



Estado da Paraíba
Prefeitura Municipal de João Pessoa
Secretaria de Meio Ambiente

I.C.L.E.I
Governos
Locais pela
Sustentabilidade

Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município de João Pessoa

ANO BASE: 2014





Estado da Paraíba
Prefeitura Municipal de João Pessoa
Secretaria de Meio Ambiente



Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município de João Pessoa

ANO BASE: 2014

João Pessoa, PB
Fevereiro de 2018



EXPEDIENTE

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA

PREFEITO

Luciano Cartaxo Pires de Sá

VICE – PREFEITO

Manoel Alves da Silva Júnior

SECRETÁRIO DE MEIO AMBIENTE

Abelardo Jurema Neto

SECRETÁRIO ADJUNTO DE MEIO AMBIENTE

Djalma Pereira de Castro Filho

Grupo Técnico responsável pelos procedimentos de Elaboração do Inventário de Gases de Efeito Estufa do Município de João Pessoa:

Bruno Soares Leal, Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana - Emlur

Carolina Cigerza de Camargo, Secretaria de Meio Ambiente – Semam (Coordenação)

Elma Maria Xavier, Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana - Emlur

Francisco das Chagas Pereira Júnior, Secretaria de Desenvolvimento Urbano - Sedurb

José Jandui de Figueiredo Jacinto Junior, Secretaria de Meio Ambiente - Semam

Sylvio Silomar da Silva Filho, Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana - Emlur

Yuri Rommel Vieira Araújo, Secretaria de Meio Ambiente - Semam

Autores

Bruno Soares Leal

Carolina Cigerza de Camargo
(Coordenação)

José Jandui de Figueiredo Jacinto Junior

ICLEI – GOVERNOS LOCAIS PELA SUSTENTABILIDADE SECRETARIADO PARA AMÉRICA DO SUL

Secretário-Executivo

Rodrigo de Oliveira Perpétuo

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Gerente de Relações Institucionais

Bruna Cerqueira

Gerente de Mudanças Climáticas

Igor Albuquerque

AUTORES

Assistente de Projetos

Iris Coluna

Estagiária

Dayane Oliveira

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

José Jandui de Figueiredo Jacinto Junior



Sumário Executivo

Introdução

A Prefeitura Municipal de João Pessoa, por meio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente - SEMAM, apresenta os resultados do seu Primeiro Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), com o objetivo de estabelecer o perfil de emissões da cidade. O inventário de emissões de GEE é pré-requisito para o estabelecimento de propostas de mitigação e políticas públicas de gestão das mudanças climáticas.

Referencial Metodológico

Foi adotada a metodologia Protocolo Global para Inventários de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Escala da Comunidade (GPC - Global Protocol for Community-Scale), elaborada com o intuito de promover uma estrutura clara e robusta para estimar e reportar emissões de GEE a nível de governos locais.

As emissões de GEE provenientes de atividades fontes de emissão podem ser alocadas em seis setores:

- Energia Estacionária;
- Transportes;
- Resíduos;
- Produção Industrial e Uso de Produtos (IPPU);
- Agricultura, Silvicultura e outros usos da terra (AFOLU);
- Outras emissões indiretas.

Segundo a metodologia, as emissões devem ser desagregadas em categorias de escopos com base no local onde as atividades fontes de emissão efetivamente ocorrem, dentro ou fora dos limites da cidade. Podem ser classificadas de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização das emissões por escopos.

Escopo	Definição
Escopo 1	Emissões de GEE provenientes de fontes localizadas dentro dos limites da cidade
Escopo 2	Emissões de GEE provenientes do consumo de energia a partir da rede de transmissão e distribuição de energia elétrica dentro dos limites da cidade
Escopo 3	Todas as outras emissões de GEE que ocorrem fora dos limites da cidade como resultados de atividades que se localizam nas fronteiras da cidade

(Fonte: GHG Protocol, 2014)

As emissões de GEE estimadas nesse estudo referem-se ao ano de 2014 e são apresentadas em dióxido de carbono equivalente (CO₂e), unidade obtida pela multiplicação dos diferentes GEE inventariados pela métrica do Potencial de Aquecimento Global (GWP – Global Warming Potential), definida nos relatórios de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC). Os GEE quantificados e seus respectivos valores GWP estão elencados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de GWP dos principais GEE.

GEE	GWP (Quinto Relatório de Avaliação do IPCC)
CO ₂	1
CH ₄	28
N ₂ O	265
HFCs	138 – 12.400
PFCs	6.630 – 11.100
SF ₆	23.500
NF ₃	16.100

(Fonte: GHG Protocol, 2014)

O inventário adotou a abordagem BASIC, na qual são reportadas as emissões de GEE de fontes estacionárias, transporte e resíduos. É importante destacar que algumas emissões são territoriais, ocorrendo dentro das fronteiras do município, porém não são contabilizadas no total de emissões das abordagens BASIC ou BASIC+. Isto pode ser observado na cidade de João Pessoa, no que se refere às emissões provenientes da queima de combustível para geração de energia.

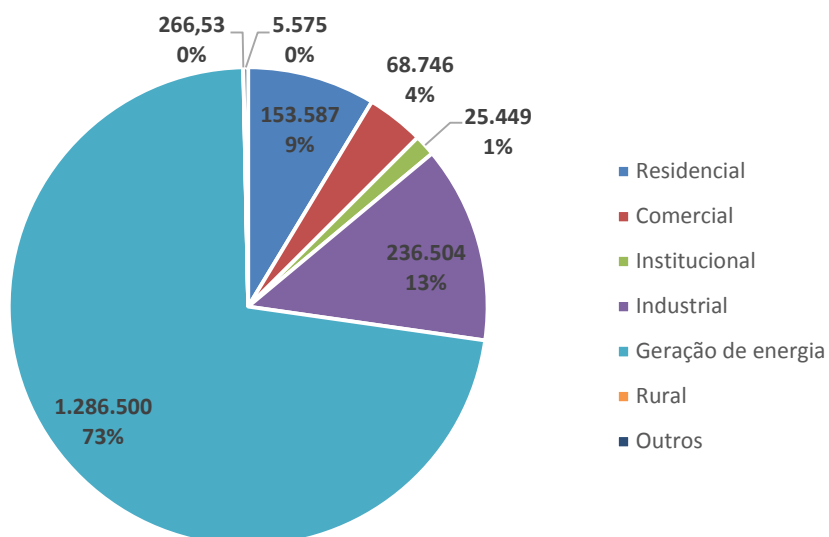
Emissões por setores e subsetores

I. Energia estacionária

O total de emissões ocasionadas de fontes estacionárias é 1.776.627 ton CO₂e, o que corresponde a 62,61% do total das emissões do município. Deste total, 8,64% são

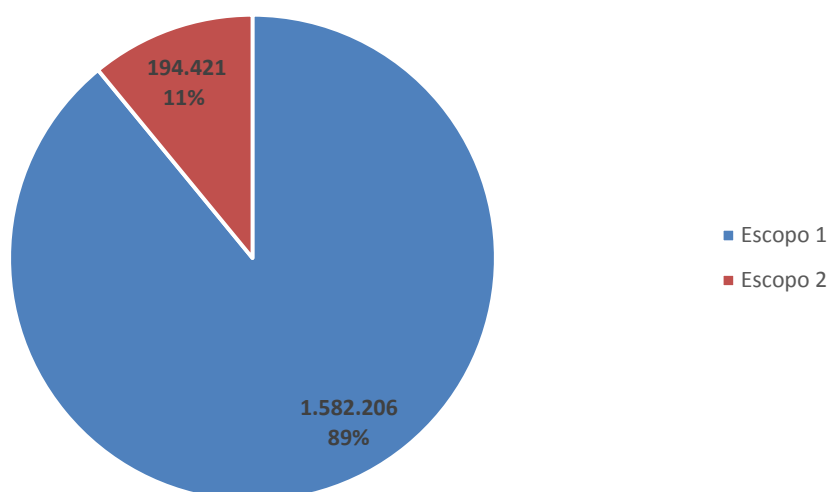
provenientes de edifícios residenciais, 5,30% de edifícios comerciais e institucionais, 13,31% do setor industrial (Gráfico 1). A maior contribuição é de indústrias de geração de energia, correspondendo a 72,41% das emissões.

Gráfico 1 – Emissões provenientes de energia estacionária, em toneladas de CO₂e.



Considerando a abordagem por escopos, 89,06% das emissões de energia estacionária são de Escopo 1 e 10,94% de Escopo 2 (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Emissões de energia estacionária por escopo, em toneladas de CO₂e.

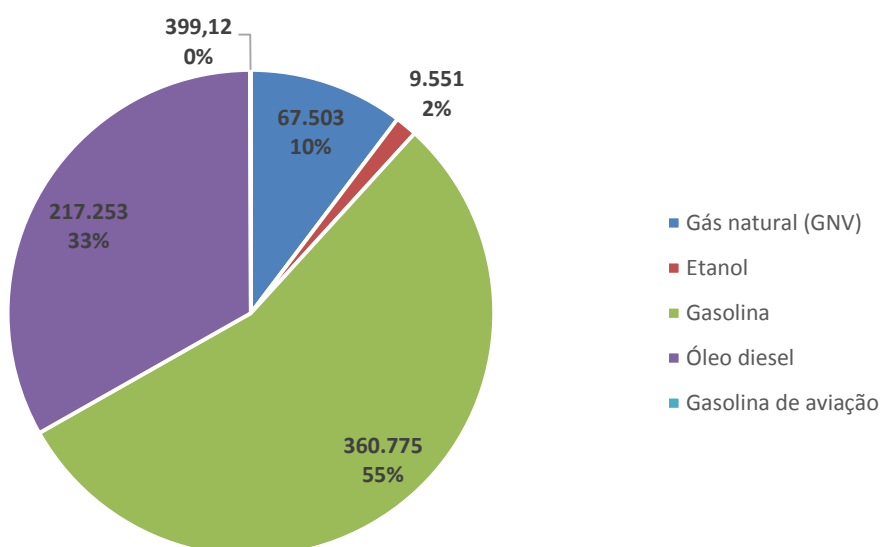


II. Transporte

As emissões originadas por transporte somam 655.481 ton CO₂e, o que representa 23,10% das emissões totais do município. Deste total, 99,70% são provenientes do transporte rodoviário, 0,24% do ferroviário e apenas 0,06% da aviação.

Desta expressiva contribuição do transporte rodoviário, 55,20% estão relacionados ao consumo de gasolina, 33,00% ao óleo diesel, 10,33% ao gás natural veicular – GNV e apenas 1,46% ao etanol (Gráfico 3).

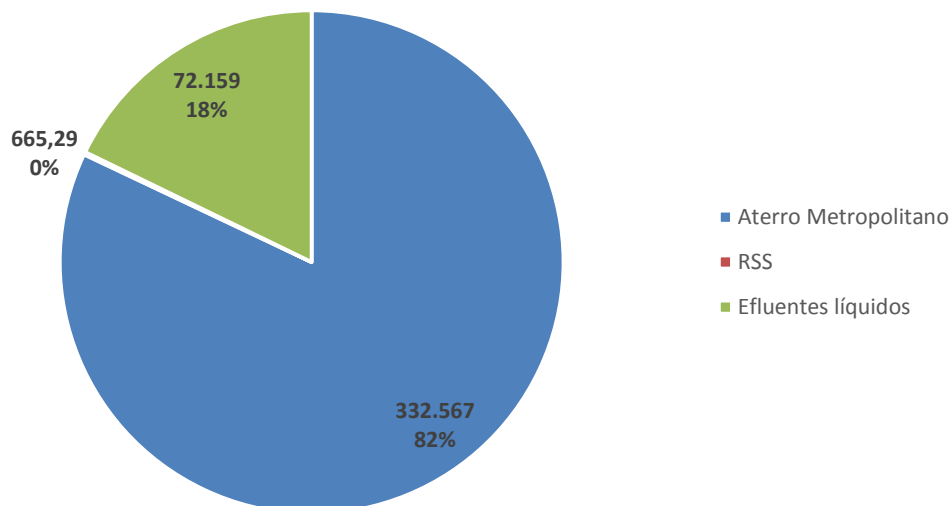
Gráfico 3 – Emissões de transportes por combustível, em toneladas de CO₂e.



III. Resíduos

As emissões resultantes da geração e tratamento de resíduos totalizam 405.391 ton CO₂e. Deste total, 82,04% são provenientes de resíduos sólidos enviados para aterro sanitário, 17,80% do tratamento de efluentes líquidos e 0,16% de incineração de resíduos de serviços da saúde, como pode ser visto no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Emissões totais de GEE provenientes do setor de resíduos, em toneladas de CO₂e.

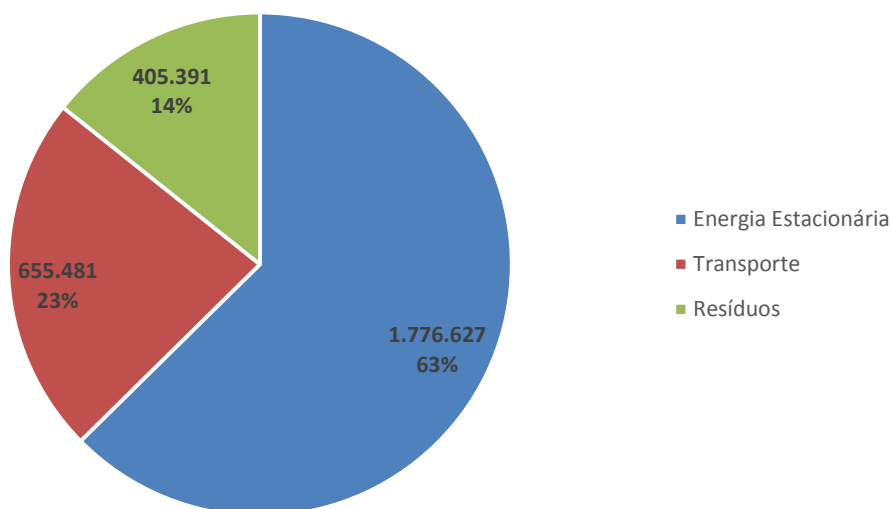


Emissões totais

I. Emissões por setor

Em relação aos setores, 62,61% das emissões do município são provenientes de energia estacionária, 23,10% de transporte e 14,29% pela geração de resíduos.

Gráfico 5 – Emissões totais de GEE por setor, em toneladas de CO₂e.



II. Emissões por setor e escopo

O Gráfico 6 permite a visualização das emissões por setor e escopo. É possível notar que as emissões provenientes de energia estacionária são expressivamente maiores para o Escopo 1. Já para o setor de resíduos, as emissões de Escopo 3 predominam.

Gráfico 6 – Emissões por setor e escopo, em toneladas de CO₂e.

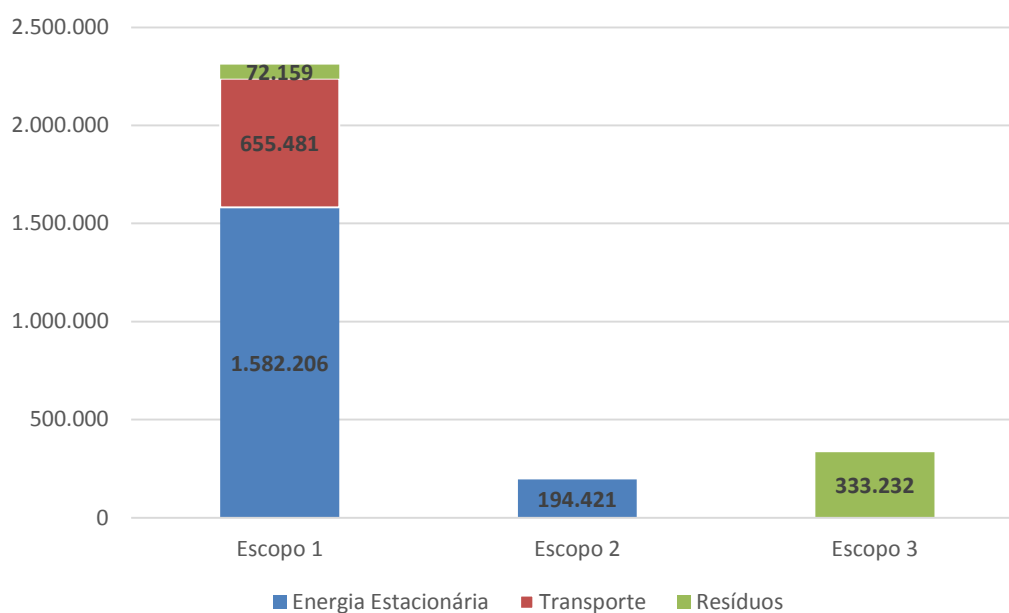


Tabela 3 – Sumário de emissões de Gases de Efeito Estufa, desagregados por setor, escopo e abordagem.

Setor		Total por escopo (tCO ₂ e)				Total por abordagem	
		Escopo 1 (territorial)	Escopo 2	Escopo 3 BASIC/ BASIC+	Outro escopo 3	BASIC	BASIC +
Energia Estacionária	Uso de energia (todas emissões exceto seção I.4.4)	295.706	194.421			490.127	
	<i>Geração de energia para abastecimento do grid (I.4.4)</i>	1.286.500					
Transportes (todas as emissões)		655.481				655.481	
Resíduos	Gerado dentro dos limites da cidade	72.159		333.232		405.391	
	<i>Gerado fora dos limites da cidade</i>						
IPPU							
AFOLU							
Total		2.309.846	194.421	333.232		1.550.999	

Legenda

	Fontes requeridas para a abordagem Basic		Fontes requeridas para a abordagem territorial, mas não Basic/Basic+
+	Fontes requeridas para a abordagem Basic +		Emissões não aplicáveis
	Fontes incluídas em Outros escopos 3		

Fonte: Elaboração própria, formato de reporte definido pelo GHG Protocol (2014)



Sumário

1.	Introdução	13
1.1	Mudanças Climáticas e as cidades	14
1.2	Metodologia GPC.....	15
2.	Caracterização do Município.....	20
3.	Emissões de GEE por setor	25
3.1	Energia Estacionária.....	25
3.2	Transportes.....	28
3.3	Resíduos	30
4.	Referencial Metodológico	33
4.1	Energia Estacionária.....	33
4.2	Transportes.....	33
4.3	Resíduos	34
5.	Resultados Consolidados	39
5.1	Emissões totais	39
5.2	Emissões per capita e área	41
5.3	Emissões por tipo de GEE.....	41
6.	Referências Bibliográficas	43
7.	Anexos	44
7.1	Anexo I	44
7.2	Anexo II	50



Lista de Tabelas

Tabela 1 – Caracterização das emissões por escopos.....	iii
Tabela 2 – Valores de GWP dos principais GEE.....	iv
Tabela 3 – Sumário de emissões de Gases de Efeito Estufa, desagregados por setor, escopo e abordagem.	ix
Tabela 4 – Setores e subsetores.....	17
Tabela 5 – Princípios de um Inventário de GEE.....	19
Tabela 6 – Caracterização da região e limites do inventário.	23
Tabela 7 – Índices de emissões per capita e área entre cidades brasileiras.....	41
Tabela 8 – Emissões em toneladas de CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O e desagregadas por escopo.....	42
Tabela 9 – Sumário de emissões totais de gases de efeito estufa.....	44
Tabela 10 – Reporte geral de emissões de GEE em conformidade com a metodologia GPC.....	45
Tabela 11 – Fatores de emissão adotados para cada setor.	50

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Emissões provenientes de energia estacionária, em toneladas de CO ₂ e.....	v
Gráfico 2 – Emissões de energia estacionária por escopo, em toneladas de CO ₂ e.	v
Gráfico 3 – Emissões de transportes por combustível, em toneladas de CO ₂ e.	vi
Gráfico 4 – Emissões totais de GEE provenientes do setor de resíduos, em toneladas de CO ₂ e. ..	vii
Gráfico 5 – Emissões totais de GEE por setor, em toneladas de CO ₂ e.....	vii
Gráfico 6 – Emissões por setor e escopo, em toneladas de CO ₂ e.....	viii
Gráfico 7 – Emissões totais de toneladas CO ₂ eq e desagregadas por combustível.....	26
Gráfico 8 – Emissões totais de toneladas CO ₂ eq e desagregadas por subsetor.	27
Gráfico 9 – Emissões totais de toneladas CO ₂ eq e desagregadas por subsetor, de acordo com a abordagem BASIC.....	27
Gráfico 10 – Emissões totais de toneladas CO ₂ eq e desagregadas por combustível.....	29
Gráfico 11 – Emissões totais de toneladas CO ₂ eq e desagregadas por subsetor.	32
Gráfico 12 – Emissões totais de toneladas CO ₂ eq e desagregadas por setor.....	39
Gráfico 13 – Emissões totais de toneladas CO ₂ eq e desagregadas por setor, de acordo com a abordagem BASIC.....	40
Gráfico 14 – Emissões totais de toneladas CO ₂ eq por escopo.....	40
Gráfico 15 – Emissões de CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O apresentadas em toneladas de CO ₂ eq.....	42

Lista de Figuras

Figura 1 – Atividades fontes de emissão de GEE caracterizadas por escopos.....	18
Figura 2 – Cidade de João Pessoa.	20
Figura 3 – Localização do Jardim Botânico Benjamim Maranhão ou Mata do Buraquinho.	22



Lista de Equações

Equação 1 – Emissões de GEE provenientes da combustão estacionária.	33
Equação 2 – Abordagem <i>fuel sales</i> (venda de combustíveis) para quantificar as emissões de GEE associadas ao setor de transportes.	34
Equação 3 – Método compromisso de metano.	34
Equação 4 – Potencial de Geração de metano.	35
Equação 5 – Emissões de CO ₂ não biogênico da incineração de resíduos sólidos.	35
Equação 6 – Emissões de CH ₄ e N ₂ O da incineração de resíduos sólidos.	36
Equação 7 – Emissões de CH ₄ provenientes do tratamento e afastamento de efluentes líquidos.	36
Equação 8 – Obtenção de fatores de emissão e carga orgânica em efluentes líquidos.	37
Equação 9 – Emissões de N ₂ O provenientes do tratamento e afastamento de efluentes líquidos.	37



1. Introdução

As mudanças climáticas são caracterizadas como um problema global com forte impacto local, afetando principalmente populações mais vulneráveis. A elaboração de um inventário de emissões de GEE nas cidades é extremamente importante, pois permite o monitoramento de ações locais que podem ter alcance a nível global (ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade, 2016b).

Os efeitos da mudança do clima e suas possíveis soluções são frequentemente debatidos nos meios de comunicação. Entretanto, a adoção e a manutenção de políticas e ações de mitigação de GEE têm sido insuficientes. Trata-se de um tema relevante para o Brasil, onde se ampliam a identificação, a avaliação e a adoção de políticas e ações destinadas a mitigar os determinantes do aquecimento global de forma consistente com o desenvolvimento sustentável (PBMC, 2016).

O diagnóstico das emissões de GEE e a autoavaliação dos governos locais permite que os municípios compreendam seus perfis de emissões e entendam a abrangência de seu impacto no meio ambiente. É um documento indispensável para a análise das questões relacionadas à intensificação do efeito estufa causada por atividades antrópicas, disponibilizando informações para a proposição de políticas, planos de ação e estratégias que contemplem medidas objetivas a serem adotadas para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

Atualmente, mais da metade da população mundial vive em cidades. Em 2050, é esperado que a população urbana cresça de 5,6 para 7,1 bilhões, ou 64% para 69% da população mundial (PBMC, 2016).

Há uma expectativa de que as cidades usem sua capacidade de liderança e influência política não só para que sejam cumpridas as propostas de redução de emissão de gases do efeito estufa dos países signatários do Acordo de Paris, mas também aumentando a ambição nos períodos de revisão (PBMC, 2016).



1.1 Mudanças Climáticas e as cidades

As mudanças climáticas têm impactos profundos no planeta: extinção de espécies animais e vegetais, alteração na frequência e intensidade de chuvas (interferindo, por exemplo, na agricultura), elevação do nível do mar e intensificação de fenômenos meteorológicos (como tempestades severas, inundações, vendavais, ondas de calor, secas prolongadas), entre outros. Essas conclusões foram obtidas após análise dos diversos cenários de emissões de gases de efeito estufa para os próximos 100 anos, feita por cientistas do IPCC. As ações humanas têm interferido sobre o ambiente num ritmo muito acelerado (ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade, 2016b).

A supressão de ecossistemas, desencadeada pelo crescimento urbano desenfreado, é um dos principais fatores de redução da resiliência das cidades, deixando-as mais vulneráveis aos problemas atuais e futuros, que poderão ser acentuados pelas mudanças climáticas, como o aumento das ilhas de calor, poluição do ar e inundações. Os serviços ecossistêmicos mais importantes para o enfrentamento dos impactos das mudanças climáticas incluem o provisionamento de água potável, a regulação de eventos extremos, do clima local, da qualidade do ar e da água, da erosão e o sequestro de carbono.

Os estresses climáticos poderão resultar em efeitos cascata ao longo dos diferentes sistemas urbanos de infraestrutura, que são interdependentes entre si, como os setores de água, saneamento, energia e transporte.

Assim, as variações do clima podem agravar pressões e evidenciar vulnerabilidades já existentes, principalmente nos países em desenvolvimento como o Brasil, onde grande parte da população ainda é desprovida de serviços básicos de saneamento, o tráfego das vias urbanas é desordenado e a segurança energética está constantemente em discussão (ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade, 2016a).



1.2 Metodologia GPC

A Metodologia Protocolo Global para Inventários de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Escala da Comunidade (GPC – Global Protocol for Community-Scale) foi criada pelo ICLEI, WRI (*World Resources Institute*) e C40 (*Climate Leadership Group*) em 2014, tendo como base os Manuais para Inventários de GEE Nacionais de 2006, publicados pelo IPCC.

O GPC tem como objetivo ser uma metodologia robusta e clara, que permita maior agregação e confiabilidade de dados (GHG Protocol, 2014), além de permitir comparações entre inventários de emissões de diferentes governos locais, pré-estabelecendo requisitos e provendo orientações para os cálculos e reportes dos resultados obtidos.

A elaboração de um inventário de emissões requer que sejam seguidas algumas etapas e regras para que o inventário possa ser passível de comparação com outros governos locais.

As etapas que devem ser seguidas pelas cidades são: formulação do plano de trabalho; identificação e mobilização de partes interessadas para formalização do Grupo de Trabalho; identificação de atividades fontes de emissão de GEE e envio de ofícios para os órgãos responsáveis para coleta de dados; inserção de dados de atividade em ferramentas de cálculo selecionadas e obtenção das estimativas de emissões; análise de qualidade destes dados, e, por fim, o desenho de um relatório de inventário de emissões e remoções de GEE. Destaca-se a importância de expressar claramente o ano de referência de elaboração do inventário, os limites estabelecidos e o nível de desagregação necessário (ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade, 2016).

A partir da disseminação da metodologia por cidades em todo o mundo, visa-se uma maior consistência nas medições de emissões nacionais e na posterior contabilização das emissões em escala global, o que ressalta a importância de se tomar decisões em escala local para que as mudanças climáticas sejam combatidas com eficiência.



Os gases abordados pela Metodologia GPC são:

- Dióxido de Carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido Nitroso (N₂O)
- Hidrofluorcarbonetos (HFCs)
- Perfluorcarbonetos (PFCs)
- Hexafluoreto de Enxofre (SF₆)
- Trifluoreto de Nitrogênio (NF₃)

No caso do dióxido de carbono, devem ser identificadas as emissões de fontes biogênicas provenientes da queima de biomassa, consideradas como carbono neutro. Estas emissões são contabilizadas e reportadas, mas não inclusas nas emissões de GEE dentro dos escopos.

Setores de Atividades

A Metodologia GPC busca desagregar os dados de emissões para que sejam identificadas as fontes de GEEs em uma cidade. Para isso, ela determina seis diferentes setores nos quais as atividades emissoras identificadas podem ser alocadas.

São eles:

- Energia Estacionária
- Transportes
- Resíduos
- Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)
- Agricultura, Floresta e outros usos do Solo (AFOLU)
- Outras Emissões Indiretas

Dentro de cada setor também é possível delimitar subsetores que englobam as atividades desenvolvidas.



Tabela 4 – Setores e subsetores.

Setor	Subsetor
Energia Estacionária	Edifícios residenciais
	Edifícios comerciais e institucionais
	Indústrias de manufatura e construção
	Indústria de energia
	Atividades agrícolas, florestais e de pesca
	Fontes não especificadas
	Emissões fugitivas de mineração, processamento, armazenamento e transporte do carvão
	Emissões fugitivas de sistemas de óleo e gás natural
Transporte	Terrestre
	Ferroviário
	Hidroviário
	Aviação
	Transporte <i>off-road</i>
Resíduos	Resíduos Sólidos
	Tratamentos Biológicos
	Incineração
	Tratamento de Efluentes Líquidos
Processos industriais e uso de produtos	Processos Industriais
	Uso de Produtos
Agricultura, floresta e uso da terra	Pecuária
	Uso da Terra
	Emissões de não-CO ₂
Outros Escopo 3	

Fonte: GHG Protocol, 2014

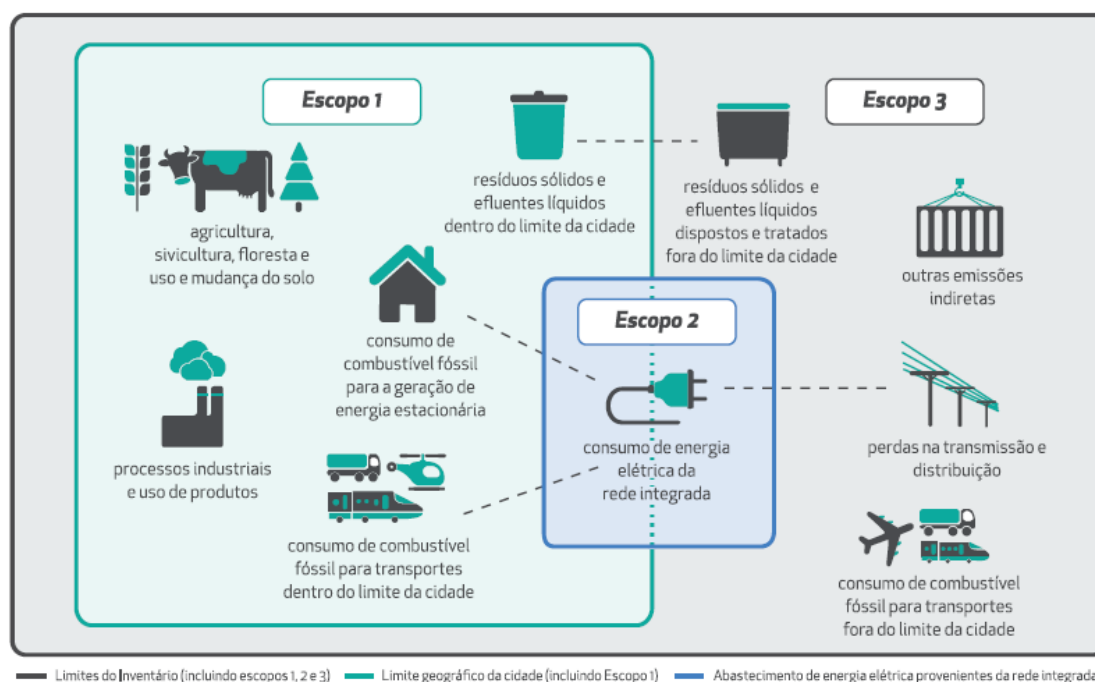
Esses setores, por sua vez, podem ser classificados a partir de fronteiras operacionais denominadas escopos. Os escopos, assim como suas características e delimitações, são elencados a seguir:

Escopo 1: Emissões de GEE provenientes de fontes localizadas dentro dos limites da cidade;

Escopo 2: Emissões de GEE provenientes do consumo de energia a partir da rede de transmissão e distribuição de energia elétrica dentro dos limites da cidade;

Escopo 3: Todas as outras emissões de GEE que ocorrem fora dos limites da cidade como resultados de atividades que se localizam nas fronteiras da cidade.

Figura 1 – Atividades fontes de emissão de GEE caracterizadas por escopos.



Fonte: GHG Protocol, 2014

A metodologia GPC estabelece cinco princípios básicos para a elaboração dos Inventários de GEE. Seguir esses princípios é necessário para que seja feito um inventário de qualidade e consistência suficientes para ser usado como ferramenta para tomada de



decisões. Os cinco princípios são:

Tabela 5 – Princípios de um Inventário de GEE.

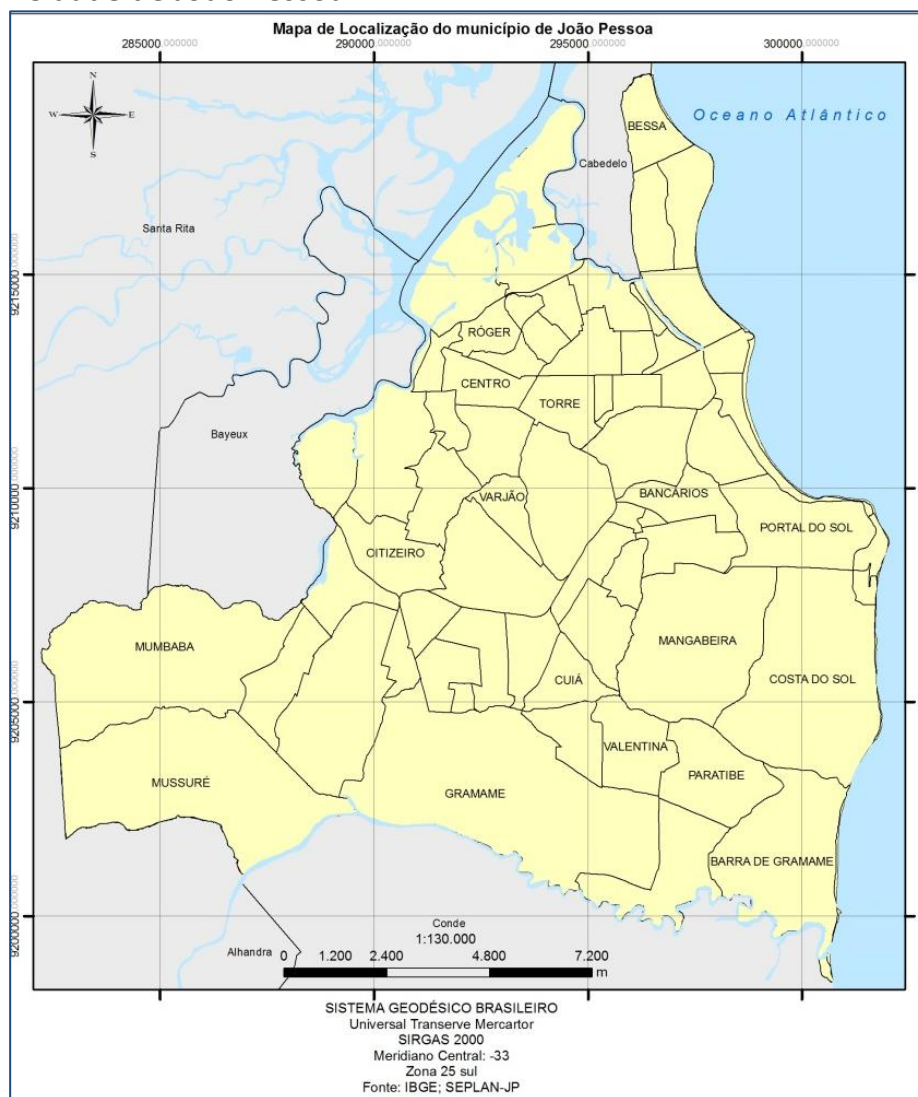
Princípios	Descrição
Relevância	O inventário de GEE deve refletir adequadamente as emissões que ocorrem como resultado de atividades e padrões de consumo da cidade. O princípio da relevância aplica-se ao selecionar fontes de dados e determinar e priorizar melhorias na coleta de dados
Abrangência	Todos os gases de efeito estufa e as atividades que causam emissões dentro das fronteiras escolhidas para o inventário devem ser contabilizadas. Qualquer exclusão deve ser justificada
Consistência	Metodologias consistentes devem ser usadas para identificar as fronteiras, coletar e analisar os dados e quantificar as emissões
Transparência	Todas questões relevantes devem ser consideradas e documentadas de maneira objetiva e coerente para fornecer um rastro para futuras revisões e replicações. Todas as fontes de dados e hipóteses assumidas devem ser disponibilizadas junto com descrições específicas de metodologias e fontes de dados usadas
Exatidão	A quantificação das emissões de GEE não deve ser sistematicamente sub ou supervalorizada

Fonte: GHG Protocol, 2014

2. Caracterização do Município

João Pessoa é a capital do estado da Paraíba, localizada no nordeste brasileiro. No ano de 2014, apresentava uma população de 780.738 habitantes (IBGE, 2014) em uma área de 211,475 km², fazendo limite com os municípios de Cabedelo ao Norte, Conde ao Sul, Bayeux e Santa Rita ao Oeste e o Oceano Atlântico ao Leste (Figura 2). Possui clima tropical quente e úmido, com vegetação predominante do bioma Mata Atlântica.

Figura 2 – Cidade de João Pessoa.



Fonte: Prefeitura Municipal de João Pessoa – PMJP



A cidade teve seu surgimento às margens do Rio Sanhauá, no ano de 1585, sendo, portanto, a terceira capital mais antiga do Brasil. Após a consolidação urbanística nessa região, onde hoje estão situados os bairros do Varadouro e Centro, a cidade passou a apresentar um crescimento urbano em direção a orla marítima, à medida que novas vias de acesso eram construídas e novos bairros iam se consolidando.

Ao longo das décadas, a então intitulada Cidade Real de Nossa Senhora das Neves recebeu vários nomes, até que, em 1930, passou a se chamar João Pessoa, em homenagem ao político paraibano, assassinado no mesmo ano.

João Pessoa foi intitulada como a “segunda capital mais verde do mundo” durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, a ECO-92. Tal feito, que leva em consideração a relação entre área verde por habitante, teve influência direta da presença de remanescentes vegetais na cidade, como o Jardim Botânico Benjamim Maranhão. Conhecido popularmente como Mata do Buraquinho, o Jardim Botânico fica localizado no setor central do território geográfico do município, sendo uma reserva de Mata Atlântica com uma área de aproximadamente 515 hectares (Figura 3).

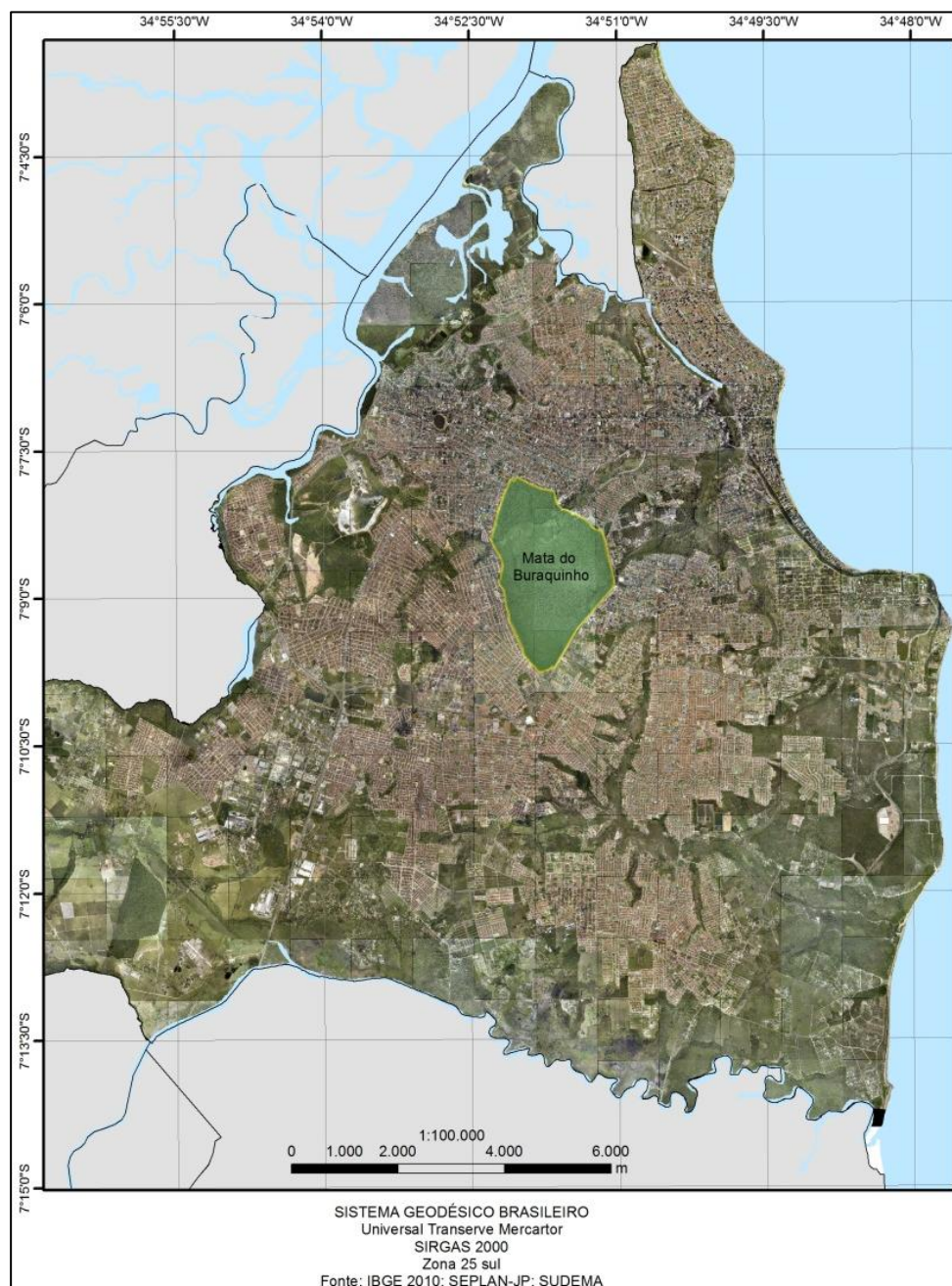
A cidade possui, ainda, outras áreas com remanescentes de Mata Atlântica ao longo de toda sua extensão, como, por exemplo, o Parque Municipal Natural Lauro Pires Xavier e o Parque Natural Municipal do Cuiá, entre outros. Também cabe ressaltar a importância do Parque Arruda Câmara, popularmente conhecido como “Bica”, sendo esse um jardim zoobotânico, com área de aproximadamente 26,8 hectares, consistindo em um refúgio de diversas espécies da fauna e flora.

João Pessoa representa a maior economia do estado da Paraíba. Em 2014 o município registrou um Produto Interno Bruto - PIB de R\$ 17,4 bilhões, com um PIB per capita de R\$ 22.350,05 (IBGE, 2014), tendo como suas principais atividades econômicas o turismo e o comércio. No ramo turístico, a cidade conta com diversas instalações hoteleiras que dão suporte ao fomento do turismo na



cidade, que, devido às diversas de belezas naturais, recebe grande quantidade de visitantes do Brasil e outras partes do mundo.

Figura 3 – Localização do Jardim Botânico Benjamim Maranhão ou Mata do Buraquinho.



Fonte: Prefeitura Municipal de João Pessoa – PMJP



O setor industrial de João Pessoa conta com dois polos, os quais abrangem diversos setores, como alimentício, vestuário, automobilístico, entre outros, recebendo grandes empresas do Brasil e de outros países, sendo um dos principais geradores de empregos na capital paraibana.

Tabela 6 – Caracterização da região e limites do inventário.

Limites do inventário	Informações
Nome da região	Cidade de João Pessoa
Estado	Paraíba
País	Brasil
Ano do inventário	2014
Limites geográficos	Cabedelo ao Norte, Conde ao Sul, Bayeux e Santa Rita ao Oeste, Oceano Atlântico ao Leste
Área	211,475 km ² (IBGE)
População	780.738 habitantes (IBGE)
PIB per Capita	R\$ 22.350,05 [R\$/hab]
Clima	Tropical quente úmido
Bioma	Mata Atlântica

Fonte: Elaboração própria

O inventário adotou a abordagem BASIC, na qual são reportadas as emissões de GEE de fontes estacionárias, transporte e resíduos. É importante destacar que algumas emissões são territoriais, ocorrendo dentro das fronteiras do município, porém não são contabilizadas no total de emissões das abordagens BASIC e BASIC+. Isto pode ser observado na cidade de João Pessoa, no que se refere às emissões provenientes da queima de combustível para geração de energia.

Os Potenciais de Aquecimento Global (GWP) foram aplicados de acordo com o AR5 do IPCC, lançado em 2014. Todos os cálculos de emissão de Gases de Efeito Estufa – GEE oriundos de fontes antrópicas levaram em consideração as atividades realizadas dentro dos limites do município.



O atual inventário é um primeiro diagnóstico para permitir o início de um monitoramento das emissões da cidade. João Pessoa tem o objetivo de elaborar inventários anuais a partir deste, bem como ampliar a abordagem adotada, passando a inventariar as emissões de outros setores não contemplados aqui, e que integram a abordagem BASIC+.



3. Emissões de GEE por setor

3.1 Energia Estacionária

Neste setor estão incluídas emissões antrópicas devido à produção, transformação, distribuição e consumo de diferentes formas de energia. Inclui-se também emissões fugitivas associadas à mineração, processamento, armazenamento e distribuição de carvão e/ou petróleo e gás natural. Neste sentido, destacam-se as atividades de:

- Exploração e aproveitamento de fontes primárias de energia;
- Conversão de fontes primárias de energia em refinarias e plantas de energia;
- Transmissão, distribuição e perdas de energia elétrica;
- Uso de combustíveis em fontes estacionárias (por exemplo, edifícios residenciais, comerciais e públicos, indústrias, entre outros).

A categorização das emissões por escopo ocorre pelo seguinte processo de alocação:

Escopo 1: inclui emissões da combustão de combustíveis em edifícios, indústrias de manufatura e construção, e da conversão de fontes primárias em refinarias e indústrias de geração de energia localizadas dentro das fronteiras da cidade.

Escopo 2: inclui emissões do consumo de energia elétrica do sistema local, regional ou nacional de abastecimento. No Brasil, a geração e distribuição de energia está conectada ao Sistema Interligado Nacional (SIN). As emissões de escopo 2 são relacionadas a todo consumo de energia elétrica observado dentro das fronteiras do inventário, independente do local de produção de energia.

Escopo 3: inclui emissões relacionadas às perdas na distribuição e transmissão de energia da rede elétrica de abastecimento.

3.1.1 Caracterização do setor no município

João Pessoa conta com uma usina termelétrica localizada em uma área de 800 mil m² em seu Distrito Industrial. As Centrais Elétrica da Paraíba S.A. – EPASA têm uma potência instalada de 342 MW e auxiliam a delinear o panorama de consumo de

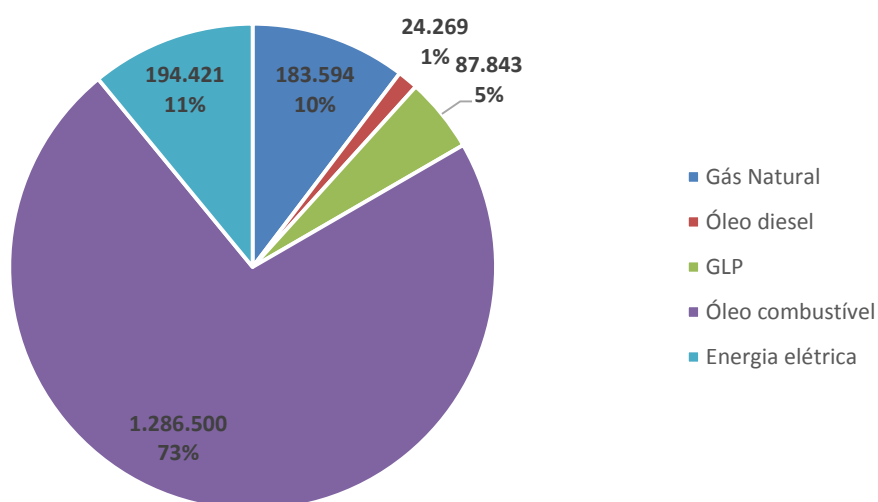
combustíveis e emissão de CO₂eq no município.

Ao analisar o uso de energia em João Pessoa em 2014, pode-se observar a predominância no consumo do óleo combustível (72,41%), exclusivamente para geração de energia elétrica. Na sequência, predominam o uso de energia elétrica (10,94%), com destaque para os subsetores residencial e comercial, e gás natural (10,33%), em sua quase totalidade para o setor industrial.

3.1.2 Emissões e remoções antrópicas de GEE

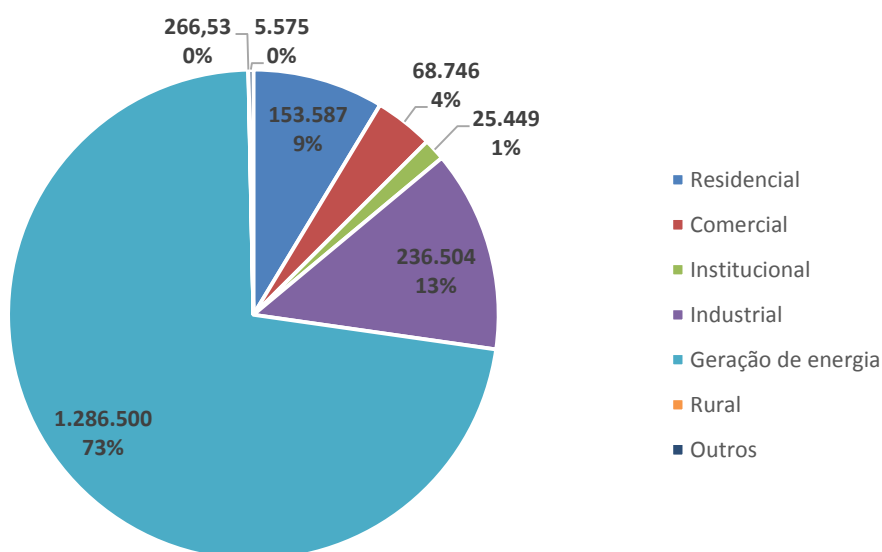
O setor de energia estacionária é responsável pela emissão de 1.776.627 toneladas de CO₂eq. O Gráfico 7 demonstra as emissões totais de CO₂eq por tipo de combustível.

Gráfico 7 – Emissões totais de toneladas CO₂eq e desagregadas por combustível.



Como visto na seção anterior, a atividade de uma usina termelétrica na cidade contribuiu para o alto consumo de óleo combustível, e se reflete, também, na emissão de CO₂eq por subsetor, ilustrada no Gráfico 8.

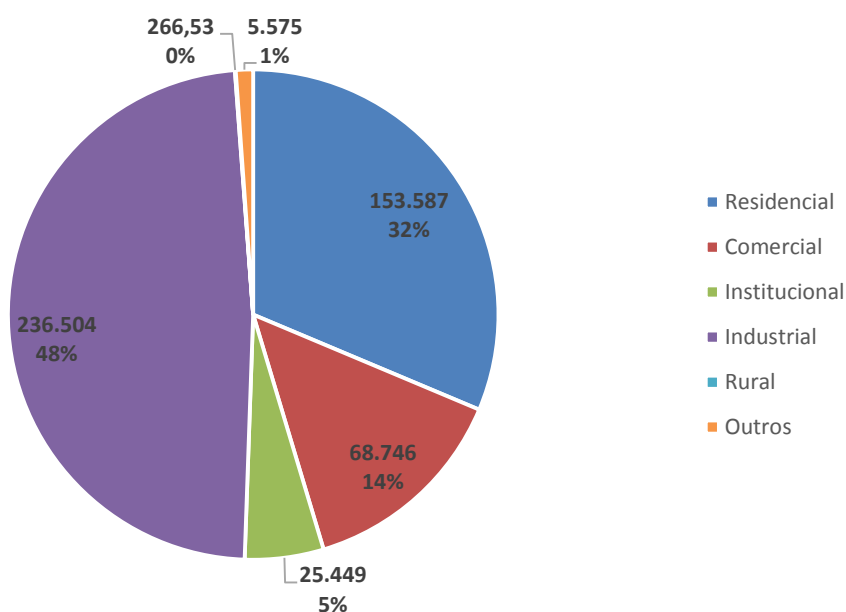
Gráfico 8 – Emissões totais de toneladas CO₂eq e desagregadas por subsetor.



Há registro do uso de energia, adicionalmente, pelos subsectores rural e outros. Entretanto, suas contribuições são inexpressivas (0,01% e 0,31%, respectivamente).

Analisando as emissões do setor de energia estacionária de acordo com a abordagem BASIC (Gráfico 9), observa-se a predominância dos subsectores industrial (48,33%) e residencial (31,39%).

Gráfico 9 – Emissões totais de toneladas CO₂eq e desagregadas por subsetor, de acordo com a abordagem BASIC.



3.2 Transportes

No setor de transportes estão incluídas as emissões provenientes da queima de combustíveis e oriundas do consumo de energia elétrica relacionado à sistemas de transportes de carga e passageiros, ambos dentro e fora dos limites da cidade.

De acordo com a metodologia GPC, são quantificadas as emissões de CO₂, N₂O e CH₄ dos modais de transporte, seja de carga ou passageiros:

- Rodoviário;
- Ferroviário;
- Hidroviário;
- Aviação;
- Transporte off-road.

As emissões são alocadas de acordo com a seguinte desagregação de escopos:

Escopo 1: inclui todas as emissões de GEE relacionadas ao transporte de cargas e passageiros dentro dos limites da cidade.

Escopo 2: inclui as emissões de GEE relacionadas ao consumo de energia elétrica para o abastecimento de veículos.

Escopo 3: inclui emissões relacionadas a viagens transfronteiriças (emissões de GEE provenientes de viagens que se originam/terminam dentro ou fora dos limites da cidade). Este escopo também pode incluir emissões relacionadas a perdas de energia elétrica na transmissão e distribuição.

3.2.1 Caracterização do setor no município

João Pessoa tem contribuição dos seguintes modais de transporte: rodoviário, ferroviário, hidroviário e aviação.

De acordo com o Departamento Estadual de Trânsito – DETRAN/PB, a cidade apresentava uma frota de 320.328 veículos em 2014. Quanto a idade da frota, 44,72% tinham até 5 anos e 35,39% entre 6 e 15 anos.

A Companhia Brasileira de Trens Urbanos – CBTU opera uma linha férrea com

extensão total de 30 km na região metropolitana de João Pessoa. Dentro dos limites do município, a extensão da linha ferroviária é de 8,20 km. A frota em 2014 compreendia 05 locomotivas Alco Diesel e 29 carros de passageiros Pidner, com capacidade para 208 passageiros cada.

Por ser uma cidade litorânea, com 24 km de orla e formação de piscinas naturais próximas à costa, há uma alta atividade de passeios turísticos náuticos na cidade. Entretanto, não foi possível desagregar as informações obtidas a fim de estimar as emissões de CO₂eq deste subsetor.

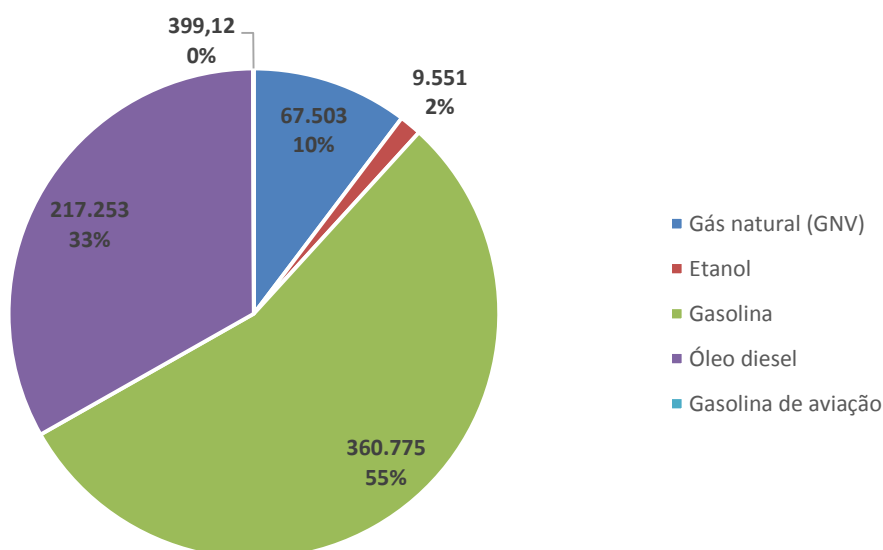
O aeroporto que atende as demandas de João Pessoa localiza-se na região metropolitana, em Bayeux. Contudo, dentro dos limites da cidade, há um aeroclube para pousos e decolagens de aeronaves de pequeno porte e onde também são promovidos eventos e cursos, como pilotagem, pára-quedismo e aeromodelismo.

3.2.2 Emissões e remoções antrópicas de GEE

O setor de transportes é responsável pela emissão de 655.481 toneladas de CO₂eq, sendo a contribuição do setor rodoviário de 99,70%.

O Gráfico 10 demonstra as emissões totais de CO₂eq por tipo de combustível.

Gráfico 10 – Emissões totais de toneladas CO₂eq e desagregadas por combustível.





O volume de gasolina de aviação registrado em 2014 foi de 179.879 litros, gerando a emissão de 399 t de CO₂eq (0,06%).

3.3 Resíduos

Neste setor estão incluídas as emissões de CH₄, N₂O e CO₂ relacionadas com as seguintes atividades no âmbito de gestão de resíduos:

- Disposição final de resíduos sólidos;
- Incineração de resíduos sólidos;
- Tratamento biológico de resíduos sólidos orgânicos;
- Tratamento e afastamento de efluentes líquidos.

Os resíduos podem ser gerados e tratados dentro dos limites do município, ou ainda em diferentes municipalidades. A alocação das emissões por escopo ocorre de acordo com a seguinte desagregação:

Escopo 1: inclui todas emissões de GEE do tratamento e disposição final de resíduos dentro dos limites da cidade, independente do local de geração. No entanto, as emissões decorrentes de resíduos gerados em outras municipalidades devem ser reportadas especificamente como emissão territorial.

Escopo 2: nível de desagregação não aplicável ao setor.

Escopo 3: inclui emissões de GEE do tratamento e disposição final de resíduos gerados dentro dos limites da cidade, no entanto, que são tratados fora das fronteiras delimitadas.

3.3.1 Caracterização do setor no município

O município de João Pessoa estabelece sua gestão sobre o Consórcio de Desenvolvimento Intermunicipal da Área Metropolitana de João Pessoa – CONDIAM. Através deste consórcio, foi possível o planejamento e instalação do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa – ASMJP. Localizado fora dos limites geográficos do município, o ASMJP recebe resíduos da região metropolitana de João Pessoa e da



iniciativa privada.

Diante deste contexto, verifica-se um fracionamento acentuado do volume dos resíduos sólidos dispostos no aterro. João Pessoa é o município que gera o maior volume de resíduos, estabelecendo um total de 253.595 toneladas de resíduos orgânicos para o ano de 2014. Esse volume corresponde a 50% do total de resíduos que são destinados para tratamento pelo município para o ASMJP. Os dados relativos aos resíduos sólidos foram disponibilizados pela Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana – EMLUR.

O município de João Pessoa também estabelece uma malha coletora de efluentes domésticos que atende 61,8% da população. Os efluentes são destinados para duas estações de tratamento localizadas dentro dos limites do município, Estação de Tratamento do Roger (ETR) e Estação de Tratamento de Mangabeira (ETM).

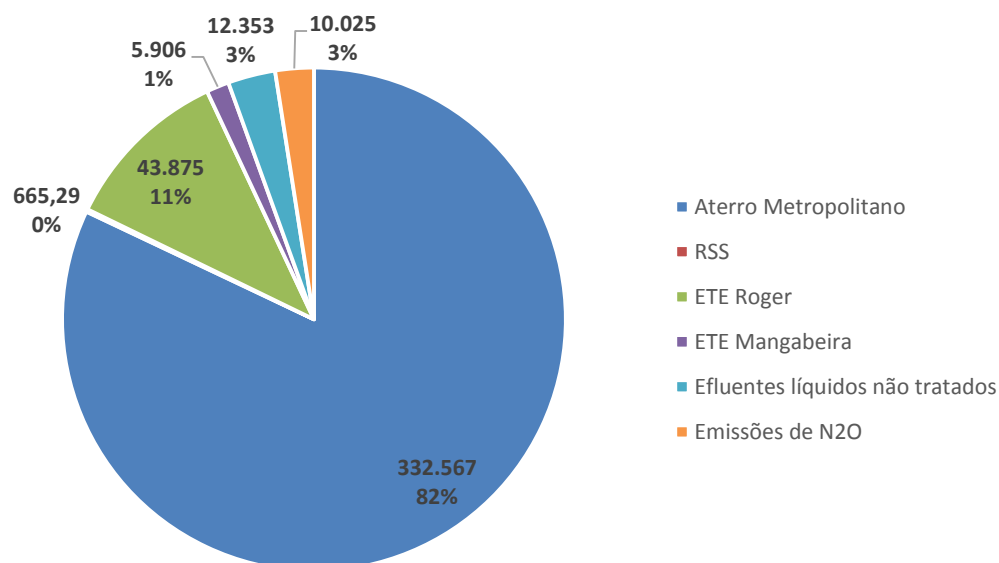
A ETR compreende uma lagoa anaeróbia de 8 metros de profundidade e recebe 70% dos efluentes coletados na cidade, enquanto a ETM recebe 30% dos efluentes coletados e conta com duas lagoas anaeróbias com dimensões de 0,4 hectares de área por 3,7 m de profundidade cada, seguidas de uma lagoa facultativa com 3,4 hectares de área.

Estes processos garantem uma eficiência entre 70% e 85% para a redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, atendendo a legislação vigente (Resolução CONAMA nº 430/2011), que institui uma eficiência mínima de 60% da redução de DBO como condição de lançamento em corpos hídricos receptores. Os dados foram fornecidos pela Companhia de Água e Esgoto da Paraíba – CAGEPA.

3.3.2 Emissões e remoções antrópicas de GEE

O setor de resíduos é responsável pela emissão de 405.391 toneladas de CO₂eq. O Gráfico 11 estabelece os totais das emissões de CO₂eq desagregados por subsetor.

Gráfico 11 – Emissões totais de toneladas CO₂eq e desagregadas por subsetor.



Quanto ao tratamento de resíduos especiais, não foi possível obter dados locais. Dessa forma, a emissão de CO₂eq para o subsetor resíduos de serviços de saúde foi estimada a partir dos dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil¹. Este subsetor contribuiu com 0,16% das emissões, correspondente a 665 toneladas de CO₂eq.

Pode-se observar no gráfico acima a predominância em termos de emissões de 82,04% para o aterro metropolitano e 17,80% para efluentes líquidos – sendo 10,82% de emissões para a ETE Roger e 1,46% para a ETE Mangabeira, 3,05% pela ausência de tratamento, e 2,47% pela emissão de N₂O.

¹ Ano base 2014. Disponível em: <https://goo.gl/JCamBN>

4. Referencial Metodológico

O referencial metodológico adotado na elaboração do inventário de emissões de GEE foi a metodologia GPC, que, por sua vez, é embasada em diferentes metodologias, como o 2006 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2006) e o *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2000).

Neste capítulo, são descritas as metodologias e fórmulas de cálculo utilizadas para estimar as emissões de cada setor incluído no inventário.

4.1 Energia Estacionária

Realiza-se o cálculo das emissões de GEE relacionadas ao setor de Energia Estacionária a partir da multiplicação dos dados de consumo/combustão de combustíveis pelos fatores de emissão correspondentes, conforme demonstrado na Equação 1.

Equação 1 – Emissões de GEE provenientes da combustão estacionária².

$$Emissão_{comb,GEE} = Consumo_{comb.} \times Fator\ de\ emissão_{comb,GEE}$$

Onde:

Emissão_{comb, GEE} = emissões de GEE por tipo de combustível

Consumo_{comb} = quantidade de combustível consumida

Fator de emissão_{comb,GEE} = fator de emissão por tipo de gás e combustível

4.2 Transportes

A metodologia GPC não descreve um método específico para calcular as emissões associadas ao setor de transportes devido a variações em relação à disponibilidade de dados. A escolha do método de cálculo deve levar em conta o nível de detalhamento dos dados de atividade, bem como modelos desenvolvidos no âmbito de planejamento de

² 2006 IPCC *Guideline for National Gas Inventories Intergovernmental Panel on Climate Change*. Volume 2. Capítulo 2 – Combustão Estacionária. Disponível em: <https://goo.gl/xx56wE>

mobilidade urbana.

A abordagem utilizada neste inventário é categorizada como top-down, a qual assume que o consumo de combustível é a principal proxy do comportamento de viagens do município. Nessa abordagem, as emissões são resultado da multiplicação do total de consumo de combustível pelo fator de emissão de cada tipo de combustível utilizado, conforme pode ser observado na Equação 2.

Equação 2 – Abordagem *fuel sales* (venda de combustíveis) para quantificar as emissões de GEE associadas ao setor de transportes³.

$$Emissão_{comb,GEE} = Consumo_{comb.} \times Fator\ de\ emissão_{comb,GEE}$$

Onde:

Emissão_{comb, GEE} = emissões de GEE por tipo de combustível utilizado em fontes móveis

Consumo_{comb} = quantidade de combustível consumida por fontes móveis

Fator de emissão_{comb,GEE} = fator de emissão por tipo de gás e combustível

4.3 Resíduos

As emissões de GEE relacionadas com a disposição final de resíduos sólidos foram calculadas a partir do método Compromisso de Metano (Equação 3), o qual assume que o componente orgânico degradável no resíduo se degrada integralmente no ano de disposição final.

Equação 3 – Método compromisso de metano⁴.

$$Emissão_{CH_4} = MSW_x \times L_0 \times (1 - f_{rec}) \times (1 - OX)$$

Onde:

MSW_x = Quantidade de resíduos sólidos encaminhada para disposição final, toneladas

L₀ = Potencial de geração de metano, toneladas de CH₄/tonelada de MSW_x

F_{rec} = fator de recuperação de metano no local de disposição final (*flare* ou aproveitamento energético), fração

OX = Fator de Oxidação, adimensional

³ 2006 IPCC *Guideline for National Gas Inventories Intergovernmental Panel on Climate Change*. Volume 2. Capítulo 3 – Combustão Móvel. Disponível em: <https://goo.gl/AL2H3F>

⁴ IPCC *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (2000). Capítulo 5. Disponível em: <https://goo.gl/E7t4xK>

Equação 4 – Potencial de Geração de metano⁵.

$$L_0 = MCF \times DOC \times DOC_f \times F \times 16/12$$

Onde:

L_0 = Potencial de geração de metano

MCF = Fator de correção de metano por tipo de local de disposição final

DOC = Componente de carbono orgânico degradável (toneladas de C/ toneladas de resíduos)

DOC_f = Fração de DOC que efetivamente se degrada

F = Fração de metano no gás de aterro

16/12 = Razão esquiométrica entre metano e carbono

Para estimar as emissões de GEE relacionadas à incineração como rota tecnológica de tratamento de resíduos sólidos, no Brasil mais comumente utilizada em resíduo de serviços de saúde (RSS) e resíduos sólidos industriais (RSI), aplica-se a Equação 5 e Equação 6, de acordo com as metodologias descritas nas diretrizes do IPCC 2006.

Equação 5 – Emissões de CO₂ não biogênico da incineração de resíduos sólidos⁶.

$$Emiss\tilde{a}o_{CO_2} = m \times \left(\sum_i (WF_i \times dm_i \times CF_i \times FCF_i \times OF_i) \right) \times \left(\frac{44}{12} \right)$$

Onde:

Emiss\tilde{a}o_{CO₂} = total de emissões de CO₂ provenientes da incineração, em toneladas

m = massa de resíduos incinerados, em toneladas

WF_i = Fração de resíduos de tipo i

dm_i = *dry matter* conteúdo de tipo i

CF_i = fração de carbono de *dry matter* de tipo i

FCF_i = fração de carbono fóssil no total de componente de carbono

OF_i = fator de oxidação ou fator

i = tipo de resíduo sólido incinerado

⁵ IPCC *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (2000). Capítulo 5. Disponível em: <https://goo.gl/95Hvii>

⁶ 2006 IPCC *Guideline for National Gas Inventories Intergovernmental Panel on Climate Change*. Volume 5. Capítulo 5. Disponível em: <https://goo.gl/p5f7tE>

Equação 6 – Emissões de CH₄ e N₂O da incineração de resíduos sólidos⁷.

$$Emissão_{CH_4} = \left(\sum_i (IW_i \times EF_i) \right) \times (10^{-6})$$
$$Emissão_{N_2O} = \left(\sum_i (IW_i \times EF_i) \right) \times (10^{-6})$$

Onde:

Emissão de CH₄ = total de emissões de metano no ano de inventário, em toneladas

Emissão de N₂O = total de emissões de óxido nitroso, em toneladas

IW_i = Quantidade de resíduos sólidos encaminhada para incineração ou queima à céu aberto, em toneladas

EF = fator de emissão (g CH₄/ t de resíduo e g N₂O/ t de resíduo)

10⁻⁶ = conversão de gramas para toneladas

i = categoria do tipo de resíduo (ex. resíduos sólidos urbanos, resíduos de serviços de saúde, resíduos sólidos industriais)

A metodologia para o cálculo de emissões de GEE oriundas do tratamento e afastamento de efluentes líquidos seguem as diretrizes do 2006 IPCC *Guideline for National Gas Inventories* (volume 5) e pode ser descrita de acordo com as Equações 7, 8 e 9.

Equação 7 – Emissões de CH₄ provenientes do tratamento e afastamento de efluentes líquidos⁸.

$$Emissão_{CH_4} = \left(\sum_i [(TOW_i - S_i) \times EF_i - R] \right)$$

Onde:

Emissão CH₄ = emissões totais de CH₄ em toneladas

TOW = quantidade de matéria orgânica no efluente líquido (kg de DBO ou kg de DQO)

EFCH₄ = fator de emissão de kg de CH₄ por kg de DBO ou DQO

S_i = componente orgânico removido como lodo

R = Total em toneladas de metano recuperado no ano de inventário

i = Tipo de efluente líquido (por ex. doméstico e/ou industrial)

⁷2006 IPCC *Guideline for National Gas Inventories Intergovernmental Panel on Climate Change*. Volume 5. Capítulo 5. Disponível em: <https://goo.gl/uaZjXR>

⁸ 2006 IPCC *Guideline for National Gas Inventories Intergovernmental Panel on Climate Change*. Volume 5. Capítulo 6. Disponível em: <https://goo.gl/uqx8Az>



Equação 8 – Obtenção de fatores de emissão e carga orgânica em efluentes líquidos⁹.

$TOW = Pop \times DBO \times I \times 365$ $EF = B_0 \times MCF_i \times U_i \times T_{i,j}$
Onde:
TOW = Total de carga orgânica nos efluentes líquidos domésticos
Pop = População que recebe cobertura do serviço de saneamento
I = Fator de correção adicional para a presença de lançamento de efluentes industriais (valor <i>default</i> de 1,25 para a contribuição de efluentes industriais e 1,00 para a ausência de contribuição)
EF _i = Fator de emissão para cada sistema de tratamento e afastamento
i = categoria do tipo de resíduo (ex. resíduos sólidos urbanos, resíduos de serviços de saúde, resíduos sólidos industriais)
MCF _i = fator de correção de metano (fração) para cada tipo de sistema de tratamento adotado
U _i = Fração da população que recebe cobertura do sistema de tratamento
T _{i,j} = Taxa de utilização do sistema de tratamento/ lançamento de efluentes j por cada fração da população i.

Equação 9 – Emissões de N₂O provenientes do tratamento e afastamento de efluentes líquidos¹⁰.

$Emiss\tilde{a}o_{N_2O} = \left[(P \times Prote\acute{i}na \times F_{NPR} \times F_{NON-CON} \times F_{IND-COM}) - N_{lodo} \right] \\ \times EF_{efluente} \times \frac{44}{28} \times 10^{-3}$
Onde:
Emissão N ₂ O = total de emissões de N ₂ O em toneladas
P = total de população servida pelo sistema de tratamento
Proteína = Consumo anual de proteína per capita, kg/pessoa.dia
F _{NON-CON} = Fator de ajuste para proteína não consumida
F _{NPR} = Fração de nitrogênio na proteína, 0,16 kg N/ kg de proteína
F _{IND-COM} = Fator para efluentes industriais e comerciais co-lançados na rede, 1,25
N _{lodo} = Nitrogênio removido em lodo, valor <i>default</i> igual a 0 kg N/ano
EF _{efluente} = Fator de emissão, 0,005 kg N ₂ O – N/ kg de N ₂ O
44/28 = conversão de kg N ₂ O-N para kg de N ₂ O

⁹ 2006 IPCC *Guideline for National Gas Inventories Intergovernmental Panel on Climate Change*. Volume 5. Capítulo 6. Disponível em: <https://goo.gl/DcJ2e6>

¹⁰ 2006 IPCC *Guideline for National Gas Inventories Intergovernmental Panel on Climate Change*. Volume 5. Capítulo 6. Disponível em: <https://goo.gl/AyfqnN>



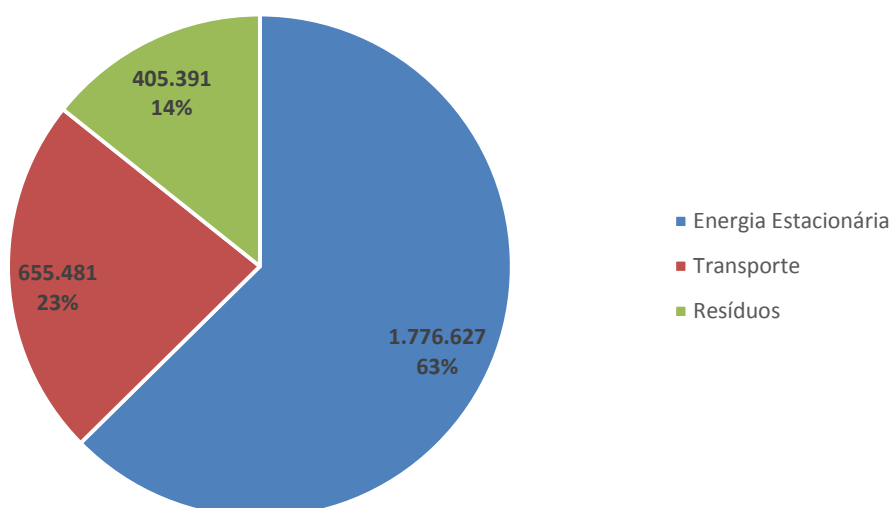
Adicionalmente, o cálculo das emissões provenientes do tratamento de efluentes considerou a carga de DBO efetivamente degradada em cada estação de tratamento. Para tal, multiplicou-se a diferença entre a DBO de entrada e DBO de saída pelo fator de emissão.

5. Resultados Consolidados

5.1 Emissões totais

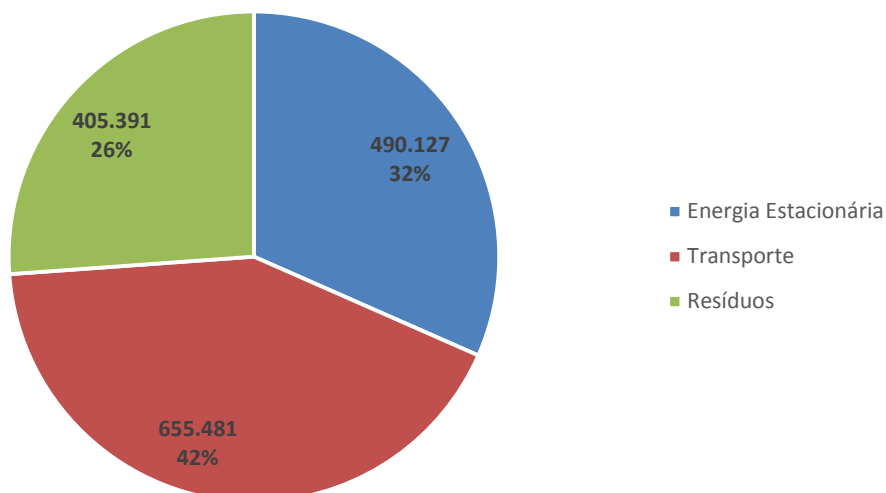
Em 2014, as emissões de GEE em João Pessoa correspondem a 2.837.499 t CO₂eq. A maioria das emissões é proveniente do setor energia estacionária (62,61%), seguido por transporte (23,10%) e resíduos (14,29%). O Gráfico 12 demonstra a participação de cada setor no nível de emissões do município.

Gráfico 12 – Emissões totais de toneladas CO₂eq e desagregadas por setor.



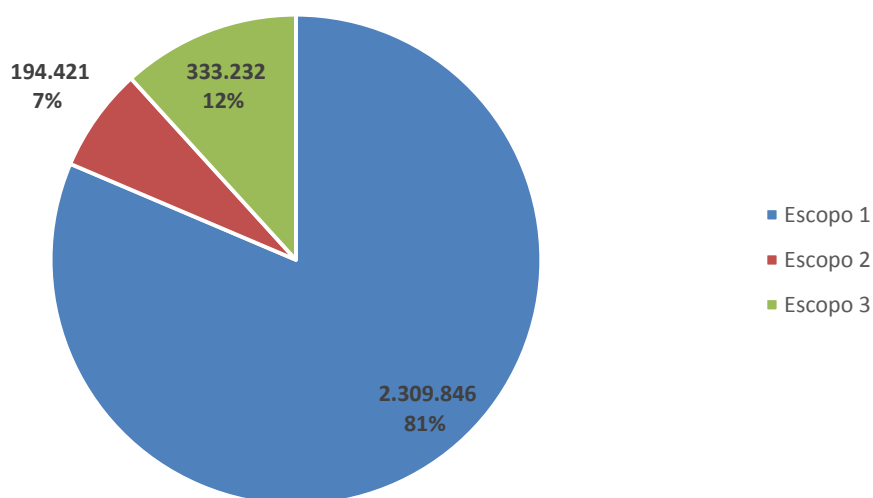
Considerando a abordagem BASIC, e não incluindo as emissões provenientes da queima de combustível para geração de energia, o panorama de emissões da cidade acompanha o padrão que vem sendo observado nas demais cidades brasileiras (Gráfico 13). Nesta análise, 42,26% das emissões são do subsector transporte, seguido por energia estacionária (31,60%) e resíduos (26,14%).

Gráfico 13 – Emissões totais de toneladas CO₂eq e desagregadas por setor, de acordo com a abordagem BASIC.



O Gráfico 14 ilustra a contribuição de cada escopo no nível de emissões do município.

Gráfico 14 – Emissões totais de toneladas CO₂eq por escopo.



5.2 Emissões per capita e área

Com uma população de 780.738 habitantes e 211,475 km² de área territorial, João Pessoa apresentou um nível de emissões de 3,63 ton CO₂eq/habitante em 2014, e 13.417,66 ton CO₂eq/km².

A Tabela 7 apresenta um comparativo dos índices de emissões per capita e área com outras cidades brasileiras. Buscou-se realizar essa análise com cidades que tenham seus inventários elaborados de acordo com a metodologia GPC.

Tabela 7 – Índices de emissões per capita e área entre cidades brasileiras.

Cidade	tCO ₂ eq	População*	tCO ₂ eq/hab	Área* (km ²)	tCO ₂ eq/ km ²	Ano base
Belo Horizonte	4.400.000	2.460.000	1,79	331,401	13.276,97	2013
João Pessoa	2.837.499	780.738	3,63	211,475	13.417,66	2014
Londrina	1.105.964	537.566	2,06	1.652,57	669,24	2013
Recife	3.120.426	1.537.704	2,03	218,435	14.285,37	2012

*Dados: IBGE (<https://goo.gl/hJrhNh>)

É importante destacar que o alto índice de emissão per capita observado em João Pessoa é resultado da queima de combustível para geração de energia elétrica, como discutido anteriormente. Excluindo sua contribuição da análise, o índice per capita correspondente é de 1,99 ton CO₂eq/habitante.

5.3 Emissões por tipo de GEE

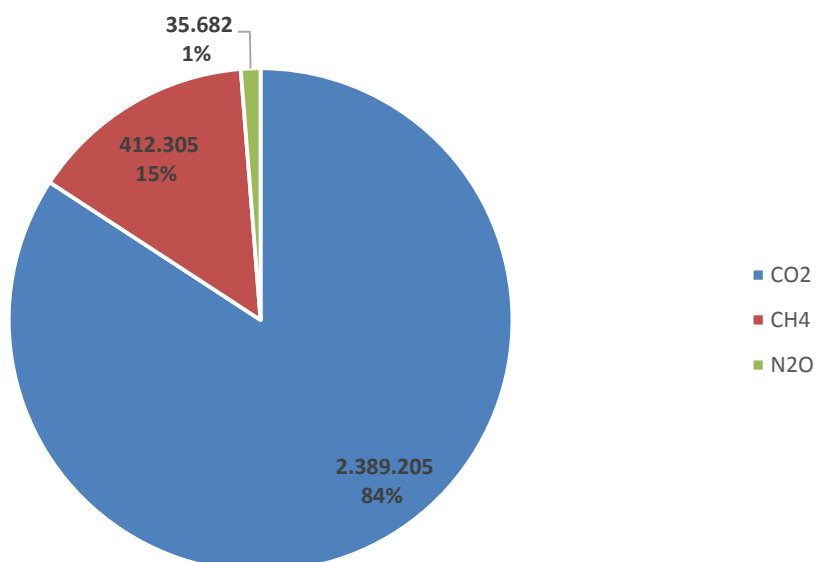
A Tabela 8 apresenta a quantidade de emissões de CO₂, CH₄ e N₂O em João Pessoa no ano de 2014.

O Gráfico 15 apresenta a contribuição de CO₂, CH₄ e N₂O em CO₂eq. O CO₂ foi o gás de efeito estufa predominante nas emissões da cidade de João Pessoa, correspondendo a 84,21% do total emitido. O CH₄ contribuiu com 14,53% das emissões enquanto o N₂O, 1,26%.

Tabela 8 – Emissões em toneladas de CO₂, CH₄ e N₂O e desagregadas por escopo.

Gás	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	TOTAL
CO ₂	2.194.341	194.421	443,53	2.389.205
CH ₄	2.848	0	11.877	14.725
N ₂ O	134,65	0	0	134,65

Gráfico 15 – Emissões de CO₂, CH₄ e N₂O apresentadas em toneladas de CO₂eq.





6. Referências Bibliográficas

BRASIL; MCTIC. **Terceiro Inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de Efeito Estufa, Relatórios de Referência**. Brasília, 2015

GREENHOUSE GAS PROTOCOL. **Global protocol for community-scale greenhouse gas emission inventories**. An accounting and reporting standard for cities. United States of America, 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2014. **ESTIMATIVAS DA POPULAÇÃO DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS COM DATA DE REFERÊNCIA EM 1º DE JULHO DE 2014**. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/pdf/analise_estimativas_2014.pdf. Acesso em: 31 jan. 2018.

ICLEI – Governos Locais Pela Sustentabilidade, Secretariado Para América do Sul.. **Inventário de Gases de Efeito Estufa do Grande ABC**, 2016a.

ICLEI – Governos Locais Pela Sustentabilidade, Secretariado Para América do Sul. **Programa Cidades Sustentáveis: Guia de Ação Local Pelo Clima**. São Paulo, 2016b.

IPCC 2000. **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories**. J Penman, D Kruger, I Galbally, T Hiraishi, B Nyenzi, S Emmanul, L Buendia, R Hoppaus, T Martinsen, J Meijer, K Miwa and K Tanabe (Eds). Published: Japan.

IPCC 2006. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

PBMC, 2016: **Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas** [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 116p. ISBN: 978-85-285-0344-9.

7. Anexos

7.1 Anexo I

Tabela 9 – Sumário de emissões totais de gases de efeito estufa.

Setor		Total por escopo (tCO ₂ e)				Total por abordagem	
		Escopo 1 (territorial)	Escopo 2	Escopo 3 incluído na abordagem BASIC/BASIC+	Outro escopo 3	BASIC	BASIC+
Energia Estacionária	Uso de energia (todas emissões exceto seção I.4.4)	295.706	194.421			490.127	
	<i>Geração de energia para abastecimento do grid (I.4.4)</i>	1.286.500					
Transportes (todas as emissões)		655.481				655.481	
Resíduos	Gerado dentro dos limites da cidade	72.159		333.232		405.391	
	<i>Gerado fora dos limites da cidade</i>						
IPPU							
AFOLU							
Total		2.309.846	194.421	333.232		1.550.999	

Legenda

	Fontes requeridas para a abordagem Basic		Fontes requeridas para a abordagem territorial, mas não Basic/Basic+
+	Fontes requeridas para a abordagem Basic +		Emissões não aplicáveis
	Fontes incluídas em Outros escopos 3		

Fonte: Elaboração própria, formato de reporte definido pelo GHG Protocol (2014)

Tabela 10 – Reporte geral de emissões de GEE em conformidade com a metodologia GPC.

GPC nº de ref.	Escopo	Fontes de emissão de GEE (por setor e subsetor)	Palavras - chave	t CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	Total t CO ₂ e	t CO ₂ (b)	AD	AF	Comentários
I		ENERGIA ESTACIONÁRIA		1.772.004	61,99	10,61	1.776.627	1.156			
I.1		Edifícios Residenciais		153.386	6,02	0,12	153.587	0			
I.1.1	1	Emissões do consumo de combustível dentro dos limites da cidade		75.842	6,02	0,12	76.043	0	Alta	Baixa	
I.1.2	2	Emissões do consumo de energia da rede elétrica dentro dos limites da cidade		77.544	0	0	77.544		Alta	Média	
I.1.3	3	Perdas na transmissão e distribuição de energia da rede elétrica	NE								Abordagem Basic
I.2		Edifícios Comerciais e Institucionais		94.134	1,62	0,05	94.195	193,38			
I.2.1	1	Emissões do consumo de combustível dentro dos limites da cidade		16.941	1,62	0,05	17.002	193,98	Alta	Baixa	
I.2.2	2	Emissões do consumo de energia da rede elétrica dentro dos limites da cidade		77.193	0	0	77.193		Alta	Média	
I.2.3	3	Perdas na transmissão e distribuição de energia da rede elétrica	NE								Abordagem Basic
I.3		Indústrias de Manufatura e Construção		236.277	3,86	0,45	236.504	697,29			
I.3.1	1	Emissões do consumo de combustível dentro dos limites da cidade		196.860	3,86	0,45	197.087	697,29	Alta	Baixa	
I.3.2	2	Emissões do consumo de energia da rede elétrica dentro dos limites da cidade		39.417	0	0	39.417		Alta	Média	
I.3.3	3	Perdas na transmissão e distribuição de energia da rede elétrica	NE								Abordagem Basic
I.4		Indústrias de Geração de Energia		1.282.400	49,71	9,94	1.286.500				
I.4.1	1	Emissões do uso de combustíveis em plantas de produção e geração de energia	IE								Não foi possível desagregar do subsetor I.3.1
I.4.2	2	Emissões do consumo de energia elétrica da rede em indústrias de geração de energia	IE								Não foi possível desagregar do subsetor I.3.2

GPC nº de ref.	Escopo	Fontes de emissão de GEE (por setor e subsetor)	Palavras-chave	t CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	Total t CO ₂ e	t CO ₂ (b)	AD	AF	Comentários
I.4.3	3	Emissões da perda na transmissão e distribuição de energia elétrica da rede utilizada em plantas de geração	NE								Abordagem Basic
I.4.4	1	Emissões da geração de energia abastecida à rede elétrica		1.282.400	49,71	9,94	1.286.500	0	Alta	Baixa	
I.5		Agricultura, Silvicultura e atividades de pesca		266,53	0	0	266,53				
I.5.1	1	Emissões do consumo de combustível dentro dos limites da cidade	NO								Não ocorre na cidade
I.5.2	2	Emissões do consumo de energia da rede elétrica dentro dos limites da cidade		266,53	0	0	266,53		Alta	Média	
I.5.3	3	Perdas na transmissão e distribuição de energia da rede elétrica	NE								Abordagem Basic
I.6		Fontes Não-especificadas		5.541	0,78	0,05	5.575	264,62			
I.6.1	1	Emissões do consumo de combustível dentro dos limites da cidade		5.541	0,78	0,05	5.575	264,62	Alta	Baixa	
I.6.2	2	Emissões do consumo de energia da rede elétrica dentro dos limites da cidade	NO								Não ocorre na cidade
I.6.3	3	Perdas na transmissão e distribuição de energia da rede elétrica	NE								Abordagem Basic
I.7		Emissões fugitivas de mineração, processamento, armazenamento e transporte de carvão									
I.7.1	1	Emissões fugitivas de mineração, processamento, armazenamento e transporte de carvão	NO								Não ocorre na cidade
I.8		Emissões fugitivas de petróleo e gás natural									
I.8.1	1	Emissões fugitivas de petróleo e gás natural dentro dos limites da cidade	NO								Não ocorre na cidade
II		TRANSPORTES		616.757	567,08	86,21	655.481	122.953			
II.1		Rodoviário		614.947	566,99	85,65	653.521	122.953			
II.1.1	1	Emissões do uso de combustível em transportes rodoviários dentro dos limites da cidade		614.947	566,99	85,65	653.521	122.953	Alta	Baixa	
II.1.2	2	Emissões do consumo de energia elétrica no transporte rodoviário	NO								Não ocorre na cidade
II.1.3	3	Emissões de viagens transfronteiriças e de perdas na distribuição e transmissão de energia elétrica	NE								Abordagem Basic
II.2		Ferroviário		1.414	0,08	0,55	1.561				



GPC nº de ref.	Escopo	Fontes de emissão de GEE (por setor e subsetor)	Palavras-chave	t CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	Total t CO ₂ e	t CO ₂ (b)	AD	AF	Comentários
II.2.1	1	Emissões do uso de combustível em transportes ferroviários dentro dos limites da cidade		1.414	0,08	0,55	1.561		Alta	Baixa	
II.2.2	2	Emissões do consumo de energia elétrica no transporte ferroviário	NO								Não ocorre na cidade
II.2.3	3	Emissões de viagens transfronteiriças e de perdas na distribuição e transmissão de energia elétrica	NE								Abordagem Basic
II.3		Hidroviário									
II.3.1	1	Emissões do uso de combustível em transportes hidroviários dentro dos limites da cidade	IE								Não foi possível desagregar do subsetor III.1.1
II.3.2	2	Emissões do consumo de energia elétrica em transportes hidroviários	NO								Não ocorre na cidade
II.3.3	3	Emissões de viagens transfronteiriças e de perda na distribuição e transmissão de energia elétrica	NE								Abordagem Basic
II.4		Aviação		396,04	0,01	0,01	399,12				
II.4.1	1	Emissões do uso de combustível em aviação dentro dos limites da cidade		396,04	0,01	0,01	399,12		Alta	Baixa	
II.4.2	2	Emissões do consumo de energia elétrica em aviação	NO								Não ocorre na cidade
II.4.3	3	Emissões de viagens transfronteiriças e de perdas na distribuição e transmissão de energia elétrica	NE								Abordagem Basic
II.5		Transporte Off-road									
II.5.1	1	Emissões do uso de combustível em transportes <i>off-road</i> dentro dos limites da cidade	NO								Não ocorre na cidade
II.5.2	2	Emissões do consumo de energia elétrica no transporte <i>off-road</i>	NO								Não ocorre na cidade
III		RESÍDUOS		443,53	14.096	37,83	405.391	665,29			
III.1		Disposição de Resíduos Sólidos			11.877		332.567				
III.1.1	1	Emissões de resíduos sólidos gerados dentro dos limites da cidade e dispostos em aterros ou lixões dentro dos limites da cidade	NO								Não ocorre na cidade
III.1.2	3	Emissões de resíduos sólidos gerados dentro dos limites da cidade			11.877		332.567		Alta	Baixa	

GPC nº de ref.	Escopo	Fontes de emissão de GEE (por setor e subsetor)	Palavras-chave	t CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	Total t CO ₂ e	t CO ₂ (b)	AD	AF	Comentários
		e dispostos em aterros ou lixões fora dos limites da cidade									
III.1.3	1	Emissões de resíduos sólidos gerados fora dos limites da cidade e dispostos em aterros ou lixões dentro dos limites da cidade	NO								Não ocorre na cidade
III.2		Tratamento Biológico de Resíduos									
III.2.1	1	Emissões de resíduos gerados e tratados biologicamente dentro dos limites da cidade	NO								Não ocorre na cidade
III.2.2	3	Emissões de resíduos gerados dentro dos limites da cidade e tratados biologicamente fora dos limites da cidade	NO								Não ocorre na cidade
III.2.3	1	Emissões de resíduos gerados fora dos limites da cidade e tratados biologicamente dentro dos limites da cidade	NO								Não ocorre na cidade
III.3		Incineração e queima à céu aberto		443,53	0	0	665,29	665,29			
III.3.1	1	Emissões de resíduos gerados e tratados termicamente dentro dos limites da cidade	NO								Não ocorre na cidade
III.3.2	3	Emissões de resíduos gerados dentro do limite da cidade e tratados termicamente fora dos limites da cidade		443,53	0	0	665,29	665,29	Baixa	Baixa	
III.3.3	1	Emissões de resíduos gerados fora dos limites da cidade e tratados termicamente dentro dos limites da cidade	NO								Não ocorre na cidade
III.4		Tratamento e Afastamento de Efluentes Líquidos			2.219	37,83	72.159				
III.4.1	1	Emissões de efluentes líquidos gerados e tratados dentro dos limites da cidade			2.219	37,83	72.159		Média	Baixa	
III.4.2	3	Emissões de efluentes líquidos gerados dentro dos limites da cidade e tratados fora dos limites da cidade	NO								Não ocorre na cidade
III.4.3	1	Emissões de efluentes líquidos gerados fora dos limites da cidade e tratados dentro dos limites da cidade	NO								Não ocorre na cidade
IV		PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS (IPPU)									
IV.1	1	Emissões de processos industriais que ocorrem dentro dos limites da cidade	NE								Abordagem Basic
IV.2	1	Emissões do uso de produtos que ocorre dentro dos limites da cidade	NE								Abordagem Basic
V		AGRICULTURA, SILVICULTURA E OUTROS TIPOS DE USO DO SOLO (AFOLU)									



GPC nº de ref.	Escopo	Fontes de emissão de GEE (por setor e subsetor)	Palavras-chave	t CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	Total t CO ₂ e	t CO ₂ (b)	AD	AF	Comentários
V.1	1	Emissões de rebanho	NE								Abordagem Basic
V.2	1	Emissões do uso da terra	NE								Abordagem Basic
V.3	1	Emissões de fontes agregadas e de fontes de emissão de não CO ₂ no solo	NE								Abordagem Basic
VI		OUTROS ESCOPOS 3									
VI.1	3	Outros escopos 3	NE								Abordagem Basic

Legenda

	Fontes requeridas para a abordagem Basic		Fontes requeridas para a abordagem territorial, mas não Basic/Basic+
+	Fontes requeridas para a abordagem Basic +		Emissões não aplicáveis
	Fontes incluídas em Outros escopos 3		

Fonte: Elaboração própria, formato de reporte definido pelo GHG Protocol (2014)

7.2 Anexo II

7.2.1 Fatores de emissão

Tabela 11 – Fatores de emissão adotados para cada setor.

ENERGIA ESTACIONÁRIA				
Queima de Combustível ¹				
Combustível	Fator de densidade de energia (TJ/Gg)	Fator de emissão (kg/TJ)		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Gás Natural	48	56.100	5	0,1
Óleo diesel	43	74.100	10	0,6
GLP	47,3	63.100	5	0,1
Óleo combustível	40,4	77.400	3	0,6

¹Fonte: Valores *default* do IPCC (2006)

Consumo de Energia Elétrica ²	
	t CO ₂ /MWh
Fator médio anual	0,1355

²Fonte: Relatório de Referência MCTIC (2015)

TRANSPORTES ³				
Rodoviário				
Combustível	Fator de densidade de energia (TJ/Gg)	Fator de emissão (kg/TJ)		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Gasolina	44,3	69.300	0	0
Etanol	0	70.800	260	41
GNV	48	56.100	92	3
Óleo diesel	43	74.100	3,9	3,9

Ferroviário				
Combustível	Energia equivalente (TJ)	Fator de emissão (kg/TJ)		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Óleo diesel	19,083	74.100	4,14	28,6

Aviação				
Combustível	Fator de densidade de energia (TJ/Gg)	Fator de emissão (kg/TJ)		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Gasolina de aviação	44,3	70.000	0,5	2

³Fonte: Valores *default* do IPCC (2006)

RESÍDUOS	
Disposição em aterro sanitário	
Compromisso de Metano ⁴	
Descrição	Valor
Fator de correção de metano (MCF)	1
Fator de oxidação (OX)	0,1
Fração de DOC que efetivamente se degrada (DOC _f)	0,5
Fração de metano no biogás (F)	0,5

⁴Fonte: Valores *default* do IPCC (2006)



Composição Gravimétrica⁵

Descrição	%
Matéria orgânica	35
Papel, papelão	9
Plástico	14
Poda	16
Madeira	0
Vidro	1
Tecido	4
Outros	21

⁵Fonte: EMLUR

Efluentes líquidos

Descrição	Valor
Fator de correção de metano (MCF) ⁶ - ETE Roger	0,8
Fator de correção de metano (MCF) ⁶ - ETE Mangabeira	0,2
Fator de correção de metano (MCF) ⁶ - Efluentes não tratados	0,1
Consumo de Proteína per capita ⁷ – g(hab.dia) ⁻¹	84,5
Geração de carga orgânica por habitante ⁷ – gDBO.hab ⁻¹ .dia ⁻¹	54
Fração de N na proteína ⁷ – kgN.kgproteína ⁻¹	0,16
Fator de emissão de N ₂ O ⁷ – kgN ₂ O-N.kgN ⁻¹	0,005

⁶Fonte: Valores *default* do IPCC (2006)

⁷Fonte: Relatório de Referência MCTIC (2015)