitamento de biogás via motogerador (CHP)	1%
Secagem solar de lodo	1%
Outros (Biogás p/ Biometano, Compostagem, EAP)	0%
Total	100%

FIGURA 10. Potencial de abatimento por alavanca de descarbonização e por agrupamento de etes (em % e em toneladas de co2e)



Potencial de abatimento por grupos (tCO₂e)

GRUPOS	%
Grupo 2	33%
Grupo 5	18%
Grupo 4	17%
Grupo 1	14%
Grupo 6	10%
Grupo 7	8%
Grupo 3	1%
Total	100%

¹ Os potenciais de abatimento são estimativas construídas a partir do cenário de base e podem ser atualizados conforme a evolução dos dados operacionais, das tecnologias e da implementação.

7.2.2. Viabilidade e integração ao planejamento financeiro

A dimensão econômico-financeira foi incorporada à construção do Plano de Descarbonização para assegurar que a trajetória proposta não estivesse baseada apenas na viabilidade técnica de redução de emissões. Para a trajetória escolhida, que contempla as alavancas do portfólio principal nas unidades sob controle operacional direto da Sanepar, foram estimados investimentos, custos de operação e manutenção e os potenciais benefícios econômicos associados à implementação das alavancas.

Essa análise permitiu identificar diferenças relevantes entre as medidas. Algumas alavancas apresentam potencial significativo de abatimento de GEE com menor esforço

financeiro relativo, inclusive com benefícios econômicos líquidos, enquanto outras dependem de intervenções de maior complexidade, prazos mais longos de implantação ou investimentos associados à modernização dos sistemas, conforme apresentado na Figura 11, onde o custo para se abater uma tonelada de CO2e (Custo Marginal de Abatimento) é apresentado no eixo Y e o potencial de abatimento da alavanca, no eixo X. Também foram considerados benefícios complementares, como redução do consumo de energia, aproveitamento de biogás, recuperação de recursos, valorização de subprodutos e melhoria do desempenho operacional.

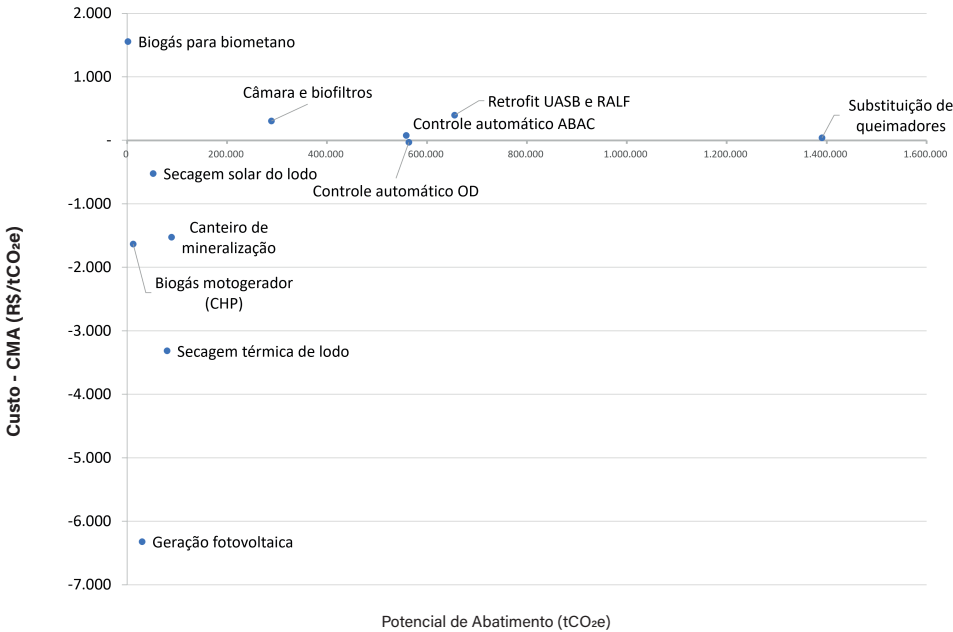


FIGURA 11. Potencial de abatimento em relação ao custo por alavanca.

Os resultados das análises econômicas foram utilizados para apoiar a organização das alavancas no *roadmap* e sua integração progressiva aos ciclos de planejamento e investimento da Sanepar. A implementação deverá ocorrer de forma gradual, considerando a maturidade das soluções, as condições específicas das unidades, as dependências entre as medidas e a disponibilidade de recursos ao longo do horizonte do Plano.

A distribuição estimada do esforço financeiro, referente aos investimentos (CAPEX), acompanha os horizontes definidos no *roadmap*, com maior concentração nos períodos de médio e longo prazo, quando se amplia a implementação das medidas operacionais e tecnológicas. Essa distribuição evidencia o caráter gradual do Plano e a necessidade de integrar sua execução aos sucessivos ciclos de planejamento e investimento da Companhia, conforme apresentado na Figura 12.

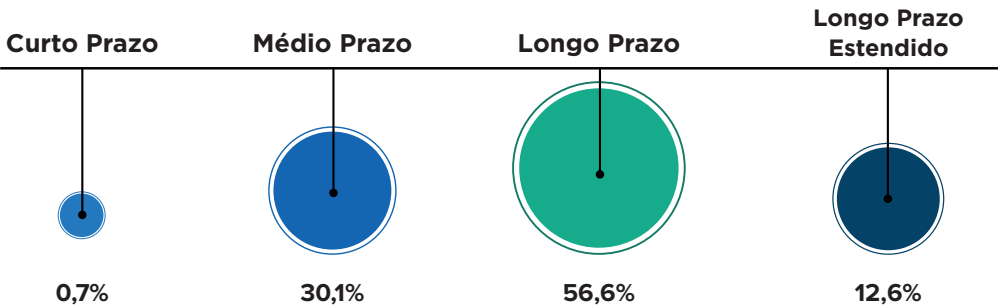


FIGURA 12. Distribuição por horizontes do esforço financeiro estimado para implementação do Plano de Descarbonização.

07



O esforço financeiro dimensionado para a trajetória escolhida concentra-se principalmente a partir do médio prazo. O curto prazo está associado principalmente à ativação do Plano e à execução de ações estruturantes, cujos custos são consideravelmente inferiores aos das alavancas tecnológicas e operacionais.

As estimativas possuem caráter indicativo e foram elaboradas com o nível de informação disponível nesta versão do Plano, ou seja, não substituem estudos de viabilidade, projetos executivos, cotações de mercado ou a análise orçamentária e financeira a ser realizada previamente à implantação de cada medida.

7.3. Indicadores e Metas

Com a ampliação da cobertura de esgotamento sanitário necessária para a universalização, o Plano de Descarbonização permite que a Companhia reduza sua intensidade de emissões, ou seja, trate volumes crescentes de esgoto com menor emissão de GEE por volume de esgoto tratado. A proposta de indicadores atual deverá ser revisada e aprimorada periodicamente, considerando o amadurecimento da Sanepar e os avanços na estrutura de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV), na qualidade dos dados e na disponibilidade de medições operacionais.

Cabe ainda destacar que, durante o período de expansão dos serviços de esgotamento sanitário, as emissões absolutas são influenciadas pelo crescimento da população atendida, da carga orgânica recebida e do parque

operacional de ETEs. Por essa razão, indicadores absolutos (em tCO_{2e}) podem não representar a redução de emissões em relação ao ano-base, ainda que a implementação do Plano produza abatimentos relevantes e melhorias expressivas de eficiência. Logo, esses indicadores devem ser utilizados para acompanhar o resultado climático total e o desvio da trajetória de emissões em relação ao Cenário Base, enquanto os indicadores de intensidade permitem avaliar diretamente a evolução da intensidade de emissões da Companhia.

Em termos de aumento do desempenho, com a implementação do Plano de Descarbonização, estima-se uma redução de aproximadamente 25% na intensidade das emissões de processo do tratamento de esgoto até 2035 e de aproximadamente 65% até 2050, em relação ao ano-base (Tabela 1).

INDICADOR	UNIDADE	ANO-BASE (2024)	ANO	META
Emissões absolutas (E1, E2 e E3) anuais	tCO _{2e}	1.304.964	2030	1.421.709
			2035	1.321.225
			2050	1.222.234
Emissões absolutas (E1, E2 e E3) anuais/ Economias de esgoto	tCO _{2e} /economias de esgoto ¹	0,374	2035	0,268
			2050	0,211
Intensidade de emissões de processo no tratamento de esgoto – Escopo 1	kgCO _{2e} /m ³ de esgoto tratado	2,29	2035	1,73
			2050	0,79
Intensidade de emissões de processo no tratamento de esgoto – Escopo 1	kgCO _{2e} /hab.eq.ano ²	133,18	2035	97,59
			2050	44,68
Intensidade de emissões de processo no tratamento de esgoto – Escopo 1	kgCO _{2e} /kgDBO removida	8,27	2035	6,07
			2050	2,78

Notas:
1. economias de esgoto: o número total de economias de esgoto projetadas para 2035 sendo 4.937.527 e para 2050 5.789.446.
2. hab.eq.ano: habitante equivalente por ano, adotado com base em uma contribuição de 50 gDBO/hab.d, utilizado para normalizar as emissões em função da carga orgânica afluente efetivamente tratada, e não da população comercial.
3. DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio.

TABELA 1. Indicadores e metas do plano de descarbonização

As metas apresentadas correspondem à trajetória definida para o Plano e constituem referências para o acompanhamento de sua execução. Os indicadores devem ser interpretados de forma conjunta: os valores absolutos demonstram a evolução das emissões totais e o efeito das alavancas frente ao crescimento projetado no Cenário Base, enquanto os indicadores de intensidade

evidenciam os ganhos de eficiência na prestação dos serviços. Dessa forma, um eventual aumento das emissões absolutas em relação ao ano-base não deverá ser interpretado isoladamente como ausência de progresso, assim como a melhoria dos indicadores de intensidade não elimina a necessidade de acompanhar a trajetória absoluta das emissões.

7.4. Governança

A governança do Plano de Descarbonização da Sanepar foi concebida para assegurar que a agenda climática seja conduzida de forma estruturada, transversal e integrada à gestão corporativa. Para isso, faz-se necessária a articulação entre instâncias estratégicas, executivas, técnicas, operacionais e de gestão da mudança, garantindo que as decisões tomadas em nível institucional sejam traduzidas em ações concretas, com responsabilidades definidas, acompanhamento sistemático e continuidade ao longo do horizonte do Plano (Figura 13).

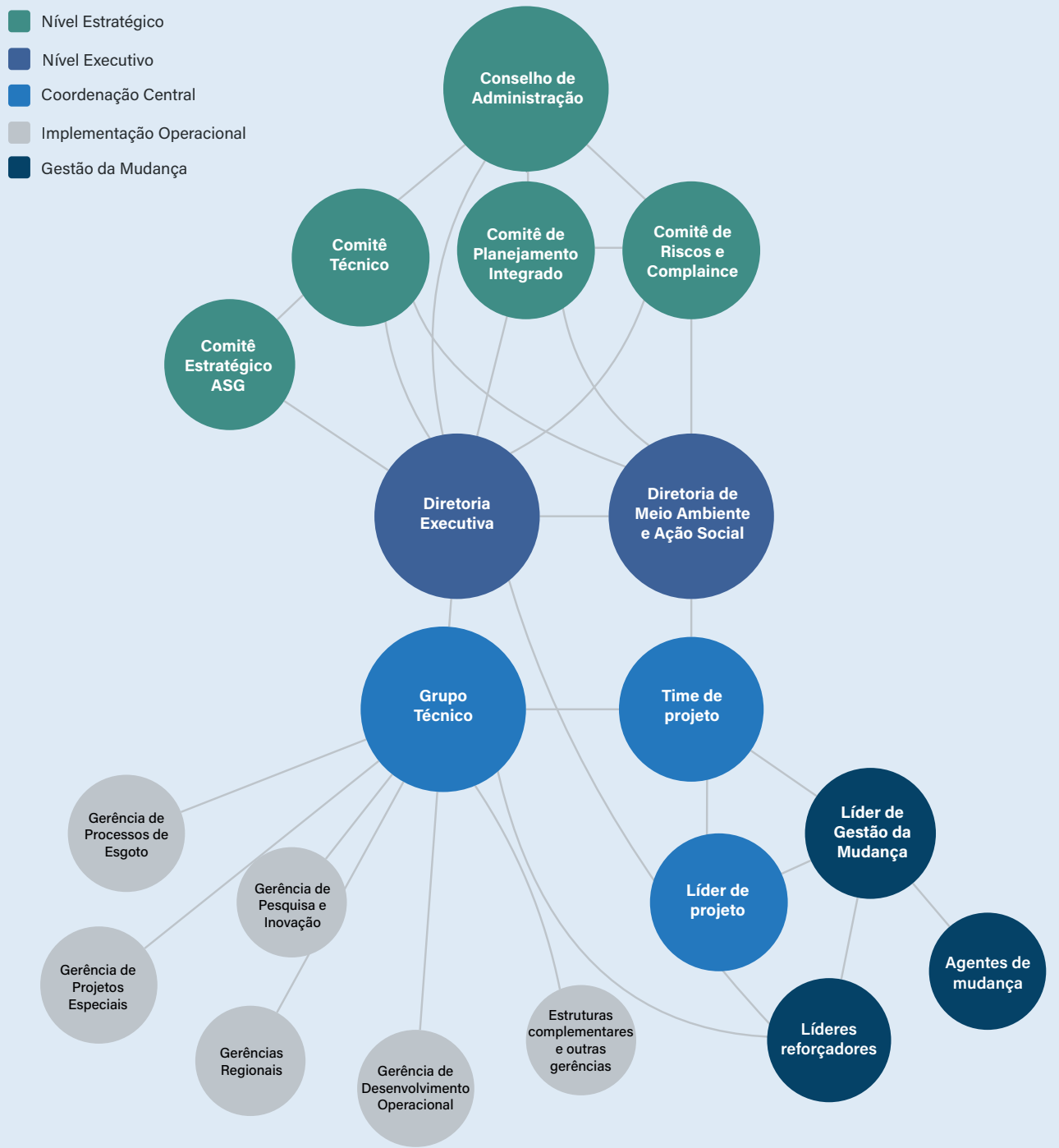


FIGURA 13. Estrutura de governança para a implementação do plano de descarbonização

07

A Figura 14 apresenta a síntese das atribuições dos diferentes atores envolvidos na implementação do Plano de Descarbonização, organizadas nos eixos de direcionamento estratégico, patrocínio e liderança, coordenação institucional e técnica e gestão da mudança. O modelo sugerido para a mudança é o modelo de patrocínio, no qual o Diretor de Meio Ambiente e Ação Social é o patrocinador institucional, responsável por liderar a agenda, articular áreas e recursos e remover barreiras para implementar o Plano de Descarbonização. Complementarmente, recomenda-se a formalização de lideranças estratégicas nas demais diretorias (Operação, Investimentos, Financeira e Planejamento), para terem responsabilidade direta sobre metas e iniciativas do Plano, exercendo papel ativo de comunicação da visão estratégica, priorização interna e mobilização das equipes.



FIGURA 14. Eixos integrados para implementação do plano de descarbonização

Próximos passos e compromisso de atualização

08

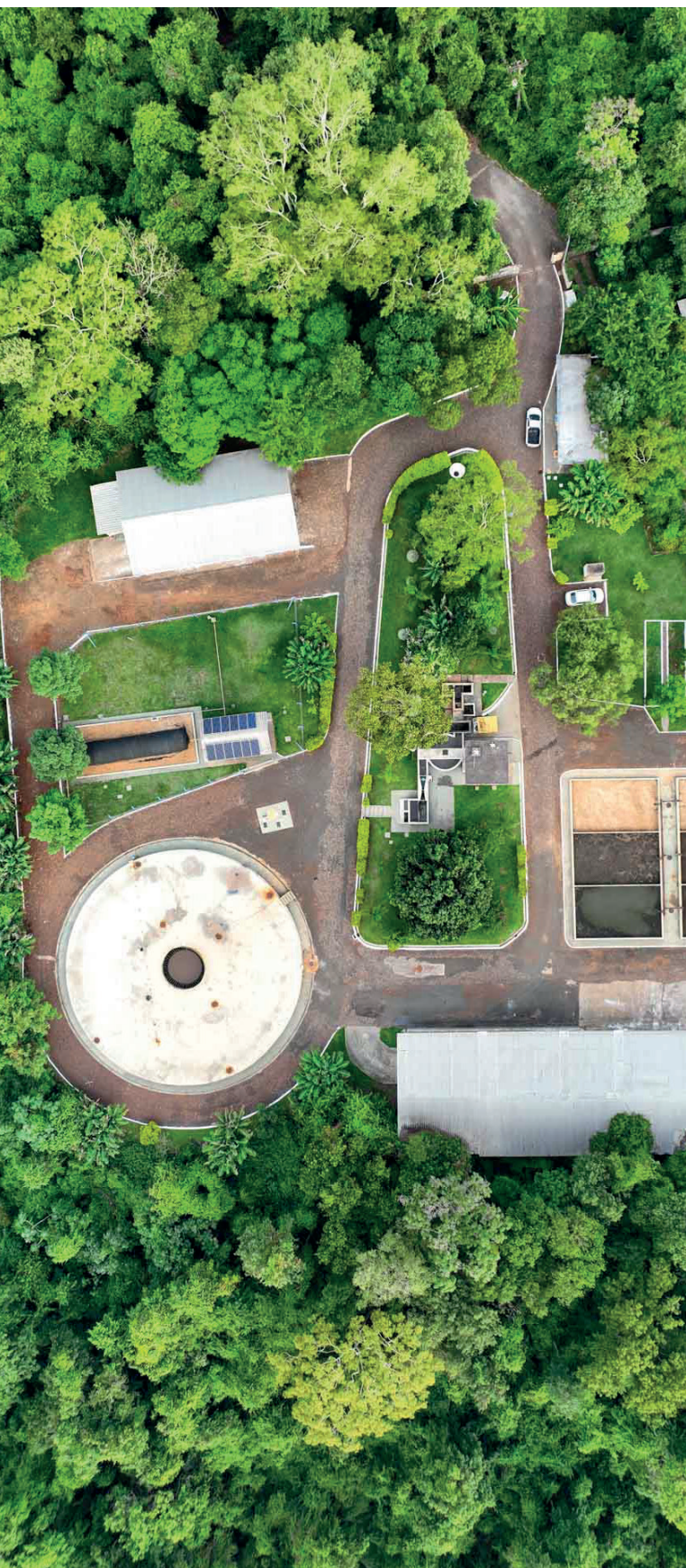


Foto: André Thiago Costa Aguiar

A implementação do Plano de Descarbonização não se encerra com a definição de metas e alavancas. Pelo contrário, representa o início de um processo contínuo de gestão, que demanda o fortalecimento da governança e a incorporação da agenda de descarbonização aos ciclos de planejamento da Companhia.

As próximas etapas incluem a formalização e ativação da governança do Plano, com definição clara de responsabilidades, instâncias de decisão e fluxos de reporte; a integração das medidas de mitigação aos processos de planejamento orçamentário e de investimentos da Sanepar; e o desenvolvimento e refinamento dos projetos prioritários, avançando da fase de estudos para o detalhamento, a estruturação financeira e a implementação das medidas.

Igualmente importante é o fortalecimento do sistema de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV), garantindo rastreabilidade e credibilidade aos resultados, bem como a atualização periódica do inventário de emissões e das projeções que fundamentam a trajetória do Plano, de modo a refletir a evolução das operações, a expansão dos serviços, a incorporação de novas tecnologias e as mudanças no contexto regulatório.

A execução das alavancas estruturantes será especialmente relevante nas etapas iniciais, tanto para apoiar a priorização e o detalhamento das medidas do portfólio principal quanto para produzir os diagnósticos e as informações necessários à avaliação de outras oportunidades tecnológicas e operacionais. Seus resultados poderão subsidiar a incorporação progressiva de novas medidas à estratégia da Sanepar.

A Sanepar também se compromete a acompanhar ativamente a evolução regulatória e tecnológica do setor, especialmente no que se refere ao mercado de carbono, às metas do Plano Clima e às inovações em tratamento de efluentes e aproveitamento de recursos. O Plano deverá ser revisado, no mínimo, a cada 3 anos, ou sempre que houver fato novo relevante, para que esteja sempre atualizado e coerente com as prioridades da Companhia.

Por fim, o engajamento com parceiros, academia, fornecedores e demais agentes do setor de saneamento será essencial para ampliar a escala das soluções, superar barreiras tecnológicas e fortalecer a contribuição da Companhia para a transição para uma economia de baixo carbono. Dessa forma, o Plano deverá permanecer como um instrumento dinâmico de gestão, capaz de orientar a implementação no presente e, simultaneamente, evoluir conforme avancem o conhecimento, a capacidade institucional e as condições de descarbonização do setor.

Termos e definições

09

ABATIMENTO DE EMISSÕES

Abatimento de emissões corresponde à redução das emissões de GEE obtida pela implementação de uma determinada alavanca de descarbonização em comparação com o cenário base, sendo expresso tipicamente em toneladas de gás carbônico equivalente por ano (tCO₂e/ano).

ALAVANCAS DE DESCARBONIZAÇÃO

Alavancas de descarbonização correspondem às medidas capazes de reduzir as emissões de GEE associadas às atividades da Companhia.

CENÁRIOS DE EMISSÕES

Cenários de emissões correspondem a representações analíticas de diferentes trajetórias possíveis de evolução das emissões de GEE da Companhia, construídas com base em premissas específicas. No contexto deste Plano, os cenários são utilizados para comparar a evolução esperada das emissões sob diferentes condições de planejamento, operação e implementação de medidas de mitigação.

AMBIÇÃO CLIMÁTICA

É a expressão da ambição estratégica do nível de compromisso que uma organização, governo ou território assume frente às mudanças climáticas, traduzindo sua visão de futuro em metas claras, mensuráveis e alinhadas à ciência para mitigação de emissões de GEE e adaptação aos impactos climáticos. Ela orienta tomada de decisões na companhia

AMBIÇÃO ESTRATÉGICA

Refere-se ao posicionamento amplo da organização frente à transição para uma economia de baixo carbono, conectando a agenda climática ao propósito, ao modelo de negócio e às prioridades corporativas. Trata-se de um direcionador de alto nível, que orienta como a empresa pretende gerar valor no longo prazo em um contexto de restrições climáticas. A ambição estratégica, portanto, não se limita às emissões, mas define o papel da organização na transição climática, incluindo competitividade, resiliência e contribuição para a sociedade.

CENÁRIO BASE (BASELINE)

O cenário base, ou *baseline*, corresponde à linha de referência utilizada para quantificar o efeito das medidas de descarbonização. Trata-se do cenário de referência, com o qual são comparadas as emissões projetadas após a implementação das alavancas de mitigação, permitindo estimar o abatimento de emissões associado às medidas propostas.

EMISSIONES RESIDUAIS

Emissões residuais correspondem ao volume de emissões que excede o valor de determinada meta ou trajetória de redução de emissões.

ESTRATÉGIA DE DESCARBONIZAÇÃO

Estratégia de descarbonização corresponde ao conjunto de diretrizes, critérios e escolhas que orientam a redução das emissões de GEE de uma organização ao longo do tempo. No contexto deste Plano, a estratégia de descarbonização envolve a definição da ambição, diretrizes, escolha de alavancas, agrupamentos de ETes. Define o posicionamento da empresa, os trade-offs aceitáveis, os critérios de investimento e a integração com o negócio.

ROADMAP DE DESCARBONIZAÇÃO

Roadmap de descarbonização é o instrumento de planejamento que organiza, no tempo, a implementação das alavancas previstas no Plano, indicando quando cada medida deve ser implantada, em quais agrupamentos de ETes ela se aplica e como essa implantação se distribui ao longo dos horizontes considerados.

INTENSIDADE DE EMISSÕES

Intensidade de emissões corresponde à relação entre as emissões de GEE associadas a uma determinada atividade e um indicador representativo de sua escala operacional ou da carga tratada. No contexto deste Plano, os indicadores de intensidade foram definidos especificamente para acompanhar as emissões de Escopo 1 associadas ao tratamento de esgoto, em especial as emissões de processo, e não o inventário corporativo total. Para isso, adotaram-se três formas complementares de normalização: kgCO₂e por m³ de esgoto tratado, kgCO₂e por habitante equivalente por ano e kgCO₂e por kg de DBO removida.



INFORMAÇÕES CORPORATIVAS

Companhia de Saneamento do Paraná

Sede administrativa:

R. Engenheiros Rebouças, 1376 - Rebouças
Curitiba, Paraná, Brasil - CEP: 80215-900

<https://ri.sanepar.com.br/>

CRÉDITOS

Coordenação

Gerência de Planejamento e Desempenho Ambiental (GPDA)

Foto de Capa

Maurilio Cheli

Consultoria e Redação

I Care, CR ETES, Rotária do Brasil

Diagramação

Nathalia Fraguglia