



PRELIMINAR

# CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS DE EMISSÕES DE JOÃO PESSOA

P03.2 – RELATÓRIO FINAL

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA

VERSÃO 1.0

MAIO 2022



[WWW.WAYCARBON.COM](http://WWW.WAYCARBON.COM)

**CLIENTE****PROJETO**

PMJPA21A

P3.2 – RELATÓRIO CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS DE EMISSÕES DE JOÃO PESSOA

**AUTORES****EQUIPE CHAVE**

Sérgio Margulis, Coordenador Geral do Projeto, margulis.sergio@gmail.com

Melina Amoni, Especialista em análise climática, melina.amoni@waycarbon.com

Bruna Dias, Especialista em inventários; bruna.dias@waycarbon.com

Sarah Irffi, Especialista em desenho e Avaliação de políticas públicas; sarah.irffi@waycarbon.com

Letícia Gavioli, Especialista em Economia Urbana; leticia.gavioli@waycarbon.com

Felipe Bittencourt, Especialista em Gestão de Recursos Hídricos; felipe.bittencourt@waycarbon.com

Sonia Coutinho, Especialista em Comunicação, scoutinho@usp.br

**EQUIPE TÉCNICA**

Rosangela Silva, Coordenadora de Estratégia de Mitigação; rosangela.silva@waycarbon.com

Natalia D'Alessandro, Consultora de Risco Climático e Adaptação; natalia.dalessandro@waycarbon.com

Rebeca Orosco, Analista de Sustentabilidade Sênior; rebeca.orosco@waycarbon.com

Diego Braga, Analista de Sustentabilidade Pleno; diego.braga@waycarbon.com

Flora Simon, Analista de Sustentabilidade Júnior; flora.simon@waycarbon.com

Augusto Diniz, Analista de Sustentabilidade Júnior;  
augusto.diniz@waycarbon.com

Júlia Alvarenga, Analista de Sustentabilidade Júnior;  
julia.alvarenga@waycarbon.com

Vanessa Lafeté, Estagiária; vanessa.lafeta@waycarbon.com

Leta Vieira, Coordenadora Regional de Baixo Carbono e Resiliência do ICLEI América do Sul; leta.vieira@iclei.org

Marina Jardim S. Lopes, Assessora de Baixo Carbono e Resiliência do ICLEI Brasil; marina.lopes@iclei.org

Luiz Gustavo Pinto, Analista de Baixo Carbono e Resiliência do Escritório Pernambuco; luizgustavo.pinto@iclei.org

Larissa Lima, Analista de Baixo Carbono e Resiliência do ICLEI Brasil; larissa.lima@iclei.org

Maria Gabriela Lins, Assistente de Baixo Carbono e Resiliência do Escritório Pernambuco, mariagabriela.lins@iclei.org

João P. S. Ferreira, Estagiário de Baixo Carbono e Resiliência do ICLEI Brasil; joao.ferreira@iclei.org

Elysama Braz, Estagiária de Baixo Carbono e Resiliência do Escritório Pernambuco; elysama.braz@iclei.org

#### COLABORADORES

#### NÚCLEO DE ESTUDOS SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (NEMC) – SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE

Jandui Junior; jandui.pmjp@gmail.com

Palloma Morais; pallomamorais92@hotmail.com

Yuri Araújo; yuriaraujo@florestal.eng.br

#### UNIDADE EXECUTORA JOÃO PESSOA SUSTENTÁVEL (UEP)

Caio Mário; caiomario.arq@gmail.com

Thais Gidi Portella; taigidi@yahoo.com.br

#### HISTÓRICO DO DOCUMENTO

Nome do documento	Data	Natureza da revisão
PMJPA21A_P3.2_Relatório_Cenários_Emissões_V1.0	02/05/2022	Primeira versão

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2.</b>	<b>ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS</b>	<b>12</b>
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA - CENÁRIO BUSINESS-AS-USUAL (BAU)</b>	<b>14</b>
3.1	ESTIMATIVA DE CRESCIMENTO DO PIB	14
3.1.1	Desenvolvimento das Estimativas	16
3.2	ESTIMATIVA DE CRESCIMENTO POPULACIONAL	17
3.3	SETOR DE ENERGIA ESTACIONÁRIA	18
3.3.1	Projeção do Número de Residências	19
3.3.2	Projeção do Valor adicionado por atividade econômica	20
3.3.3	Consumo de Energia Elétrica em Edificações	22
3.3.4	Cocção	27
3.3.5	Iluminação Pública	28
3.3.6	Uso de Combustíveis	29
3.4	SETOR DE TRANSPORTE	30
3.4.1	Crescimento do número de viagens	30
3.4.2	Distribuição Modal do Ano-base (2020)	32
3.4.3	Distribuição do Consumo de Combustível no Ano-base	33
3.5	SETOR DE RESÍDUOS	35
3.5.1	Desenvolvimento das Estimativas	35
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA – CENÁRIO PLANEJADO</b>	<b>37</b>
4.1	SETOR DE ENERGIA ESTACIONÁRIA	37
4.1.1	Geração Distribuída Fotovoltaica	37
4.1.2	Cocção	40
4.1.3	Iluminação Pública	41
4.2	SETOR DE TRANSPORTE	42
4.2.1	Mobilidade	42
4.2.2	Mudanças Tecnológicas	44
4.3	SETOR DE RESÍDUOS	46
4.3.1	Recuperação de Resíduos Secos	47
4.3.2	Tratamento da Fração Orgânica	49
4.3.3	Captura de Biogás do Aterro	49
4.3.4	Efluentes domésticos e tipos de tratamento adotados	50
<b>5.</b>	<b>METODOLOGIA – CENÁRIO AMBICIOSO</b>	<b>51</b>
5.1	SETOR DE ENERGIA ESTACIONÁRIA	51
5.1.1	Consumo de Energia Elétrica em Edificações	51
5.1.2	Geração Distribuída	51

5.1.3	Cocção .....	52
5.1.4	Iluminação Pública .....	52
5.2	SETOR DE TRANSPORTE .....	52
5.2.1	Mobilidade .....	52
5.2.2	Mudanças tecnológicas .....	53
5.3	SETOR DE RESÍDUOS.....	55
5.3.1	Recuperação de Resíduos Secos .....	55
5.3.2	Tratamento da Fração Orgânica.....	56
5.3.3	Captura de Biogás do Aterro .....	57
5.3.4	Efluentes domésticos e tipos de tratamento adotados.....	59
6.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	60
7.	CONCLUSÕES.....	64
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Fluxograma de etapas para a elaboração de cenários de descarbonização de João Pessoa.....	12
Figura 2.	Relação entre o índice do PIB de João Pessoa e o índice do PIB do Brasil (2002 a 2019) .....	16
Figura 3.	Evolução populacional de João Pessoa (1991-2050).....	17
Figura 4.	Relação entre o valor adicionado no setor comercial e o PIB de João Pessoa (2011 a 2019).....	20
Figura 5.	Relação entre o valor adicionado no setor industrial e o PIB de João Pessoa (2011 a 2019).....	21
Figura 6.	Evolução anual no número de novas ligações de GD em João Pessoa (2014-2021) ...	38
Figura 7.	Projeção do volume consumido de gás natural, por segmento.....	40
Figura 8.	Resultados do cenário BAU. ....	60
Figura 9.	Resultados do Cenário Planejado.....	61
Figura 10.	Resultados do Cenário Ambicioso.....	62
Figura 11.	Emissões residuais do Cenário Ambicioso. ....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Projeções de crescimento econômico para o PIB do Brasil, em %.....	15
Tabela 2.	Projeção do PIB de João Pessoa, em %.....	16
Tabela 3.	Projeção de crescimento anual populacional do município de João Pessoa, em %..	17
Tabela 4.	Número Médio de pessoas por domicílio.....	19
Tabela 5.	Projeção de Domicílios 2020 -2050. ....	20
Tabela 6.	Comparação entre Valor Adicionado no Setor Comercial (R\$ mil) e PIB municipal (R\$ mil).....	21
Tabela 7.	Comparação entre Valor Adicionado na Indústria a Preços correntes (R\$ mil) e PIB Municipal (R\$ mil).....	22

Tabela 8. Consumo Médio por domicílio em João Pessoa.....	22
Tabela 9. Consumo de energia elétrica por tipo por domicílio.....	23
Tabela 10. Domicílios com ar-condicionado na Paraíba. ....	23
Tabela 11. Frequência semanal do uso ar-condicionado na Paraíba.....	23
Tabela 12. Fontes de aquecimento de água. ....	24
No que tange à iluminação, os domicílios na Paraíba possuem, em média, 5,84 lâmpadas, sendo 66% fluorescentes e 30% LED, como apontado na Tabela 14. Para a estimativa da quantidade de energia gasta com iluminação também foram utilizados dados da PPH (ELETROBRAS, 2019). A Tabela 13. apresenta o tempo médio de uso de iluminação ao longo de um dia.....	24
Tabela 14. Tipos de lâmpadas na Paraíba, região Nordeste e Brasil. ....	24
Tabela 15. Tempo médio de uso iluminação. ....	25
Tabela 16. Intensidade energética na Indústria.....	26
Tabela 17. Fontes de Aquecimento da Água no Estado da Paraíba.....	27
Tabela 18. Uso de combustível para cocção, por domicílio, em João Pessoa. ....	27
Tabela 19. Consumo médio por domicílio. ....	28
Tabela 20. Série histórica da mancha urbana de João Pessoa.....	29
Tabela 21. Intensidade Energética (consumo de combustível por valor adicionado) na indústria. ....	29
Tabela 22. Taxa de crescimento das viagens diárias segundo a estimativa de fluxo de veículos na HPM. ....	31
Tabela 23. Estimativa do número de viagens diárias nos cenários futuros.....	31
Tabela 24. Distribuição das viagens por modo de transporte em 2020 na cidade de João Pessoa.....	32
Tabela 25. Consumo total de combustível em João Pessoa no ano 2019. ....	33
Tabela 26. Distribuição de combustíveis nos modos de transporte movidos a mais de um combustível. ....	34
Tabela 27. Consumo de combustível nos modos de transporte movidos a um único combustível. ....	35
Tabela 28. Estimativa de geração de resíduos sólidos no município de João Pessoa.....	35
Tabela 29. Projeção dos efluentes líquidos em João Pessoa. ....	36
Tabela 30. Número de novas conexões. ....	38
Tabela 31. Projeção no número de novas conexões anuais em João Pessoa, por segmento. ...	38
Tabela 32. Horas de insolação mensal. ....	39
Tabela 33. Quantidade de Unidades e Potência instalada por segmento.....	39
Tabela 34. Projeção de estabelecimentos com Geração Distribuída em João Pessoa, por setor. ....	40
Tabela 35. Projeção Nacional para o uso de Gás Natural. ....	41
Tabela 36. Percentual de utilização de Gás Natural em domicílios. ....	41
Tabela 37. Projeção da distribuição das viagens por modo de transporte na cidade de João Pessoa.....	43
Tabela 38. Caracterização da frota rodoviária por tipo de veículo e combustível em 2050. ....	44
Tabela 39. Distribuição de combustíveis em veículos <i>flex</i> e híbridos para o cenário planejado.....	45
Tabela 40. Distribuição do combustível utilizado por modo de transporte para o cenário planejado. ....	46
Tabela 41. Taxa de desvio de resíduos secos do aterro (Cenário Planejado). ....	48
Tabela 42. Composição gravimétrica dos resíduos de João Pessoa.....	48
Tabela 43. Taxas de recuperação de plástico, papelão e papel (Cenário Planejado). ....	48
Tabela 44. Taxas de aplicação de compostagem para os resíduos úmidos (Cenário Planejado). ....	49

Tabela 45. Taxas de universalização do tratamento de esgotos em João Pessoa (Cenário Planejado).....	50
Tabela 46. Contribuição setorial para os ganhos de eficiência energética, por setor. ....	51
Tabela 47. Projeção de estabelecimentos com Geração Distribuída em João Pessoa, por setor. ....	52
Tabela 48. Percentual do uso de GN em Domicílios residenciais. ....	52
Tabela 49. Distribuição das viagens por modo de transporte no Cenário Ambicioso na cidade de João Pessoa.....	53
Tabela 50. Distribuição do combustível utilizado por modal de transporte para o cenário ambicioso.....	54
Tabela 51. Taxa de desvio de resíduos secos do aterro (Cenário Ambicioso). ....	56
Tabela 52. Taxas de recuperação de plástico, papel e papelão (Cenário Ambicioso). ....	56
Tabela 53. Taxas de aplicação de compostagem para os resíduos úmidos (Cenário Ambicioso). ....	57
Tabela 54. Valores padrão de eficiência de coleta de biogás em aterros sanitários. ....	58
Tabela 55. Metas de aproveitamento energético do Plano Estadual de Resíduos Sólidos da Paraíba.....	58
Tabela 56. Premissa de eficiência de captura de biogás de aterro em João Pessoa. ....	58
Tabela 57. Premissa de recuperação de biogás em ETEs ou migração para sistema aeróbio....	59

## LISTA DE ACRÔNIMOS E SIGLAS

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

BAU – *Business-as-usual*

CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba

CBTU – Companhia Brasileira de Trens Urbanos

COMCLIM – Comitê Municipal de Mudanças Climáticas de João Pessoa

EMLUR – Autarquia Municipal Especial de Limpeza Urbana

EPASA – Centrais Elétricas da Paraíba

EPA – *Environmental Protection Agency*

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

ETE - Estações de Tratamento de Esgoto

GEE – Gases de Efeito Estufa

GHG – *Greenhouse Gases*

GLP – Gás liquefeito de petróleo

GNV – Gás Natural Veicular

GPC – *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade

IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*

PB – Paraíba

PBGÁS – Companhia Paraibana de Gás

PIB – Produto Interno Bruto

PLAC – Plano de Ação Climática

PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PMS – Prefeitura Municipal de Salvador

PMSB-JP – Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa

PMSP – Prefeitura Municipal de São Paulo

PMJP – Prefeitura Municipal de João Pessoa

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostragem em Domicílios

PPH – Pesquisa de Posses e Hábitos de Consumo

SEMOB – Superintendência Executiva de Mobilidade Urbana

PIB – Produto Interno Bruto

SIN – Sistema Interligado Nacional

UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climate Change*

UN – Unidade

PRELIMINAR

## 1. INTRODUÇÃO

A WayCarbon, em parceria com o ICLEI América do Sul, foi contratada pela Prefeitura Municipal de João Pessoa dentro do Programa de Desenvolvimento Urbano Integrado e Sustentável de João Pessoa/PB para prestação de serviços técnicos especializados, coordenação e execução das atividades referentes à elaboração do Plano de Ação Climática (PLAC) do Município de João Pessoa.

O Plano de Ação Climática é composto por 3 Etapas:

- **Etapa 1 – Metodologia e Mobilização:** descreve os produtos e atividades associados correspondentes ao Produto 1 (P1), composto pelo Plano de Trabalho (P1.1) e Plano de Gestão Colaborativa e Comunicação (P1.2). Etapas finalizadas em novembro de 2021.
- **Etapa 2 – Documentos Norteadores:** apresenta a segunda parte do projeto, versando sobre os passos envolvidos no levantamento de dados sobre as emissões de gases de efeito estufa (GEE), pegada hídrica e as condições de riscos e vulnerabilidades climáticas do município. Corresponde a 4 produtos: os relatórios parcial e final de inventários municipal (P2 e P3) e os relatórios parcial e final de análise de riscos e vulnerabilidade climáticas (P4 e P5).
- **Etapa 3 – Planejamento e Implementação:** introduz os produtos e atividades elaborados na terceira e última parte do projeto, referente aos relatórios parcial e final do Plano de Ação Climática de João Pessoa (P6 e P7), bem como os instrumentos institucionais (P8), de tomada de decisão (P9) e a memória de construção do projeto (P10).

Este relatório apresenta o Produto 3.2 (P3.2) – Relatório Construção dos Cenários de Emissões do Município. Neste contexto foram elaborados três cenários de emissões, a saber:

- **Cenário *Business-as-usual* (BAU):** contabiliza as emissões em determinado horizonte temporal considerando a inexistência de esforços e políticas futuras focadas na redução de emissões. Para tanto, são consideradas as projeções de crescimento da população e do PIB da cidade. O cenário BAU é também uma referência para os demais cenários, que terão suas reduções comparadas com o BAU no intuito de verificar o seu potencial de redução de emissões (WRI, 2014).
- **Cenário Planejado:** as emissões são estimadas considerando a existência de ações e políticas públicas de redução de emissões, sendo que essas ações podem estar em curso

ou na fase de planejamento, já previstas pelo município. Além disso, o cenário Planejado pode abarcar tendências desde que adequadamente evidenciadas.

- **Cenário Ambicioso:** além de considerar as premissas do cenário Planejado, o cenário Ambicioso pressupõe novas ações e políticas públicas voltadas para a mitigação de emissões com maior ambição climática que as ações planejadas. As estratégias consideradas devem ser condizentes com o contexto da cidade tendo em vista limitações tecnológicas, orçamentária, de poderes, entre outras.

O presente relatório apresenta as premissas gerais para a construção dos cenários de emissões e discussão sobre os resultados. Sua estrutura é apresentada abaixo:

**Capítulo 1** – Introdução: apresenta o conteúdo e a estrutura do presente relatório.

**Capítulo 2** – Etapas de construção dos cenários: apresenta as etapas do projeto para a elaboração deste relatório.

**Capítulo 3** – Metodologia – Cenário *Business As Usual*: apresenta os métodos utilizados para a elaboração do Cenário BAU, contemplando a projeção de crescimento populacional, projeção de crescimento do PIB e os setores de energia estacionária, transporte e resíduos.

**Capítulo 4** – Metodologia – Cenário Planejado: apresenta os métodos utilizados para a elaboração do Cenário Planejado, contemplando as premissas de cálculo de emissões para os setores de energia estacionária, transporte e resíduos.

**Capítulo 5** – Metodologia – Cenário Ambicioso: apresenta os métodos utilizados para a elaboração do Cenário Ambicioso, contemplando as premissas de cálculo de emissões para os setores de energia estacionária, transporte e resíduos.

**Capítulo 6** – Discussão dos resultados: apresenta os resultados de inventário de cada cenário e discute os principais pontos e as emissões residuais.

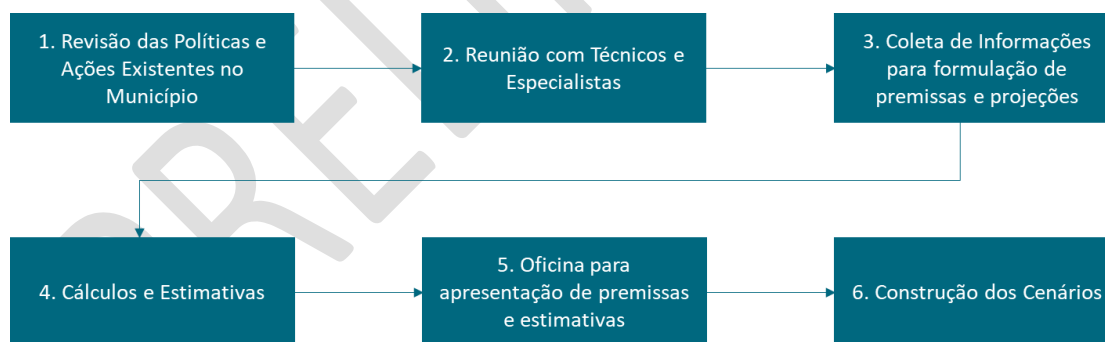
**Capítulo 7** – Conclusões: apresenta as principais conclusões do trabalho realizado e pontua as próximas etapas.

## 2. ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS

A construção de cenários permite a avaliação de uma série de “futuros” possíveis, apontando que tendências e comportamentos são esperados em um determinado horizonte de tempo a partir de determinadas escolhas. Um cenário, portanto, requer a formulação de um conjunto de hipóteses e premissas distintas entre si, que irão determinar a trajetória e o comportamento de cada cenário. Ademais, a sua elaboração também é uma ferramenta essencial para análises de atingimento de metas, uma vez que permite a comparação entre um cenário desejado e cenários possíveis.

O município de João Pessoa assumiu o compromisso junto à iniciativa *Race to Zero*, da UNFCCC de zerar suas emissões líquidas de gases de efeito estufa (GEE) até 2050, isto é, reduzir o nível de emissões de forma que a o saldo entre emissões e remoções seja nulo, alcançando a neutralidade de emissões. Dessa forma, a construção de cenários irá apoiar no desenvolvimento do Plano de Ação Climática de João Pessoa no entendimento de quais ações serão necessárias para se atingir esse resultado esperado.

O desenvolvimento de cenários para a cidade de João Pessoa considerou as etapas metodológicas apontadas na Figura 1.



**Figura 1. Fluxograma de etapas para a elaboração de cenários de descarbonização de João Pessoa.**

Fonte: Elaboração própria.

Anteriormente à etapa de elaboração de cenários, foi necessário calcular a linha de base emissões do município. Para tal, o Produto 02 do Plano de Ação Climática de João Pessoa consistiu na criação de um histórico de emissões entre 2011 e 2020. O olhar para o passado em uma série histórica permite estudar correlações e comportamento entre variáveis, o que apoia na suposição e cálculo de projeções futuras.

Assim, posteriormente foi dado início à construção de cenários que teve início com a etapa de revisão das políticas e ações existentes previamente no município de João Pessoa. Essa etapa teve como objetivo capturar medidas, políticas e programas que possuem intersecção com mitigação de gases de efeito estufa. Com base nas ações já existentes no município, foi possível elaborar premissas e hipóteses para construir um cenário planejado.

A etapa de reunião com técnicos e especialistas possibilitou o entendimento e captura de informações específicas relacionadas aos setores emissores considerados. No momento seguinte, foi realizada coleta de informações da literatura para embasar premissas socioeconômicas com prioridade na obtenção de dados municipais, contudo, buscando também observar as tendências estaduais e nacionais.

Com base nas informações coletadas foi possível traçar o que seria o cenário “*business-as-usual*”, que será utilizado para estimar as reduções de emissão alcançadas e, também, realizar estimativas preliminares dos cenários planejado e ambicioso. Tais estimativas foram apresentadas em Oficinas com a prefeitura, membros do Comitê Municipal de Mudanças Climáticas de João Pessoa (COMCLIM) e sociedade civil, de forma a iniciar reflexões e fomentar a discussão das ações que serão necessárias para se alcançar a meta de neutralidade em 2050.

Nas próximas etapas do Plano de Ação Climática, será conduzido um processo participativo para levantamento, hierarquização e priorização de ações. Dessa forma, os cenários apresentados podem ser revisados após o detalhamento das ações que será o subsídio para definição de estratégias de implementação e execução do PLAC de João Pessoa.

### 3. METODOLOGIA - CENÁRIO BUSINESS-AS-USUAL (BAU)

#### 3.1 ESTIMATIVA DE CRESCIMENTO DO PIB<sup>1</sup>

De forma geral, as emissões de GEE possuem forte correlação com o crescimento econômico. Isto porque este crescimento caracteriza-se pela expansão da geração e consumo de energia, nos transportes, nos sistemas urbanos e na produção agrícola que, se baseado no uso de tecnologias tradicionais, com utilização de combustíveis fósseis, podem provocar o aumento das emissões de GEE (WORLD BANK, 2010). Portanto, é coerente utilizar o comportamento futuro da economia como fator principal para explicar a variação no nível de emissão. Além disso, a justificativa para o estabelecimento da relação entre a dinâmica regional de João Pessoa e o desenvolvimento nacional pode ser dada por diversas variáveis econômicas, entre elas a variação do PIB em ambos os níveis local e nacional.

A metodologia proposta se baseia na hipótese que a dinâmica econômica das regiões metropolitanas brasileiras está fortemente correlacionada com a nacional, conforme estudo da ciência regional da economia brasileira (DINIZ, 1993), apoiado pela análise de dados empíricos. O modelo adotado utiliza projeções para a economia nacional, desenvolvidas por instituições especializadas, combinadas com as estimativas da relação entre a economia das regiões metropolitanas, visando projetar a dinâmica econômica do município de João Pessoa. A variável utilizada para explicar o crescimento do PIB de João Pessoa foi a taxa de crescimento do PIB brasileiro.

As projeções da taxa de crescimento do PIB nacional utilizadas para o estudo foram desenvolvidas por instituições especializadas, como os bancos e instituições públicas interessadas no planejamento de longo prazo, que possuem equipes técnicas altamente capacitadas e utilizam modelos macroeconômicos complexos, já validados cientificamente. Portanto, utilizar essas projeções torna o estudo mais robusto e facilita a análise das características econômica e socioespacial da região, o que favorece a atualização das estimativas pelos técnicos da Prefeitura de João Pessoa para atualização das projeções.

As projeções mais recentes disponibilizadas de curto e longo prazo são apresentadas na Tabela 1.

---

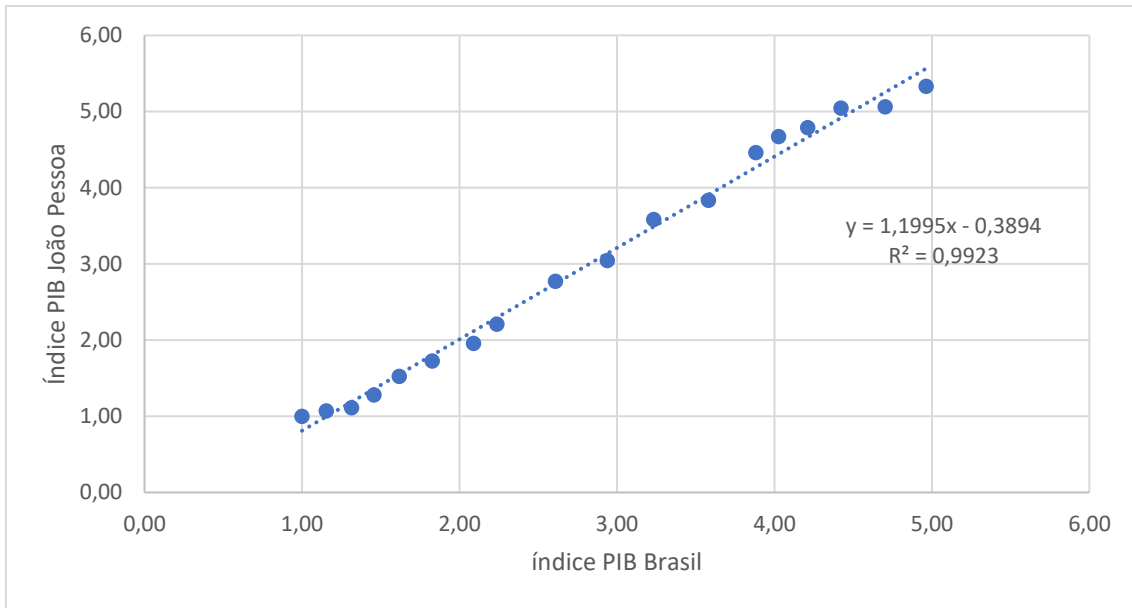
<sup>1</sup> A seção 3.1 descreve uma metodologia utilizada para estimativa do crescimento do PIB de João Pessoa e o texto foi adaptado para o presente trabalho, com base nos projetos já realizados pela WayCarbon para outras cidades brasileiras.

**Tabela 1. Projeções de crescimento econômico para o PIB do Brasil, em %.**

Fonte	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027-2030	2031-2040	2041-2060
Banco Central do Brasil (BCB)	-	-	0,5	1,4	2,0	2,0	-	-	-	-
Bradesco	-3,9	4,6	0,5	0,5	2,0	1,7	1,7	-	-	-
Empresa de Pesquisa Energética (EPE)	-	-	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	3,0	-	-
Fórum Brasileiro de Mudança do Clima (FBMC)	-	4,5	1,1	-	-	3,2	3,2	3,2	2,0	2,0
Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)	-3,9	4,5	1,1	-	-	-	-	-	-	-
Fundo Monetário Internacional (FMI)	-4,1	5,2	1,5	2,0	2,1	2,1	2,1	-	-	-
Itaú	-3,9	4,6	0,2	0,5	2,3	2,1	2,1	-	-	-
Santander	-3,9	4,6	0,7	2,8	-	-	-	-	-	-
<i>The Conference Board (TCB)</i>	-4,2	5,0	0,3	1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	-	-
Nações Unidas (NU)	-4,1	4,7	0,5	1,9	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaboração própria a partir de (BCB, 2022), (BRADESCO, 2022), (BRASIL/MME, 2021a), (FBMC, 2018), (BRASIL/ME, 2021), (FMI, 2022), (ITAÚ, 2022), (SANTANDER, 2022), (TCB, 2022), (NU, 2022).

A correlação entre o PIB do município de João Pessoa e a o PIB nacional é apresentado na Figura 2. O cálculo do número índice é feito considerando-se a divisão entre o valor do PIB em determinado ano em relação ao ano inicial considerado.



**Figura 2. Relação entre o índice do PIB de João Pessoa e o índice do PIB do Brasil (2002 a 2019)**

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do (IBGE, 2019a, 2019b)

### 3.1.1 Desenvolvimento das Estimativas

A metodologia propõe então que sejam determinados coeficientes de relação histórica entre o PIB do Brasil e o PIB de João pessoa visando estimar a relação entre a dinâmica nacional e a dinâmica econômica local. A partir da Figura 2, obteve-se uma relação linear entre a taxa de crescimento do PIB de João Pessoa e a taxa de crescimento do PIB do Brasil, conforme a equação abaixo.

$$\Delta PIB_{João\ Pessoa} = 1,1995 * \Delta PIB_{Brasil} - 0,3894$$

A partir desta relação, multiplica-se o coeficiente obtido pelos valores apresentados na Tabela 1, resultando agora em valores estimados para o crescimento do PIB para João Pessoa. O resultado da projeção de crescimento para o PIB de João Pessoa se encontra na Tabela 2.

**Tabela 2. Projeção do PIB de João Pessoa, em %.**

Ano	2020-2030	2030-2040	2040-2050
<b>Taxa de crescimento decenal (%)</b>	27,9	22,3	22,0

Fonte: Elaboração própria.

### 3.2 ESTIMATIVA DE CRESCIMENTO POPULACIONAL

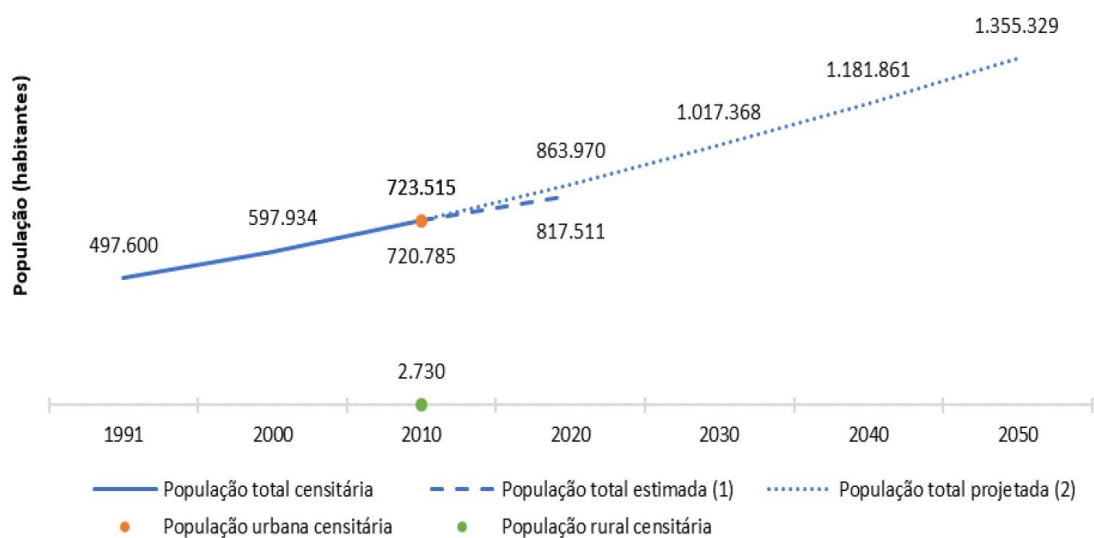
Para a estimativa do crescimento populacional do município de João Pessoa foram utilizadas as taxas de crescimento populacional adotadas pela Prefeitura Municipal de João Pessoa na Revisão do Plano Diretor Municipal, a partir de projeções realizadas pelo Consórcio IDOM-COBRAPE para o município nos períodos entre 2010 e 2050. A Tabela 3 apresenta as projeções feitas pelo consórcio a partir dos dados censitários do IBGE:

**Tabela 3. Projeção de crescimento anual populacional do município de João Pessoa, em %.**

Ano	2010-2020	2020-2030	2030-2040	2040-2050
Taxa de crescimento anual (%)	1,79	1,65	1,51	1,38

Fonte: Elaboração própria a partir de (PMJP, 2022).

Cabe destacar que o estudo realizado pelo Consórcio IDOM-COBRAPE foi realizado em 2014 e apresenta uma diferença de 5,7% entre a estimativa de população projetada pelo consórcio para 2020 (863.970 habitantes) e a estimativa feita pelo IBGE para o mesmo ano (917.511). para estar alinhado com as ações do Plano Diretor, foi utilizada a projeção. A projeção realizada para o município de João Pessoa até o ano de 2050 pode ser visualizado na Figura 3.



Nota: (1) População estimada por IBGE; (2) População projetada por IDOM-COBRAPE

**Figura 3. Evolução populacional de João Pessoa (1991-2050)**

Fonte: (PMJP, 2022)

### 3.3 SETOR DE ENERGIA ESTACIONÁRIA

O setor de energia estacionária engloba todas as emissões de GEE provenientes da combustão estacionária (queima de combustível em pontos fixos), ou do uso de energia elétrica nos seguintes segmentos econômicos:

- 1) Construções Residenciais
- 2) Construções Comerciais
- 3) Indústria de Manufatura e Construção
- 4) Indústria da Energia
- 5) Agricultura, Silvicultura e Pesca

As emissões de GEE deste setor representaram 24,6% das emissões no período de 2011-2020 para o município de João Pessoa, com maior contribuição do segmento de construções residenciais (41,9%), seguido pelo segmento da Indústria de Manufatura e Construção (37,8%).

A estimativa das emissões do setor de energia estacionária para o cenário *Business-as-usual* foi feita com base na observação do comportamento histórico das emissões, analisando sua correlação com o crescimento do PIB, bem como com o crescimento populacional.

As emissões associadas ao uso de energia elétrica dependem naturalmente da quantidade de energia consumida, mas principalmente das fontes energéticas utilizadas para sua geração, que estão associadas à matriz de energia elétrica do país. Espera-se que o consumo de energia elétrica seja sensível às variações dos níveis de atividade econômica para os setores comercial, industrial (incluindo energia), e agrícola. Assim, relação entre a variação do consumo de energia e variação de uma unidade do PIB nacional é denominado de elasticidade-renda. Há um efeito estrutural entre os setores, de forma que quanto mais retraído o cenário para a atividade econômica, maior a intensidade elétrica resultante ((EPE, 2021).

Para a projeção do consumo de energia estacionária no cenário BAU, a premissa principal é de que o comportamento entre a atividade econômica e a intensidade energética irá se manter conforme o padrão histórico observado para os segmentos comercial, industrial e agrícola. Para o setor residencial, a premissa é de que o consumo de energia cresce conforme o número de residências, que está diretamente conectado ao crescimento populacional.

Nesta seção, serão apresentadas as projeções que foram utilizadas para o crescimento do consumo de energia estacionária e, em seguida, são apresentadas as projeções por cada uma

das principais finalidades identificadas: a) consumo de energia elétrica em edificações; b) uso de energia para cocção; c) iluminação pública; d) uso de combustível.

### 3.3.1 Projeção do Número de Residências

Para o setor residencial, a análise foi feita com base no consumo histórico e padrão de comportamento dos domicílios residenciais (Tabela 4).

**Tabela 4. Número Médio de pessoas por domicílio.**

Ano	2010	2016	2018	2019
População	723.515	774.423	833.851	821.397
Domicílios	213.256	249.814	262.000	273.799
Pessoas por Domicílios	3,4	3,1	3,1	3,0

Fonte: (IBGE, 2010, 2018).

Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostragem em Domicílios (PNAD) do IBGE (IBGE, 2019c), o número médio de moradores por domicílio no município de João Pessoa entre 2016 e 2019 foi de 3,1 pessoas/domicílio. Ainda, segundo a Pesquisa de Posses e Hábitos de Consumo (PPH) do Estado da Paraíba (ELETROBRAS, 2019), o número médio de moradores no estado foi de 3,4. Assim, foi considerado que, na capital, o número médio de habitantes foi decrescendo na última década e apresenta um valor um pouco menor do que a média estadual. Para a projeção do cenário BAU foi considerada a premissa de que o número médio de pessoas por domicílio se manterá constante em 3,1 pessoas/domicílio.

$$N_{D_x} = \frac{P_x}{3,1}$$

Em que

- $N_{D_x}$  = número de domicílios no ano  $x$ ;
- $P_x$  = população no ano  $x$ ;

Considerando constante o número médio de população por domicílio em 3,1 foi possível traçar a projeção de domicílios até 2050, alinhado com a projeção populacional para o município de João Pessoa.

**Tabela 5. Projeção de Domicílios 2020 -2050.**

Ano	Domicílios novos	Domicílios Totais
2020	34.979	278.700
2025	23.764	302.464
2030	25.719	328.183
2035	25.538	353.721
2040	27.525	381.246
2045	27.042	408.288
2050	28.915	437.203

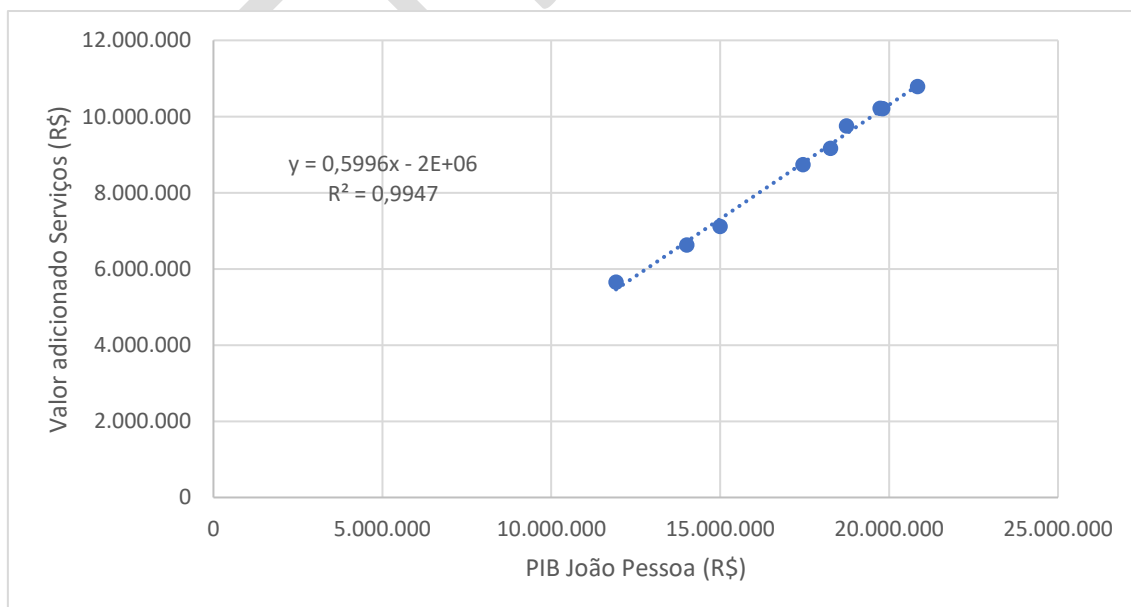
Fonte: Elaboração própria.

### 3.3.2 Projeção do Valor adicionado por atividade econômica

#### Comercial

A projeção do crescimento do setor comercial foi feita conforme estimativa de crescimento do PIB municipal. A correlação entre o valor adicionado no setor comercial e o PIB Municipal é muito forte, conforme demonstrado no gráfico da Figura 4, a partir dos dados da

Tabela 6.



**Figura 4. Relação entre o valor adicionado no setor comercial e o PIB de João Pessoa (2011 a 2019).**

Fonte: Elaboração própria a partir de (IBGE, 2019a).

**Tabela 6. Comparação entre Valor Adicionado no Setor Comercial (R\$ mil) e PIB municipal (R\$ mil).**

Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Serviços</b>	5.650	6.628	7.118	8.735	9.169	9.755	10.213	10.210	10.790
<b>PIB Municipal</b>	11.915	14.012	15.003	17.450	18.273	18.740	19.741	19.810	20.847

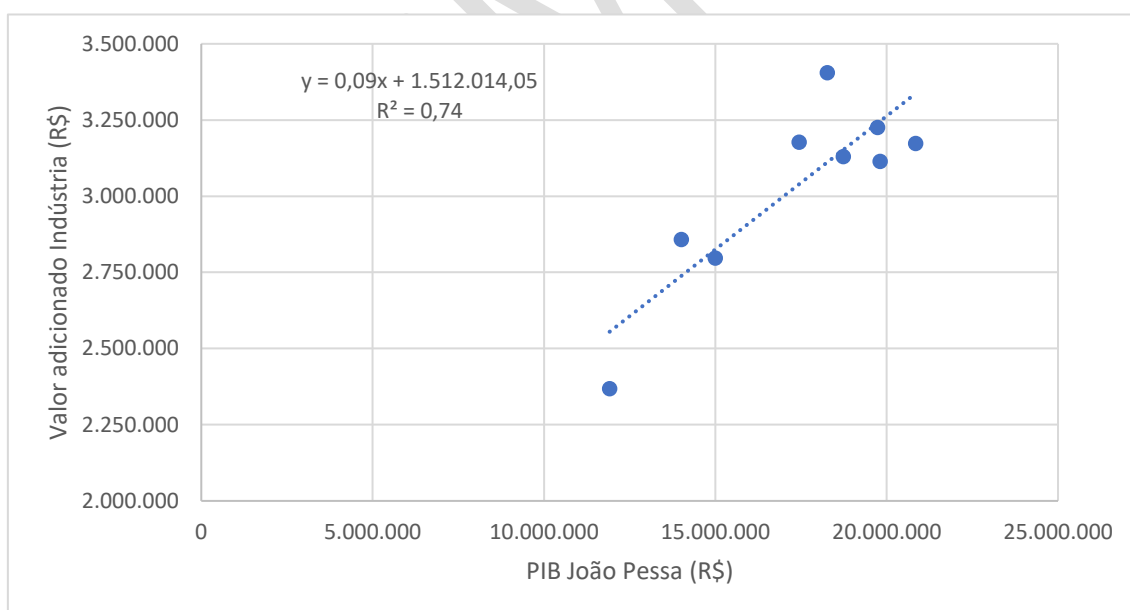
Fonte: (IBGE, 2019a).

A partir da Figura 4, portanto, obteve-se a relação linear entre o valor adicionado no setor comercial e o PIB Municipal.

$$\Delta \text{Valor adicionado Serviços}_{\text{João Pessoa}} = 10,5996 * \Delta \text{PIB}_{\text{João Pessoa}} + 1.512.014,05$$

### Industrial

De forma similar, o crescimento do valor adicionado da Indústria foi utilizado como base para a projeção das emissões. A análise de correlação entre o valor adicionado e a o PIB municipal (Figura 5) mostra que há uma correlação forte entre seus dados (Tabela 7).



**Figura 5. Relação entre o valor adicionado no setor industrial e o PIB de João Pessoa (2011 a 2019)**

Fonte: Elaboração própria a partir de (IBGE, 2019a)

**Tabela 7. Comparação entre Valor Adicionado na Indústria a Preços correntes (R\$ mil) e PIB Municipal (R\$ mil).**

Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Indústria<sup>1</sup></b>	2.368	2.858	2.797	3.177	3.405	3.130	3.225	3.114	3.173
<b>PIB Municipal</b>	11.915	14.012	15.003	17.450	18.273	18.740	19.741	19.810	20.847

Fonte: (IBGE, 2019a).

A relação linear entre o valor adicionado no setor Industrial e o PIB Municipal extraído da Figura 5 foi:

$$\Delta \text{Valor adicionado Indústria}_{\text{João Pessoa}} = 0,0875 * \Delta \text{PIB}_{\text{João Pessoa}} - 2.000.000$$

### 3.3.3 Consumo de Energia Elétrica em Edificações

#### Residencial

Para o segmento residencial, a projeção foi baseada na média histórica observada dos últimos 5 anos. O valor do consumo médio por domicílio foi calculado a partir dos dados recebidos pela Energisa de consumo de energia elétrica por residência e a estimativa do número de domicílios, conforme a PNAD (IBGE, 2010, 2018). O valor encontrado para o consumo médio por domicílio é bastante superior ao valor do consumo estadual, de acordo com a PPH do Estado da Paraíba, que aponta um consumo de 103,7 kWh/mês.

**Tabela 8. Consumo Médio por domicílio em João Pessoa.**

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Média (2015 – 2020)
kWh/mês	201,98	200,24	198,5122	199,05	199,53	206,37	200,95

Fonte: Elaboração própria a partir de Energisa e (IBGE, 2010, 2018).

Assim, para a projeção do consumo de energia, considerou-se que para o período (2020-2050), o consumo médio por habitante será mantido. Para avaliar a validade dessa premissa, o valor médio do consumo mensal, indicado na Tabela 8, foi comparado com a projeção da média nacional, conforme o Plano Decenal de Energia (BRASIL/MME, 2021b), que é de 165 kWh/mês em 2020. A média nacional chegará a 196 kWh/mês em 2031, ainda abaixo do valor médio,

portanto, foi mantida a premissa para o consumo médio de 200,95 kWh/mês para as projeções, considerando uma tendência de manutenção do consumo.

Com base na PPH (ELETROBRAS, 2019), foi possível calcular uma estimativa da principal finalidade do uso de energia elétrica no segmento residencial, utilizando os resultados da pesquisa para o Estado da Paraíba.

**Tabela 9. Consumo de energia elétrica por tipo por domicílio.**

Tipo de Consumo	Tipo de Energia	Percentual
Iluminação	Energia Elétrica	7,67%
Sistema de Refrigeração (ar-condicionado)	Energia Elétrica	3,20%
Eletrodomésticos / Eletrônicos	Energia Elétrica	86,66%
Aquecimento Água	Energia Elétrica	2,47%

Fonte: Elaboração própria a partir de (ELETROBRAS, 2019).

Como apontado na Tabela 9, de acordo com a PPH (ELETROBRAS, 2019), o consumo de eletricidade para equipamentos de ar-condicionado e para aquecimento da água são pouco expressivos. Assim, na elaboração do cenário BAU, esse comportamento foi mantido durante todo o horizonte temporal.

Em especial, para a estimativa do uso de eletricidade para refrigeração, foi considerado que apenas 4,8% dos domicílios possuem ar-condicionado, como apontado na Tabela 10. A frequência de uso desse equipamento está representada na Tabela 11.

**Tabela 10. Domicílios com ar-condicionado na Paraíba.**

Domicílios com ar-condicionado	Paraíba	Nordeste	Brasil
Ar-condicionado	4,80%	5,33%	16,69%

Fonte: Elaboração própria a partir de (ELETROBRAS, 2019).

**Tabela 11. Frequência semanal do uso ar-condicionado na Paraíba.**

n° vezes/semana	6 a 7	4 a 5	2 a 3	1
Jan	57,7%	19,2%	19,2%	3,9%
Fev	60,0%	20,0%	16,0%	4,0%
Mar	58,0%	16,7%	20,8%	4,2%
Abr	58,3%	20,8%	26,7%	4,2%
Mai	56,5%	17,4%	21,7%	4,4%
Jun	58,3%	16,7%	12,5%	12,5%
Jul	60,0%	16,0%	16,0%	8,0%

n° vezes/semana	6 a 7	4 a 5	2 a 3	1
Ago	53,6%	14,3%	25,0%	7,1%
Set	53,6%	14,3%	21,4%	10,7%
Out	53,6%	17,9%	21,4%	7,1%
Nov	53,6%	14,3%	25,0%	7,1%
Dez	57,7%	15,4%	23,1%	3,9%

Fonte: Elaboração própria a partir de (ELETROBRAS, 2019).

Conforme mencionado, o uso de eletricidade para aquecimento de água tampouco foi considerado relevante. De acordo com a pesquisa, 95,17% dos domicílios não possuem aquecimento de água na Paraíba, tal como apontado na Tabela 12, sendo que os que possuem, utilizam como fonte de aquecimento energia elétrica.

**Tabela 12. Fontes de aquecimento de água.**

Fontes de Aquecimento da Água	Paraíba	Nordeste	Brasil
Energia Elétrica	4,80%	9,18%	40,90%
Gás	0,00%	0,00%	0,51%
Energia Solar	0,00%	0,02%	0,96%
Lenha/carvão	0,00%	0,00%	0,03%
Outra forma	0,00%	0,07%	0,06%
Não possui	94,88%	90,61%	56,99%
Não sabe	0,32%	0,18%	0,77%

Fonte: Elaboração própria a partir de (ELETROBRAS, 2019).

No que tange à iluminação, os domicílios na Paraíba possuem, em média, 5,84 lâmpadas, sendo 66% fluorescentes e 30% LED, como apontado na Tabela 14. Para a estimativa da quantidade de energia gasta com iluminação também foram utilizados dados da PPH (ELETROBRAS, 2019). A Tabela 13. apresenta o tempo médio de uso de iluminação ao longo de um dia.

**Tabela 14. Tipos de lâmpadas na Paraíba, região Nordeste e Brasil.**

Tipo de lâmpada	Paraíba	Nordeste	Brasil	Paraíba	Nordeste	Brasil
Incandescente	0,09	0,22	0,55	2%	4%	8%
Fluorescente	3,77	3,97	3,74	65%	66%	58%
LED	1,98	1,79	2,1	34%	30%	32%
Dicroica	0	0,01	0,08	0%	0%	1%
Outros	0	0,01	0,02	0%	0%	0%
<b>Total</b>	<b>5,84</b>	<b>6</b>	<b>6,49</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de (ELETROBRAS, 2019).

**Tabela 15. Tempo médio de uso iluminação.**

Iluminação	Paraíba		Nordeste		Brasil	
	Abs	%	Abs	%	Abs	%
00:00	55	1,50%	1022	2,79%	5039	4,13%
01:00	39	1,06%	790	2,16%	2346	1,92%
02:00	33	0,90%	710	1,94%	2017	1,65%
03:00	32	0,87%	687	1,88%	1934	1,59%
04:00	28	0,76%	689	1,88%	2007	1,65%
05:00	59	1,60%	723	1,98%	3039	2,49%
06:00	122	3,32%	978	2,67%	4567	3,74%
07:00	116	3,15%	881	2,41%	3990	3,27%
08:00	59	1,60%	577	1,58%	2763	2,26%
09:00	30	0,82%	421	1,15%	2026	1,66%
10:00	27	0,73%	431	1,18%	1958	1,61%
11:00	30	0,82%	450	1,23%	2211	1,81%
12:00	90	2,45%	606	1,66%	2361	1,94%
13:00	73	1,99%	429	1,17%	1661	1,36%
14:00	20	0,54%	337	0,92%	1184	0,97%
15:00	18	0,49%	378	1,03%	1222	1,00%
16:00	36	0,98%	513	1,40%	1888	1,55%
17:00	337	9,17%	2608	7,13%	6264	5,13%
18:00	2084	56,68%	20594	56,31%	45028	36,91%
19:00	2884	78,43%	26923	73,62%	73982	60,65%
20:00	2696	73,32%	25652	70,14%	74449	61,03%
21:00	1896	51,56%	19890	54,39%	58544	47,99%
22:00	947	25,75%	12198	33,35%	36198	29,67%
23:00	208	5,66%	3054	8,35%	11217	9,20%
Uso Eventual	208	5,66%	1124	3,07%	4247	3,48%
Total Lâmpadas	3677	-	36571		121987	

Fonte: Elaboração própria a partir de (ELETROBRAS, 2019).

A estimativa dos principais tipos de uso de energia elétrica no segmento residencial é importante para direcionar ações e medidas e redução da intensidade e consumo de energia elétrica. De acordo com a estimativa realizadas para o Estado da Paraíba e consideradas válidas também para sua capital, João Pessoa, o principal consumo de energia elétrica nas residências deve-se ao uso de eletrodomésticos, seguido pela iluminação e sistema de refrigeração. O uso de energia elétrica para aquecimento de água é pouco relevante, dado que a grande maioria dos domicílios não possui aquecimento de água.

### Industrial

Para traçar a projeção de consumo de energia elétrica na indústria, foi calculada a intensidade energética em consumo de energia elétrica por valor adicionado na indústria. Na Tabela 16 é

possível perceber um decréscimo da intensidade energética, que pode ser tanto decorrente de ganhos de eficiência energética ao longo da última década, quanto por uma mudança no perfil do tipo de indústrias estabelecidas no município. Entre 2018 e 2020, a intensidade energética se manteve aproximadamente constante em 0,03 MWh/real adicionado na indústria. Portanto, a premissa principal adotada foi de que a intensidade seria mantida com o perfil do ano base, e o consumo de energia cresce conforme aumenta o valor adicionado da indústria.

**Tabela 16. Intensidade energética na Indústria.**

Parâmetro	Unidade	2011	2014	2016	2018	2020
Consumo de Energia Elétrica	MWh	218.046	287.103	156.367	97.671	66.102
Valor Adicionado Indústria	mil R\$	2.368.278	3.176.941	3.129.809	3.113.639	3.241.612
Intensidade Energética	MWh/R\$	0,09	0,09	0,05	0,03	0,02

Fonte: Elaboração própria com base em Energisa e (IBGE, 2019a)

Além do segmento de Indústria de Manufatura e Construção, também foi considerado o autoconsumo da Indústria de Energia. É importante ressaltar que as emissões provenientes da geração de energia não foram consideradas para a projeção de cenários, uma vez que a metodologia utilizada para a elaboração do inventário e aplicada para a projeção de cenários foi a BASIC. Dessa forma, só é incluído o consumo de energia para o funcionamento das usinas, denominado autoconsumo.

Para a Indústria de Energia foi considerado, portanto, que haveria uma manutenção da capacidade instalada, mantendo-se o consumo próprio médio do período histórico observado entre 2011 e 2020.

### **Comercial**

A projeção do crescimento para o setor comercial considerou para o período de 2020 a 2031 a projeção de crescimento alinhado com a projeção no Plano Decenal de Expansão de Energia (BRASIL/MME, 2021b). O cenário de referência elaborado pela EPE supõe duração média e recuperação rápida na retomada da pandemia de COVID-19, além de sucesso na realização de reformas estruturais importantes ao longo do horizonte temporal com crescimento gradual. Em específico para o setor comercial, o cenário considera que, após forte impacto em 2020 em consequência da pandemia, o comércio volta a apresentar protagonismo na evolução do consumo ao longo do horizonte de planejamento.

Assim, foi considerado que o crescimento do consumo de energia elétrica no período de 2020 a 2031 será alinhado ao planejamento nacional, em uma taxa média de 4,2% ao ano. Já para o período de 2031 a 2050, foi considerado que as emissões crescem no mesmo ritmo de crescimento do PIB municipal.

### Setor Público

No que se refere ao setor público, não houve correlação significativa de crescimento do setor com o aumento da população ou do PIB. Assim, foi considerado que o crescimento do setor no cenário acompanhará a média histórica (2015-2020) em todo o horizonte temporal.

#### 3.3.4 Cocção

### Residencial

A partir dos dados sobre Fontes de Aquecimento da Água no Estado da Paraíba (ELETROBRAS, 2019) percebe-se que todo GLP e gás natural consumido no estado são para fins de cocção, visto que os paraibanos não fazem uso de Gás para aquecimento da água e que 95,17% da Paraíba não possui fontes de aquecimento de água (Tabela 17).

**Tabela 17. Fontes de Aquecimento da Água no Estado da Paraíba.**

Fontes de Aquecimento da Água	Paraíba	Nordeste	Brasil
Energia Elétrica	4,80%	9,18%	40,90%
Gás	0%	0%	0,51%
Energia Solar	0%	0,0002	0,0096
Lenha/carvão	0,00%	0,00%	0,03%
Outra forma	0%	0%	0,06%
Não possui	95,17%	-	0,5699
Não sabe	0,00%	-	0,77%

Fonte: Elaboração própria a partir de (ELETROBRAS, 2019).

Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – IBGE (IBGE, 2018), 88% dos domicílios de João Pessoa usam GLP (gás de botijão) para cocção, enquanto 12% faz uso do gás natural (gás encanado) para tal finalidade, como pode ser visualizado na Tabela 18.

**Tabela 18. Uso de combustível para cocção, por domicílio, em João Pessoa.**

Combustível utilizado na preparação de alimentos	2019	[%]
Gás de botijão	240.000	88%
Gás encanado	33.000	12%

Fonte: (IBGE, 2018).

Assim, a partir dos dados de consumo do gás natural e do GLP do município de João Pessoa, e da Tabela 18, foi possível calcular o consumo médio por domicílio para os dois combustíveis mencionados, como mostrado na Tabela 19.

**Tabela 19. Consumo médio por domicílio.**

Combustível	Unidade	Consumo Anual	Consumo Mensal
GN	[m <sup>3</sup> /domicílio]	41,1	3,4
GLP	[kg /domicílio]	112,6	9,4

Fonte: Elaboração própria.

Para projeção do consumo de energia para cocção nos domicílios pessoenses, portanto, foi considerado que a proporção de uso de GLP (gás de botijão) e Gás Natural (gás encanado) não seria alterada no período e que o consumo médio por domicílio seria mantido igual.

### **Comercial**

Para o segmento comercial, a projeção foi feita a partir da taxa de crescimento do valor adicionado no setor comercial.

#### **3.3.5 Iluminação Pública**

Para a projeção do consumo de energia elétrica para iluminação pública foram considerados os seguintes dados retirados da Revisão do Plano Diretor Municipal acerca do Programa LED nas Ruas (PMJP, 2022):

- Pontos de iluminação em João pessoa (2021): 73.319
- Pontos de iluminação substituídos por LED (2020): 15.331

A taxa de crescimento de pontos de iluminação da cidade de João Pessoa está diretamente ligada ao crescimento da população, ao zoneamento urbano e, principalmente, à expansão urbana da cidade. Segundo dados do CONSÓRCIO IDOM-COBRAPÉ (2014), a área urbana de João Pessoa cresceu à uma taxa de 2,16% entre os anos de 2000 e 2010 (Tabela 20). Nesse sentido, devido à proximidade de crescimento da área urbana e do PIB pessoense, e com a finalidade de simplificar o cálculo e torná-lo conservador, a projeção de crescimento de pontos de iluminação foi alinhado ao PIB da cidade.

**Tabela 20. Série histórica da mancha urbana de João Pessoa.**

Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Área urbana [km <sup>2</sup> ]	109,3	111,7	114,3	117,0	119,6	122,2	124,8	127,5	130,1	132,7
Taxa de crescimento [%]	-	2,17	2,35	2,29	2,24	2,19	2,15	2,10	2,06	2,02

Fonte: Elaboração própria a partir de (PMJP, 2022).

Portanto, para o cálculo do cenário BAU, foi levado em consideração que em todos os novos pontos de iluminação da cidade serão usadas lâmpadas LED, cuja projeção foi feita a partir do número de pontos de iluminação projetado segundo a taxa de crescimento do PIB de João Pessoa.

### 3.3.6 Uso de Combustíveis

#### Indústria

Para a indústria, o uso de combustíveis foi mais relevante em termos de emissão do que o consumo de eletricidade. Assim como no caso da energia elétrica, para sua projeção foi calculada a intensidade energética dos combustíveis por valor adicionado na indústria com o objetivo de traçar a projeção de consumo de combustíveis no setor industrial (Tabela 21). Além disso, as premissas consideradas em relação ao consumo industrial de combustíveis estão foram:

- Óleo combustível: Consumo de óleo combustível permanecerá nulo.
- GLP: Projeção de intensidade em função do ano base (2020).
- Gás Natural: Projeção de intensidade em função do ano base (2020).
- Diesel: Projeção da intensidade a partir da média<sup>2</sup> do período entre 2015 e 2020.

**Tabela 21. Intensidade Energética (consumo de combustível por valor adicionado) na indústria.**

Combustível	Unidade	Intensidade Energética
Óleo combustível	[kg/R\$]	-
GLP	[kg/R\$]	0,33
GN	[m <sup>3</sup> /R\$]	7,42
Diesel	[l/R\$]	0,63

Fonte: Elaboração própria a partir de ANP, PBGás e (IBGE, 2019a).

<sup>2</sup> O diesel teve a maior variação histórica, assim, para refletir melhor o cenário, foi assumido como premissa a média do período.

## Comercial

Para o setor comercial, a projeção do consumo de gás natural, diesel e GLP foi feita a partir da taxa de crescimento do valor adicionado no setor comercial.

### 3.4 SETOR DE TRANSPORTE

O setor de Transporte é responsável pela maior parte das emissões de GEE do município de João Pessoa, representando em média 43,2% do total de emissões no período de 2011 a 2020. Para a elaboração dos cenários de emissões, foram consideradas apenas as variações referentes aos subsetores de transporte terrestre e ferroviário, cujas emissões correspondem à quase totalidade do setor. Foram utilizados os fatores que mais interferem nas emissões ligadas ao transporte terrestre:

- Número total de viagens;
- Distribuição das viagens entre os diferentes modos de transporte;
- Distribuição do uso de combustível entre os meios de transporte.

Para o cenário BAU, foi estimada a distribuição modal e a distribuição do uso de combustível em cada modo para o ano-base (2020) e considerou-se que ambas permanecem constantes em todo o horizonte temporal dos cenários (até 2050). A variação das emissões se baseou então em uma projeção tendencial de crescimento das viagens nesse período, considerando que este fator está ligado às dinâmicas de população, emprego e renda do município.

#### 3.4.1 Crescimento do número de viagens

Para a estimativa do número total de viagens, foi utilizado o Diagnóstico da Mobilidade realizado no contexto do Plano Diretor de Mobilidade Urbana (PDMU) da Microrregião de João Pessoa, que faz uma caracterização detalhada dos deslocamentos de toda a Região Metropolitana de João Pessoa, segundo dados da Pesquisa Origem-Destino de 2018. Segundo este estudo, os deslocamentos realizados dentro do município de João Pessoa totalizavam 1.298.348 de viagens diárias em 2018 (PMJP, 2020a).

No âmbito do PDMU, também foi elaborado um estudo de Prognóstico da Mobilidade, que faz projeções futuras para os anos 2028 e 2038 de diversos aspectos da mobilidade urbana com base em fatores socioeconômicos e da dinâmica de expansão e ordenamento territorial (PMJP, 2020b). As projeções partem de dois cenários: tendencial e induzido. O primeiro considera como

premissa que o comportamento de indicadores socioeconômicos e ligados ao uso e ocupação do solo seguirão a mesma tendência histórica observada na última década. Já o cenário induzido contempla a contenção da expansão urbana, criação de novas centralidades e adoção do modelo de Desenvolvimento Orientado pelo Transporte Sustentável (DOTS)<sup>3</sup>.

Para a elaboração de ambos os cenários, são utilizadas projeções das variáveis população, frota de veículos privados, renda, emprego e matrículas escolares. Uma das projeções feitas pelo estudo é a Matriz de Viagens Futuras, que inclui uma estimativa futura do fluxo de veículos de Transporte Coletivo e Transporte Individual na Hora Pico Manhã (HPM) em 2028 e 2038. Para a estimativa do número total de viagens, foram utilizadas as mesmas taxas de variação da HPM, apresentadas na Tabela 22:

**Tabela 22. Taxa de crescimento das viagens diárias segundo a estimativa de fluxo de veículos na HPM.**

Viagens por Classe	2018-2028		2028-2038	
	Tendencial	Induzido	Tendencial	Induzido
Transporte Coletivo	9,35%	7,01%	10,73%	6,41%
Transporte Individual	17,12%	16,94%	26,08%	27,23%
<b>Total</b>	<b>14,84%</b>	<b>14,02%</b>	<b>21,57%</b>	<b>21,11%</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de PMJP (2020b).

Ao aplicar as taxas de crescimento acima aos valores do ano-base (2018), é possível obter também a estimativa de viagens feitas pelo transporte ativo nos anos de 2028 e 2038, através da subtração do número total de viagens pela soma dos transportes coletivo e individual. A Tabela 23 apresenta a estimativa do número de viagens diárias por classe, utilizada como base para calcular o crescimento dos diferentes modos de transporte.

**Tabela 23. Estimativa do número de viagens diárias nos cenários futuros.**

Viagens por Classe	2018	2028		2038	
	Base	Tendencial	Induzido	Tendencial	Induzido
Transporte Ativo	332.642	384.601	382.617	409.541	409.861
Transporte Coletivo	317.411	347.082	339.659	351.455	337.755
Transporte Individual	648.295	759.278	758.109	817.365	824.825
<b>Total</b>	<b>1.298.348</b>	<b>1.490.960</b>	<b>1.480.384</b>	<b>1.578.360</b>	<b>1.572.441</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de PMJP (2020b).

<sup>3</sup> Segundo o WRI (World Resources Intitutes) Brasil, uma das principais entidades responsável pela divulgação deste conceito, "A estratégia DOTS estabelece diretrizes para evitar o espraiamento urbano e promover o uso eficiente da infraestrutura urbana, aproximando as áreas de moradia e as oportunidades de emprego por meio de incentivo ao uso misto do solo próximo aos corredores e eixos de transporte coletivo" (WRI BRASIL, 2019).

### 3.4.2 Distribuição Modal do Ano-base (2020)

A Pesquisa Origem-Destino (Pesquisa OD) mais recente para João Pessoa se refere ao ano de 2018 e foi realizada através do Diagnóstico da Mobilidade realizado no contexto do Plano Diretor de Mobilidade Urbana da Microrregião de João Pessoa. Segundo essa pesquisa, a maioria das viagens realizadas pela população se concentrava no transporte individual (50% das viagens), seguido pelo ativo (26% das viagens), sendo mais representativa a locomoção “a pé”, que alcançava 23% das viagens, e, finalmente, o transporte coletivo com 24% das viagens (PMJP, 2020a).

Para estimar a distribuição de viagens para 2020, o ano-base determinado para este projeto, foram utilizadas as taxas de crescimento de viagens no cenário tendencial, segundo a classe de cada um dos modos de transporte (ativo, coletivo e individual). A Tabela 24 apresenta a distribuição das viagens por modo de transporte<sup>4</sup> em João Pessoa adotada para o ano de 2020:

**Tabela 24. Distribuição das viagens por modo de transporte em 2020 na cidade de João Pessoa.**

Classe	Modo de Transporte	Número de Viagens diárias	Divisão Modal (%)
TA	A pé	307.511	23,00%
TA	Bicicleta	35.604	2,66%
TC	Ônibus	289.822	21,67%
TC	Alternativo	11.708	0,88%
TC	Veículo Fretado	21.113	1,58%
TC	Trem CBTU	559	0,04%
TC	Balsa	170	0,01%
TI	Carro - Condutor de Automóvel	323.793	24,21%
TI	Carro - Passageiro de Automóvel	177.605	13,28%
TI	Moto	130.370	9,75%
TI	Uber	23.437	1,75%
TI	Táxi	5.579	0,42%
TI	Caminhão	1.535	0,11%
TI	Outros	8.362	0,63%
<b>Total</b>		<b>1.490.960</b>	<b>1.480.384</b>

Fonte: Elaboração própria com base na Pesquisa Origem-Destino 2018 e no Prognóstico da Mobilidade (PMJP, 2020a, 2020b).

<sup>4</sup> Nos estudos do Plano Diretor de Mobilidade Urbana (PDMU), os modos de transporte “Alternativo” e “Veículo Fretado” são classificados em classes à parte. Para a estimativa da distribuição modal no ano-base e as demais projeções feitas, foram aplicadas as taxas de crescimento da classe Transporte Coletivo (TC).

### 3.4.3 Distribuição do Consumo de Combustível no Ano-base

A distribuição de consumo de combustível entre os modos de transporte no ano-base foi feita a partir dos dados de consumo de combustível no ano de 2019 em João Pessoa, com base nas informações coletadas para a confecção do Inventário de Emissões de GEE (Tabela 25). Optou-se pelo ano de 2019 para evitar distorções geradas pela queda acentuada no consumo ocorrida em 2020, em função da pandemia de COVID-19. A partir dos dados de consumo total de cada combustível, foi feita uma estimativa da parcela consumida por cada modo de transporte, com base principalmente na proporção de viagens realizadas por cada um deles, segundo a distribuição modal apresentada no item 3.4.2.

**Tabela 25. Consumo total de combustível em João Pessoa no ano 2019.**

Distribuição Modal - Combustível	Combustível	Consumo (un)	Unidade
Transporte Rodoviário	Gasolina / Brasil	190.123.550,00	L
	Etanol hidratado	72.919.209,00	L
	Diesel / Brasil	56.000.922,00	L
	Gás Natural Veicular (GNV)	9.882.024,16	m <sup>3</sup>
Transporte Rodoviário - Transporte Público	Diesel / Brasil	15.596.646,00	L
Transporte Ferroviário	Diesel / Brasil	346.091	L

Fonte: Inventário de Emissões de GEE de João Pessoa.

O consumo de gasolina foi dividido entre os modos de transporte Carro - Condutor de Automóvel, Carro - Passageiro de Automóvel, Moto, Uber, Táxi e Outros, seguindo a proporção de viagens realizadas por cada modo de transporte em relação à soma das viagens de todos eles. Para o combustível etanol, foi adotado o mesmo raciocínio, apenas excluindo o modo de Outros transportes, já que não está claro qual tipo de veículo seria enquadrado nessa categoria.

No caso do Gás Natural Veicular (GNV), considerou-se razoável adotar a premissa de que o seu consumo estaria concentrado apenas nos modos de transporte Táxi e Uber, já que o uso desse combustível é feito principalmente por veículos que trafegam por grandes distâncias diariamente, fator que torna o uso do GNV economicamente vantajoso.

O consumo de Diesel no transporte rodoviário foi dividido entre os modos Ônibus, Alternativo, Veículo Fretado e Caminhão, sendo que os dados relativos ao transporte por ônibus já estavam discriminados separadamente. No caso dos transportes Alternativo e Veículo Fretado, considerou-se a razão relativa entre o número de viagens de cada um deles e o de Ônibus, adotando-se um valor de consumo nessa mesma proporção. O restante do consumo de Diesel foi alocado para o modo Caminhão.

A variável utilizada para a projeção de cenários futuros foi a participação do combustível no modo de transporte. Para calibrar essa participação no ano-base, foram utilizados os dados de consumo médio de combustível por veículo, conforme o estudo Modelagem Setorial de Opções de Baixo Carbono para o Setor de Transportes (BRASIL/MCTIC; ONU MEIO AMBIENTE, 2017) e a distância média por viagem realizada, segundo o Diagnóstico da Mobilidade (PMJP, 2020a). Desta forma, foi possível estimar a quantidade de viagens realizadas anualmente com cada combustível no modo de transporte e, por fim, a parcela de cada combustível no modo foi equivalente à razão entre o número de viagens do modo com aquele combustível e o número total de viagens daquele modo. A Tabela 26 abaixo apresenta os dados finais calculados para a distribuição de combustíveis em cada modo de transporte:

**Tabela 26. Distribuição de combustíveis nos modos de transporte movidos a mais de um combustível.**

Distribuição Modal - Combustível	Consumo (un)	Unidade	Consumo (un) Frota de 2012	Unidade	Quantidade de viagens anuais (estimado)	Participação do combustível no modo (%)
Carro - Condutor de Automóvel - Gasolina (27%)	91.998.774	L	0,082	L/km	101.389.797	74,8%
Carro - Condutor de Automóvel - Etanol	44.513.699	L	0,118	L/km	34.179.444	25,2%
Carro - Passageiro de Automóvel - Gasolina (27%)	50.462.717	L	0,082	L/km	55.613.835	74,8%
Carro - Passageiro de Automóvel - Etanol	24.416.436	L	0,118	L/km	18.747.941	25,2%
Táxi - Gasolina (27%)	1.585.218	L	0,082	L/km	1.747.033	39,7%
Táxi - Etanol	767.009	L	0,118	L/km	588.941	13,4%
Táxi - GNV	1.900.091	m <sup>3</sup>	0,083	m <sup>3</sup> /km	2.059.719	46,9%
Uber - Gasolina (27%)	6.659.208	L	0,082	L/km	7.338.965	39,7%
Uber - Etanol	3.222.064	L	0,118	L/km	2.474.033	13,4%
Uber - GNV	7.981.933	m <sup>3</sup>	0,083	m <sup>3</sup>	8.652.502	46,9%

Fonte: Elaboração própria.

Para os modos de transporte Motocicleta Ônibus, Transporte Alternativo, Veículo Fretado, Caminhão e Motocicleta, não foi necessário realizar essa calibração, já que se adotou a premissa de que eles consomem apenas um tipo de combustível no ano-base. A Tabela 27 abaixo detalha o consumo adotado para cada um deles:

**Tabela 27. Consumo de combustível nos modos de transporte movidos a um único combustível.**

Distribuição Modal - Combustível	Consumo (un)	Unidade	Participação do combustível no modo (%)
Motocicleta - Gasolina (27%)	37.041.716	L	100%
Ônibus - Diesel	15.596.646	L	100%
Transporte Alternativo - Diesel	630.052	L	100%
Veículo Fretado	1.136.199	L	100%
Caminhão - Diesel	54.234.670	L	100%
Trem CBTU - Diesel	346.091	L	100%

Fonte: Elaboração própria.

### 3.5 SETOR DE RESÍDUOS

#### 3.5.1 Desenvolvimento das Estimativas

A estimativa para o crescimento das emissões do setor de Resíduos foi desenvolvida com base em projeções de geração de resíduos até 2034, para os resíduos sólidos, e de contribuições do esgotamento sanitário até 2037, para os efluentes líquidos.

O cenário de crescimento de geração de resíduos utilizado foi o do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS (PMJP, 2014). O Plano apresenta três estimativas de geração anual, mensal e diária de resíduos sólidos domiciliares (RSD) e resíduos de serviços de limpeza pública (RSP). Para a projeção do cenário BAU foi escolhido o Cenário 1, por se tratar da estimativa atual de gestão dos resíduos sólidos do município no período do PMGIRS, de 2015 a 2034. Nos anos seguintes, fez-se uma média do aumento anual para projetar até 2050, o ano final do cenário BAU. Os resultados estão apresentados na Tabela 28.

**Tabela 28. Estimativa de geração de resíduos sólidos no município de João Pessoa.**

Anos	2021-2034	2035-2050
Taxa de crescimento anual	1,92%	1,92%

Fonte: Elaboração própria a partir de (PMJP, 2014).

Quanto ao aumento dos efluentes líquidos, utilizou-se a estimativa das contribuições do esgotamento sanitário para os horizontes do Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa (PMJP, 2015), de 2016 à 2037. Esta projeção considera aumentos mais significativos em anos específicos, como 2022, 2030 e 2037. Nos anos seguintes, fez-se uma média do aumento anual para projetar até 2050, o ano final do cenário BAU. Os resultados estão apresentados na Tabela 29.

**Tabela 29. Projeção dos efluentes líquidos em João Pessoa.**

Anos	2020-2021	2022	2023-2029	2030	2031-2036	2037	2038-2050
Taxa de crescimento anual	1,94%	4,62%	1,79%	4,77%	1,66%	2,94%	1,84%

Fonte: Elaboração própria a partir de (PMJP, 2015).

PRELIMINAR

## 4. METODOLOGIA – CENÁRIO PLANEJADO

Para a construção do Cenário Planejado, as emissões são estimadas considerando a existência de ações e políticas públicas de redução de emissões, sendo que essas ações podem estar em curso ou na fase de planejamento, já previstas pelo município. Além disso, também são consideradas tendências, desde que adequadamente evidenciadas. Nesta seção são apresentadas as premissas consideradas na elaboração do cenário Planejado.

### 4.1 SETOR DE ENERGIA ESTACIONÁRIA

O planejamento energético a nível municipal não é uma prática comum, contudo, a nível nacional a Empresa de Pesquisa Energética elabora anualmente cenários de projeção de consumo energético com horizontes decenais para todo o país. Para a projeção de consumo de energia ou combustíveis já realizados pelo município foram usados como referência os seguintes Documentos Norteadores:

- Plano de Negócios e de Estratégia de Longo Prazo da PBGás (PBGÁS, 2019);
- Cenários de Mitigação de GEE do Setor Residencial - Projeto Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Emissão de Gases de Efeito Estufa no Brasil até 2050 (Projeto IES) (PEREIRA JR; WEISS, 2016)
- Relatório Técnico - Projeto Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Emissão de Gases de Efeito Estufa no Brasil até 2050 (Projeto IES) (WILLS; GROTTERRA, 2016);
- Base de dados de GD da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2022).
- Lei de Incentivo Estadual: Lei Nº 10720 DE 22/06/2016 (PARAÍBA, 2016);

#### 4.1.1 Geração Distribuída Fotovoltaica

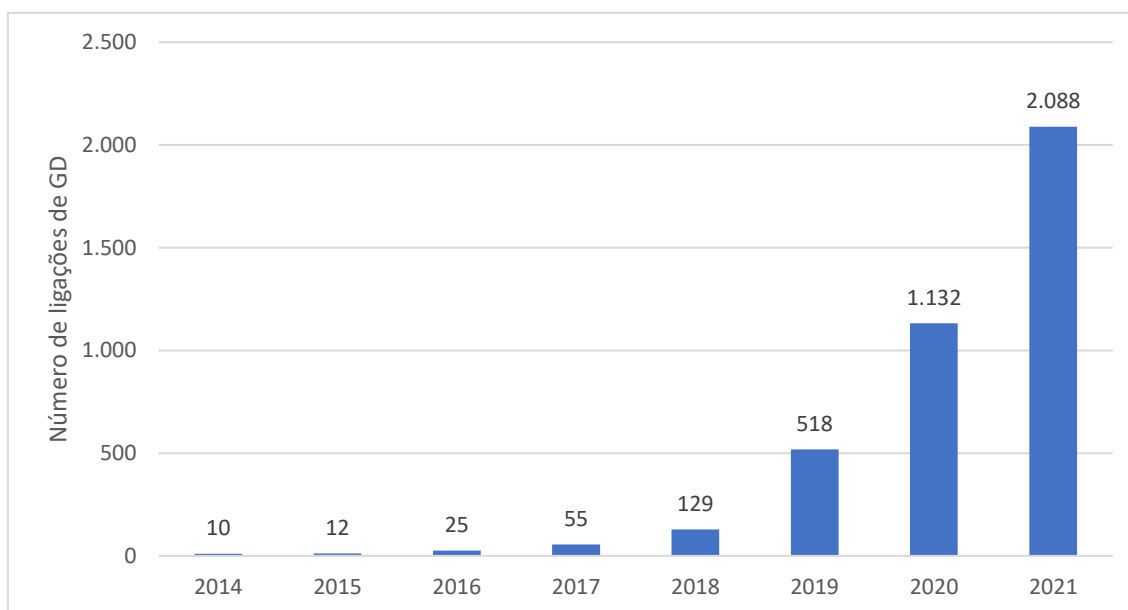
A Geração Distribuída fotovoltaica no cenário planejado foi estimada a partir da projeção de crescimento no número de GD e a quantidade de horas de insolação anual no território de João Pessoa.

A Tabela 30 mostra as novas conexões anuais de GD ocorridas em João Pessoa no período entre 2014 e 2021 segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A partir de sua série histórica foi gerado o gráfico, na Figura 6, que mostra a evolução no número de novas conexões de GD no período 2014-2021.

**Tabela 30. Número de novas conexões.**

Ano	Novas Conexões Anual	Total
2014	10	10
2015	2	12
2016	13	25
2017	30	55
2018	74	129
2019	389	518
2020	614	1.132
2021	956	2.088

Fonte: (ANEEL, 2022).



**Figura 6. Evolução anual no número de novas ligações de GD em João Pessoa (2014-2021)**

Fonte: Elaboração Própria a partir de (ANEEL, 2022)

Em análise da Figura 6, percebe-se que no período entre 2014 e 2021 houve um crescimento exponencial no que tange a quantidade conexões de geração distribuída na cidade. Nesse sentido, optando pelo conservadorismo, foi escolhido não projetar o crescimento no número de novas conexões a partir de sua série histórica. A premissa utilizada, portanto, levou em consideração que a tendência de crescimento no número de conexões é desacelerar ao longo dos anos. Para demonstrar tal comportamento, portanto, foram adotados incrementos no crescimento anual diferentes, a depender do período e do segmento, como demonstra a Tabela 31.

**Tabela 31. Projeção no número de novas conexões anuais em João Pessoa, por segmento.**

Segmento	2022-2025	2026-2031	2032-2050
Comercial	100	150	70
Industrial	10	15	7
Residencial	300	400	200

Fonte: Elaboração Própria.

Para efetivamente calcular a capacidade de energia gerada no cenário planejado, foi preciso saber o a quantidade anual de horas que João Pessoa normalmente recebe de insolação. Para essa finalidade, foram usados dados sobre insolação mensal no litoral da Paraíba (FRANCISCO et al., 2016). Sua visualização está disponível na Tabela 32.

**Tabela 32. Horas de insolação mensal.**

Mês	Nº horas insolação diária	Nº dias mês	Total horas/ano
jan	8	31	248
fev	8	28	215
mar	8	31	248
abr	6	30	180
mai	6	31	186
jun	5	30	150
jul	5	31	155
ago	7	31	217
set	7	30	210
out	8	31	248
nov	8	30	240
dez	8	31	248
Total	84	365	2.545

Fonte: (FRANCISCO et al., 2016).

A Lei de Incentivo Estadual: Lei Nº 10720 DE 22/06/2016 Institui a Política Estadual de Incentivo à Geração e Aproveitamento da Energia Solar e Eólica no Estado da Paraíba e dá outras providências. Segundo seu Art. 5º “é garantido o incentivo fiscal e tributário, a pesquisa tecnológica, a assistência técnica e a promoção de produtos” (PARAÍBA, 2016). Em um âmbito municipal, está em andamento um projeto pela Comissão de Projetos Especiais que prevê o abastecimento do serviço público por energia renovável.

Em vista de tais iniciativas, para o cálculo da projeção da capacidade de energia gerada por geração distribuída, por setor, foi levado em consideração: (i) a projeção no incremento anual de conexões em João Pessoa, até o ano de 2050; (ii) o total de horas anual de insolação que João Pessoa recebe; e (iii) o tamanho médio do sistema de geração de energia, obtido a partir de dados da ANEEL (2022), demonstrados na Tabela 33.

**Tabela 33. Quantidade de Unidades e Potência instalada por segmento.**

Segmento	Qtd. GD	Ucs REC créditos	Potência Instalada (kW)	Tamanho Médio Sistema (kW/un)
Comercial	430	947	11.491	26,72
Industrial	54	83	1.253	23,20
Poder Público	12	38	812	67,70
Residencial	1.668	2.314	11.010	6,60

Segmento	Qtd. GD	Ucs REC créditos	Potência Instalada (kW)	Tamanho Médio Sistema (kW/un)
Rural	1	1	8	8,00
Total	2.165	3.383	24.574	11,35

Fonte: (ANEEL, 2022).

Como resultado, a Tabela 34 apresenta a projeção da abrangência de estabelecimentos com Geração Distribuída em João Pessoa, até o ano de 2050.

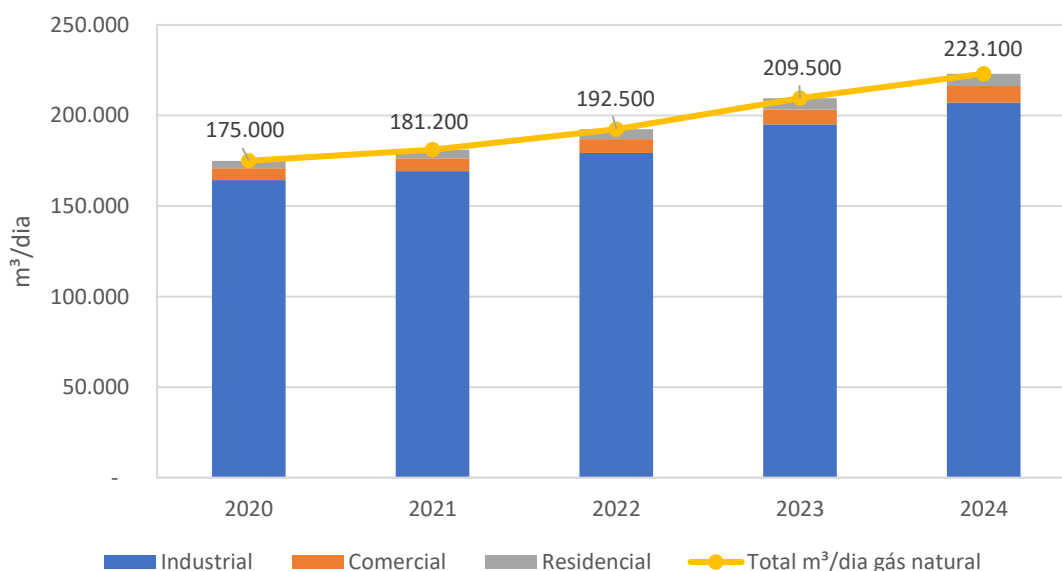
**Tabela 34. Projeção de estabelecimentos com Geração Distribuída em João Pessoa, por setor.**

Classe Consumo	2020	2030	2040	2050
Residencial	0,3%	1,5%	1,8%	2,1%
Comercial	0,9%	5,9%	6,6%	11,5%
Industrial	0,3%	3,9%	4,1%	7,3%

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.1.2 Cocção

Um dos documentos que auxiliou para a projeção do cenário planejado no setor de energia estacionária foi o Plano de Negócios e de Estratégia de Longo Prazo da PBGás (PBGÁS, 2019). Segundo a estimativa da Companhia Paraibana de Gás, a venda total de gás em 2024, pela companhia, deve alcançar 223.100 m<sup>3</sup>/dia, com o setor industrial tendo a representatividade de 92,8 desse valor, seguido pelos segmentos comerciais e residenciais, com proporções de 4,1 e 3,0%, como mostra a Figura 7.



**Figura 7. Projeção do volume consumido de gás natural, por segmento**

Fonte: (PBGÁS, 2019)

Outro documento que menciona uma projeção no setor de energia é Estudo de Cenários de Mitigação de GEE do Setor Residencial do Projeto IES (PEREIRA JR; WEISS, 2016). Nele, foi feita uma projeção nacional até o ano de 2050 para o uso de gás natural. Como pode ser visto na Tabela 35, estima-se que o consumo do gás natural deva sofrer aumentos percentuais anuais até 2045, ano que irá atingir a taxa de 3,0%.

**Tabela 35. Projeção Nacional para o uso de Gás Natural.**

ktep	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Gás natural</b>	18.765	19.346	21.462	23.983	27.811	32.488	37.742	43.013
<b>Taxa de crescimento ao ano no período [%]</b>	-	0,6%	2,1%	2,2%	3,0%	3,2%	3,0%	2,6%
<b>Taxa de crescimento por período [%]</b>	-	3%	11%	12%	16%	17%	16%	14%

Fonte: (PEREIRA JR; WEISS, 2016).

Para projeção do consumo de energia para cocção, portanto, foi considerado o aumento no consumo de gás natural seguindo a taxa de crescimento projetado pela PBGás até 2024 e pela Projeção Nacional a partir de 2025. O percentual de crescimento na utilização de gás natural resultante pode ser observado na Tabela 36.

**Tabela 36. Percentual de utilização de Gás Natural em domicílios.**

2020	2030	2040	2050
12,1%	17,3%	19,4%	22,4%

Fonte: Elaboração Própria a partir de (PBGÁS, 2019) e (PEREIRA JR; WEISS, 2016).

#### 4.1.3 Iluminação Pública

Para a projeção do cenário planejado da iluminação pública de João Pessoa, levou-se em consideração que devido à redução dos custos de investimento, à elevada eficácia luminosa e à maior vida útil das luminárias LED, cidades grandes tendem a implementar projetos de iluminação LED com maior expressividade até o ano de 2024 (BOMBANA, 2017). Neste sentido, levando em consideração o número de pontos de iluminação já substituídos por LED em 2020, projetou-se uma substituição linear dos pontos de iluminação pública por lâmpadas LED, alcançando 100% dos pontos de luz de João Pessoa em 2030.

## 4.2 SETOR DE TRANSPORTE

Esta seção apresenta a metodologia utilizada na elaboração do cenário Planejado, que considera as ações e políticas existentes e previstas para o setor no que tange à mobilidade urbana. A partir da distribuição modal e do uso de combustível em cada modo de transporte no ano-base (seções 3.4.2 e 3.4.3), foram utilizadas referências específicas sobre João Pessoa e de abrangência nacional para estimar a variação de ambos os fatores ao longo do tempo, além do crescimento do número de viagens, até o horizonte temporal de 2050. Ressalta-se que foram feitas algumas simplificações nas análises tendo em vista a complexidade do tema, de forma que é recomendável que, no futuro, os cálculos sejam aprimorados a partir de informações mais detalhadas e específicas da cidade de João Pessoa.

As principais políticas, programas e estudos utilizados como referência para a cidade são listados a seguir:

- Plano Diretor de Mobilidade Urbana da Microrregião de João Pessoa: Consolidação do Diagnóstico da Mobilidade (PMJP, 2020a);
- Plano Diretor de Mobilidade Urbana da Microrregião de João Pessoa: Consolidação do Prognóstico da Mobilidade (PMJP, 2020b);
- Cenário de Emissão de GEE – 2050 - Setor de Transportes (Projeto IES Brasil – 2050) (D'AGOSTO; GONÇALVES; OLIVEIRA, 2018);
- Modelagem Setorial de Opções de Baixo Carbono para o Setor de Transportes (BRASIL/MCTIC; ONU MEIO AMBIENTE, 2017);
- Revisão do Plano Diretor Municipal (PMJP, 2022).

### 4.2.1 Mobilidade

#### 4.2.1.1 Crescimento do número de viagens

O crescimento no número total de viagens se baseou no Prognóstico da Mobilidade, realizado no contexto do Plano Diretor de Mobilidade Urbana (PDMU) da Microrregião de João Pessoa. Para a estimativa do número de viagens em 2028 e 2038, foi adotado o cenário induzido, que contempla ações do poder público para o reordenamento territorial, contendo a expansão urbana e fomentando novas centralidades. Os valores de referência utilizados são apresentados na Tabela 23, na seção 3.4.1, sendo que os anos intermediários foram estimados por

interpolação linear e, após o ano de 2038, foi mantida a mesma taxa de crescimento do período anterior (2028-2038).

#### 4.2.1.2 *Projeção da Distribuição Modal*

Para a estimativa da projeção da distribuição modal no cenário planejado, foram consideradas as propostas de ação da versão preliminar do Sumário Executivo do Plano Diretor de Mobilidade Urbana (PDMU) de João Pessoa. Em reunião com representantes da Superintendência Executiva de Mobilidade Urbana (SEMOB) no dia 16/03/2022, foram apresentados os eixos temáticos de ação e os indicadores associados a cada um deles, incluindo metas de participação modal do transporte ativo, coletivo e individual na Microrregião de João Pessoa para os anos de 2023, 2028 e 2038. Cabe destacar que essas metas são preliminares e ainda não foram aprovadas e publicadas em documento oficial, servindo apenas de referência para a construção deste cenário de emissões.

Uma vez que as propostas do PDMU se referem à Microrregião, que inclui outros municípios, foi necessário ajustar os valores ao município de João Pessoa. Para isso, foram aplicadas sobre a distribuição modal no ano-base (Tabela 24) as mesmas taxas de crescimento previstas no PDMU para os intervalos de 2023-2028 e 2028-2038, considerando que não houve variação entre 2018 e 2023. Os valores intermediários foram estimados por meio de interpolação linear e assumiu-se como premissa que não haveria variação no intervalo de 2038 a 2050, período que está fora do horizonte planejado. Os resultados das estimativas para os anos de 2023, 2028 e 2038 são apresentados na Tabela 37.

**Tabela 37. Projeção da distribuição das viagens por modo de transporte na cidade de João Pessoa.**

Classe	Modo de Transporte	Divisão modal (%)		
		2023	2028	2038
TA	A pé	23,0%	23,8%	25,5%
TA	Bicicleta	2,7%	5,3%	8,0%
TC	Ônibus	21,9%	24,5%	26,3%
TC	Alternativo	0,9%	0,9%	0,9%
TC	Veículo Fretado	1,6%	1,6%	1,6%
TC	Trem CBTU	0,0%	0,0%	0,0%
TC	Balsa	0,0%	0,0%	0,0%
TI	Carro - Condutor de Automóvel	24,1%	20,4%	16,6%
TI	Carro - Passageiro de Automóvel	13,2%	11,2%	9,1%
TI	Moto	9,7%	8,2%	6,7%
TI	Uber	1,7%	1,7%	1,7%
TI	Táxi	0,4%	0,4%	0,4%

Classe	Modo de Transporte	Divisão modal (%)		
		2023	2028	2038
TI	Caminhão	0,1%	0,1%	0,1%
TI	Outros	0,6%	0,6%	0,6%
<b>Total</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaboração própria com base na Pesquisa Origem-Destino 2018 e no Prognóstico da Mobilidade (PMJP, 2020a, 2020b) e reunião com a SEMOB no dia 16/03/2022.

#### 4.2.2 Mudanças Tecnológicas

O Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas (Centro CLIMA) do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) realizou estudos técnicos setoriais para a construção de cenários nacionais de emissão de GEE com horizonte até 2050. Esses estudos, finalizados em 2018, fazem parte do Projeto Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Emissão de Gases de Efeito Estufa no Brasil até 2050 (Projeto IES) e foram usados para subsidiar o relatório Brasil Carbono Zero em 2050 (D'AGOSTO; GONÇALVES; OLIVEIRA, 2018).

Um dos estudos que compõem o Projeto IES é focado no setor de transportes e foi utilizado para estimar as tendências do cenário planejado do município de João Pessoa. As mudanças tecnológicas no setor de transportes, tais como a eficiência energética e a substituição de combustíveis, não são necessariamente fruto de mudanças locais, mas principalmente motivadas por tendências nacionais e internacionais, especialmente devido a mudanças de mercado e determinação de investimentos conforme estratégias energéticas nacionais.

Para a mudança de combustível, o Projeto IES estimou a projeção do tipo de combustível por tipo de veículo em 2050 conforme Tabela 38. Essa projeção contribuiu para as premissas que deram origem à projeção da divisão dos combustíveis no cenário planejado de João Pessoa em 2050.

**Tabela 38. Caracterização da frota rodoviária por tipo de veículo e combustível em 2050.**

Tipo de veículo	Gasolina	Etanol	Flex	Híbridos	Elétricos	Diesel
Automóveis	0,34%	0,01%	27,85%	62,17%	9,63%	-
Comerciais Leves	0,39%	0,00%	20,84%	48,24%	-	30,53%
Motocicletas	12,15%	-	25,97%	-	61,88%	-
Ônibus urbano	-	-	-	54,50%	6,23%	39,27%
Ônibus Rodoviário	-	-	-	-	-	100,00%
Ônibus Micro	-	-	-	-	53,29%	46,71%
Caminhão Semileve	-	-	-	-	-	100,00%
Caminhão Leve	-	-	-	-	-	100,00%
Caminhão Médio	-	-	-	-	-	100,00%

Tipo de veículo	Gasolina	Etanol	Flex	Híbridos	Elétricos	Diesel
Caminhão Semipesado	-	-	-	-	-	100,00%
Caminhão Pesado	-	-	-	-	-	100,00%

Fonte: D'AGOSTO; GONÇALVES; OLIVEIRA (2018).

Além do Projeto IES, outras premissas também foram consideradas na elaboração do cenário planejado, as quais serão detalhadas na sequência.

#### 4.2.2.1 Distribuição de Combustível entre Veículos Flex e Híbridos

Segundo a publicação Modelagem Setorial de Opções de Baixo Carbono para o Setor de Transportes (BRASIL/MCTIC; ONU MEIO AMBIENTE, 2017), espera-se que, em veículos *flex*, o consumo de etanol seja mantido em 36% até 2050. Para veículos híbridos (elétrico-etanol e elétrico-diesel), foi considerado que estes terão como perfil de consumo 50% de eletricidade e 50% de combustível (Tabela 39).

**Tabela 39. Distribuição de combustíveis em veículos flex e híbridos para o cenário planejado.**

Veículo	Combustível	2024	2032	2049
Flex-fuel	Gasolina	64%	64%	64%
	Etanol	36%	36%	36%
Híbrido etanol - elétrico	Eletricidade	50%	50%	50%
	Etanol	50%	50%	50%
Híbrido diesel - elétrico	Eletricidade	50%	50%	50%
	Diesel	50%	50%	50%

Fonte: Elaboração própria com base em BRASIL/MCTIC e ONU MEIO AMBIENTE (2017).

#### 4.2.2.2 Projeção do Consumo de GNV para Táxi e Uber

Para veículos movidos a gás natural veicular (GNV), foi considerado que a taxa de proporção de veículos circulando com esse combustível se manteria constante por todo o horizonte temporal até 2050, de acordo valor estimado para o ano-base (2020). Ademais, foi considerado que apenas os veículos do tipo táxi e Uber utilizariam GNV, de forma que este combustível não foi considerado para o restante da frota.

#### 4.2.2.3 Mudanças Tecnológicas - Resultado Consolidado

Considerando as premissas supracitadas, a projeção para os anos entre o intervalo do ano base (2020) e o ano previsto (2050) foi realizada a partir de interpolação linear entre os cenários atual e futuro. Assim, a distribuição de combustível por modal para estes dois anos de referência está apresentada na Tabela 40 a seguir.

**Tabela 40. Distribuição do combustível utilizado por modo de transporte para o cenário planejado.**

Modo de Transporte	Combustível	2020	2050
Carro - Condutor de Automóvel	Gasolina (27%)	75%	18%
Carro - Condutor de Automóvel	Etanol	25%	41%
Carro - Condutor de Automóvel	GNV	0%	0%
Carro - Condutor de Automóvel	Eletricidade	0%	41%
Carro - Passageiro de Automóvel	Gasolina (27%)	75%	18%
Carro - Passageiro de Automóvel	Etanol	25%	41%
Carro - Passageiro de Automóvel	GNV	0%	0%
Carro - Passageiro de Automóvel	Eletricidade	0%	41%
Táxi	Gasolina (27%)	40%	10%
Táxi	Etanol	13%	22%
Táxi	GNV	47%	47%
Táxi	Eletricidade	0%	22%
Uber	Gasolina (27%)	40%	10%
Uber	Etanol	13%	22%
Uber	GNV	47%	47%
Uber	Eletricidade	0%	22%
Moto	Gasolina (27%)	100%	38%
Moto	Eletricidade	0%	62%
Ônibus	Diesel	100%	67%
Ônibus	Eletricidade	0%	33%
Alternativa	Diesel	100%	47%
Alternativa	Eletricidade	0%	53%
Veículo Fretado	Diesel	100%	47%
Veículo Fretado	Eletricidade	0%	53%
Caminhão	Diesel	100%	100%
Trem CBTU	Diesel	100%	100%

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.3 SETOR DE RESÍDUOS

A metodologia utilizada para o cenário planejado seguiu as diretrizes, programas e metas dos planos dos respectivos subsetores de resíduos e efluentes sanitários: O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMJP, 2014) e o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMJP, 2015).

O subsetor de Resíduos Sólidos, no ano de 2020, caracterizou-se por cerca de 99,8% dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) encaminhados para o Aterro Sanitário Metropolitano, e cerca de 0,2% para reciclagem. Os principais projetos em estudo ou em desenvolvimento na cidade são o estudo de áreas para usinas de aproveitamento térmico de resíduos e a implantação de um pátio de compostagem. Há também metas para melhoria da coleta seletiva, que estão inclusas no Programa de Coleta Seletiva do município (João Pessoa Recicla), e preveem a construção de novos galpões e melhorias no processo de logística da entrada de resíduos.

Em relação ao tratamento de efluentes líquidos domésticos, a cidade apresentava cerca de 82% da população alcançada pela coleta e tratamento, majoritariamente da área urbana. O tratamento é feito por duas estações de Tratamento: ETE Roger, situada a noroeste do município, que atende aproximadamente 70% da população e a ETE Mangabeira, situada na região sul, e que atende o restante da população.

As principais políticas, programas e estudos utilizados como referência para a cidade são listados a seguir:

- Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS (PMJP, 2014);
- Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 2014);
- Plano Nacional de Resíduos Sólidos (MMA, 2012);
- Política Nacional de Saneamento Básico - Lei Nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007);
- Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa – PMSB-JP (PMJP, 2015);
- Plano Nacional de Saneamento Básico – Versão Revisada (MDR, 2019);
- Revisão do Plano Diretor Municipal (PMJP, 2022).

Os tópicos a seguir se destinam a apresentar como as principais metas e objetivos das políticas e programas elencados impactarão quantitativamente o cenário Planejado da cidade de João Pessoa.

#### 4.3.1 Recuperação de Resíduos Secos

O desvio de resíduos secos dispostos no aterro sanitário foi estimado a partir da meta apresentada no PMGIRS (PMJP, 2014), a qual faz parte do Programa 3 – Universalização da coleta, e da Diretriz Geral 3 – Atendimento à 100% da população urbana e rural com coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD). Uma das metas deste Programa é reduzir em 25% o total de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) secos dispostos no aterro sanitário até 2034, em comparação ao total de resíduos de 2014.

Considerando-se a taxa de desvio de RSU secos do aterro de 25%, até 2034, e aliando-se aos demais programas da cidade, que preveem capacitação de cooperativas de catadores e

implantação de seis unidades de triagem no município (PMJP, 2014), estima-se que a cidade pode atingir a taxa de 30% de recuperação de secos até 2050. A

Tabela 41 apresenta os resultados consolidados de taxa de desvio de resíduos secos do aterro no Cenário Planejado.

**Tabela 41. Taxa de desvio de resíduos secos do aterro (Cenário Planejado).**

Tipo de tratamento/destinação	2030	2040	2050
Reciclagem	24%	25%	30%
Aterro sanitário	76%	75%	70%

Fonte: Elaboração própria a partir de (EMLUR, 2019).

Por meio do Estudo da Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares da cidade de João Pessoa (EMLUR, 2019), tem-se que 29% dos resíduos enviados ao Aterro Metropolitano, advindos do município, são secos (Tabela 42). Os resíduos secos constituem-se em 19% de plásticos, 5% papel e papelão, 2% de madeira, 2% de vidro e 1% metais diversos (EMLUR, 2019).

**Tabela 42. Composição gravimétrica dos resíduos de João Pessoa.**

Composição Gravimétrica	%
Matéria orgânica	60
Papel	2
Papelão	3
Plásticos	19
Madeira	2
Metais diversos	1
Vidros	2
Outros (rejeitos)	11

Fonte: Elaboração própria a partir de (EMLUR, 2019).

Considerando-se que a maior parte dos resíduos secos são constituídos por papel, papelão e plástico, adotou-se uma taxa de recuperação destes materiais proporcional à quantidade enviada ao aterro. Os resultados da compilação das hipóteses para desvio de plásticos e papel e papelão estão apresentados na Tabela 43.

**Tabela 43. Taxas de recuperação de plástico, papelão e papel (Cenário Planejado).**

Tipo de material recuperado	2030	2040	2050
Fração de plástico recuperada	19,0%	19,80%	23,75%
Fração de papel e papelão recuperada	5,0%	5,20%	6,25%

Fonte: Elaboração própria.

É importante ressaltar que para este estudo foi considerada a manutenção do Aterro Sanitário atual para destinação de parte dos resíduos sólidos, sem estimar a construção de um novo aterro. Esta premissa foi estabelecida após a reunião com a EMLUR, realizada no dia 17/03/2022, e após a Oficina Técnica de Cenários, realizada no dia 29/03/2022, em que foi

citado um estudo que visa aumentar a vida útil do aterro. Além disso, os técnicos citaram que o encerramento da concessão atual do aterro ocorrerá no ano de 2023, com possibilidade de renovação por mais cinco anos.

#### 4.3.2 Tratamento da Fração Orgânica

A projeção de tratamento da fração orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) foi estimada a partir da meta apresentada no PMGIRS (PMJP, 2014), a qual faz parte do Programa 8 – Coleta Úmidos, e da Diretriz Geral 8 – Redução da quantidade de resíduos sólidos dispostos em aterro sanitário. Uma das metas deste Programa é destinar 50% dos resíduos úmidos aos pátios de compostagem até 2034, iniciando-se no ano de 2015. Este Programa também prevê a readequação do projeto de pátio de compostagem no Aterro Sanitário, capacitação de catadores para operação no pátio e implantação de unidades de triagem no município.

A meta de compostagem foi conectada à meta do Programa 3, que prevê redução de 50% do total de RSU dispostos no aterro até 2034, em comparação ao ano de 2014. Em reunião com os representantes da EMLUR, foi informado que a digestão anaeróbia ainda é um tratamento que vem sendo recém estudado no município para implantação. Sendo assim, estabeleceu-se para o Cenário Planejado a premissa de que todos os resíduos desviados do aterro serão tratados por meio de compostagem, sendo que 60% dos resíduos encaminhados ao aterro são úmidos (EMLUR, 2019). As taxas de desvio dos resíduos úmidos do aterro e encaminhamento para a compostagem do Cenário Planejado estão apresentadas na Tabela 44.

**Tabela 44. Taxas de aplicação de compostagem para os resíduos úmidos (Cenário Planejado).**

Tipo de tratamento/destinação	2030	2040	2050
Compostagem	40%	50%	50%
Aterro sanitário	40%	50%	50%

Fonte: Elaboração própria a partir de (PMJP, 2014).

Por fim, cabe destacar que não foram obtidas informações quantitativas em relação ao tratamento dos diferentes tipos de resíduos orgânicos, sendo adotadas as mesmas projeções para resíduos alimentares e de poda.

#### 4.3.3 Captura de Biogás do Aterro

Em reunião com a EMLUR, foi informada que o aterro de João Pessoa possui um projeto de recuperação de biogás e geração de energia submetido ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL (*Clean Development Mechanism – CDM*) (RUMOS CONSTRUÇÕES AMBIENTAIS;

ECOENERGY; EDF TRADING, 2019). No entanto, o projeto encontra-se em etapas iniciais e não foi possível obter dados precisos sobre a recuperação de biogás e por isso, para o Cenário Planejado não foram consideradas premissas de recuperação do biogás no aterro.

#### 4.3.4 Efluentes domésticos e tipos de tratamento adotados

Os objetivos específicos relacionados ao setor de esgotamento sanitário de João Pessoa estão em consonância com a Política Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2007), sendo o principal deles a universalização dos serviços. Para o subsetor de tratamento de efluentes, prevê-se a ampliação do atendimento para 100% (PMJP, 2015) até 2037, com marco intermediário em 2029 de 70% e 90% da população rural e urbana abastecidas, respectivamente.

O atual sistema de coleta e tratamento de efluentes alcançava, em 2020, 82% da população rural e urbana do município de João Pessoa (SNIS, 2021), ou seja, já houve avanço desde a publicação do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) em 2015. Neste contexto, as metas do PMSB foram atualizadas considerando os marcos temporais dos cenários, conforme Tabela 45. Foi feita uma média do atendimento considerando os marcos em 2030 da população rural e urbana.

**Tabela 45. Taxas de universalização do tratamento de esgotos em João Pessoa (Cenário Planejado).**

Tipo de tratamento/destinação	2030	2040	2050
População atendida pela coleta e tratamento (%)	89,9%	100%	100%
População não atendida pela coleta e tratamento (%)	10,1%	0%	0%

Fonte: Elaboração própria a partir de (PMJP, 2015).

Além da universalização, considerou-se que as obras de melhorias no sistema de esgotamento sanitário previstas no Plano de Saneamento Básico e nas condições operacionais das ETE's serão realizadas. Desta forma, considerou-se no Cenário Planejado a manutenção dos mesmos sistemas de lagoas anaeróbias existente em 2020, que consiste em 70% da população atendida pelo Polo de Tratamento do Baixo Paraíba (ETE Roger) e 30% pela Estação de Tratamento de Esgotos de Mangabeira (ETE Mangabeira).

## 5. METODOLOGIA – CENÁRIO AMBICIOSO

Para a construção do Cenário Ambicioso, além de considerar as premissas do cenário Planejado, são consideradas ações e políticas públicas voltadas para a mitigação de emissões com maior ambição climática. As estratégias consideradas devem ser condizentes com o contexto da cidade tendo em vista limitações tecnológicas, orçamentária, de poderes, entre outras.

Nesta seção são apresentadas as principais premissas levadas em consideração na elaboração do cenário Ambicioso almejando a máxima redução de emissões.

### 5.1 SETOR DE ENERGIA ESTACIONÁRIA

#### 5.1.1 Consumo de Energia Elétrica em Edificações

Para o setor comercial, industrial e poder público, assim como para os serviços públicos, a projeção do consumo de energia elétrica no cenário ambicioso levou em consideração a projeção do Ministério de Minas e Energia e da Empresa de Pesquisa Energética acerca dos ganhos com eficiência energética, por setor (BRASIL/MME, 2021b). Assim, foram incorporados também a redução do consumo de energia elétrica, devido à ganhos de eficiência energética.

**Tabela 46. Contribuição setorial para os ganhos de eficiência energética, por setor.**

Setor	Ganhos por eficiência energética [%]
Agropecuário	5%
Residencial	2%
Serviços	6%
Transporte	6%
Industrial	5%

Fonte: Elaboração própria a partir de (BRASIL/MME, 2021b).

#### 5.1.2 Geração Distribuída

Para o cenário ambicioso de geração distribuída, a cidade de João Pessoa tem como referência a meta arrojada da cidade de Salvador (PMS *et al.*, 2020). Assim, levando em consideração (i) o total de horas anual de insolação que João Pessoa recebe (FRANCISCO *et al.*, 2016); e (ii) o tamanho médio do sistema de geração de energia, obtido a partir de dados da ANEEL (2022), projetou-se a abrangência de estabelecimentos com Geração Distribuída em João pessoa, como mostrado na Tabela 47.

**Tabela 47. Projeção de estabelecimentos com Geração Distribuída em João Pessoa, por setor.**

Classe Consumo	2020	2030	2040	2050
Residencial	0,3%	5,0%	12,5%	20,0%
Comercial	0,9%	10,0%	20,0%	30,0%
Industrial	0,3%	5,0%	10,0%	15,0%

Fonte: Elaboração própria a partir de (PMS *et al.*, 2020).

### 5.1.3 Cocção

Assim como no cenário planejado, o Plano de Negócios e de Estratégia de Longo Prazo da PBGás (PBGÁS, 2019) e o Estudo de Cenários de Mitigação de GEE do Setor Residencial do Projeto IES (PEREIRA JR; WEISS, 2016) auxiliou na projeção do consumo de gás natural para cocção no cenário ambicioso. Segundo o documento, a Companhia Paraibana de Gás tem uma meta mais agressiva de atender aproximadamente 3.000 novos consumidores residenciais por ano até 2024. A partir desse ano a projeção foi feita com base na projeção nacional para o uso de gás natural até o ano de 2050. Dessa forma, a Tabela 48 evidencia os percentuais de uso de gás natural para cocção em domicílios residenciais de João Pessoa.

**Tabela 48. Percentual do uso de GN em Domicílios residenciais.**

2020	2030	2040	2050
12,1%	18,3%	27,4%	27,6%

Fonte: Elaboração Própria a partir de (PBGÁS, 2019) e (PEREIRA JR; WEISS, 2016).

### 5.1.4 Iluminação Pública

Para a projeção do cenário ambicioso da iluminação pública de João Pessoa, levou-se em consideração as mesmas premissas utilizadas no cenário planejado. Assim, João Pessoa alcança a substituição de 100% dos pontos de iluminação pública por lâmpadas LED em 2030.

## 5.2 SETOR DE TRANSPORTE

### 5.2.1 Mobilidade

Para a elaboração do Cenário Ambicioso no que tange à mudança de modais de transporte, considerou-se a continuidade da tendência de transferência de transporte individual para coletivo e ativo após a concretização do Plano de Mobilidade em 2038. Em reunião com a SEMOB, algumas premissas foram discutidas de maneira preliminar de forma a orientar as discussões das próximas etapas do PLAC.

Acredita-se que, com investimentos em políticas públicas, com o Plano de Mobilidade e com a criação de um Plano Cicloviário para a cidade de João Pessoa, seja possível fomentar uma maior transferência modal. Além disso, foi discutida a importância de reestruturar o sistema de transporte coletivo com estratégias capazes de promover maior integração e confiabilidade no sistema para atrair mais passageiros.

As taxas de distribuição de cada modal foram ajustadas de maneira proporcional ao discutido com a SEMOB, adequando também o período entre 2038 (baseado no PDMU) e 2050 (premissas) por meio de interpolação linear. A Tabela 49 apresenta a distribuição de modos de transporte ativo (TA), coletivo (TC) e individual (TI) para os anos de 2020 (ano base), 2038 (término do período projetado no PDMU atual) e 2050 (término do horizonte temporal do plano de ação climática).

**Tabela 49. Distribuição das viagens por modo de transporte no Cenário Ambicioso na cidade de João Pessoa.**

Classe	Modo de Transporte	2020	2038	2050
TA	A pé	23,0%	26,1%	27,4%
TA	Bicicleta	2,7%	8,2%	8,6%
TC	Ônibus	21,7%	26,9%	31,0%
TC	Alternativo	0,9%	0,9%	0,9%
TC	Veículo Fretado	1,6%	1,6%	1,6%
TC	Trem CBTU	0%	0%	0%
TC	Balsa	0%	0%	0%
TI	Carro - Condutor de Automóvel	24,2%	17,0%	14,1%
TI	Carro - Passageiro de Automóvel	13,3%	9,3%	7,7%
TI	Moto	9,7%	6,8%	5,7%
TI	Uber	1,8%	1,8%	1,8%
TI	Táxi	0,4%	0,4%	0,4%
TI	Caminhão	0,1%	0,1%	0,1%
TI	Outros	0,6%	0,6%	0,6%

Fonte: Elaboração própria.

### 5.2.2 Mudanças tecnológicas

O cenário futuro de mudanças tecnológicas depende não apenas do que ocorre no município, mas também em escala nacional. Este tema também foi discutido de maneira preliminar em reunião com a SEMOB no que se refere à possibilidade da eletrificação da frota de ônibus na cidade. Neste tópico, considerou-se factível que, num cenário ambicioso, toda a frota de ônibus movida a diesel terá sido substituída até 2050, com 70% dos veículos híbridos e o restante

elétricos. Adotou-se os mesmos parâmetros para os modos Transporte Alternativo e Veículo Fretado.

No que tange ao transporte público, foram discutidas algumas estratégias que podem contribuir para as mudanças necessárias, incluindo a implantação dos sistemas de BRS planejados já com propulsão elétrica e a criação de infraestrutura de recarga que garanta a autonomia dos veículos no uso diário. Além disso, é importante elaborar um plano institucional capaz de orientar a estratégia, reforçando sua importância para outros aspectos da vida urbana, como saúde e bem-estar e qualidade do ar, além de uma legislação específica que crie o arcabouço legal necessário para garantir a transição tecnológica. Cabe destacar que essas ações foram levantadas de forma preliminar e ainda serão discutidas e validadas em etapas posteriores de construção do plano.

No entanto, para ir além e estabelecer premissas acerca da eletrificação não apenas de ônibus, também foram levantados estudos para obter tendências para a transição tecnológica de veículos de carga. Foi selecionado o estudo “O caminho da descarbonização do setor automotivo no Brasil”, publicado em 2021 pelo Boston Consulting Group para a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), que faz projeções da frota circulante de veículos leves e pesados para 2035, nos cenários inercial e de convergência global (BCG; ANFAVEA, 2021). Foram utilizados os dados deste último cenário, que considera que os veículos a propulsão elétrica atingirão em 2035 níveis de penetração similares aos da Europa em 2030, se aproximando de mercados mais avançados. Foram considerados apenas os dados para veículos pesados e foi feita uma extrapolação para o horizonte temporal de 2050, considerando que a tendência de crescimento entre 2030 e 2035 se manteria.

Assim como para o Cenário Planejado, a projeção para os anos entre o intervalo do ano base (2020) e o ano previsto (2050) foi realizada a partir de interpolação linear entre os cenários atual e futuro. A distribuição de combustível por modal para estes anos de referência está apresentada na Tabela 50.

**Tabela 50. Distribuição do combustível utilizado por modal de transporte para o cenário ambicioso.**

Distribuição Modal	Combustível	2020	2050
Carro - Condutor de Automóvel	Gasolina (27%)	75%	18%
Carro - Condutor de Automóvel	Etanol	25%	41%
Carro - Condutor de Automóvel	GNV	0%	0%
Carro - Condutor de Automóvel	Eletricidade	0%	41%
Carro - Passageiro de Automóvel	Gasolina (27%)	75%	18%
Carro - Passageiro de Automóvel	Etanol	25%	41%
Carro - Passageiro de Automóvel	GNV	0%	0%
Carro - Passageiro de Automóvel	Eletricidade	0%	41%
Táxi	Gasolina (27%)	40%	10%

Distribuição Modal	Combustível	2020	2050
Táxi	Etanol	13%	22%
Táxi	GNV	47%	47%
Táxi	Eletricidade	0%	22%
Uber	Gasolina (27%)	40%	10%
Uber	Etanol	13%	22%
Uber	GNV	47%	47%
Uber	Eletricidade	0%	22%
Moto	Gasolina (27%)	100%	38%
Moto	Eletricidade	0%	62%
Ônibus	Diesel	100%	35%
Ônibus	Eletricidade	0%	65%
Alternativa	Diesel	100%	35%
Alternativa	Eletricidade	0%	65%
Veículo Fretado	Diesel	100%	35%
Veículo Fretado	Eletricidade	0%	65%
Caminhão	Diesel	100%	43%
Caminhão	GNV	0%	19%
Caminhão	Eletricidade	0%	38%
Trem CBTU	Diesel	100%	100%

Fonte: Elaboração própria.

### 5.3 SETOR DE RESÍDUOS

Para o Cenário Ambicioso, estabeleceram-se premissas com base na literatura, em informações obtidas na reunião com técnico do município e na consulta de premissas ou metas adotadas por outros municípios em seus Planos de Ação Climática.

#### 5.3.1 Recuperação de Resíduos Secos

Para as taxas de recuperação de resíduos secos, buscaram-se estabelecer premissas que fossem coerentes com a atual recuperação de resíduos no município, que reciclou, em 2020, cerca de 0,5% dos resíduos secos. Adicionalmente, foram consultadas premissas e metas de reciclagem de outros municípios que publicaram seus Planos de Ação Climática. Para o município de São Paulo, as premissas do Cenário Ambicioso foram a reciclagem de 34% de todo o resíduo em papel e 25% de todo o resíduo de plásticos gerados até 2050, totalizando 59% de reciclagem de papel e plásticos (PMSP *et al.*, 2020). Para o município de Salvador, uma das metas de mitigação estabelecida no Plano foi de encaminhamento de aproximadamente 45% dos resíduos secos gerados para reciclagem, até 2032, chegando a 80% em 2049 (PMS *et al.*, 2020).

Considerando-se que as metas finais dos Planos são estabelecidas após consulta com diversos atores do município, decidiu-se considerar para João Pessoa, como premissa do Cenário Ambicioso, um desvio de 55% dos resíduos secos dispostos no aterro sanitário até 2050. Sendo

assim, até o ano de 2034 foi mantida a taxa de desvio de resíduos secos do Cenário Planejado, de 25%, e para os anos seguintes a taxa foi calculada por meio de interpolação linear considerando o horizonte para 2050.

Considerou-se, também, a implantação dos demais programas previstos pelo município de João Pessoa no Plano de Resíduos (PMJP, 2014), como a capacitação de cooperativas de catadores e implantação de seis unidades de triagem. A Tabela 51 apresenta os resultados consolidados de taxa de desvio de resíduos secos do aterro no Cenário Ambicioso.

**Tabela 51. Taxa de desvio de resíduos secos do aterro (Cenário Ambicioso).**

Tipo de tratamento/destinação	2030	2040	2050
Reciclagem	24%	34%	55%
Aterro sanitário	76%	66%	45%

Fonte: Elaboração própria.

É importante ressaltar que, assim como para o Cenário Planejado, neste estudo foi considerada a manutenção do Aterro Sanitário atual, sem estimar a construção de um novo aterro, baseando-se, portanto, nas mesmas premissas já apresentadas.

Com relação à composição dos resíduos sólidos, conforme mencionado no Cenário Planejado, a maior parte dos resíduos secos são constituídos por papel, papelão e plástico (Tabela 42). Assim, adotou-se uma taxa de recuperação destes materiais proporcional à quantidade enviada ao aterro. Os resultados da compilação das hipóteses para desvio de plásticos e papel e papelão estão apresentados na Tabela 52.

**Tabela 52. Taxas de recuperação de plástico, papel e papelão (Cenário Ambicioso).**

Tipo de material recuperado	2030	2040	2050
Fração de plástico recuperada	19,0%	26,90%	43,50%
Fração de papel e papelão recuperada	5,0%	7,10%	11,50%

Fonte: Elaboração própria.

### 5.3.2 Tratamento da Fração Orgânica

O tratamento da fração orgânica do Cenário Ambicioso seguiu as premissas estabelecidas no Cenário Planejado, por já se considerar ambiciosa para o município. Foram ainda consultadas metas de tratamento de resíduos orgânicos dos municípios de São Paulo e Salvador. A cidade de São Paulo estabeleceu, em seu Cenário Estendido – que possui metas mais ambiciosas que as do Cenário Ambicioso – o desvio de 66% de todo o resíduo alimentar destinado ao tratamento

em aterro (PMSP *et al.*, 2020), enquanto Salvador estabeleceu a meta de tratar 36% dos resíduos orgânicos até 2049 (PMS *et al.*, 2020).

Além da pesquisa de outras cidades, em reunião com os representantes da EMLUR, foi informado que a digestão anaeróbia é um tratamento que está ainda em estudos, e, por este motivo, não foi considerado neste Cenário. A própria compostagem foi apontada como uma iniciativa ainda pouco relevante no município, e dependente de ações paralelas como a educação ambiental da população para que ocorra a separação correta dos resíduos.

Neste contexto, para o Cenário Ambicioso, foi mantida a premissa de desvio de 50% dos resíduos do aterro sanitário para tratamento por compostagem, como no Cenário Planejado. As taxas de desvio dos resíduos úmidos do aterro e encaminhamento para a compostagem do Cenário Ambicioso estão apresentadas na Tabela 53.

**Tabela 53. Taxas de aplicação de compostagem para os resíduos úmidos (Cenário Ambicioso).**

Tipo de tratamento/destinação	2030	2040	2050
Compostagem	40%	50%	50%
Aterro sanitário	40%	50%	50%

Fonte: Elaboração própria a partir de (PMJP, 2014).

### 5.3.3 Captura de Biogás do Aterro

Em aterros sanitários, o biogás é denominado como gás de aterro. O principal componente do biogás é o metano, que pode atingir de 45% a 55% da composição, dependendo de variáveis como gravimetria dos resíduos, condições climática, aspectos técnicos e outras especificações (GIZ, 2017). Nos aterros, há diversas tecnologias para captação do biogás, o qual pode ser utilizado para queima ou aproveitamento energético.

Como já foi citado anteriormente, o aterro de João Pessoa possui um projeto de recuperação de biogás e geração de energia submetido ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL (*Clean Development Mechanism – CDM*) (RUMOS CONSTRUÇÕES AMBIENTAIS; ECOENERGY; EDF TRADING, 2019). No entanto, o projeto encontra-se em etapas iniciais e não foi possível obter dados precisos sobre a recuperação de biogás. Desta forma, foram consultados dados de literatura para estabelecer as premissas de eficiência de recuperação no período contemplado pelos cenários.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency – EPA*) estima que as eficiências de coleta de biogás variam de 60 a 95%, a depender do tipo de cobertura do aterro (Tabela 54). No entanto, em países em desenvolvimento, muitos aterros

sanitários com sistemas de captura de biogás atingem uma taxa de captura de aproximadamente 50%, devido à redução de padrões técnicos e limitações de custos (GIZ, 2017).

**Tabela 54. Valores padrão de eficiência de coleta de biogás em aterros sanitários.**

Descrição	Eficiência de coleta de biogás de aterro
A1: Área sem disposição de resíduos	Não aplicável
A2: Área sem coleta ativa de biogás, independentemente do tipo de cobertura	CE2: 0%
A3: Área com cobertura diária e coleta ativa de biogás	CE3: 60%
A4: Área com cobertura intermediária, ou uma cobertura final que não atinge os parâmetros da A5. Além de possuir coleta ativa de biogás	CE4: 75%
A5: Área com cobertura final de cerca de 1 metro de argila e/ou sistema de geomembranas. Além da coleta ativa de biogás	CE5: 95%

Fonte: (EPA, 2010).

Legenda: A: Área (Area); CE – Eficiência de Coleta (Collection Efficiency).

Quanto ao aproveitamento energético dos gases gerados em aterros, o Plano Estadual de Resíduos Sólidos da Paraíba (PARAÍBA, 2014) estabeleceu a meta de 70% de aproveitamento no ano de 2024, alcançando 100% em 2034 (Tabela 55).

**Tabela 55. Metas de aproveitamento energético do Plano Estadual de Resíduos Sólidos da Paraíba.**

METAS	Emergencial	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
	2014	2015-2018	2018-2024	2024-2034
MG5: Aproveitamento energético dos gases gerados em aterros sanitários e lixões em recuperações, sempre que viável técnica e economicamente	10%	30%	70%	100%

Fonte: (PARAÍBA, 2014)

Considerando-se as metas do Plano Estadual, pode-se considerar que até 2034 haverá 100% de aproveitamento energético dos gases gerados em aterro. Com base nas eficiências de captura de biogás de aterro apresentadas pela EPA e a média para países em desenvolvimento de 50%, optou-se por uma premissa média de 65% de captura de biogás até 2050 (Tabela 56). Os percentuais de eficiência para os anos intermediários foram obtidos por interpolação linear, partindo-se de um valor de 0% em 2020.

**Tabela 56. Premissa de eficiência de captura de biogás de aterro em João Pessoa.**

Ano	2030	2040	2050
Captura de biogás de aterro	36%	50%	65%

Fonte: Elaboração própria.

#### 5.3.4 Efluentes domésticos e tipos de tratamento adotados

Do mesmo modo que o Cenário Planejado, foram mantidas as premissas de universalização do tratamento de esgotos no município de João Pessoa, que se constitui de 100% da população atendida por coleta e tratamento de esgotos até 2037 (PMJP, 2015). Além da universalização, foram consideradas as obras de melhorias no sistema de esgotamento sanitário previstas no Plano de Saneamento Básico e nas condições operacionais das ETE's.

Uma vez que os atuais métodos de tratamento de efluentes em João Pessoa constituem-se de lagoas anaeróbias, as quais resultam em maiores emissões do que outros tipos de tratamento, como os aeróbios (IPCC, 2019), foram estabelecidas novas premissas para o Cenário Ambicioso. Estas premissas basearam-se em duas possibilidades para o município: troca de parte do tratamento por um sistema aeróbio e recuperação de biogás nas lagoas anaeróbias já existentes.

Para determinação das taxas de aproveitamento de biogás, foi consultado o Guia Técnico de Aproveitamento Energético de Biogás em Estações de Tratamento de Esgoto (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2015). Em estudos apontados no documento, ETE's concebidas para atender entre 100.000 e 200.000 habitantes teriam condições de usar o biogás para a geração de calor e eletricidade com taxas internas de retorno entre 8 e 25%, que podem alcançar até 80% em ETE's de população entre 200.000 e 450.000 habitantes.

Ressalta-se que o município de João Pessoa é atendido por duas estações de tratamento: 70% da população é atendida pelo Polo de Tratamento do Baixo Paraíba (ETE Roger) e 30% pela Estação de Tratamento de Esgotos de Mangabeira (ETE Mangabeira). Sendo assim, o município pode avaliar onde será possível a implementação de um sistema de captura de biogás, ou em caso de construção de uma nova ETE, adotar um tratamento aeróbico.

Desta forma, buscando-se uma premissa mais conservadora e baseada nas taxas e considerações acima, a meta estabelecida para recuperação de biogás em Estações de Tratamento de Esgoto ou migração para um sistema aeróbio ficou em 25% até o ano de 2050, conforme apresentado na Tabela 57.

**Tabela 57. Premissa de recuperação de biogás em ETEs ou migração para sistema aeróbio.**

Ano	2030	2040	2050
% Recuperação de biogás ou de sistema aeróbio	5%	15%	25%

Fonte: Elaboração própria.

## 6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A criação de cenários teve como objetivo estimar as emissões de GEE futuras no município de João Pessoa. Essa estimativa buscou prever o comportamento das emissões em um determinado período, entre 2020 e 2050, de acordo com as premissas adotadas em cada cenário.

Os cenários de emissões devem ser condizentes com políticas públicas e investimentos a partir de um planejamento baseado em evidências, além de refletir um estado plausível do mundo futuro. Assim foram criados 3 cenários: o Cenário BAU, o Cenário Planejado e o Cenário Ambicioso. O cenário BAU representa o cenário de emissões sem considerar qualquer medida capaz de reduzir as emissões da cidade, buscando-se evitar que alguma medida de mitigação tenha seu efeito superestimado. É um cenário conservador criado a partir do inventário de João Pessoa e complementado com os dados de crescimento populacional e econômico projetados para o período, além de algumas variáveis específicas por setor detalhadas no item 3.1. Como resultado, de acordo com a Figura 8, o Cenário BAU apontou aumento de GEE em todos os setores avaliados, sendo 44% de aumento no setor de Transporte — apontado como o mais impactante no inventário de 2020 —, 50% no setor de Energia Estacionária e chegando a 78% de aumento no setor de Resíduos. O aumento geral no ano de 2050 em relação ao ano de 2020 foi de 58%.

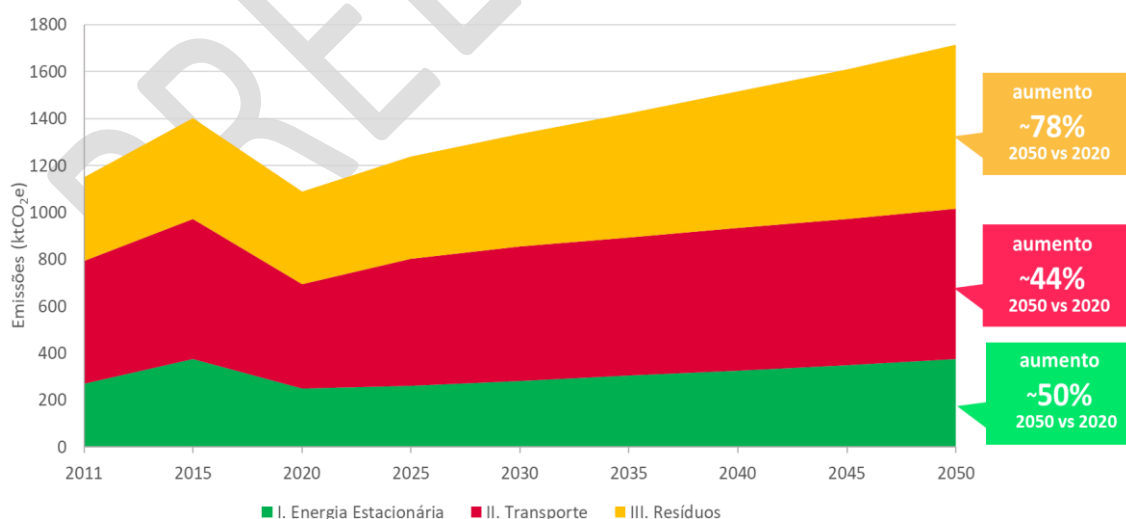
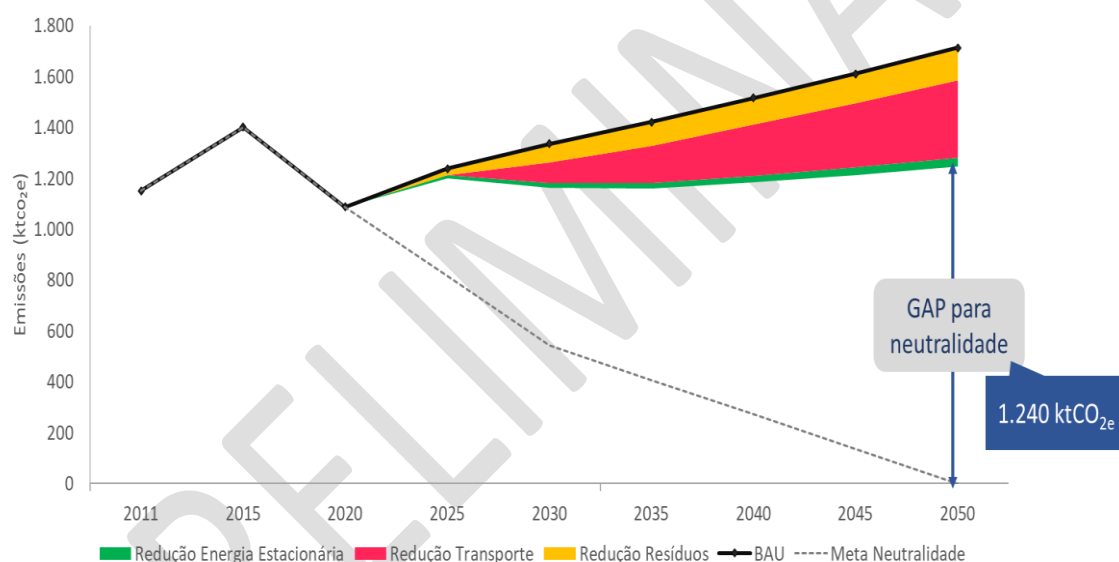


Figura 8. Resultados do cenário BAU.

Fonte: Elaboração própria.

Após a criação do Cenário BAU, foram analisados planos, políticas e tendências para a elaboração do Cenário Planejado, incluindo pesquisa de políticas e ações em planos municipais, estaduais ou federais, além de tendências de mercado. Assim, foram consideradas, além das informações do BAU, ações existentes ou previstas que têm capacidade de mitigar GEE em João Pessoa. As premissas do Cenário Planejado foram validadas e complementadas em reunião com representantes do poder público de cada setor avaliado. Os resultados estão apresentados na Figura 9, com destaque para a redução de emissões de cada setor em relação ao Cenário BAU no horizonte temporal avaliado. Verifica-se que as ações previstas são capazes de contribuir muito para a redução de GEE em comparação com a previsão do Cenário BAU, especialmente o setor de transportes. No entanto, ainda assim há um aumento geral de 15% das emissões no ano de 2050 em relação ao ano de 2020.

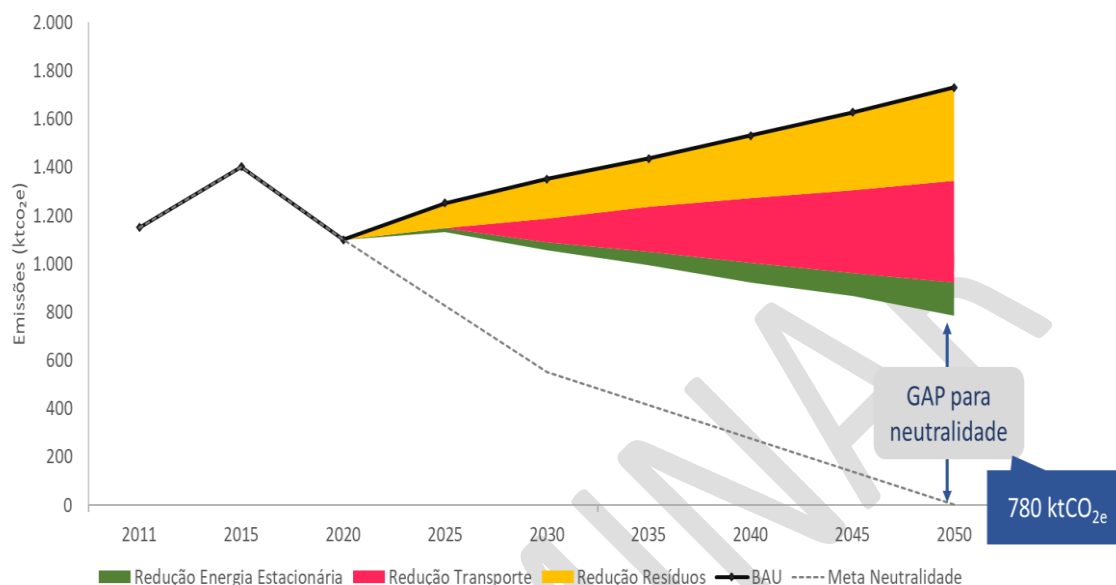


**Figura 9. Resultados do Cenário Planejado.**

Fonte: Elaboração própria.

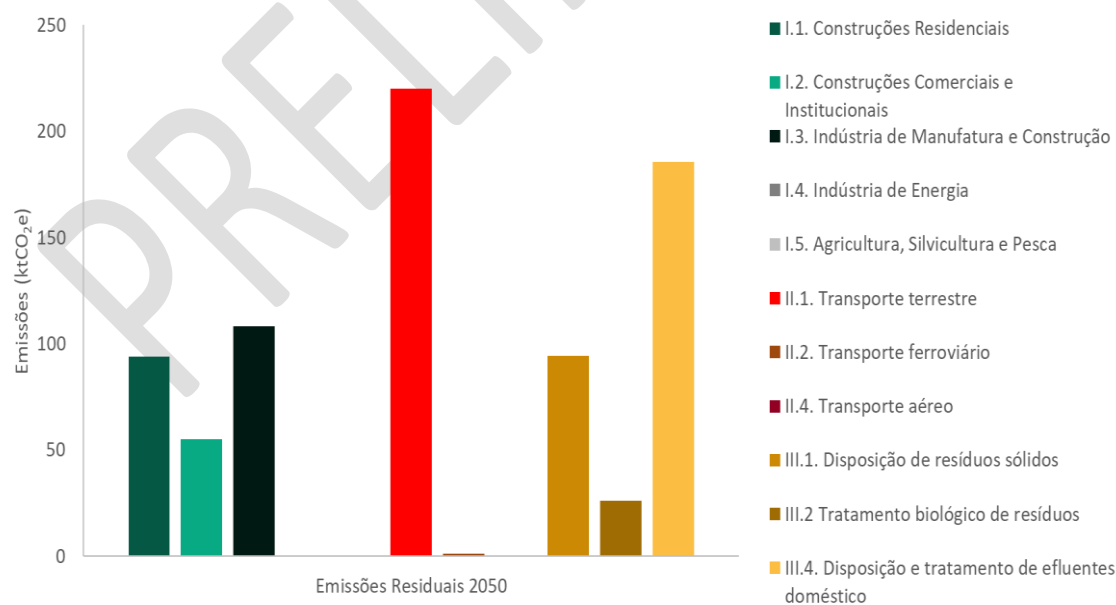
Dessa forma, a lacuna para redução de emissões em busca da neutralidade climática é bastante substancial, da ordem de 1.240 kt CO<sub>2e</sub> em 2050. Neste contexto, deu-se início à elaboração do Cenário Ambicioso — aquele que visa a máxima redução de emissões. Este cenário se baseia no Cenário Planejado e inclui também estratégias e ações que a equipe da cidade julga ambiciosas e realizáveis. A elaboração do horizonte ambicioso deve responder a algumas perguntas-chave: A cidade ou outro local relevante parceiro tem a autoridade necessária para executar as ações? A cidade terá recursos para alcançar o futuro almejado? Existe evidência de mercado ou transformação que permitirá isso acontecer? Isso significa que a criação do Cenário Ambicioso deve contemplar uma situação factível considerando a realidade da cidade.

Os resultados das emissões de GEE na cidade de João Pessoa entre 2020 e 2050 estão apresentados na Figura 10, com 30% de redução de emissões ao fim do período avaliado. Na sequência, a Figura 11 apresenta as emissões residuais deste cenário, ou seja, quais os principais processos responsáveis pelos GEE remanescentes.



**Figura 10. Resultados do Cenário Ambicioso.**

Fonte: Elaboração própria.



**Figura 11. Emissões residuais do Cenário Ambicioso.**

Fonte: Elaboração própria.

É importante destacar que o Cenário Ambicioso aqui apresentado ainda é uma proposta preliminar que compõe o exercício de direcionar o quanto é possível ir além do Cenário

Planejado na redução das emissões. Uma análise mais criteriosa da Figura 11 permite observar que a principal atividade emissora remanescente permanece o transporte terrestre. Este ponto é bastante sensível pois esbarra em questões culturais relacionadas à posse de veículo próprio, mas que pode ser trabalhada no longo prazo. Na sequência, as emissões do tratamento de efluentes são bastante significativas, e é possível pensar em maneiras de redução que passem pelo aumento da captação do biogás ou do tratamento aeróbio de efluentes no município de João Pessoa. Quanto aos resíduos sólidos, ainda há espaço para reduzir a destinação de resíduos secos para o aterro e incrementar a destinação da porção úmida para compostagem. Por fim, as emissões de energia estacionária passam pelas emissões da matriz energética brasileira, cuja atuação está fora do poder da cidade.

Os resultados dos cenários irão apoiar nas próximas etapas do desenvolvimento do Plano de Ação Climática de João Pessoa. Dessa forma, os cenários devem ser analisados como um direcionador para entender as oportunidades e desafios de redução de GEE para atingir o objetivo de neutralidade e as emissões residuais como subsídio sólido para discutir as ações de maneira embasada e assertiva. Em etapas futuras, esses cenários podem ser refinados visando suprir as lacunas aqui apresentadas.

## 7. CONCLUSÕES

Elaborar cenários não se trata de fazer previsões, mas sim um exercício para identificar os efeitos das ações planejadas e daquelas que ainda estão em discussão nas emissões futuras da cidade. A construção dos cenários BAU, Planejado e Ambicioso permite assim avaliar caminhos possíveis e entender onde a cidade pode chegar em relação às emissões de GEE, a depender da trajetória perseguida.

Os resultados do cenário Ambicioso mostram que, mesmo adotando premissas mais positivas, ainda existe uma grande lacuna de emissões a serem mitigadas para atingir a neutralidade em 2050. O desafio é significativo, mas isso não deve ser encarado como uma barreira para a concretização dos objetivos do Plano de Ação Climática de João Pessoa, e sim como um elemento motivador para que prefeitura, em parceria com a sociedade civil, a academia e o setor privado, se engajem de forma profunda nos próximos passos da construção do plano.

Olhar para o futuro almejado é essencial para compreender melhor o presente e, a partir daí, construir alternativas de mitigação viáveis e efetivas, priorizando as medidas que gerem um maior impacto positivo para a cidade. Ao analisar as emissões residuais, é possível identificar com maior clareza os desafios e oportunidades de mitigação, ajudando a construir uma abordagem mais estratégica na discussão de ações.

Em conjunto com o inventário de emissões, a pegada hídrica e a análise de riscos climáticos (Produto 04 em elaboração), este relatório faz parte dos documentos norteadores que embasarão a Etapa 3 de Planejamento e Implementação do plano, que se inicia com a consolidação das ações climáticas. Esse processo compreende a consulta aos planos e projetos em andamento, a revisão bibliográfica e reuniões participativas para a compilação de uma lista longa de ações. Em seguida, será realizada a hierarquização e priorização de ações, que serão então detalhadas para a definição de estratégias de monitoramento e implementação.

As ações prioritárias devem refletir os anseios para o presente o futuro da cidade, de forma alinhada aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e considerando os horizontes temporais de 2030 e 2050. Diante de recursos limitados, é importante pensar os aspectos de mitigação de emissões de GEE e adaptação aos efeitos da mudança do clima de forma integrada, procurando a sua convergência na elaboração das ações.

As ações devem estar alinhadas com os planos, políticas e iniciativas em andamento, fortalecendo o compromisso político, adotando uma visão estratégica das capacidades e

potencialidades já existentes para a construção de medidas mais efetivas. A estratégia inclui a definição de indicadores e metas que garantam a mensuração dos resultados para acompanhamento. Por fim, diante do tamanho do desafio aqui apresentado, é essencial que esse processo seja participativo e inclusivo, a partir um esforço conjunto de atores internos e externos e com o objetivo de criar um plano mais rico, completo e contínuo, que seja não apenas da cidade, mas também dos cidadãos.

PRELIMINAR

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. **Geração Distribuída**. 2022. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZjM4NjM0OWYtN2IwZS00YjVlTIIMjltN2E5MzBkN2ZlMzVklwidCl6IjQwZDZmOWI4LWVjYtctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>. Acesso em: 14 abr. 2022.

BCB. **Focus - Relatório de Mercado**. 2022. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus/11032022>. Acesso em: 17 mar. 2022.

BCG; ANFAVEA. **O caminho da descarbonização do setor automotivo no Brasil**. São Paulo, SP: BCG e ANFAVEA, 2021. Disponível em: <https://web-assets.bcg.com/5b/29/e20c1ac64db99f7f07bcb694ffce/bcg-caminhos-da-descarbonizacao-auto-aug-2021.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2022.

BOMBANA, C. Os Desafios da Iluminação Pública. v. 13, n. 138, p. 40–47, 2017.

BRDESCO. **Projeções Bradesco longo Prazo**. 2022. Disponível em: <https://www.economiaemdia.com.br/SiteEconomiaEmDia/Projecoes/Longo-Prazo>. Acesso em: 17 mar. 2022.

BRASIL. **Lei nº 11.445 (2007)**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. 2007. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm). Acesso em: 31 mar. 2022.

BRASIL/MCTIC; ONU MEIO AMBIENTE. **Modelagem Setorial de Opções de Baixo Carbono para o Setor de Transportes**. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações, 2017. Disponível em: [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/projeto\\_opcoes\\_mitigacao/publicacoes/Setor-Transportes.pdf](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/projeto_opcoes_mitigacao/publicacoes/Setor-Transportes.pdf). Acesso em: 14 abr. 2022.

BRASIL/ME. **Carta de Conjuntura | N° 53**. Brasil: IPEA, 2021. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/211222\\_cc\\_53\\_nota\\_27\\_visao\\_geral.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/211222_cc_53_nota_27_visao_geral.pdf). Acesso em: 17 mar. 2022.

BRASIL/MME. **Cenários Econômicos para os Próximos 10 anos**. Brasil: EPE, 2021 a. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-607/topico-593/NT.EPE.DEA.SEE.019.2021%20-%20Cen%C3%A1rio%20Econ%C3%B4mico%202022-2031%20Rev\(Dez21\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-607/topico-593/NT.EPE.DEA.SEE.019.2021%20-%20Cen%C3%A1rio%20Econ%C3%B4mico%202022-2031%20Rev(Dez21).pdf). Acesso em: 17 mar. 2022.

BRASIL/MME. **Plano Decenal de Expansão de Energia**. Brasília, DF: EPE, 2021 b. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202031\\_RevisaoPosCP\\_rvFinal.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202031_RevisaoPosCP_rvFinal.pdf). Acesso em: 13 abr. 2021.

CONSÓRCIO IDOM-COBRAPE. **Estudo 3: Crescimento Urbano**. João Pessoa: Prefeitura Municipal de João Pessoa, 2014. Disponível em: <https://www.joaopessoa.pb.gov.br/programas-e-projetos/joaopessoasustentavel/>.

D'AGOSTO, M. de A.; GONÇALVES, : Daniel Neves Schmitz; OLIVEIRA, L. D. B. **Cenário de Emissão de GEE – 2050 - Setor de Transportes (Projeto IES Brasil - 2050)**. Rio de Janeiro, RJ: Centro Clima/COPPE/UFRJ, 2018. Disponível em: [http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/documentos/ies-brasil-2050/3\\_-\\_Cenario\\_de\\_Emiss%C3%B5es\\_de\\_GEE\\_-\\_Setor\\_de\\_Transportes\\_Demanda\\_de\\_Energia\\_-\\_IES\\_Brasil\\_2050.pdf](http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/documentos/ies-brasil-2050/3_-_Cenario_de_Emiss%C3%B5es_de_GEE_-_Setor_de_Transportes_Demanda_de_Energia_-_IES_Brasil_2050.pdf). Acesso em: 27 abr. 2022.

DINIZ, C. C. Desenvolvimento Poligonal no Brasil: nem desconcentração, nem contínua polarização. **Nova Economia**, v. 3, n. 1, p. 35–64, 1993.

ELETROBRAS. **Pesquisa de Posse Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial**. 2019. Disponível em: [https://eletrobras.com/pt/AreasdeAtuacao/ESTADOS\\_PARAIBA.pdf](https://eletrobras.com/pt/AreasdeAtuacao/ESTADOS_PARAIBA.pdf). Acesso em: 15 fev. 2022.

EMLUR. **Estudo da Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares da cidade de João Pessoa**. João Pessoa, PB: EMLUR, 2019.

EPA. **Greenhouse Gas Emissions Estimation Methodologies for Biogenic Emissions from Selected Source Categories: Solid Waste Disposal, Wastewater Treatment, Ethanol Fermentation**. Estados Unidos: U.S. Environmental Protection Agency, 2010. Disponível em: [https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-11/documents/ghg\\_biogenic\\_report\\_draft\\_dec1410.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-11/documents/ghg_biogenic_report_draft_dec1410.pdf). Acesso em: 28 abr. 2022.

EPE. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 - Demanda de Eletricidade**. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-pde>. Acesso em: 15 abr. 2022.

FBMC. **Brasil Carbono Zero em 2060**. Rio de Janeiro, RJ: FBMC, 2018. Disponível em: [http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/documentos/Relat%C3%B3rio\\_Brasil\\_CarbonoZero\\_2060\\_final\\_1.pdf](http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/documentos/Relat%C3%B3rio_Brasil_CarbonoZero_2060_final_1.pdf). Acesso em: 17 mar. 2022.

FMI. **Real GDP growth**. 2022. Disponível em: [https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP\\_RPCH@WEO](https://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO). Acesso em: 12 abr. 2022.

FRANCISCO, P. R.; PEDROZA, J.; BANDEIRA, M.; SILVA, L.; SANTOS, D. Insolação do estado da Paraíba mapeada através do uso de geotecnologias. *In*: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA 2016, Foz do Iguaçu, PR. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu, PR: [s. n.], 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/306097920\\_INSOLACAO\\_DO\\_ESTADO\\_DA\\_PARAIBA\\_MAPEADA\\_ATRAVES\\_DO\\_USO\\_DE\\_GEOTECNOLOGIAS](https://www.researchgate.net/publication/306097920_INSOLACAO_DO_ESTADO_DA_PARAIBA_MAPEADA_ATRAVES_DO_USO_DE_GEOTECNOLOGIAS). Acesso em: 14 abr. 2022.

GIZ. **Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management**. Alemanha: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, 2017. Disponível em: [https://www.giz.de/en/downloads/GIZ\\_WasteToEnergy\\_Guidelines\\_2017.pdf](https://www.giz.de/en/downloads/GIZ_WasteToEnergy_Guidelines_2017.pdf). Acesso em: 28 abr. 2022.

IBGE. **IBGE | Cidades@ | Paraíba | João Pessoa | Pesquisa | Censo | Universo - Características da população e dos domicílios**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/joao-pessoa/pesquisa/23/24304>. Acesso em: 12 abr. 2022.

IBGE. **PNAD Contínua | Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua**. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9171-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios-continua-mensal.html?=&t=downloads>. Acesso em: 11 abr. 2022.

IBGE. **IBGE | Cidades | Paraíba | João Pessoa | Pesquisa | Produto Interno Bruto dos Municípios**. 2019a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/joao-pessoa/pesquisa/38/47001?ano=2010&tipo=grafico>. Acesso em: 15 fev. 2022.

IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. 2019b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?edicao=18021&t=downloads>. Acesso em: 12 abr. 2022.

IBGE. **Tabela 6578: Número médio de moradores, por domicílio**. 2019c. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6578#resultado>. Acesso em: 11 abr. 2022.

IPCC. **Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/>. Acesso em: 28 abr. 2021.

ITAÚ. **Projeções | Itaú BBA**. 2022. Disponível em: <https://www.itaubba-pt/analises-economicas/projecoes>. Acesso em: 12 abr. 2022.

MDR. **PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab>. Acesso em: 31 mar. 2022.

MMA. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2012. Disponível em: [https://sinir.gov.br/images/sinir/Arquivos\\_diversos\\_do\\_portal/PNRS\\_Revisao\\_Decreto\\_280812.pdf](https://sinir.gov.br/images/sinir/Arquivos_diversos_do_portal/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf). Acesso em: 31 mar. 2022.

NU. **World Economic Situation and Prospects**. Nova Iorque, NY: NU, 2022. Disponível em: [https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/publication/WESP2022\\_web.pdf](https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/publication/WESP2022_web.pdf). Acesso em: 17 mar. 2022.

PARAÍBA. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos da Paraíba**. PB: Governo do Estado da Paraíba, 2014. Disponível em: <https://paraiba.pb.gov.br/diretas/secretaria-de-infraestrutura-dos-recursos-hidricos-e-do-meio-ambiente/arquivos/pers-pb-plano-estadual-residuos-solidos-pb-2014.pdf/view>. Acesso em: 31 mar. 2022.

PARAÍBA. Lei nº 10.720 DE 22/06/2016. **Institui a Política Estadual de Incentivo à Geração e Aproveitamento da Energia Solar e Eólica no Estado da Paraíba e dá outras providências**. 2016. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=325193>. Acesso em: 14 abr. 2022.

PBGÁS. **Plano de Negócios e de Estratégia de Longo Prazo**. João Pessoa, PB: PBGás, 2019. Disponível em: <http://www.pbgas.com.br/wp-content/uploads/2011/05/PLANO-DE-NEG%C3%93CIOS-E-ESTRAT%C3%89GIA-DE-LONGO-PRAZO-2020-2024.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2022.

PEREIRA JR, A. O.; WEISS, M. **Cenário de Emissão de GEE – 2050 - Setor Residencial (Projeto IES Brasil - 2050)**. Rio de Janeiro, RJ: Centro Clima/COPPE/UFRJ, 2016. Disponível em:

[http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/Noticias/documentos/ies-brasil-2030/9\\_setor-residencial.pdf](http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/Noticias/documentos/ies-brasil-2030/9_setor-residencial.pdf). Acesso em: 27 abr. 2022.

PMJP. **PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS - PMGIRS**. João Pessoa, PB: Prefeitura Municipal de João Pessoa; EMLUR, 2014. Disponível em: <https://issuu.com/pmjponline/docs/prognostico>. Acesso em: 31 mar. 2022.

PMJP. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. João Pessoa, PB: Prefeitura Municipal de João Pessoa, 2015. Disponível em: <http://antigo.joaopessoa.pb.gov.br/secretarias/semam/plano-municipal-de-saneamento-basico/>. Acesso em: 31 mar. 2022.

PMJP. **Plano Diretor de Mobilidade Urbana da Microrregião de João Pessoa: Consolidação do Diagnóstico da Mobilidade**. João Pessoa, PB: SEMOB, 2020 a. Disponível em: [http://www.planmob.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/14.-Diagn%C3%B3stico\\_FINAL-compactado.pdf](http://www.planmob.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/14.-Diagn%C3%B3stico_FINAL-compactado.pdf). Acesso em: 31 mar. 2022.

PMJP. **Plano Diretor de Mobilidade Urbana da Microrregião de João Pessoa: Consolidação do Prognóstico da Mobilidade**. João Pessoa, PB: SEMOB, 2020 b. Disponível em: [http://www.planmob.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/15.-Progn%C3%B3stico\\_FINAL.pdf](http://www.planmob.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/15.-Progn%C3%B3stico_FINAL.pdf). Acesso em: 31 mar. 2022.

PMJP. **Revisão do Plano Diretor – PDMJP**. 2022. Disponível em: <http://pdjp.com.br/documentos/>. Acesso em: 31 mar. 2022.

PMS; C40; ICLEI; WWF; C40. **Plano de Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima de Salvador**. Salvador: Prefeitura de Salvador, 2020. Disponível em: <https://americadosul.iclei.org/documentos/plano-de-mitigacao-e-adaptacao-as-mudancas-do-clima-de-salvador/>. Acesso em: 20 abr. 2022.

PMSP; WAYCARBON; ICLEI; C40. **Plano de Ação Climática do Município de São Paulo 2020-2050**. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, 2020. Disponível em: [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio\\_ambiente/arquivos/PlanClimaSP\\_BaixaResolucao.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/PlanClimaSP_BaixaResolucao.pdf). Acesso em: 15 abr. 2022.

RUMOS CONSTRUÇÕES AMBIENTAIS; ECOENERGY; EDF TRADING. **PROBIOGAS - JP - João Pessoa Landfill Gas Project**. Brasil: UNFCCC, 2019. Disponível em: <https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/SGS-UKL1181685608.94/view>. Acesso em: 31 mar. 2022.

SANTANDER. **Análise Econômica**. 2022. Disponível em: <https://www.santander.com.br/analise-economica>. Acesso em: 12 abr. 2022.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Guia Técnico para aproveitamento energético de biogás em estações de tratamento de esgoto - Probiogás**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ), 2015. Disponível em: <https://www.giz.de/en/downloads/probiogas-guia-etes.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2022.

SNIS. **Diagnósticos SNIS 2021/2022 (Ano de referência 2020)**. 2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnosticos>. Acesso em: 31 mar. 2022.

TCB. **Global Economic Outlook**. 2022. Disponível em: <https://www.conference-board.org/topics/global-economic-outlook>. Acesso em: 12 abr. 2022.

WILLS, W.; GROTTERRA, C. **Projeto IES Brasil – Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Mitigação de Gases de Efeito Estufa no Brasil até 2030**. Rio de Janeiro, RJ: Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas – FBMC. COPPE/UFRJ, 2016. Disponível em: <http://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/implicacoes-economicas-e-sociais-dos-cenarios-de-mitigacao-de-gee.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2022.

WORLD BANK. **World Development Report 2010: Development and Climate Change**. Washington, DC: World Bank, 2010. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/4387>. Acesso em: 12 abr. 2022.

WRI. **Mitigation Goal Standard**. Washington, D.C.: WRI, 2014. Disponível em: [https://cdn.locomotive.works/sites/5ab410c8a2f42204838f797e/content\\_entry5ab410fb74c4833febe6c81a/5af42edf14ad667cfff46e15/files/Mitigation\\_Goal\\_Standard\\_EN.pdf?1540556132](https://cdn.locomotive.works/sites/5ab410c8a2f42204838f797e/content_entry5ab410fb74c4833febe6c81a/5af42edf14ad667cfff46e15/files/Mitigation_Goal_Standard_EN.pdf?1540556132). Acesso em: 25 abr. 2022.

WRI BRASIL. **Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS)**. 2019. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/o-que-fazemos/projetos/desenvolvimento-orientado-ao-transporte-sustentavel-dots>. Acesso em: 14 abr. 2022.