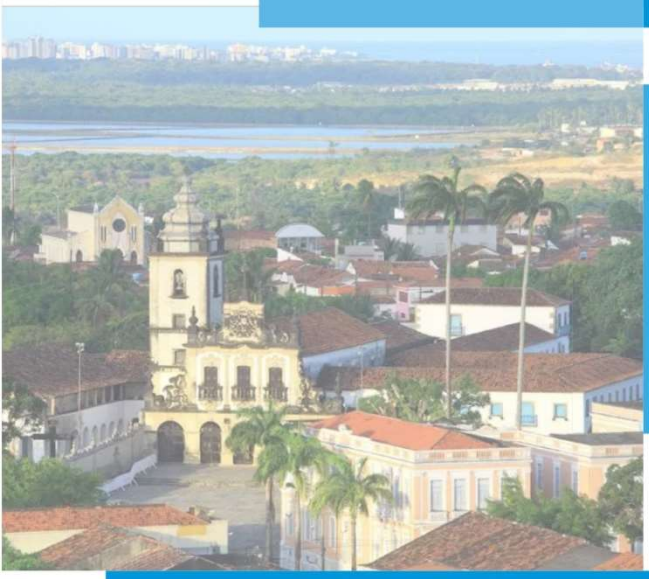
Plano Diretor de Mobilidade Urbana
da Microrregião de João Pessoa

PDMU JOÃO PESSOA



CONSOLIDAÇÃO DO PROGNÓSTICO DA MOBILIDADE

Contrato para Serviços de Consultoria para a
Elaboração do Plano Diretor de Mobilidade Urbana
da Microrregião de João Pessoa

Consórcio

CONCREMAT engenharia

COMAP

SISTRAN

Março / 2020

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 1

1. INDICADORES DE DESEMPENHO DA MOBILIDADE E MEDIDAS DE ACESSIBILIDADE 2

1.1. Transporte ativo 2
1.2. Gestão Pública 3
1.3. Transporte Público 3
1.4. Sistema Viário 4
1.5. Planejamento urbano e mobilidade 6

2. CENÁRIOS DE PROJEÇÃO 7

2.1. Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável – DOTS 9

3. ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS TENDENCIAL E INDUZIDO 11

3.1. Projeção de Variáveis 11
3.1.1. População 11
3.1.1.1. Cenário Tendencial 13
3.1.1.2. Cenário Induzido 23
3.1.2. Posse de automóvel e motocicleta 32
3.1.3. Renda 35
3.1.4. Emprego 36
3.1.4.1. Cenário Tendencial 38
3.1.4.2. Cenário Induzido 41
3.1.5. Matrícula 43
3.1.5.1. Ensino básico 43
3.1.5.2. Ensino superior 45
3.2. Resumo dos Cenários Tendencial e Induzido 47

4. MATRIZES DE VIAGENS FUTURAS 49

4.1. Distribuição de viagens por macrozona 49
4.1.1. Linhas de desejo 52

5. RESULTADOS DO MODELO DE SIMULAÇÃO DE TRANSPORTES 59

5.1. Transporte Coletivo 59
5.1.1. Indicadores 59
5.1.2. Carregamento 61
5.2. Transporte Individual 65
5.2.1. Indicadores 65
5.2.2. Carregamento 67

5.2.3. Nível de serviço 71

6. EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E DE CONTAMINANTES LOCAIS GERADAS PELO SISTEMA DE MOBILIDADE 78

6.1. Método de Cálculo 78
6.1.1. Emissões de poluentes 79
6.2. Resultados obtidos 80
6.3. Considerações 81

7. ANÁLISE DO IMPACTO ECONÔMICO DO SISTEMA DE MOBILIDADE 82

7.1. Contextualização e Metodologia da Análise Socioeconômica e Financeira 82
7.1.1. Contextualização 82
7.1.2. Metodologia de Análise 84
7.2. Levantamento dos Custos de Implantação e Operação 85
7.2.1. Investimentos 85
7.2.2. Levantamento dos custos financeiros de operação 85
7.2.3. Levantamento dos custos econômicos de operação 87
7.3. Análise Socioeconômica 88
7.3.1. Benefícios Diretos 90
7.3.2. Custos 99
7.3.3. Figuras de Mérito 100
7.3.4. Resultados da Avaliação Econômica 102

8. CONCLUSÕES 103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Variação populacional (2018 / 2010). 8
Figura 2-2: Cenário induzido – corredores de transporte. 9
Figura 2-3: Distância da área de influência de eixos ou estações de transporte coletivo. 10
Figura 2-4: Incentivos urbanísticos ao longo do corretor de transporte. 10
Figura 3-1: Evolução da população da Paraíba. 11
Figura 3-2: Evolução da população de João Pessoa. 13
Figura 3-3: Evolução da população da MRJP – exceto João Pessoa. 13
Figura 3-4: Fluxograma com os processos para projeção da população 2028. 14
Figura 3-5: Fluxograma com os processos para projeção da população 2038. 14
Figura 3-6: Densidade populacional por bairro: ano 2010 (João Pessoa). 15
Figura 3-7: Densidade populacional por bairro: ano 2018 (João Pessoa). 16
Figura 3-8: Densidade populacional por bairro: ano 2028 (João Pessoa). 17
Figura 3-9: Densidade populacional por bairro: ano 2038 (João Pessoa). 18
Figura 3-10: Cenário tendencial – densidade populacional – ano 2010 (área de estudo). 19
Figura 3-11: Cenário tendencial – densidade populacional – ano 2018 (área de estudo). 20
Figura 3-12: Cenário tendencial – densidade populacional – ano 2028 (área de estudo). 21
Figura 3-13: Cenário tendencial – densidade populacional – ano 2038 (área de estudo). 22
Figura 3-14: Cenário induzido – densidade populacional – ano 2028 (João Pessoa). 28
Figura 3-15: Cenário induzido – densidade populacional – ano 2038 (João Pessoa). 29
Figura 3-16: Cenário induzido: densidade populacional – ano 2028 (área de estudo). 30
Figura 3-17: Cenário induzido: densidade populacional – ano 2038 (área de estudo). 31
Figura 3-18: Fluxograma com os processos para projeção da frota de veículos. 32
Figura 3-19: Evolução da frota de automóveis. 33
Figura 3-20: Evolução da frota de motocicletas. 33
Figura 3-21: Evolução do rendimento médio nominal em João Pessoa. 35
Figura 3-22: Relação entre variações no nível de empregos formais e do produto interno bruto (2003-2018) 36
Figura 3-23: Fluxograma com os processos para projeção do PIB. 37

Figura 3-24: Fluxograma com os processos para projeção dos empregos. 37
Figura 3-25: Densidade de empregos por bairro: ano 2018 (João Pessoa). 40
Figura 3-26: Densidade de empregos por bairro – cenário tendencial de 2038 (João Pessoa). ..41
Figura 3-27: Densidade de empregos por bairro – cenário induzido de 2038 (João Pessoa). 43
Figura 3-28: Taxa de matrículas no ensino básico por habitante (2010-2018). 44
Figura 3-29: Taxa de matrículas no ensino superior por habitante (2010-2017). 46
Figura 3-30: População por macrozona em 2018 e 2038 nos cenários tendencial e induzido. 47
Figura 3-31: Empregos por macrozona em 2018 e 2038 nos cenários tendencial e induzido. 48
Figura 4-1: Matriz de viagens HPM – Ano base 2018. 50
Figura 4-2: Matriz de viagens HPM – Horizonte 2038 – Cenário Tendencial. 51
Figura 4-3: Matriz de viagens HPM – Horizonte 2038 – Cenário Induzido. 52
Figura 4-4: Linhas de desejo do transporte coletivo – Ano base 2018. 53
Figura 4-5: Linhas de desejo do transporte coletivo – Horizonte 2038 – Cenário Tendencial. 54
Figura 4-6: Linhas de desejo do transporte coletivo – Horizonte 2038 – Cenário Induzido. 55
Figura 4-7: Linhas de desejo do transporte individual – Ano base 2018. 56
Figura 4-8: Linhas de desejo do transporte individual – Horizonte 2038 – Cenário Tendencial. ..57
Figura 4-9: Linhas de desejo do transporte individual – Horizonte 2038 – Cenário Induzido. 58
Figura 5-1: Passageiros transportados (HPM). 60
Figura 5-2: Velocidade média do transporte coletivo (HPM). 60
Figura 5-3: Tempo médio de viagem do transporte coletivo (HPM). 61
Figura 5-4: Carregamento do transporte coletivo – ano base 2018 (HPM). 62
Figura 5-5: Carregamento do transporte coletivo – horizonte 2038 – cenário tendencial (HPM)..63
Figura 5-6: Carregamento do transporte coletivo – horizonte 2038 – cenário induzido (HPM)....64
Figura 5-7: Carregamento do transporte coletivo na Microrregião no horizonte de 2038, cenários tendencial e induzido (HPM). 65
Figura 5-8: Veículos alocados (HPM). 66
Figura 5-9: Velocidade média do transporte individual (HPM). 66
Figura 5-10: Tempo médio de viagem do transporte individual (HPM). 67
Figura 5-11: Carregamento do transporte individual – ano base 2018 (HPM). 68

Figura 5-12: Carregamento do transporte individual – horizonte 2038 – cenário tendencial (HPM).....69

Figura 5-13: Carregamento do transporte individual – horizonte 2038 – cenário induzido (HPM).70

Figura 5-14: Carregamento do transporte individual na Microrregião no horizonte de 2038, cenários tendencial e induzido (HPM). 71

Figura 5-15: Nível de serviço no ano base (HPM). 75

Figura 5-16: Nível de serviço no horizonte de 2038 – cenário tendencial (HPM). 76

Figura 5-17: Nível de serviço no horizonte de 2038 – cenário induzido (HPM). 77

Figura 7-1: Relação entre a viabilidade econômico-financeira e o modelo de investimento e gestão do empreendimento. 83

Figura 7-2: Metodologia utilizada na determinação da tarifa do usuário. 85

Figura 7-3: Metodologia para obtenção do valor final da tarifa. 86

Figura 7-4: Metodologia dos estudos socioeconômicos.....89

Figura 7-5: Metodologia de cálculo dos ganhos de tempo em deslocamento no transporte público..... 90

Figura 7-6: Metodologia de cálculo da redução do custo econômico do transporte coletivo. 92

Figura 7-7: Metodologia de cálculo da redução do custo econômico de manutenção do sistema viário. 93

Figura 7-8: Metodologia de cálculo da redução do custo econômico com acidentes. 95

Figura 7-9: Metodologia de cálculo da redução do custo econômico com emissão de poluentes.....97

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1-1: Indicadores do grupo Transporte Ativo. 2
Quadro 1-2: Indicadores do grupo Gestão Pública. 3
Quadro 1-3: Indicadores do grupo Transporte Público. 4
Quadro 1-4: Indicadores do grupo Sistema Viário. 5
Quadro 1-5: Indicadores do grupo Planejamento Urbano e Mobilidade. 6
Quadro 3-1: População da Paraíba. 12
Quadro 3-2: Projeção da população 12
Quadro 3-3: Fator de ponderação – população cenário induzido 24
Quadro 3-4: Taxas de crescimento anual – população cenário induzido (anos 2028 e 2038). 24
Quadro 3-5: População cenário induzido e tendencial para os casos A1, A2 e A3. 25
Quadro 3-6: População bairro Tambauzinho (anos 2028 e 2038). 25
Quadro 3-7: Resumo de população por bairro – cenário tendencial e induzido. 26
Quadro 3-8: Frota projetada por município. 34
Quadro 3-9: Empregos projetados por município. 38
Quadro 3-10: Matrículas do ensino básico (período diurno) projetadas por município. 44
Quadro 3-11: Matrículas do ensino superior (período diurno) projetados por município. 46
Quadro 4-1: Número de viagens na HPM por modo de transporte e cenário de projeção. 49
Quadro 5-1: Resultados gerais da rede (HPM). 59
Quadro 5-2: Categoria de níveis de serviço. 71
Quadro 5-3: Nível de serviço por tipo de via – Ano base 2018 (HPM). 72
Quadro 5-4: Nível de serviço por tipo de via – Horizonte de 2028 – Cenário tendencial (HPM). 72
Quadro 5-5: Nível de serviço por tipo de via – Horizonte de 2038 – Cenário tendencial (HPM). 72
Quadro 5-6 Nível de serviço por tipo de via – Horizonte de 2028 – Cenário induzido (HPM). 73
Quadro 5-7: Nível de serviço por tipo de via – Horizonte de 2038 – Cenário induzido (HPM). 73
Quadro 6-1: Fatores de emissão para veículos leves em gramas por quilômetro. 80
Quadro 6-2: Fatores de emissão para ônibus urbanos em gramas por quilômetro. 80
Quadro 6-3: Emissões anuais relativas ao transporte coletivo. 81
Quadro 6-4: Emissões anuais relativas ao transporte individual. 81

Quadro 7-1: Variáveis do fluxo de caixa econômico. 84

Quadro 7-2: Custos totais do sistema de transporte público coletivo de passageiros de João Pessoa.. 87

Quadro 7-3: Impostos incidentes. 87

Quadro 7-4: Custo por quilômetro percorrido. 88

Quadro 7-5: Premissas de valor por hora. 90

Quadro 7-6: Valor do tempo (transporte coletivo) no Cenário Tendencial. 90

Quadro 7-7: Valor do tempo (transporte coletivo) no Cenário Induzido. 91

Quadro 7-8: Valor do tempo (transporte individual) no Cenário Tendencial. 91

Quadro 7-9: Valor do tempo (transporte individual) no Cenário Induzido. 91

Quadro 7-10: Redução do custo operacional (transporte coletivo) no Cenário Tendencial. 92

Quadro 7-11: Redução do custo operacional (transporte coletivo) no Cenário Induzido. 92

Quadro 7-12: Redução do custo operacional (transporte individual) no Cenário Tendencial. 93

Quadro 7-13: Redução do custo operacional (transporte individual) no Cenário Induzido. 93

Quadro 7-14: Redução do custo de manutenção viária no Cenário Tendencial. 93

Quadro 7-15: Redução do custo de manutenção viária no Cenário Induzido. 94

Quadro 7-16: Parâmetros de custos econômicos com acidentes por milhões de veículos*km percorridos. 95

Quadro 7-17: Redução de custos com acidentes (transporte coletivo) no Cenário Tendencial. 95

Quadro 7-18: Redução de custos com acidentes (transporte coletivo) no Cenário Induzido. 96

Quadro 7-19: Redução de custos com acidentes (transporte individual) no Cenário Tendencial. 96

Quadro 7-20: Redução de custos com acidentes (transporte individual) no Cenário Induzido. 96

Quadro 7-21: Padrões de emissão de gases tóxicos (g/km). 97

Quadro 7-22: Custo de Emissão de Gases Poluentes e Partículas Sólidas (R$/kg). 97

Quadro 7-23: Custo da poluição por quilômetro percorrido por tipo de veículo. 98

Quadro 7-24: Redução de custos associados à despoluição (ônibus categoria Euro 5) no Cenário Tendencial. 98

Quadro 7-25: Redução de custos associados à despoluição (ônibus categoria Euro 5) no Cenário Induzido. 98

Quadro 7-26: Redução de custos associados à despoluição (ônibus categoria Euro 6) no Cenário Tendencial. 98

Quadro 7-27: Redução de custos associados à despoluição (ônibus categoria Euro 6) no Cenário Induzido. 99

Quadro 7-28: Redução de custos associados à despoluição (transporte individual) no Cenário Tendencial.....99

Quadro 7-29: Redução de custos associados à despoluição (transporte individual) no Cenário Induzido. 99

INTRODUÇÃO

O principal objetivo deste relatório é realizar estimativas de cenários futuros na Microrregião de João Pessoa, a partir da evolução de aspectos socioeconômicos e urbanos, a médio e longo prazo (10 e 20 anos, respectivamente), verificando seus principais impactos na mobilidade urbana, incluindo os contextos econômico e ambiental.

Inicialmente, no Capítulo 1, antes de estimar os cenários futuros, são apresentados os indicadores que serão utilizados como balizadores de monitoramento e acompanhamento do Plano.

Em seguida, no Capítulo 2, há uma explanação sobre os cenários de projeção, em que serão exploradas as premissas que delimitam os cenários tendencial e induzido e que guiarão a projeção de variáveis.

No Capítulo 3, apresenta-se a metodologia utilizada para a projeção de variáveis socioeconômicas para os horizontes de 10 e 20 anos a partir do ano base para os cenários tendencial e induzido. Também é apresentado um resumo dos cenários, que contém as principais diferenças entre os cenários de projeção tendencial e induzido.

No Capítulo 4, constam as etapas realizadas para obtenção das matrizes futuras de viagem e os resultados obtidos, com os totais de viagens geradas nas projeções dos cenários tendencial e induzido para os modos de transporte coletivo e individual.

No Capítulo 5, apresentam-se os resultados das simulações para os horizontes de projeto, com a análise dos principais indicadores de rede e dos mapas de carregamento dos transportes individual e coletivo.

O Capítulo 6 apresenta as estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa e poluentes para os horizontes de 2028 e 2038, considerando modos motorizados individuais e de transporte público.

No Capítulo 7, aborda-se uma análise dos impactos socioeconômicos do sistema de mobilidade, estimando os efeitos econômicos, benefícios e custos nos horizontes de projeto.

Por fim, no Capítulo 8, há as principais conclusões acerca dos resultados obtidos.

1. INDICADORES DE DESEMPENHO DA MOBILIDADE E MEDIDAS DE ACESSIBILIDADE

A Política Nacional de Mobilidade Urbana, estabelecida pela Lei 12.587/2012, concretizou a necessidade de uma sistemática de avaliação, revisão e atualização dos Planos de Mobilidade Urbana. Desta forma, o uso de ferramentas de avaliação e controle da situação da mobilidade nos municípios tornou indispensável a adoção de um conjunto de indicadores para orientar o planejamento da mobilidade urbana.

Os indicadores possibilitam retratar, classificar, ordenar, comparar ou quantificar aspectos da problemática encontrada, sendo normalmente utilizados em conjuntos para caracterizar as diferentes óticas da realidade. A aferição dos resultados dos indicadores serve de referência para o estabelecimento de metas e para a comparação com os resultados obtidos na execução do PDMU, oferecendo à população e ao poder público informações que identificam se o plano tem sido eficiente conforme planejado ou se requer ajustes.

Deste modo, desenvolveu-se uma relação de indicadores que permitirão medir o desempenho da infraestrutura, da demanda e da relação entre ambas, referentes aos diferentes modos de transporte, além de aspectos ambientais, urbanos e sociais no contexto da mobilidade.

Seguindo a agregação de temas definida na sequência de eventos de participação social do PDMU, os indicadores foram organizados nos seguintes grupos:

- Transporte ativo;
- Transporte público;
- Planejamento urbano e mobilidade;
- Sistema viário; e
- Gestão pública.

Nos itens a seguir, apresenta-se o detalhamento dos indicadores por grupo, com seu respectivo código, nome, descrição e fonte dos dados necessários para sua obtenção.

1.1. Transporte ativo

Neste grupo, encontram-se os indicadores relacionados à mobilidade de pedestres e ciclistas, e a suas respectivas infraestruturas, apresentados no Quadro 1-1.

Quadro 1-1: Indicadores do grupo Transporte Ativo.

Transporte Ativo			
Código	**Indicador**	**Definição**	**Fonte dos dados**
TA1	Percentual de vias com calçadas	Corresponde à proporção entre a extensão de vias com calçadas sobre a extensão total da rede viária	SEMOB
TA2	Índice de caminhabilidade	Avalia o espaço urbano sob o ponto de vista do pedestre, contemplando aspectos além dos físicos. É composto por uma série de indicadores agrupados em diferentes categorias, conforme metodologia descrita no Relatório de Diagnóstico.	Levantamento de campo
TA3	Participação dos deslocamentos a pé na matriz modal	Refere-se ao número de viagens realizadas a pé sobre o total de viagens realizadas em um dia típico	Pesquisa OD domiciliar

Transporte Ativo			
Código	**Indicador**	**Definição**	**Fonte dos dados**
TA4	Viagens a pé per capita	Corresponde ao número de viagens a pé de um dia típico sobre o total de habitantes	Pesquisa OD domiciliar
TA5	Percentual da rede cicloviária	Corresponde à proporção entre a extensão de vias para ciclistas sobre a extensão total da rede viária	SEMOB
TA6	Participação dos deslocamentos por bicicleta na matriz modal	É calculado pelo o número de viagens realizadas por bicicleta sobre o total de viagens realizadas em um dia típico	Pesquisa OD domiciliar
TA7	Viagens por bicicleta per capita	Refere-se ao número de viagens a pé de um dia típico sobre o total de habitantes	Pesquisa OD domiciliar

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

1.2. Gestão Pública

No grupo Gestão Pública, os indicadores referem-se a ações de melhoria na gestão da mobilidade urbana, fortalecimento institucional e direcionamento de investimentos a modos sustentáveis, conforme apresenta o Quadro 1-2.

Quadro 1-2: Indicadores do grupo Gestão Pública.

Gestão pública			
Código	**Indicador**	**Definição**	**Fonte dos dados**
GP1	Investimentos em modos sustentáveis	Corresponde à soma dos investimentos em projetos para modos sustentáveis (não motorizados e coletivos) realizados pela prefeitura em determinado ano de referência	Prefeitura Municipal
GP2	Reuniões do Conselho Municipal de Mobilidade Urbana (CMMU)	Número de reuniões temáticas do Conselho Municipal de Mobilidade Urbana (CMMU) para discussões sobre planejamento e gestão da mobilidade urbana em determinado ano de referência	SEMOB
GP3	Capacitações/eventos sobre mobilidade urbana	Número de eventos e/ou capacitações sobre mobilidade urbana realizados a funcionários da SEMOB em determinado ano de referência	SEMOB
GP4	Índice de agentes de trânsito por veículo	Refere-se ao número de agentes de trânsito pela frota total de veículos	SEMOB / DENATRAN

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

1.3. Transporte Público

Os indicadores do grupo Transporte Público relacionam-se com aspectos da demanda, da oferta e da relação entre ambas no contexto do transporte coletivo, além da satisfação dos usuários. O detalhamento dos indicadores deste grupo é apresentado no Quadro 1-3.

Quadro 1-3: Indicadores do grupo Transporte Público.

Transporte público			
Código	**Indicador**	**Definição**	**Fonte dos dados**
TP1	Percentual do transporte coletivo sobre o total de deslocamentos	É a relação entre o número de viagens por transporte coletivo sobre o total de viagens em um dia típico	Pesquisa OD domiciliar
TP2	Tempo médio de viagem das viagens no TC	É a média dos tempos de viagem dos usuários do transporte coletivo na hora pico da manhã	EMME (2018 / 2028 / 2038) - Hora Pico Manhã
TP3	Satisfação com o transporte coletivo	Porcentagem da população satisfeita com o serviço de transporte coletivo urbano	Pesquisa de Opinião TC
TP4	Velocidade média do transporte coletivo	Velocidade média de deslocamento em transporte coletivo por ônibus (velocidade comercial) na hora pico da manhã	EMME (2018 / 2028 / 2038) - Hora Pico Manhã
TP5	Produção de transporte coletivo	Refere-se ao total de viagens realizadas no transporte coletivo na hora pico da manhã multiplicado por suas respectivas distâncias percorridas (viagens x km)	EMME (2018 / 2028 / 2038) - Hora Pico Manhã
TP6	Passageiros transportados por hora	É o total de passageiros de ônibus transportados na hora pico manhã	EMME (2018 / 2028 / 2038) - Hora Pico Manhã
TP7	Percentual de ônibus adaptados a pessoas com deficiência	Corresponde ao número de ônibus com dispositivos manuais ou automáticos de acesso a pessoas com deficiência sobre o total da frota	SEMOB
TP8	Frequência	Frequência média de veículos de transporte coletivo (ônibus) em linhas urbanas no município, nos dias úteis e períodos de pico	SEMOB
TP9	Proporção de vias com faixas preferenciais para ônibus	Corresponde à quilometragem de vias com faixas preferenciais para ônibus em relação à quilometragem total do sistema viário	SEMOB
TP10	Distância média de viagens TC	É a média das distâncias percorridas nas viagens do transporte coletivo por hora no pico manhã	EMME (2018 / 2028 / 2038) - Hora Pico Manhã
TP11	Viagens por ônibus per capita	Proporção entre o total de viagens por ônibus sobre o número de habitantes	Pesquisa OD domiciliar

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

1.4. Sistema Viário

No grupo Sistema Viário, os indicadores referem-se a aspectos sobre a rede viária, circulação do transporte individual motorizado, segurança viária e transporte de cargas, conforme apresenta o Quadro 1-4.

Quadro 1-4: Indicadores do grupo Sistema Viário.

Sistema viário			
Código	**Indicador**	**Definição**	**Fonte dos dados**
SV1	Percentual de vias congestionadas em horário de pico	Percentual da extensão de vias com volume/capacidade maior ou igual a 0,9 na hora pico da manhã em relação à quilometragem total do sistema viário	EMME (2018 / 2028 / 2038) - Hora Pico Manhã
SV2	Distância média de viagens TI	É a média das distâncias percorridas nas viagens realizadas por condutores e caronas em veículos motorizados individuais por hora no pico da manhã	EMME (2018 / 2028 / 2038) - Hora Pico Manhã
SV3	Velocidade média de tráfego motorizado TI	Refere-se à média das velocidades das viagens realizadas por condutores e caronas em veículos motorizados individuais por hora no pico da manhã	EMME (2018 / 2028 / 2038) - Hora Pico Manhã
SV4	Produção de transporte individual	É a multiplicação dos veículos individuais motorizados pelas distâncias percorridas em suas respectivas viagens por hora no pico manhã (veículos x km)	EMME (2018 / 2028 / 2038) - Hora Pico Manhã
SV5	Índice de participação dos deslocamentos do transporte motorizado privado	Percentual entre o número de viagens por transporte individual motorizado sobre o total de viagens de um dia típico	Pesquisa OD domiciliar
SV6	Viagens por automóvel per capita	Relação entre o número de viagens realizadas por condutores e caronas em automóveis em um dia típico sobre o número de habitantes	Pesquisa OD domiciliar
SV7	Viagens por motocicleta per capita	Relação entre o número de viagens realizadas por condutores e caronas em motocicletas em um dia típico sobre o número de habitantes	Pesquisa OD domiciliar
SV8	Viagens por caminhões per capita	Relação entre o número de viagens realizadas por condutores de caminhões em um dia típico sobre o número de habitantes	Pesquisa OD domiciliar
SV9	Número de acidentes /100.000 hab.	Contabiliza-se o número total de acidentes de trânsito em um ano sobre 100.000 habitantes	SEMOB
SV10	Número de vítimas fatais condutoras de automóveis /100.000 hab.	É o número de mortes de condutores de automóveis em acidentes de trânsito em um ano sobre 100.000 habitantes	SEMOB
SV11	Número de vítimas fatais condutoras de motocicletas /100.000 hab.	Refere-se ao número de mortes de condutores de motocicletas em acidentes de trânsito em um ano sobre 100.000 habitantes	SEMOB
SV12	Número de vítimas fatais pedestres /100.000 hab.	Corresponde ao número de mortes de pedestres em acidentes de trânsito em um ano sobre 100.000 habitantes	SEMOB

Sistema viário			
Código	**Indicador**	**Definição**	**Fonte dos dados**
SV13	Número de vítimas fatais ciclistas /100.000 hab.	É o número de mortes de ciclistas em acidentes de trânsito em um ano sobre 100.000 habitantes	SEMOB
SV14	Percentual de acidentes sem vítimas	Calcula-se a proporção entre os acidentes apenas com danos materiais (sem vítimas) entre o total de acidentes em um ano	SEMOB
SV15	Percentual de acidentes com vítimas feridas	É a proporção dos acidentes com vítimas feridas em relação ao total de acidentes de trânsito em um ano	SEMOB
SV16	Percentual acidentes com vítimas fatais	É a proporção de acidentes com vítimas fatais sobre o total de acidentes de trânsito em um ano	SEMOB

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

1.5. Planejamento urbano e mobilidade

Neste grupo, os indicadores fazem referência a assuntos como urbanização/uso do solo, sustentabilidade e macroacessibilidade, conforme constam no Quadro 1-5.

Quadro 1-5: Indicadores do grupo Planejamento Urbano e Mobilidade.

Planejamento Urbano e Mobilidade			
Código	**Indicador**	**Definição**	**Fonte dos dados**
PU1	Percentual da população na área urbana atendida pelo sistema de transporte coletivo (por faixa de renda)	Proporção da população a um buffer de 500 m de paradas de ônibus em relação à população total	SIG e Projeto de corredores (2028 / 2038)
PU2	Taxa de emissão de poluente e de CO2 na atmosfera dos veículos	Total de gramas de CO2 emitidas por total de quilômetros percorrido pelo total de veículos (individuais e coletivos) na hora pico manhã (CO2/km)	EMME (2018 / 2028 / 2038) - Hora Pico Manhã
PU3	Índice de imobilidade na população	Parcela de pessoas que não se deslocam em um dia típico sobre o total da população	Pesquisa OD domiciliar
PU4	Percentual de viagens a pé com tempo superior a 20 minutos	Número de viagens a pé com tempo de viagem acima de 20 minutos em dia típico em relação ao total de viagens a pé	Pesquisa OD domiciliar
PU5	Percentual dos deslocamentos realizados por modos motorizados (coletivos e individuais)	É a soma das viagens realizadas por modos motorizados individuais e coletivos sobre o total de viagens	Pesquisa OD domiciliar

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

2. CENÁRIOS DE PROJEÇÃO

Neste estudo, serão consideradas duas alternativas de cenários que irão subsidiar as simulações para os horizontes de projeto (10 e 20 anos):

- **Tendencial:** considera a premissa de que as transformações relacionadas às questões socioeconômicas e de uso e ocupação do solo que ocorreram na área de estudo na última década continuarão ocorrendo de maneira similar nas próximas duas décadas, seguindo a mesma tendência histórica observada. Isso significa que a expansão urbana irá continuar ocorrendo com a mesma intensidade observada na última década, nos mesmos vetores de crescimento.

- **Induzido:** na ausência de Plano Diretor (Decreto nº 6.499 de 24 de março de 2009) atualizado que pudesse fornecer insumos de ordenamento territorial para os horizontes futuros, foi elaborado um cenário contemplando os aspectos referentes a:
  i. Contenção da expansão urbana, com aumento de densidade populacional em áreas internas à mancha urbana;
  ii. Adoção do modelo DOTS (Desenvolvimento Orientado pelo Transporte Sustentável) nos principais eixos estruturadores do sistema viário; e
  iii. Incentivo à criação de novas centralidades, visando a descentralização da oferta de emprego de modo a aproximar os empregos das moradias, contribuindo para realização de viagens mais curtas e, consequentemente, redução da necessidade de utilização de modos motorizados de transporte.

Na última década, o município de João Pessoa perdeu população na região central e ganhou população no vetor leste, em direção à orla, mas o maior ganho populacional foi no vetor sudeste com população de mais alta renda nos bairros de Altiplano Cabo Branco e Portal do Sol e em toda a região sul da cidade, com população de mais baixa renda de bairros como Gramame, Mumbaba e Muçumagro.

A Figura 2-1 apresenta, por bairro, as taxas anuais de crescimento do período de 2010 a 2018. É possível observar os bairros onde houve queda da população em até 2,5% a.a. como Centro, Cruz das Armas, Padre Zé e, mais ao sul, em Costa e Silva, Grotão e Ernesto Geisel. Quanto mais forte o tom da cor roxa, maior o crescimento populacional do bairro no período de referência. Os bairros Distrito Industrial e Portal do Sol superam um crescimento de 10% a.a., mas foi em Gramame que a população saltou de 25 mil habitantes em 2010 para 52 mil em 2018 a uma taxa de crescimento de quase 10% ao ano.

No cenário tendencial, a população de cada bairro irá evoluir com o mesmo comportamento observado no período de 2010 a 2018, ou seja, a região central continuará perdendo população, enquanto a expansão urbana continuará na região sul do município. Já no cenário induzido, estas taxas de crescimento serão alteradas considerando que o avanço da área urbanizada ao sul seja contido e um adensamento nas áreas urbanas existentes com uso diversificado do solo com a aproximação dos empregos aos locais de residência e adensamento nos eixos estruturadores para adoção do DOTS.

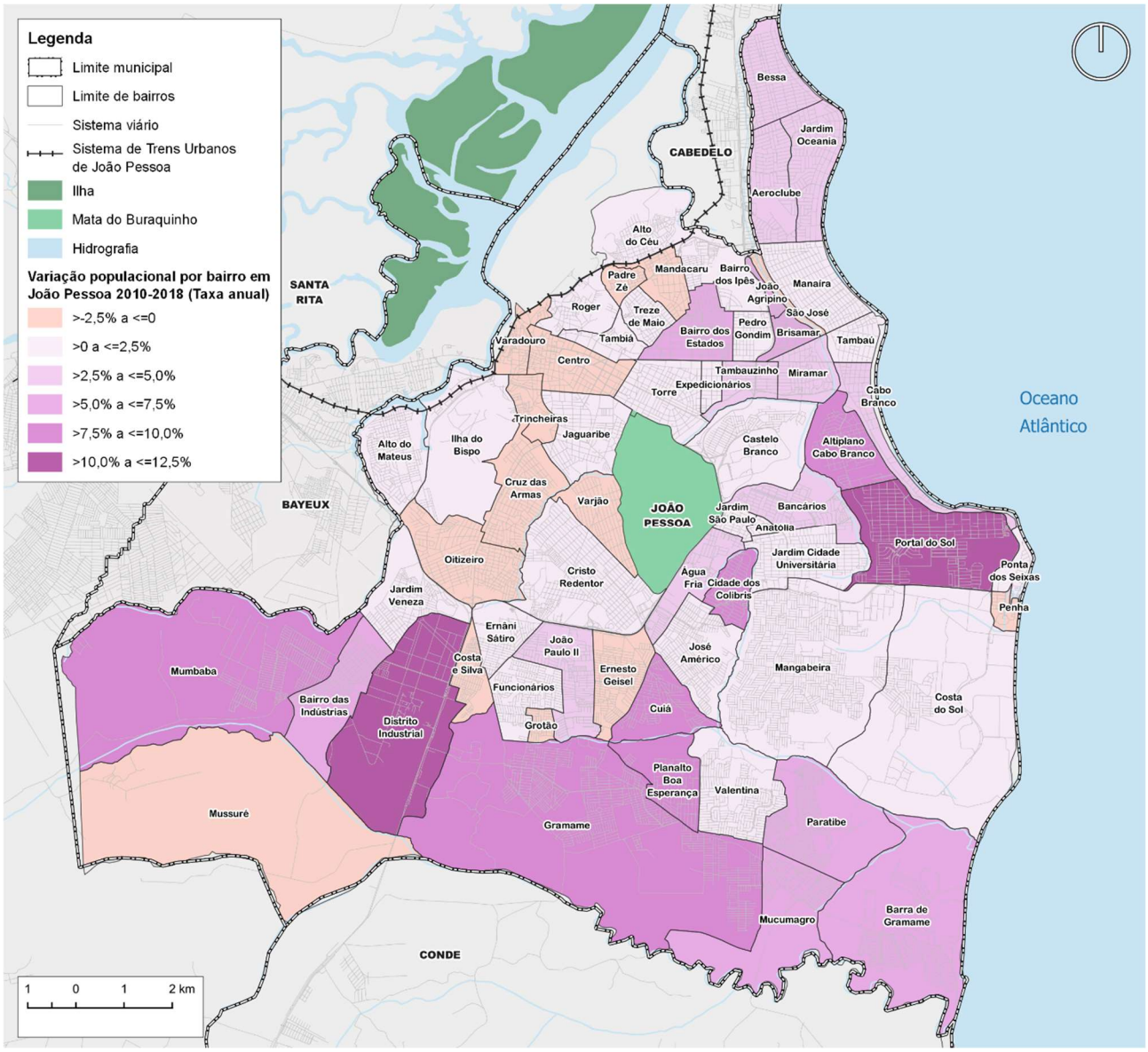


Figura 2-1: Variação populacional (2018 / 2010).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Na sequência, a Figura 2-2 apresenta quais foram os eixos considerados para adoção do DOTS.

O crescimento populacional, de posse de veículo, renda, empregos e matrículas (variáveis utilizadas do modelo de demanda do ano base e projetadas para os horizontes futuros) será o mesmo para os dois cenários. A alteração será na distribuição espacial dessas variáveis. O objetivo desse exercício é poder comparar os resultados da rede de transporte em diferentes contextos de distribuição da população e atividades no território.

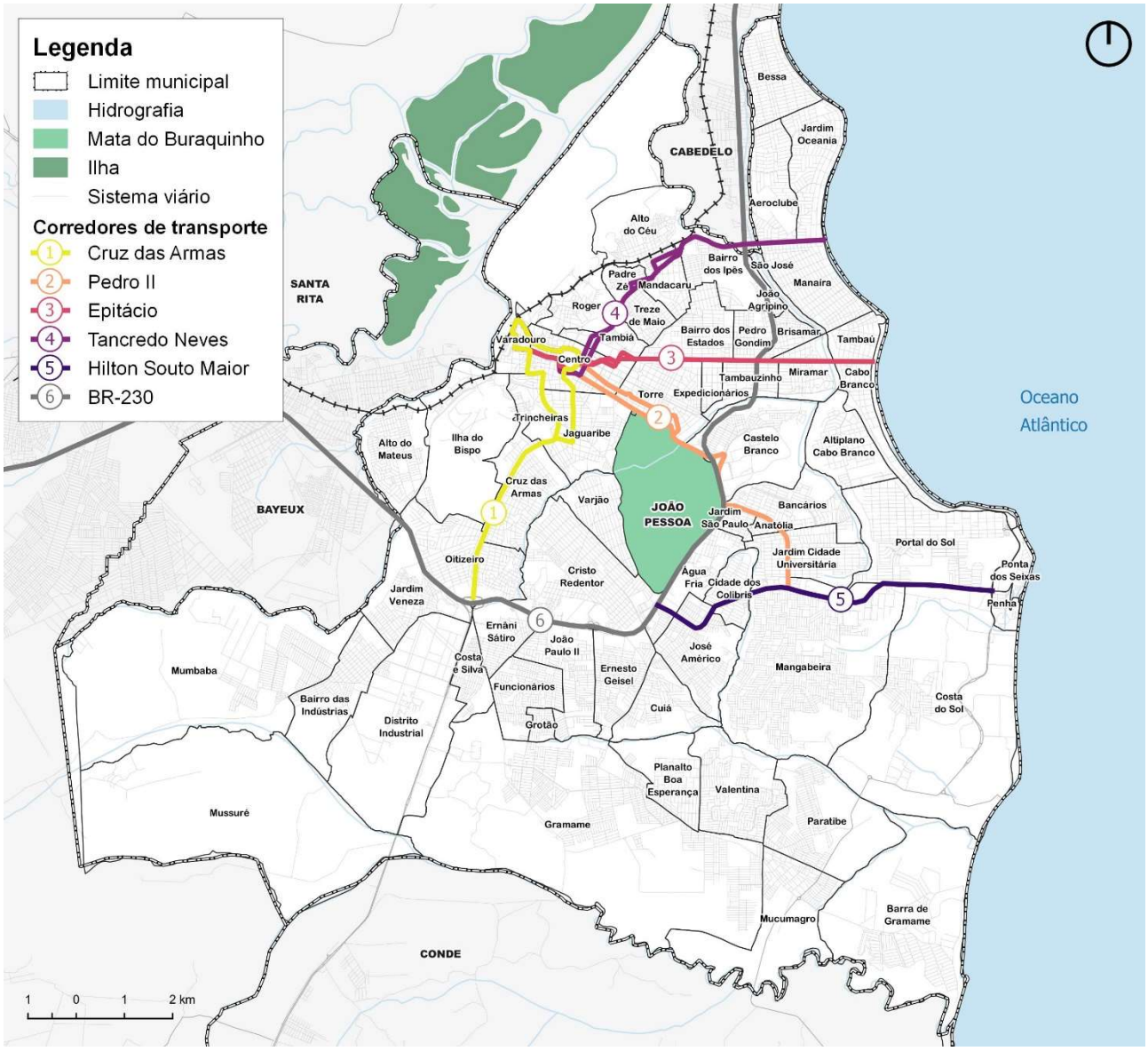


Figura 2-2: Cenário induzido – corredores de transporte.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

2.1. Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável – DOTS

O Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável – DOTS, em linhas gerais, é uma estratégia de planejamento urbano que busca integrar o uso e ocupação do solo a infraestrutura de transporte. Neste estudo alguns dos seus princípios, que puderam ser representados no modelo de demanda de transporte, foram adotados tornando possível comparar o impacto de diferentes cenários de desenvolvimento urbano na infraestrutura de transportes da cidade. Não cabe aqui fazer uma extensa contextualização do DOTS, assim como também não será objeto deste estudo determinar os mecanismos para aplicação do modelo DOTS. Estes mecanismos de ordenamento territorial deverão compor o Plano Diretor do município, e cabe ao Plano de Mobilidade Urbana testar, com as ferramentas disponíveis, as alternativas que representam um cenário onde o DOTS já seja uma realidade.

O DOTS busca obter um modelo de cidade que seja compacta, conectada e coordenada, o chamado modelo de cidade 3C (WRI BRASIL, 2018). A sua implementação depende da articulação de diversos elementos:

- Densidade adequada;

- Uso misto do solo;
- Priorização do transporte ativo;
- Centralidades e fachadas ativas;
- Espaços públicos e infraestrutura verde;
- Gestão do uso do automóvel; e
- Diversidade de renda.

Todos esses elementos são orientados por eitos estruturadores do sistema de transporte (ônibus, BRT, metrô). A Figura 2-3 exemplifica a área de influência de um eixo ou corredor de transporte coletivo que se trata de uma distância facilmente caminhável ou pedalável tida como até 1.000 metros do corredor de transporte ou de uma estação de alta capacidade. A Figura 2-4 exemplifica alguns mecanismos de incentivo à qualificação urbana a área de influência dos eixos de estruturação.

Figura 2-3: Distância da área de influência de eixos ou estações de transporte coletivo.
Fonte: WRI Brasil, 2018.

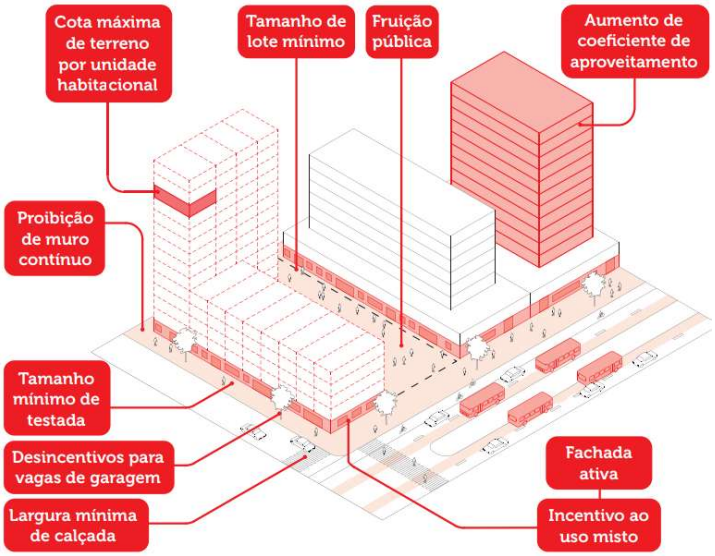


Figura 2-4: Incentivos urbanísticos ao longo do corretor de transporte.
Fonte: Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, 2014.

Dito isso, no presente estudo será possível aplicar, no modelo de demanda de viagens, basicamente três elementos do DOTS: (i) densidade adequada; (ii) uso misto do solo e (iii) centralidades. Esses elementos foram inseridos no cenário de projeção induzida através do adensamento populacional ao longo dos corredores de transporte, contenção da expansão urbana e incentivo à criação de novas centralidades, visando a descentralização da oferta de emprego.

3. ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS TENDENCIAL E INDUZIDO

As variáveis socioeconômicas que foram projetadas são: população, posse de automóvel e motocicleta, renda familiar, empregos e matrículas no ensino básico e superior. Em resumo, o procedimento adotado para projeção das variáveis fez uso de um modelo de projeção do tipo *top-down* (do inglês "de cima para baixo"). Esta metodologia é muito utilizada em estudos estratégicos de transporte e mobilidade, pois as menores unidades territoriais de análise são as zonas de origem e destino (OD) que, na maior parte dos casos, são até menores que os bairros, e as variáreis socioeconômicas utilizadas são encontradas em nível municipal ou estadual. Logo, as projeções foram realizadas, primeiramente, para cada município da Microrregião e posteriormente aplicadas nas parcelas de análise (zonas OD) para cada cenário de projeção (tendencial e induzido).

3.1. Projeção de Variáveis

3.1.1. População

Para projetar a população da área de estudo, partiu-se da estimativa populacional do ano de 2018 apresentada no Relatório 3.3 e da projeção do estado da Paraíba prevista pelo IBGE até o ano de 2060. A Figura 3-1 apresenta a curva populacional do estado da Paraíba a partir do último censo de 2010 até as projeções de 2060. Percebe-se que a população do estado irá aumentar até o ano de 2040, quando terá mais de 4,26 milhões de habitantes e passará a cair atingindo, em 2060, população semelhante à projetada em 2020, com pouco mais de 4 milhões de habitantes. Nota-se que, como os cenários de projeção do presente estudo são para os horizontes de 10 e 20 anos, a partir do ano base de 2018, as projeções populacionais irão compor apenas o período de crescimento da população.

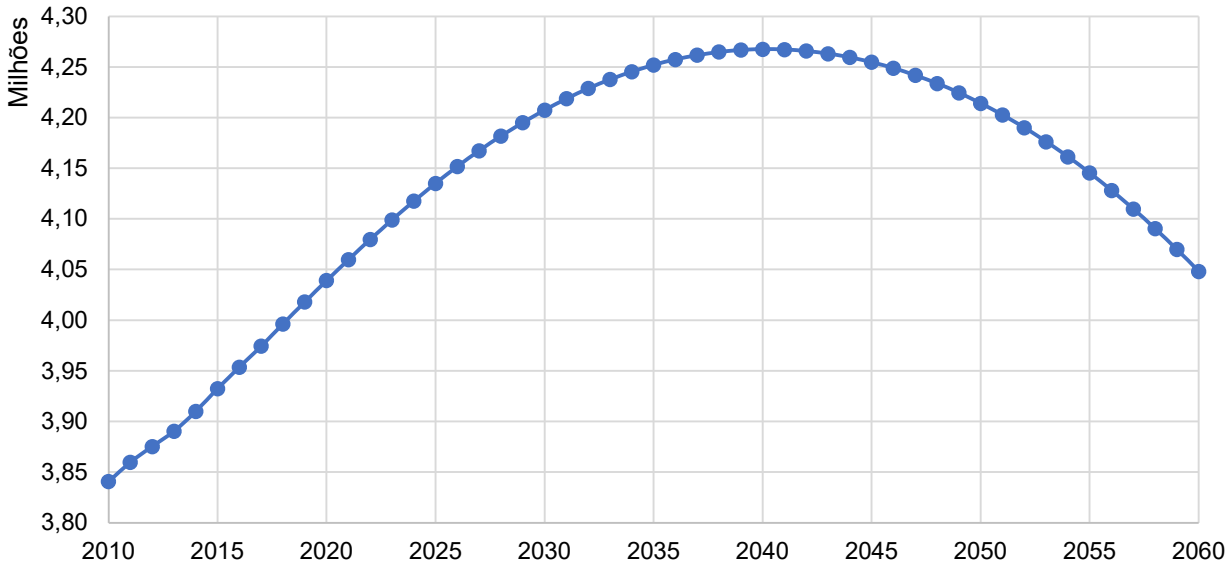


Figura 3-1: Evolução da população da Paraíba.
Fonte de dados: IBGE[1] / Elaboração: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

A projeção oficial do IBGE para o estado da Paraíba irá auxiliar as projeções dos municípios da área de estudo. A partir dela, o primeiro passo foi obter o valor total da população por município da área de estudo com uma curva de crescimento similar à do estado. Sendo assim, inicialmente foi calculada a taxa geométrica de crescimento anual (TGCA) do estado conforme apresentado no Quadro 3-1.

[1] https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/

Quadro 3-1: População da Paraíba.

Ano	População	TGCA
2010	3.840.796	
2018	3.996.496	0,50%
2028	4.181.999	0,45%
2038	4.264.971	0,20%

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Os municípios da Paraíba apresentam tendências de crescimento populacional distintos entre si, assim sendo, para a determinação da população nos anos de 2028 e 2038, foram consideradas as seguintes etapas:

- cálculo da TGCA (2010-2018) por município;
- $Ponderação_{município} = TGCA\ (2010-2018)_{município}\ /\ TGCA\ (2010-2018)_{Estado}$;
- $TGCA\ (2018-2028)_{município} = Ponderação_{município} * TGCA\ (2018-2028)_{Estado}$; e
- $TGCA\ (2028-2038)_{município} = Ponderação_{município} * TGCA\ (2028-2038)_{Estado}$.

Essa ponderação por município é realizada para se conhecer a relação entre a variação populacional do estado e do município. De 2010 a 2018, a TGCA do estado foi de 0,5% enquanto a de João Pessoa foi de 2,17%, 4,35 vezes maior que a do estado. É importante conhecer essa relação pois há um fluxo migratório para as capitais e regiões urbanas, fazendo com que essas cidades tenham taxas de crescimento maiores que de áreas rurais e da média estadual.

O município de Bayeux, conforme os dados do IBGE[2], indicava uma taxa negativa no período de 2010-2018. Com isso, foram adotadas, para os períodos de 2018-2028 e 2028-2038, as mesmas taxas do estado para não projetar para os anos 2028 e 2038 um contínuo decrescimento populacional. O Quadro 3-2 apresenta um resumo das TGCAs adotadas por município. No geral, a população da Microrregião cresce 19% nos dez primeiros anos e 29% em 20 anos.

Quadro 3-2: Projeção da população

Dado	João Pessoa	Bayeux	Cabedelo	Conde	Lucena	Santa Rita
Censo 2010	718.264	99.585	57.335	21.137	11.682	119.869
População 2018	852.582	96.550	66.680	24.323	12.944	135.807
TGCA (2010-2018)	2,17%	-0,39%	1,91%	1,77%	1,29%	1,57%
Ponderação	4,35	-0,78	3,83	3,56	2,59	3,16
TGCA (2018-2028)	1,98%	0,45%	1,74%	1,62%	1,18%	1,44%
TGCA (2028-2038)	0,86%	0,20%	0,75%	0,70%	0,51%	0,62%
Proj POP 2028	1.037.055	101.032	79.234	28.554	14.553	156.621
Proj POP 2038	1.129.258	103.036	85.402	30.615	15.312	166.625

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

As Figuras 3-2 e 3-3 apresentam a evolução da população de João Pessoa e dos demais municípios da Microrregião a partir de 2010 até o ano de 2038.

[2] https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=downloads

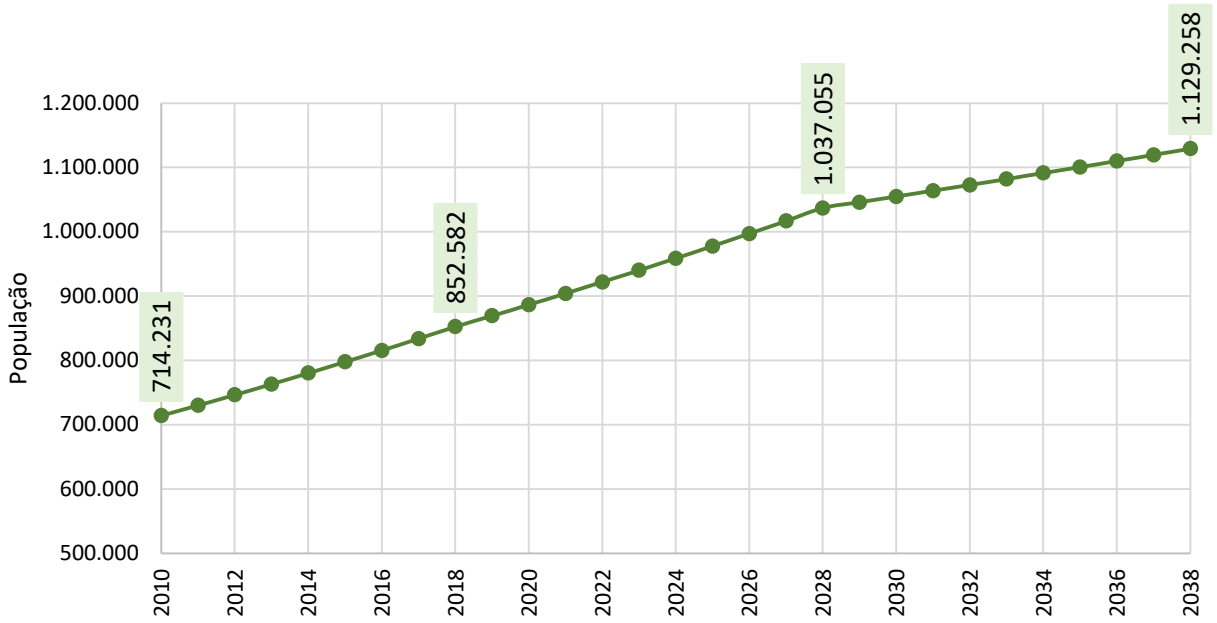


Figura 3-2: Evolução da população de João Pessoa.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

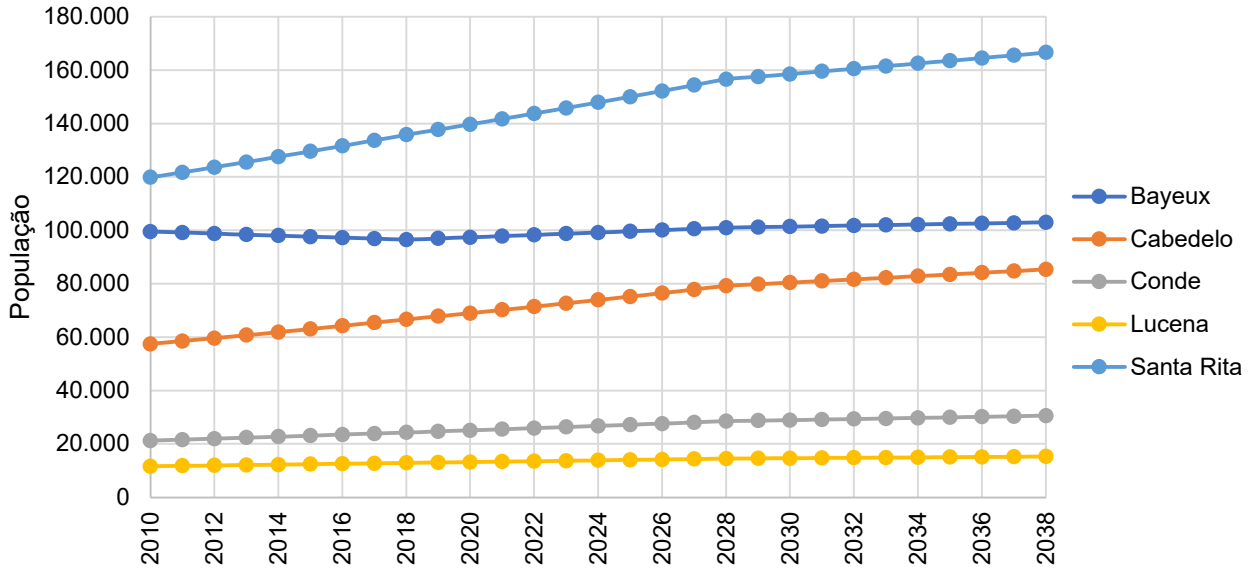


Figura 3-3: Evolução da população da MRJP – exceto João Pessoa.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Conhecida a população de cada município nos horizontes de projeto, a distribuição espacial entre as zonas OD dos municípios da área de estudo ocorrerá de maneira diferente para cada cenário.

3.1.1.1. Cenário Tendencial

A estimativa da população de cada zona OD para o ano de 2028 foi realizada conforme a Figura 3-4. Em linhas gerais, as mesmas taxas anuais de crescimento encontradas do período de 2010 a 2018, por zona OD, foram aplicadas para projeção da população de 2028 e 2038, controlando os totais projetados por município apresentado no item anterior. Destaca-se que houve preocupação para que, nos horizontes projetados, não houvesse densidades populacionais por zona maiores que

a máxima densidade populacional do ano base de 2018. Sendo assim, o limite de densidade populacional estabelecido foi de 19.000 habitantes/km² (máxima densidade encontrada em 2018). Para os casos em que a densidade da zona superou a densidade limite, a população excedente foi redistribuída nas demais zonas do bairro ou em zonas de bairros adjacentes. O mesmo processo foi adotado para o ano de 2038 (Figura 3-5).

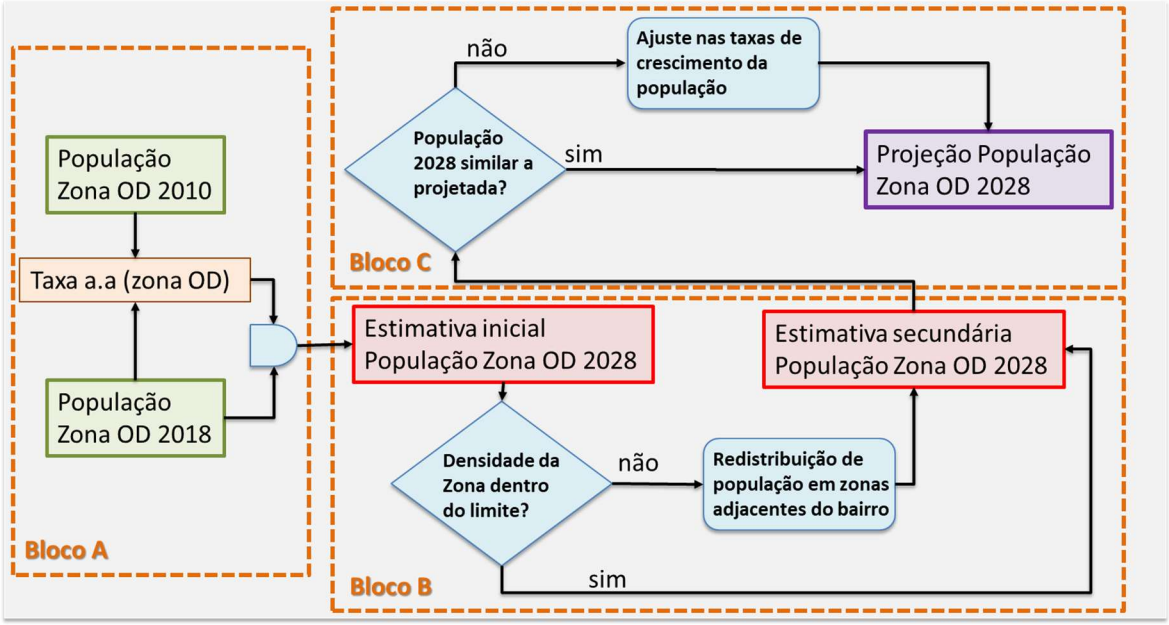


Figura 3-4: Fluxograma com os processos para projeção da população 2028.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

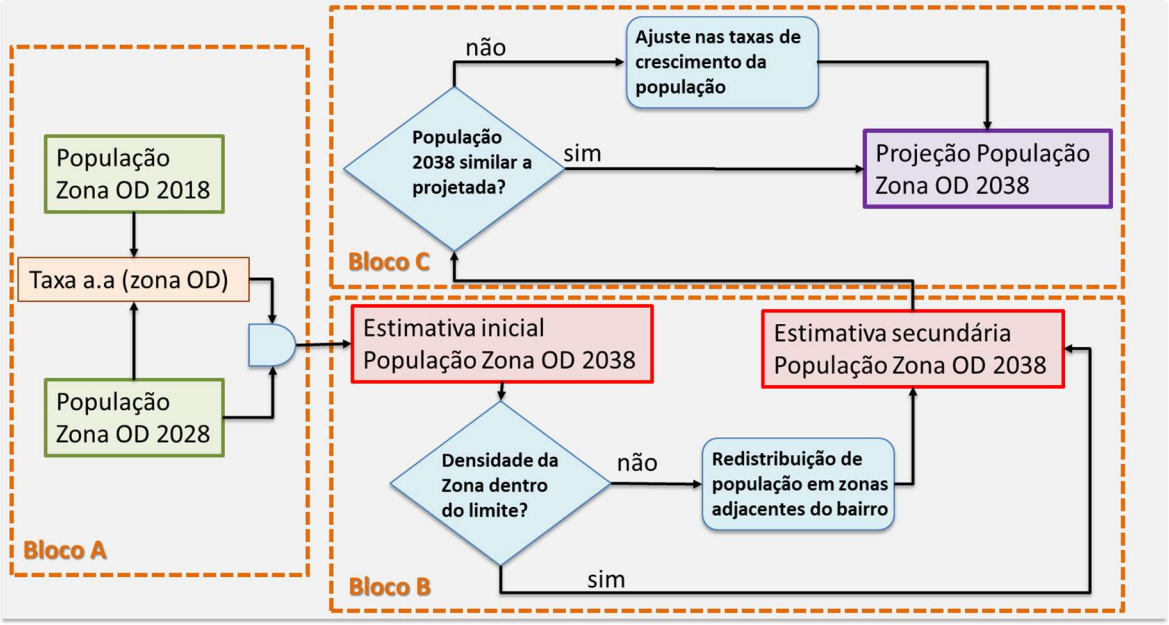


Figura 3-5: Fluxograma com os processos para projeção da população 2038.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

As Figuras 3-6 a 3-9 apresentam as densidades populacionais por bairro de João Pessoa para os anos de 2010, 2018, 2028 e 2038. Observa-se nas figuras que, ao longo dos anos, há um maior adensamento ao sul do município e nos bairros Altiplano Cabo Branco e Bancários. Por outro lado, os bairros nas imediações ao Centro apresentam pouca variação no adensamento.

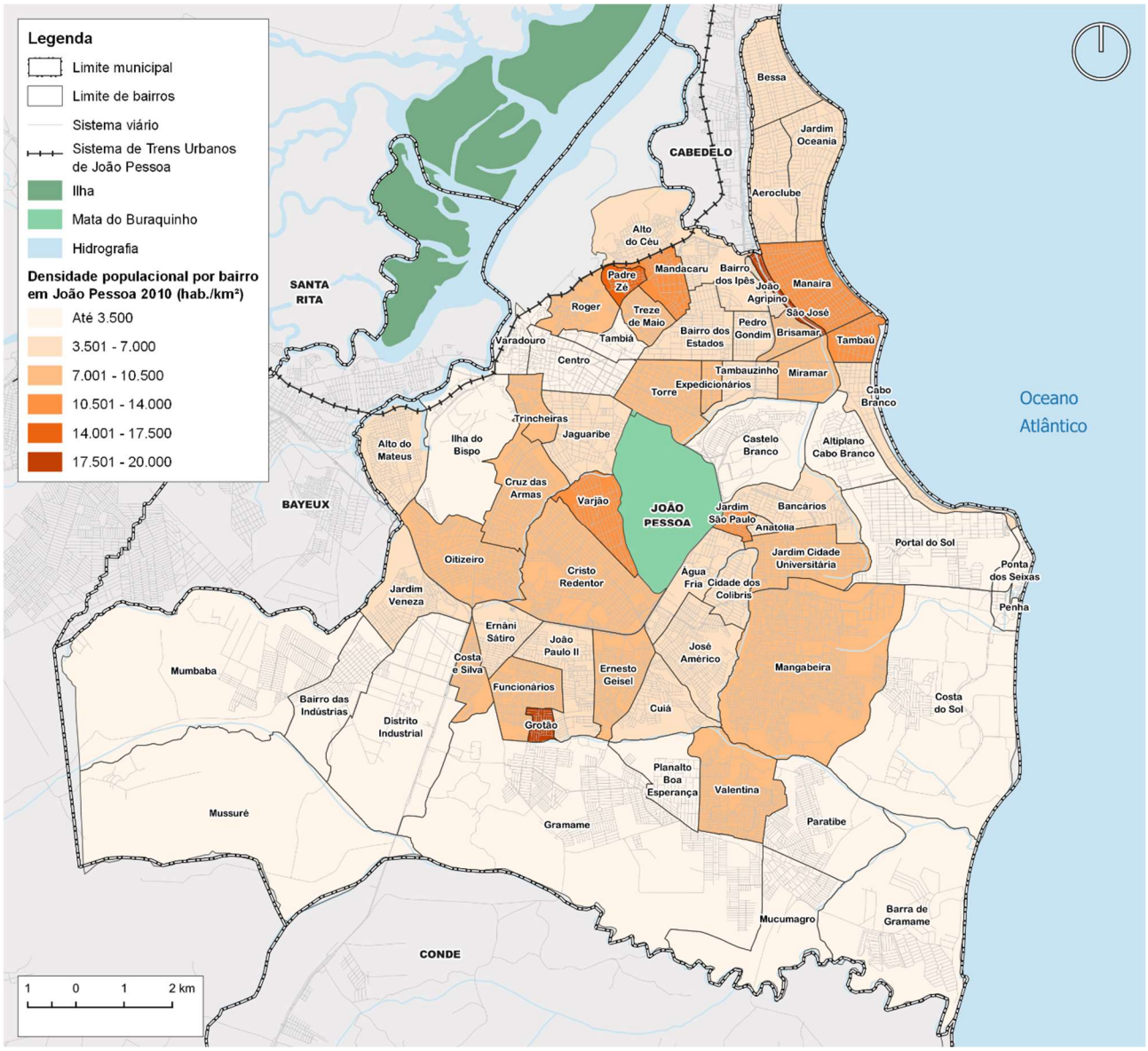


Figura 3-6: Densidade populacional por bairro: ano 2010 (João Pessoa).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

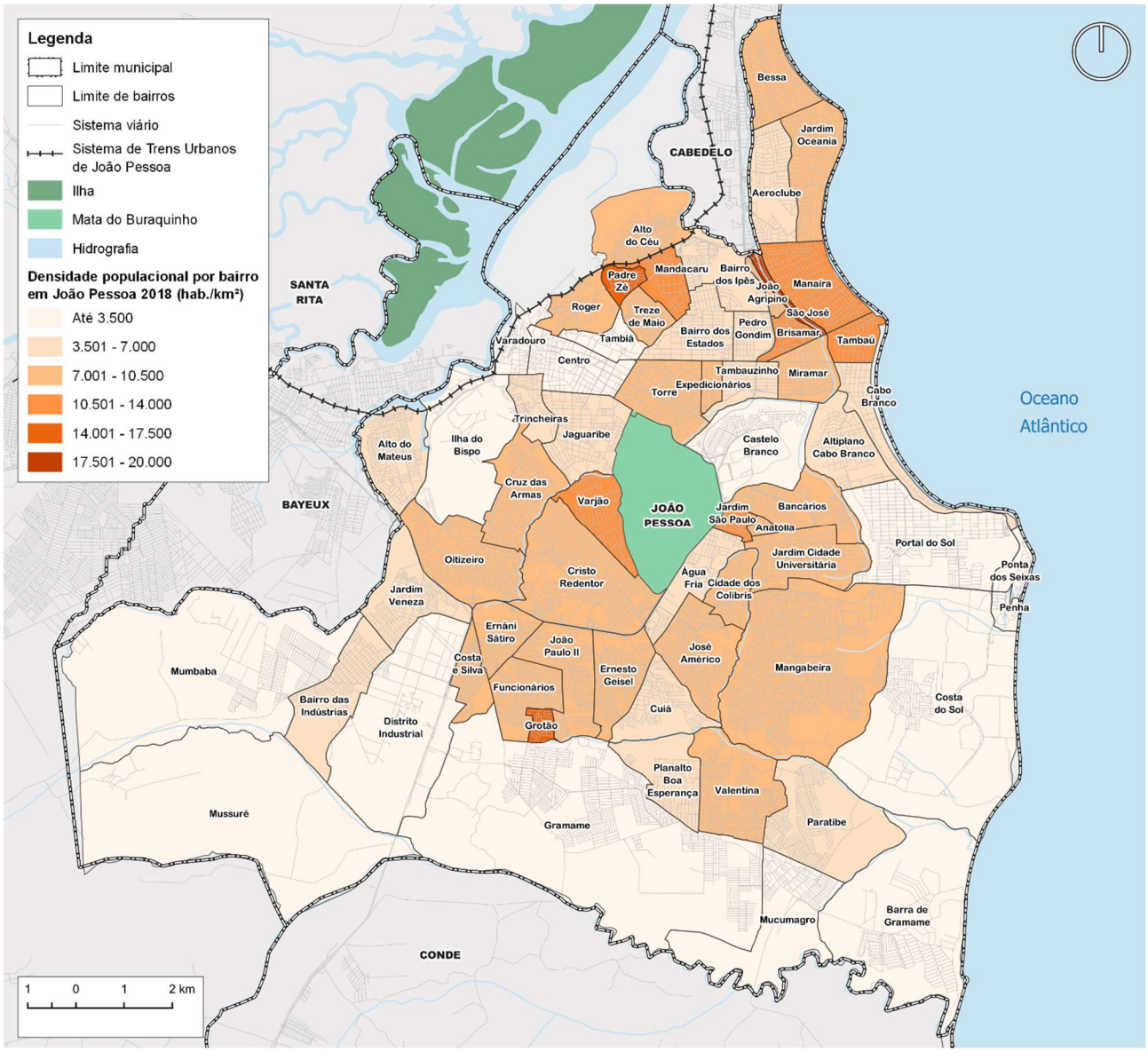


Figura 3-7: Densidade populacional por bairro: ano 2018 (João Pessoa).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

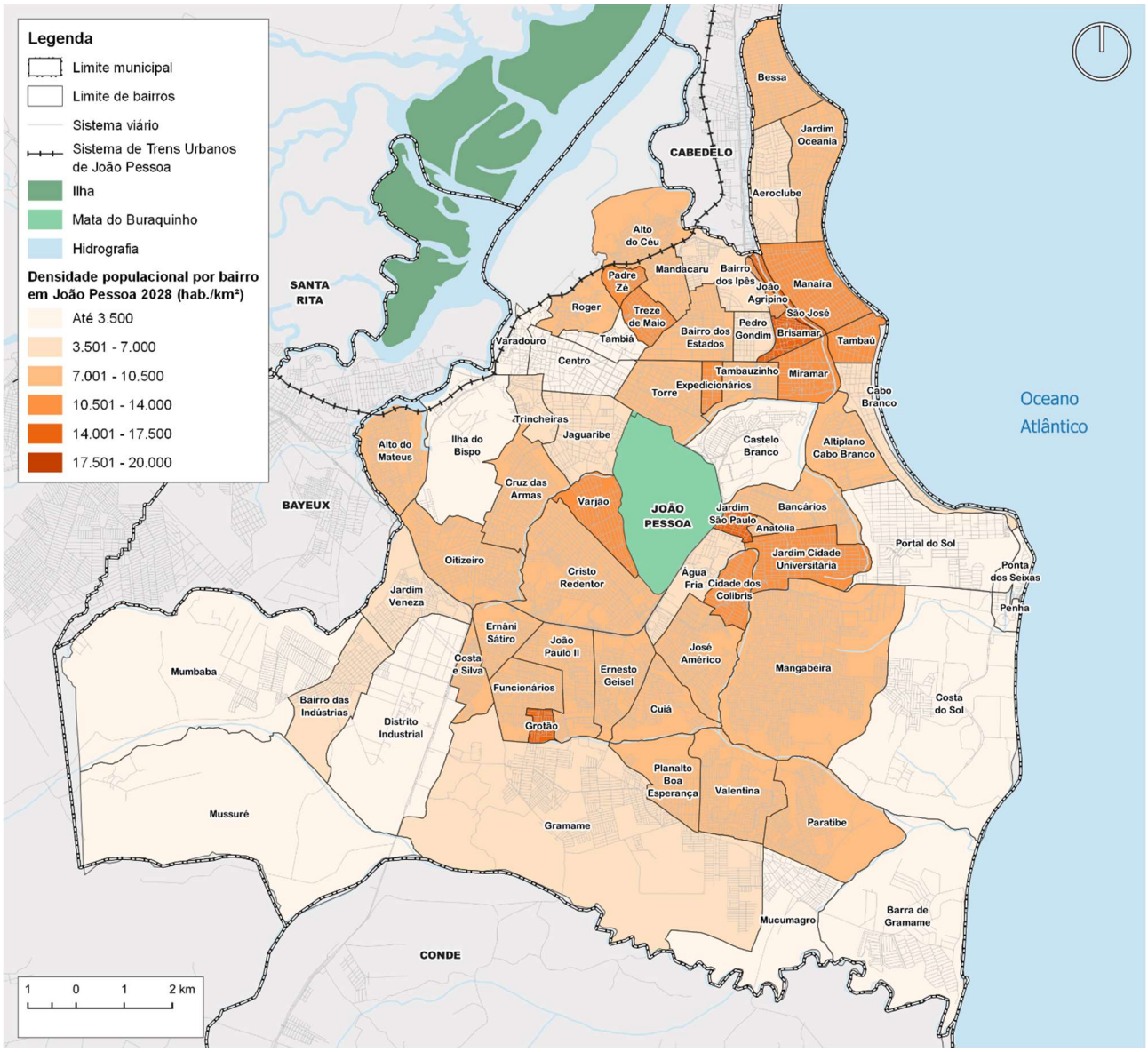


Figura 3-8: Densidade populacional por bairro: ano 2028 (João Pessoa).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

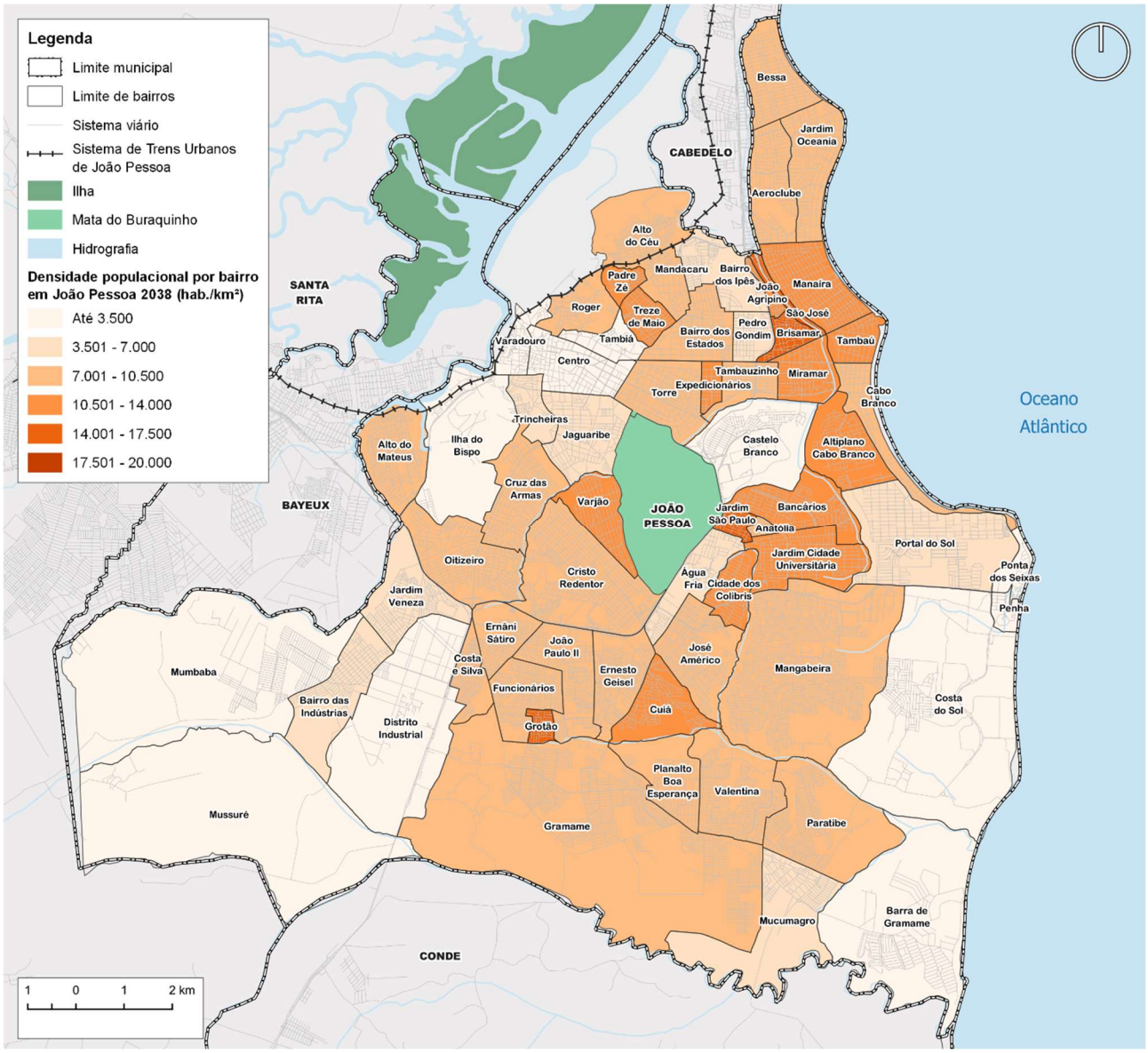


Figura 3-9: Densidade populacional por bairro: ano 2038 (João Pessoa).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

As Figuras 3-10 a 3-13 apresentam as densidades populacionais de toda a Microrregião para os anos de 2010, 2018, 2028 e 2038.

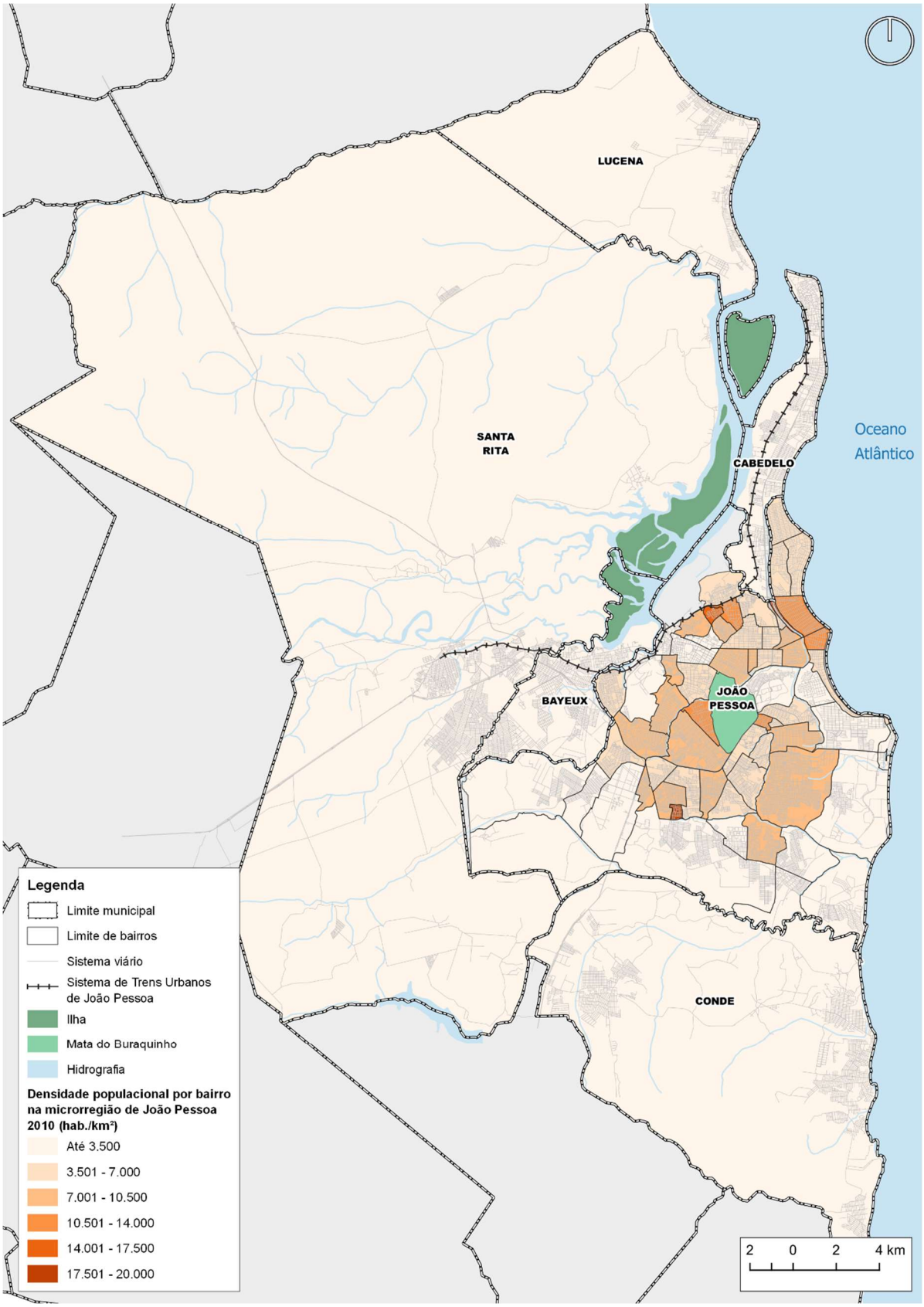


Figura 3-10: Cenário tendencial – densidade populacional – ano 2010 (área de estudo).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

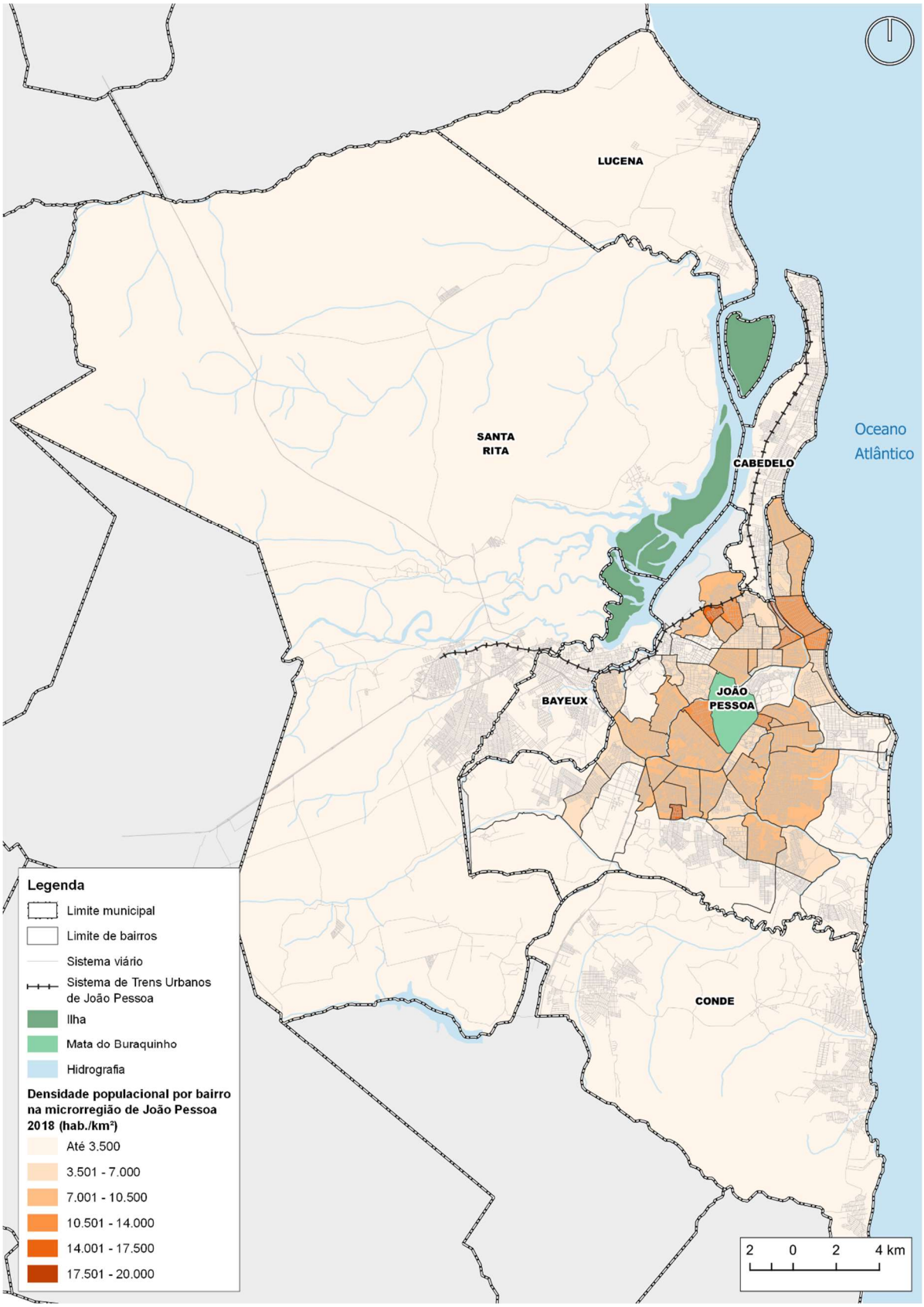


Figura 3-11: Cenário tendencial – densidade populacional – ano 2018 (área de estudo).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

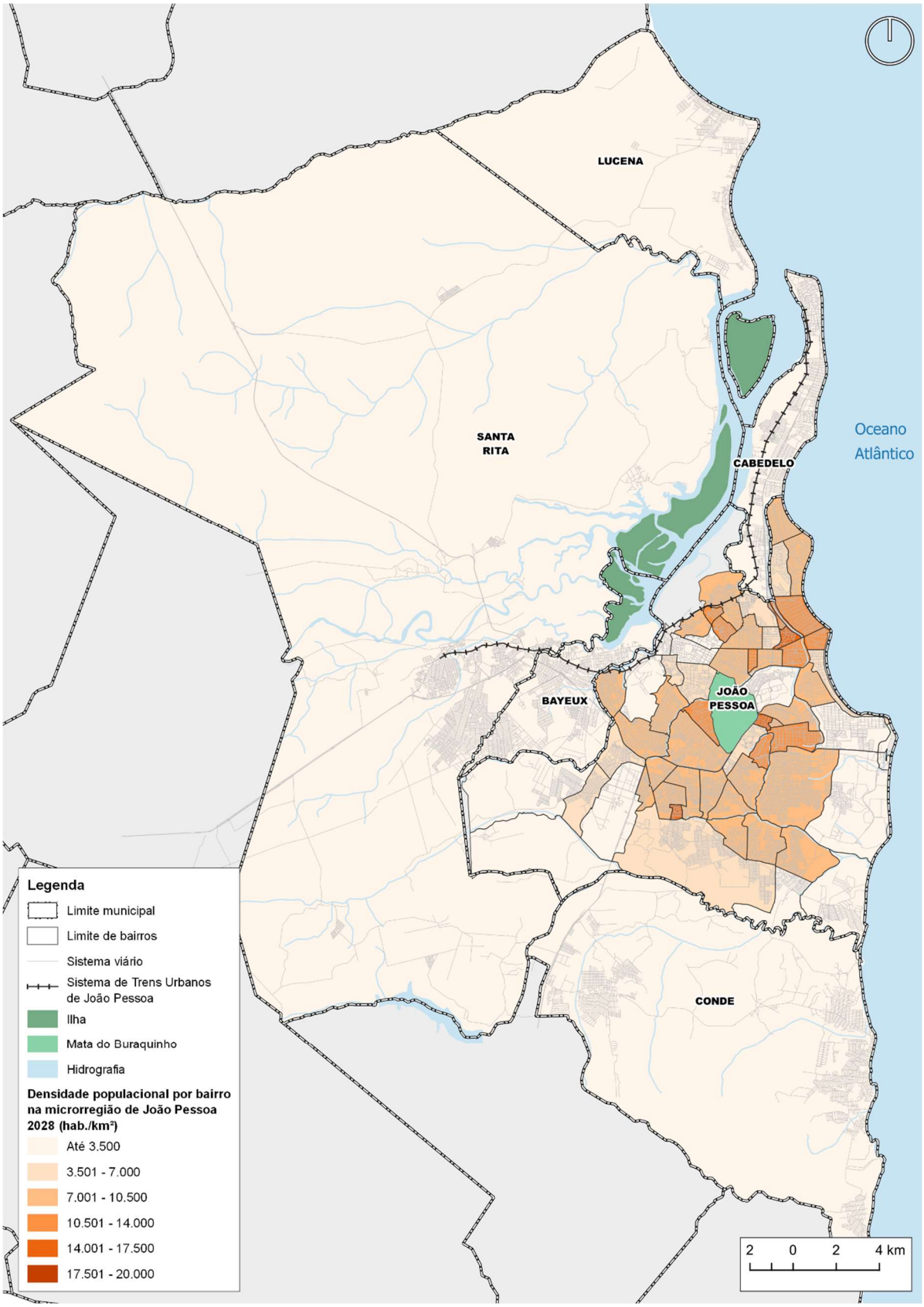


Figura 3-12: Cenário tendencial – densidade populacional – ano 2028 (área de estudo).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

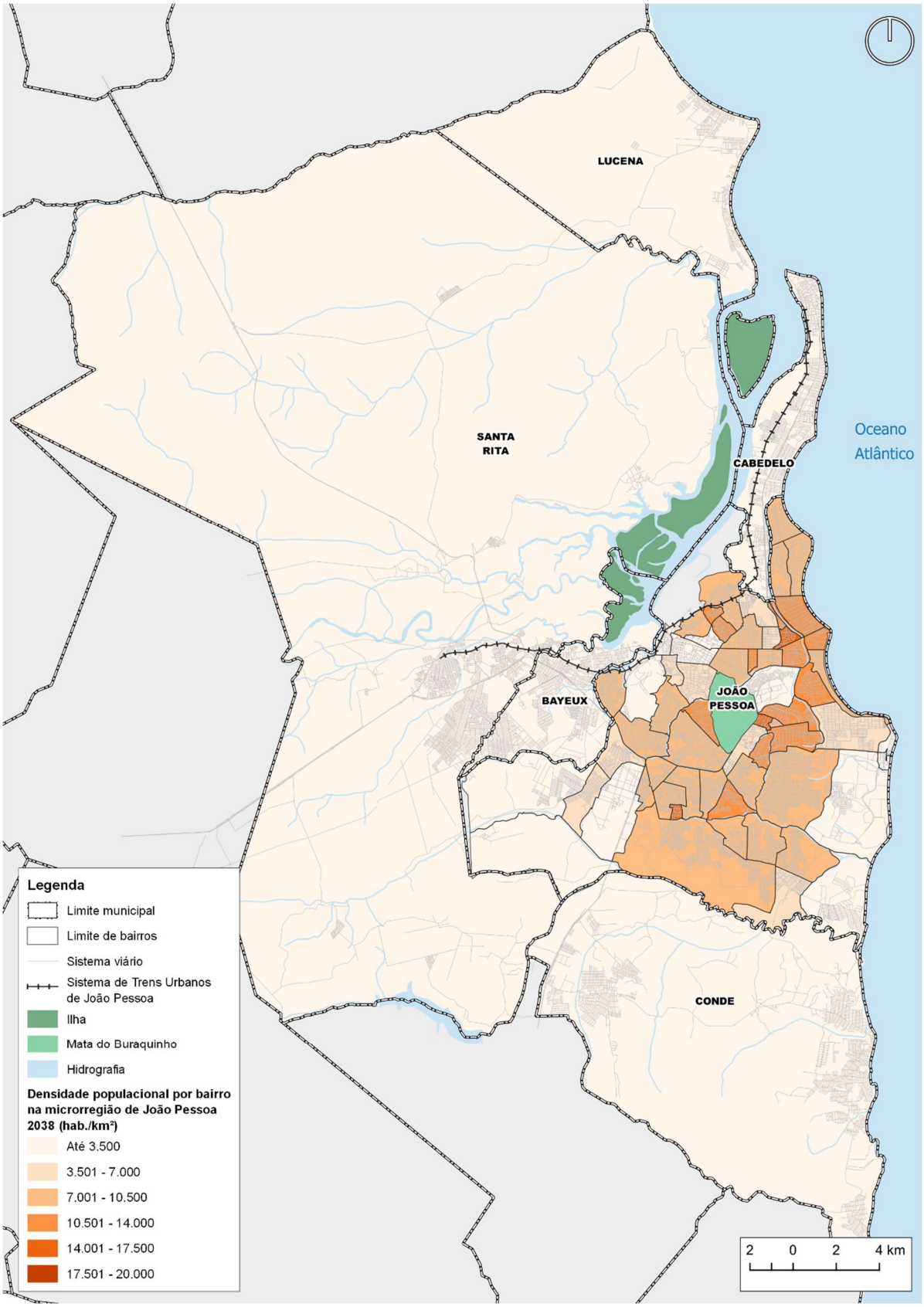


Figura 3-13: Cenário tendencial – densidade populacional – ano 2038 (área de estudo).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

3.1.1.2. Cenário Induzido

A população estimada para o cenário induzido tem como ponto de partida a projeção tendencial com adoção de premissas, tais como: contenção de expansão urbana com a hipótese de aumento da densidade habitacional em áreas internas à mancha urbana e aplicação do modelo "DOTS" (Desenvolvimento Orientado pelo Transporte Sustentável).

Para construção deste cenário, foram elaboradas as seguintes premissas:

- Total da população no cenário induzido para os anos de 2028 e 2038 é a mesma da população do cenário tendencial, sem considerar indução de população proveniente de municípios fora da área de estudo;
- A redistribuição de população foi realizada para João Pessoa sendo que, para os demais municípios da área de estudo, o efeito foi considerado como marginal não sendo realizadas hipóteses de redistribuição de população;
- Bairros com contenção do crescimento tendencial:
  - Gramame, Cuiá, Planalto da Boa Esperança, Paratibe e Muçumagro: adotada como referência a média de crescimento tendencial entre os bairros João Paulo II e José Américo (caso A1);
  - Mumbaba, Indústrias e Distrito Industrial: adotado como referência o crescimento tendencial do bairro Jd. Veneza (caso A2); e
  - Altiplano Cabo Branco e Portal do Sol: adotado como referência 50% do crescimento tendencial (caso A3).
- Bairros com aumento do crescimento:
  - Considerado o projeto João Pessoa Sustentável com 1.200 unidades habitacionais populares no entorno da avenida Beira Rio. Sendo considerada uma população de 4.800 habitantes no bairro Tambauzinho (ano 2038), (caso B); e
  - "Inversão" da tendência de queda populacional nos bairros centrais, deixando de perder população e atingindo um crescimento moderado (Centro, Varadouro, Tambiá), com a consideração do modelo "DOTS" (Desenvolvimento Orientado pelo Transporte Sustentável), (caso C).

A seguir, serão apresentadas quatro etapas do processo das estimativas de população do cenário induzido para os casos mencionados acima.

a) 1ª Etapa: casos A1, A2 e A3

Inicialmente foi calculada a redução da taxa de crescimento anual da população tendencial em relação ao período anterior do bairro de referência, redução esta a ser utilizada como ponderação nos cálculos (Equações 1 e 2).

$$Equação\ 1: Redução_{2028\ (bairro)} = \frac{Taxa_{tendencial:28-18(bairro)}}{Taxa_{tendencial:18-10(bairro)}} - 1$$

$$Equação\ 2: Redução_{2038\ (bairro)} = \frac{Taxa_{tendencial:38-28(bairro)}}{Taxa_{tendencial:28-18(bairro)}} - 1$$

As equações acima foram aplicadas nos casos A1 e A2. Já no caso A3, foi adotada como referência uma redução de 50% do crescimento tendencial. O Quadro 3-3 mostra a TGCA dos casos A1 e A2 do cenário tendencial e o resultado do fator de redução obtido com as equações acima.

Quadro 3-3: Fator de ponderação – população cenário induzido

Grupo	Bairro de Referência	Taxa a.a.	18/10	28/18	38/28
Caso A1	João Paulo II + José Américo	Cenário tendencial	1,82%	1,19%	0,38%
		Redução		-34,85%	-67,94%
Caso A2	Jardim Veneza	Cenário tendencial	0,95%	0,61%	0,19%
		Redução		-35,84%	-68,24%
Caso A3	Altiplano Cabo Branco	Redução		-50,00%	-50,00%
	Portal do Sol	Redução		-50,00%	-50,00%

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

b) 2ª Etapa: casos A1, A2 e A3

Após calcular os fatores de redução de cada caso, que, por sua vez, servirão de referência para aplicação nos bairros onde terá contenção de crescimento, foram calculadas as taxas de crescimento de população do cenário induzido (Equação 3), obtendo taxas de crescimento para o cenário induzido distintas por bairro.

$$Equação\ 3: Taxa_{induzido\ (bairro)} = Taxa_{tendencial\ (bairro)} * Redução_{ano\ (bairro)}$$

Os Quadros 3-4 e 3-5 apresentam as taxas de crescimento anual e as populações projetadas nos bairros com contenção de crescimento, assim sendo, a contenção da expansão resultou em uma população de 55 mil habitantes (ano 2028) e de 107 mil habitantes (ano 2038) a serem redistribuídos no caso B e no caso C.

Quadro 3-4: Taxas de crescimento anual – população cenário induzido (anos 2028 e 2038).

Grupo	Bairro	Tendencial			Induzido	
		Taxa 18/10	Taxa 28/18	Taxa 38/28	Taxa 28/18	Taxa 38/28
Caso (A1)	Cuiá	8,41%	4,31%	1,37%	2,81%	0,44%
	Gramame	9,68%	8,08%	2,76%	5,26%	0,88%
	Muçumagro	6,75%	3,52%	1,13%	2,29%	0,36%
	Paratibe	7,20%	3,70%	1,18%	2,41%	0,38%
	Planalto da Boa Esperança	7,85%	4,02%	1,28%	2,62%	0,41%
Caso (A2)	Distrito Industrial	11,56%	5,93%	1,89%	3,80%	0,60%
	Indústrias	5,20%	2,67%	0,85%	1,71%	0,27%
	Mumbaba	7,76%	6,64%	2,97%	4,26%	0,94%
Caso (A3)	Altiplano Cabo Branco	8,90%	7,72%	2,98%	3,86%	1,49%
	Portal do Sol	11,02%	6,06%	2,00%	3,03%	1,00%

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Quadro 3-5: População cenário induzido e tendencial para os casos A1, A2 e A3.

Grupo	Bairro	Tendencial				Induzido	
		POP 2010	POP 2018	POP 2028	POP 2038	POP 2028	POP 2038
Caso (A1)	Cuiá	6.938	13.233	20.178	23.130	17.454	18.239
	Gramame	24.829	51.995	113.060	148.369	86.836	94.819
	Muçumagro	6.261	10.560	14.924	16.700	13.247	13.736
	Paratibe	12.383	21.591	31.060	34.937	27.404	28.462
	Planalto da Boa Esperança	6.199	11.343	16.825	19.112	14.691	15.306
	TOTAL (Caso A1)	**24.843**	**43.494**	**196.048**	**242.249**	**159.633**	**170.561**
	Saldo a redistribuir induzido (A1)					**- 36.415**	**- 71.687**
Caso (A2)	Distrito Industrial	1.851	4.441	7.897	9.527	6.449	6.847
	Indústrias	8.712	13.069	17.001	18.501	15.484	15.906
	Mumbaba	7.925	14.407	27.395	36.701	21.861	24.011
	TOTAL (Caso A2)	**18.488**	**31.916**	**52.293**	**64.728**	**43.794**	**46.765**
	Saldo a redistribuir induzido (A2)					**- 8.499**	**- 17.963**
Caso (A3)	Altiplano Cabo Branco	5.185	10.254	21.573	28.933	14.976	17.362
	Portal do Sol	4.117	9.505	17.116	20.855	12.810	14.147
	TOTAL (Caso A3)	**9.302**	**19.759**	**38.689**	**49.788**	**27.786**	**31.510**
	Saldo a redistribuir induzido (A3)					**- 10.903**	**- 18.278**
População a ser redistribuída						**- 55.816**	**- 107.929**

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

c) 3ª Etapa: caso B

No projeto João Pessoa Sustentável, constam 1.200 unidades habitacionais populares no entorno da Av. Beira Rio. Desta forma, foi considerado com um acréscimo de população de 4.800 habitantes no bairro Tambauzinho no ano 2038 e, para o ano de 2028 foi estimada a população através da taxa de crescimento anual do período 2038 e 2018.

O Quadro 3-6 apresenta a população do bairro Tambauzinho (cenário induzido) e o saldo resultante referente ao estoque de população a ser redistribuída com a consideração no modelo “DOTS” (caso C).

Quadro 3-6: População bairro Tambauzinho (anos 2028 e 2038).

Bairro	POP2010	POP2018	Tendencial		Induzido	
			POP2028	POP2038	POP2028	POP2038
Tambauzinho	4.909	6.101	7.297	7.761	8.754	12.561
acréscimo de população induzido					**1.457**	**4.800**
Saldo casos (A1, A2, A3)					**-55.816**	**-107.929**
Saldo Resultante					**-54.359**	**-103.129**

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

d) 4ª Etapa: caso C

O modelo “DOTS” (Desenvolvimento Orientado pelo Transporte Sustentável) teve como diretriz o adensamento populacional nas adjacências de corredores de transporte, sendo contemplados para a análise os seguintes corredores: Corredor Cruz das Armas, Corredor Pedro II, Corredor Epitácio Pessoa, Corredor Hilton Souto Maior e Corredor BR-230 conforme ilustrado na Figura 2-2.

Para a aplicação de redistribuição de população, foi assumido que os bairros de Tambauzinho (caso B) e Altiplano Cabo Branco e Portal do Sol (caso A3) considerados nas hipóteses predecessoras não entraram nesta etapa (caso C).

Inicialmente foram identificadas as zonas OD nas imediações dos corredores que terão o acréscimo de 54.359 habitantes em 2028 e de 103.129 habitantes para o ano de 2038 em relação à população tendencial, sendo os cálculos realizados conforme a equação abaixo.

$$Equação\ 4: POP\ (zona\ OD_{induzido}) = \frac{POP\ tendencial_{zona\ OD\ (corredor)}}{\sum POP\ tendencial_{zona\ OD\ (corredor)}} * saldo_{2028/2038}$$

Realizado os cálculos da população conforme a equação acima, foi aferido o limite de densidade populacional, analogamente ao realizado nas estimativas de população tendencial (19.000 habitantes/km²), sendo que o total da população excedente das zonas OD foi redistribuído em outras zonas OD dos corredores até que o limite de densidade fosse respeitado.

O Quadro 3-7 apresenta a população dos cenários tendencial e induzido.

Quadro 3-7: Resumo de população por bairro – cenário tendencial e induzido.

Bairro / Município	Município	População Tendencial				População Induzido	
		2010	2018	2028	2038	2028	2038
Aeroclube	João Pessoa	9.627	12.179	14.286	15.053	14.286	15.053
Água Fria	João Pessoa	6.258	8.128	9.623	10.157	11.060	12.969
Altiplano Cabo Branco	João Pessoa	5.185	10.254	21.573	28.933	14.977	17.362
Alto do Céu	João Pessoa	16.549	19.159	21.053	21.695	21.053	21.695
Alto do Mateus	João Pessoa	16.246	17.272	18.417	18.875	18.417	18.875
Anatólia	João Pessoa	1.162	1.343	1.473	1.518	1.693	1.938
Bancários	João Pessoa	11.857	17.071	21.754	23.540	23.513	27.143
Barra de Gramame	João Pessoa	308	491	673	745	673	745
Bessa	João Pessoa	13.090	16.377	19.086	20.075	19.086	20.075
Brisamar	João Pessoa	4.268	6.372	8.263	8.983	9.497	11.212
Cabo Branco	João Pessoa	7.888	10.552	12.855	13.716	14.409	16.771
Castelo Branco	João Pessoa	11.262	11.684	12.012	12.123	13.805	15.480
Centro	João Pessoa	3.504	3.386	3.323	3.305	3.819	4.220
Cidade dos Colibris	João Pessoa	4.086	8.005	12.426	14.328	14.281	18.295
Costa do Sol	João Pessoa	7.652	9.183	10.444	10.906	10.809	11.656
Costa e Silva	João Pessoa	8.203	7.843	7.620	7.551	7.620	7.551
Cristo Redentor	João Pessoa	37.432	41.918	45.828	47.281	48.051	51.673
Cruz das Armas	João Pessoa	25.520	23.151	21.867	21.495	25.131	27.447
Cuiá	João Pessoa	6.938	13.233	20.178	23.130	17.454	18.239
Distrito Industrial	João Pessoa	1.851	4.441	7.897	9.527	6.449	6.847
Ernani Sátiro	João Pessoa	8.641	9.859	10.732	11.026	12.334	14.079
Ernesto Geisel	João Pessoa	14.143	13.988	13.912	13.891	14.168	14.382
Estados	João Pessoa	7.260	10.731	14.054	15.366	15.449	18.253
Expedicionários	João Pessoa	3.625	4.090	4.419	4.530	5.079	5.784
Funcionários	João Pessoa	15.805	16.157	16.387	16.461	16.387	16.461
Gramame	João Pessoa	24.829	51.995	113.060	148.369	86.836	94.819
Grotão	João Pessoa	6.158	5.591	5.256	5.154	5.256	5.154
Ilha do Bispo	João Pessoa	7.986	8.271	9.197	9.634	9.556	10.300

Bairro / Município	Município	População Tendencial				População Induzido	
		2010	2018	2028	2038	2028	2038
Indústrias	João Pessoa	8.712	13.069	17.001	18.501	15.484	15.906
Ipês	João Pessoa	9.120	9.810	10.781	11.187	11.059	11.773
Jaguaribe	João Pessoa	14.427	14.963	15.341	15.467	17.631	19.749
Jardim Cidade Universitária	João Pessoa	21.253	24.640	27.101	27.936	31.146	35.670
Jardim Oceania	João Pessoa	15.268	19.341	22.925	24.281	22.925	24.281
Jardim São Paulo	João Pessoa	4.548	5.271	5.796	5.974	6.661	7.330
Jardim Veneza	João Pessoa	12.803	14.076	14.961	15.254	17.194	19.477
João Agripino	João Pessoa	1.160	1.791	2.374	2.599	2.728	3.319
João Paulo II	João Pessoa	15.394	19.007	21.824	22.819	22.048	23.278
José Américo	João Pessoa	16.201	18.834	20.753	21.405	23.851	27.331
Manaíra	João Pessoa	26.339	27.148	27.957	28.263	28.725	29.727
Mandacarú	João Pessoa	12.528	11.331	10.628	10.414	10.628	10.414
Mangabeira	João Pessoa	74.569	80.504	86.350	88.931	91.562	98.690
Miramar	João Pessoa	9.484	12.053	14.288	15.126	16.421	19.314
Muçumagro	João Pessoa	6.261	10.560	14.924	16.700	13.247	13.736
Mumbaba	João Pessoa	7.925	14.407	27.395	36.701	21.861	24.011
Mussuré	João Pessoa	-	-	-	-	-	-
Oitizeiro	João Pessoa	29.061	28.762	28.668	28.658	32.813	36.320
Padre Zé	João Pessoa	6.944	6.535	6.286	6.209	6.286	6.209
Paratibe	João Pessoa	12.383	21.591	31.060	34.937	27.404	28.462
Pedro Gondim	João Pessoa	3.360	3.919	4.348	4.499	4.998	5.745
Penha	João Pessoa	756	679	634	620	634	620
Planalto da Boa Esperança	João Pessoa	6.199	11.343	16.825	19.112	14.691	15.306
Ponta do Seixas	João Pessoa	417	477	520	535	520	535
Portal do Sol	João Pessoa	4.117	9.505	17.116	20.855	12.810	14.147
Roger	João Pessoa	10.125	11.668	12.803	13.190	14.714	16.842
São José	João Pessoa	7.078	6.435	6.055	5.940	6.055	5.940
Tambaú	João Pessoa	10.150	10.641	11.042	11.185	12.690	13.799
Tambauzinho	João Pessoa	4.909	6.101	7.297	7.761	8.754	12.561
Tambiá	João Pessoa	2.533	2.543	2.549	2.551	2.929	3.257
Torre	João Pessoa	15.108	15.232	15.327	15.360	17.615	19.612
Treze de Maio	João Pessoa	7.752	8.188	8.569	8.710	8.569	8.710
Trincheiras	João Pessoa	6.982	6.272	5.995	5.931	6.890	7.572
Valentina	João Pessoa	22.400	23.124	24.140	24.610	24.140	24.610
Varadouro	João Pessoa	3.659	3.288	3.135	3.098	3.603	3.956
Varjão	João Pessoa	16.973	16.755	16.616	16.573	16.616	16.573
Bayeux	Bayeux	99.585	96.550	101.032	103.036	101.032	103.036
Cabedelo	Cabedelo	57.460	66.680	79.234	85.402	79.234	85.402
Conde	Conde	21.295	24.323	28.554	30.615	28.554	30.615
Lucena	Lucena	11.682	12.944	14.553	15.312	14.553	15.312
Santa Rita	Santa Rita	119.869	135.807	156.621	166.625	156.621	166.625
TOTAL		**1.024.122**	**1.188.886**	**1.417.049**	**1.530.248**	**1.417.048**	**1.530.248**

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

As Figuras 3-14 e 3-15 apresentam as densidades populacionais por bairro de João Pessoa para o cenário induzido nos anos de 2028 e 2038. Observa-se que, ao longo dos anos, um maior adensamento habitacional em áreas internas à mancha urbana como Cruz das Armas, Oitizeiro no lado oeste de João Pessoa e a leste um maior adensamento nos bairros Expedicionários, Tambauzinho, Miramar.

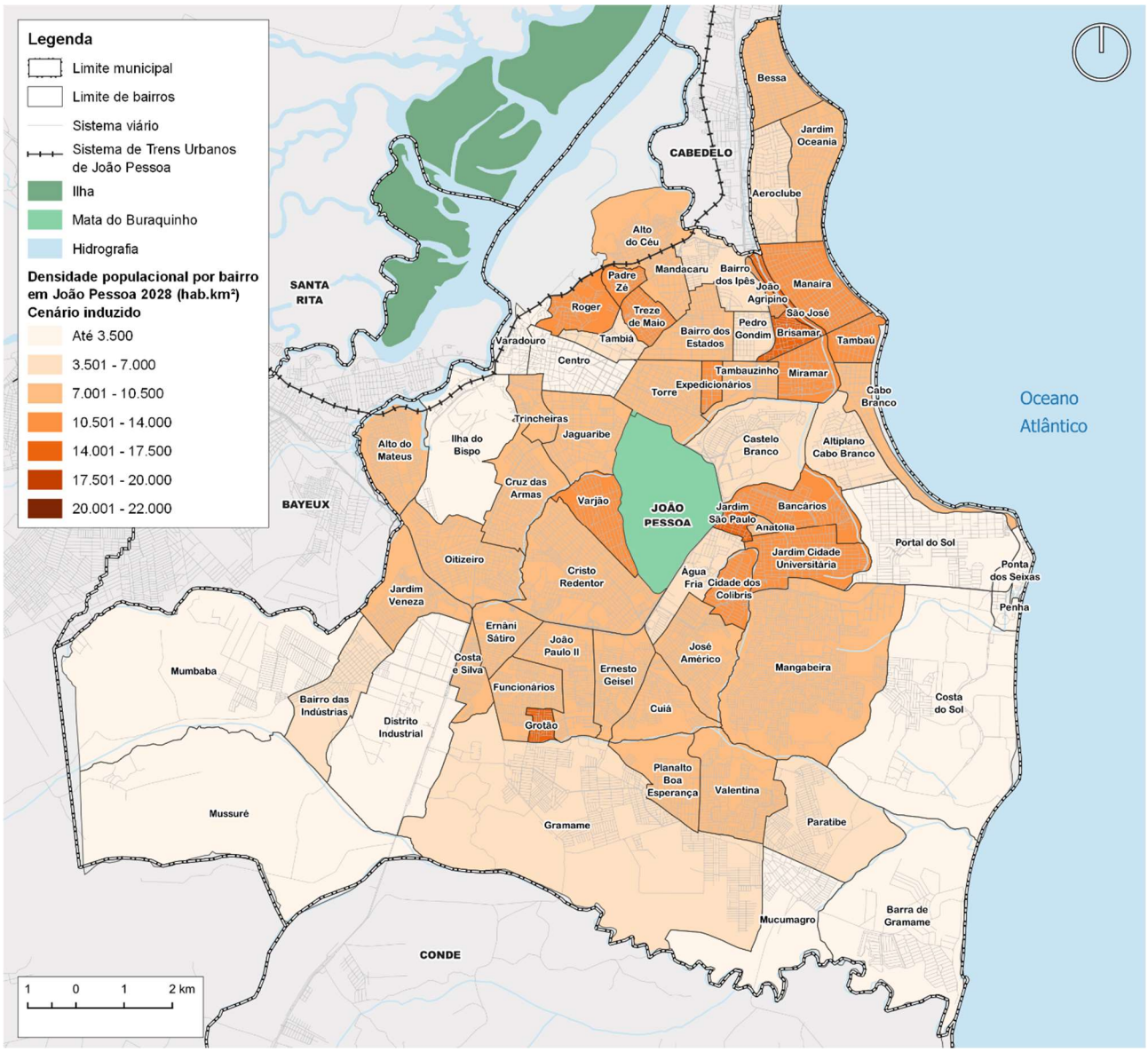


Figura 3-14: Cenário induzido – densidade populacional – ano 2028 (João Pessoa).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

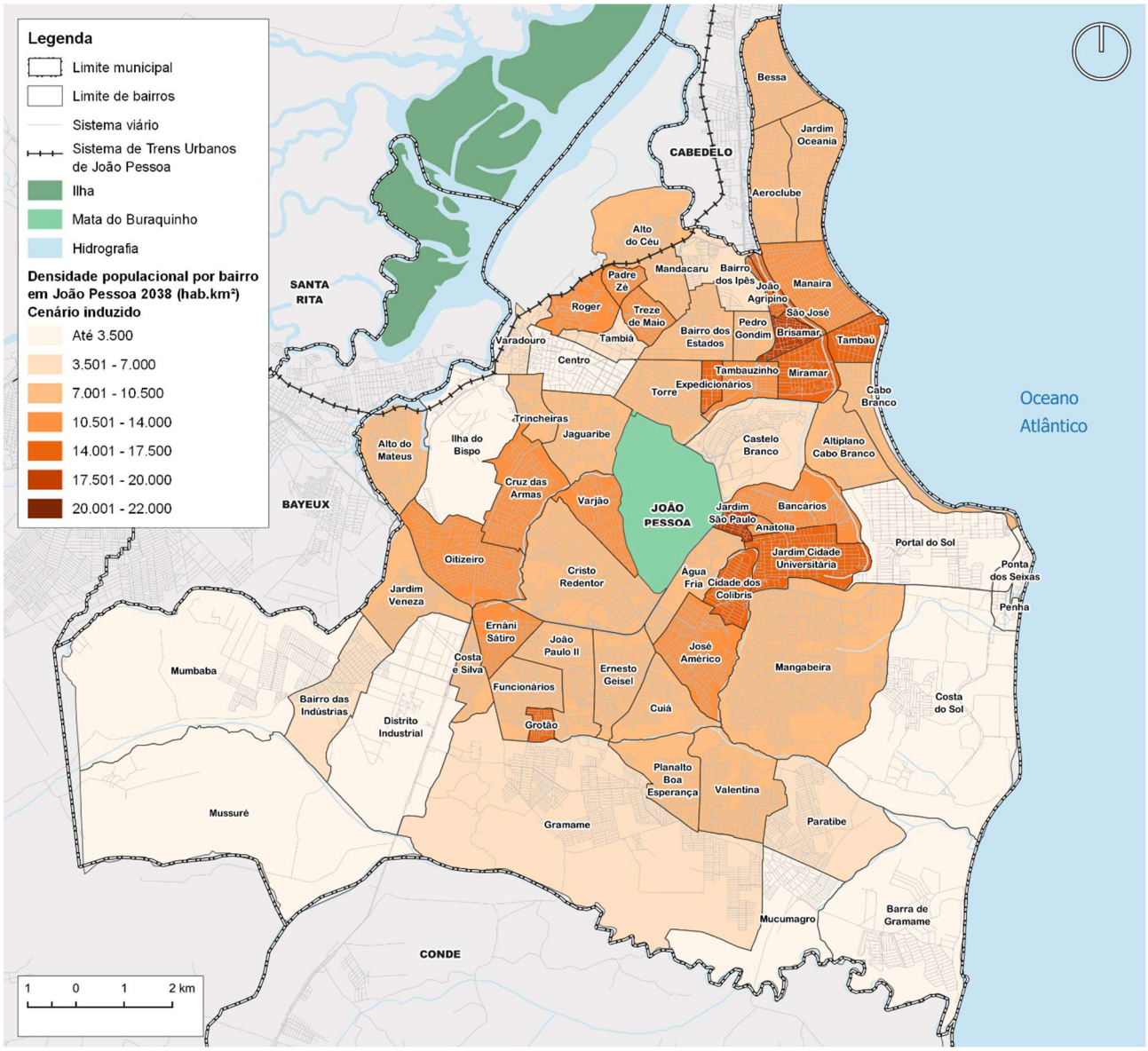


Figura 3-15: Cenário induzido – densidade populacional – ano 2038 (João Pessoa).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

As Figuras 3-16 e 3-17 apresentam as densidades populacionais da área de estudo para os anos de 2028 e 2038.

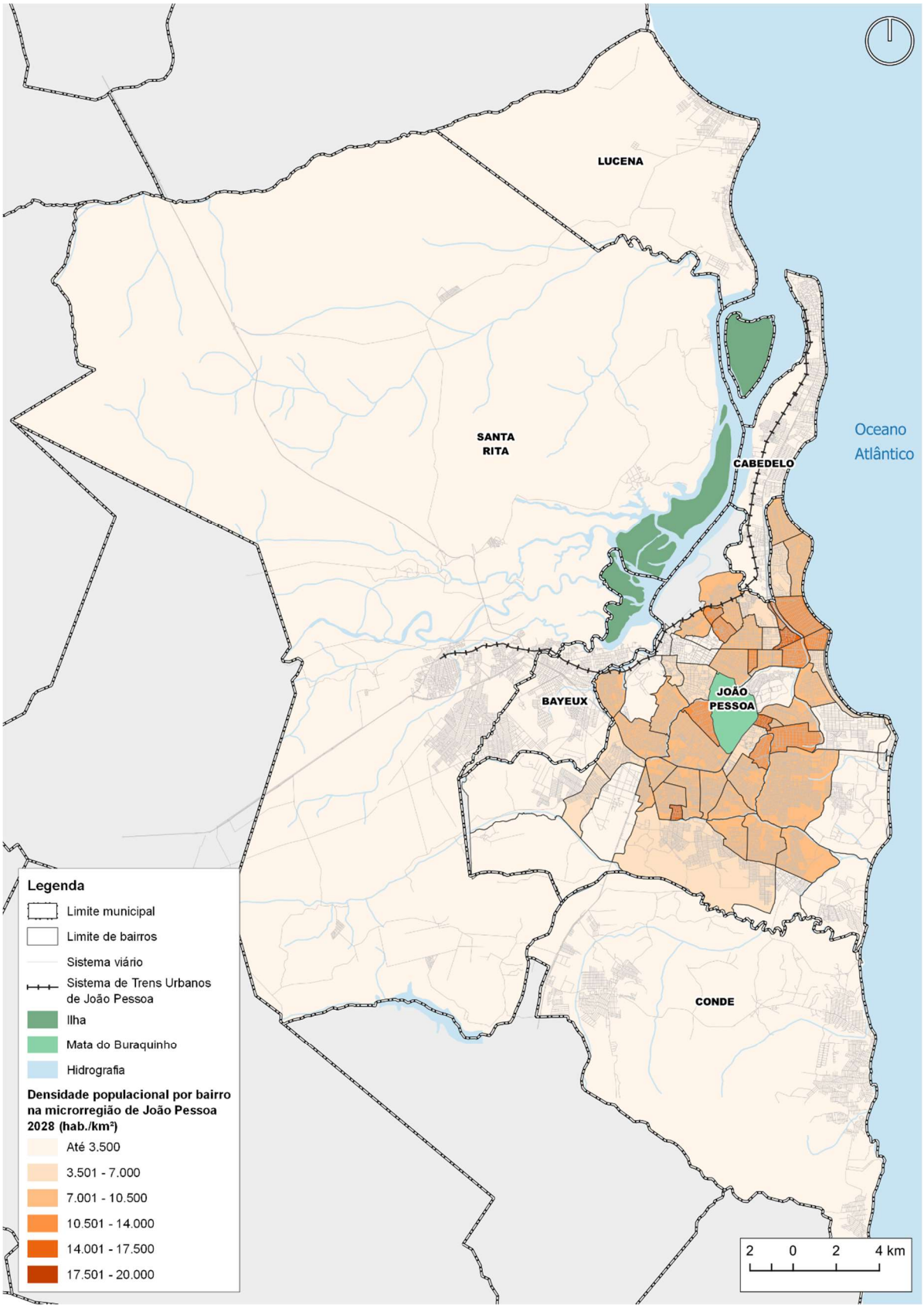


Figura 3-16: Cenário induzido: densidade populacional – ano 2028 (área de estudo).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

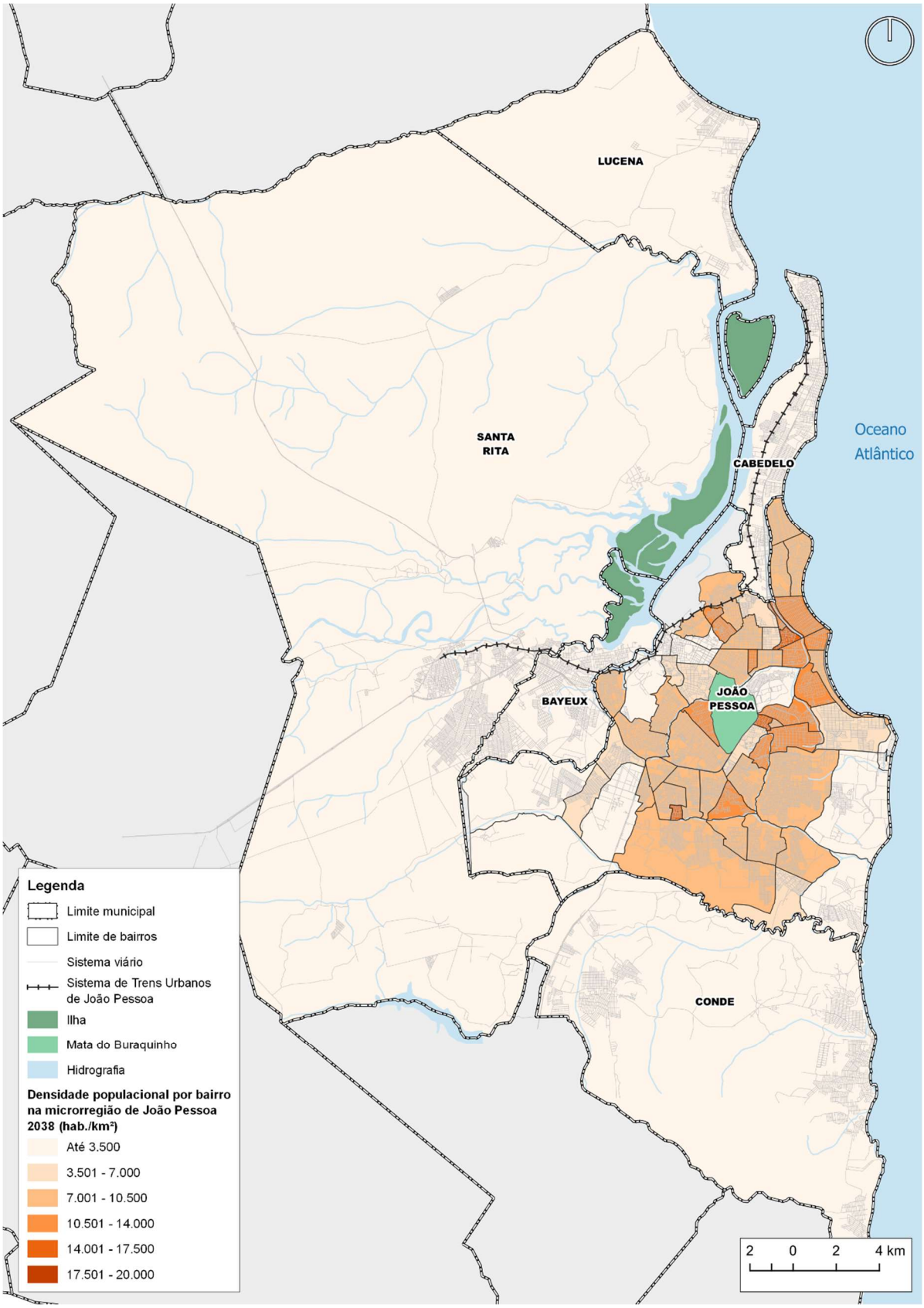


Figura 3-17: Cenário induzido: densidade populacional – ano 2038 (área de estudo).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

3.1.2. Posse de automóvel e motocicleta

Para projeção da frota de automóvel e motocicleta, foram utilizados os seguintes dados:

- Frota de automóveis e motocicletas (DENATRAN, 2018); e
- Frota declarada na Pesquisa de Origem e Destino de 2018.

De acordo com as estatísticas de frota de veículos do período de 2000 a 2018, no município de João Pessoa a variação anual da frota de automóvel cresceu até 2010, quando atingiu o maior valor do período com incremento de 9,4% de automóveis em relação ao ano anterior, chegando a mais de 140 mil automóveis na capital. Nos demais municípios da MRJP, a maior variação foi atingida em 2007, quando houve incremento de 17,4% de automóveis em relação ao ano anterior. Após o ano de 2010, as variações anuais de crescimento da frota de automóveis na capital e nos demais municípios passaram a cair.

Em relação à frota de motocicletas, o padrão de crescimento acompanhou o da frota de automóveis, porém com variações muito maiores de crescimento. No ano de 2008, o crescimento da frota de motocicletas em relação ao ano anterior foi de 26,9% no município de João Pessoa e de 38,6% nos demais municípios da MRJP. No ano de 2010, a taxa de crescimento em relação ao ano anterior foi de 21,3% em João Pessoa e de 31,7% nos demais municípios. A partir de 2010, a taxa de crescimento da frota de motocicletas, assim como a de automóvel, passou a cair em todos os municípios da Microrregião.

Na análise do histórico de crescimento da frota de automóveis e motocicletas na MRJP, foi possível conhecer a tendência de evolução dessa frota e assim projetar a frota de carros e motos para os horizontes de 2028 e 2038 de acordo com a tendência observada. O período escolhido para cálculo da tendência projetada é o de 2010 a 2018 por ser coincidente ao período utilizado para projetar a tendência de crescimento populacional da área de estudo e, ainda, por ser um período de crescimento mais estável, excluindo da tendência períodos com elevadas taxas de crescimento ligadas à políticas públicas de incentivo à compra de veículos.

A Figura 3-18 exemplifica as etapas do processo de projeção da frota de carros e motos por município. A partir da frota municipal registrada no DENATRAN, foi possível calcular a variação de cada ano do período em relação ao ano anterior e, assim, observar uma tendência linear passível de ser projetada para horizontes futuros. A partir da projeção da variação da frota, foi possível calcular o total de veículos por município para o período de 2019 a 2038. Para cálculo da frota domiciliar (declarada na Pesquisa OD) nos horizontes futuros, adotou-se a mesma proporção entre a frota declarada na OD e a frota do DENATRAN no ano de 2018.

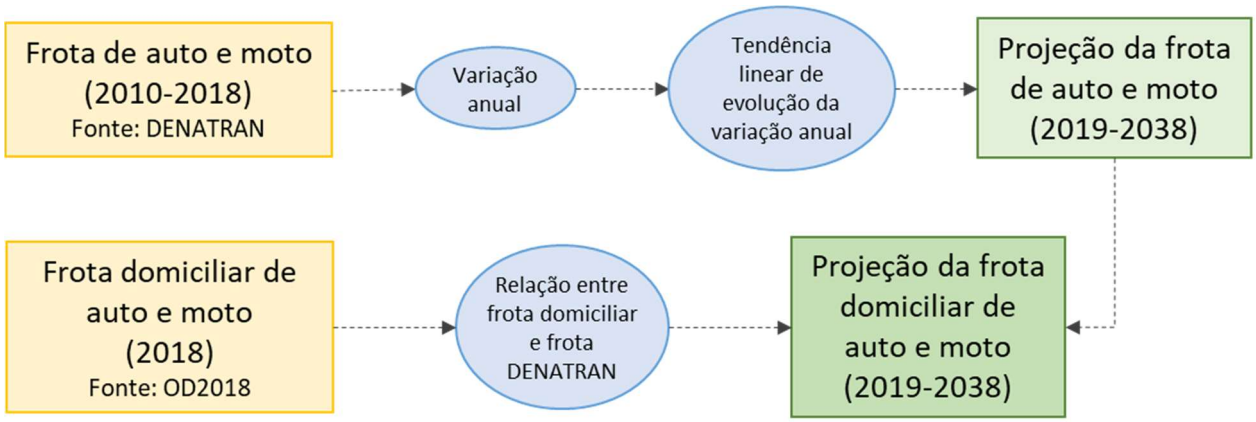


Figura 3-18: Fluxograma com os processos para projeção da frota de veículos.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

As Figuras 3-19 e 3-20 apresentam a evolução histórica da frota de automóvel e de moto no período de 2010 a 2018 e a curva de projeção tendencial até o ano de 2038.

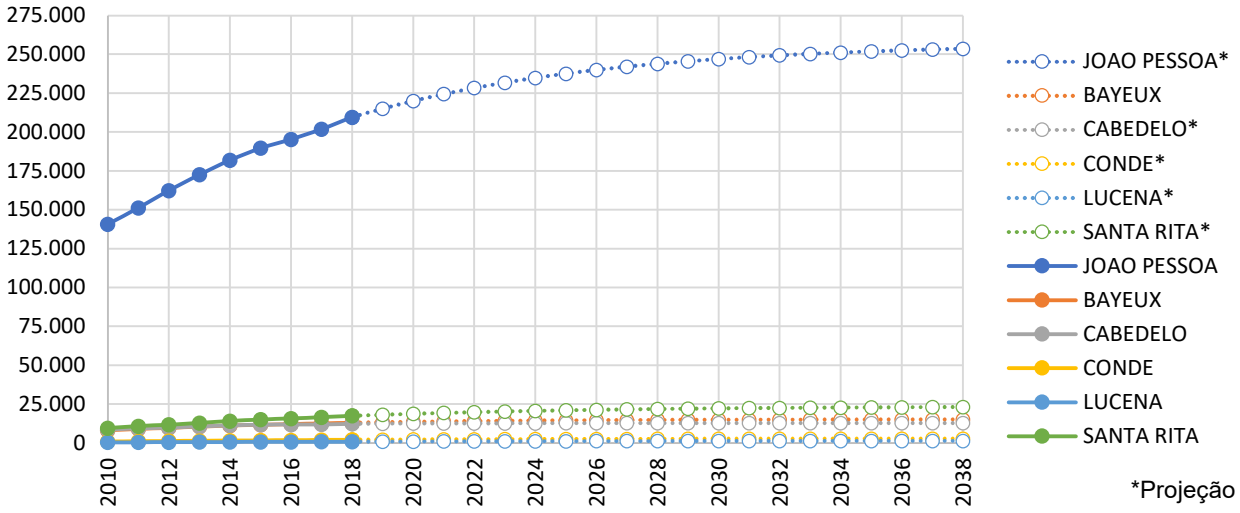


Figura 3-19: Evolução da frota de automóveis.
Fonte dos dados: DENATRAN, 2018 / Projeções e elaboração: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

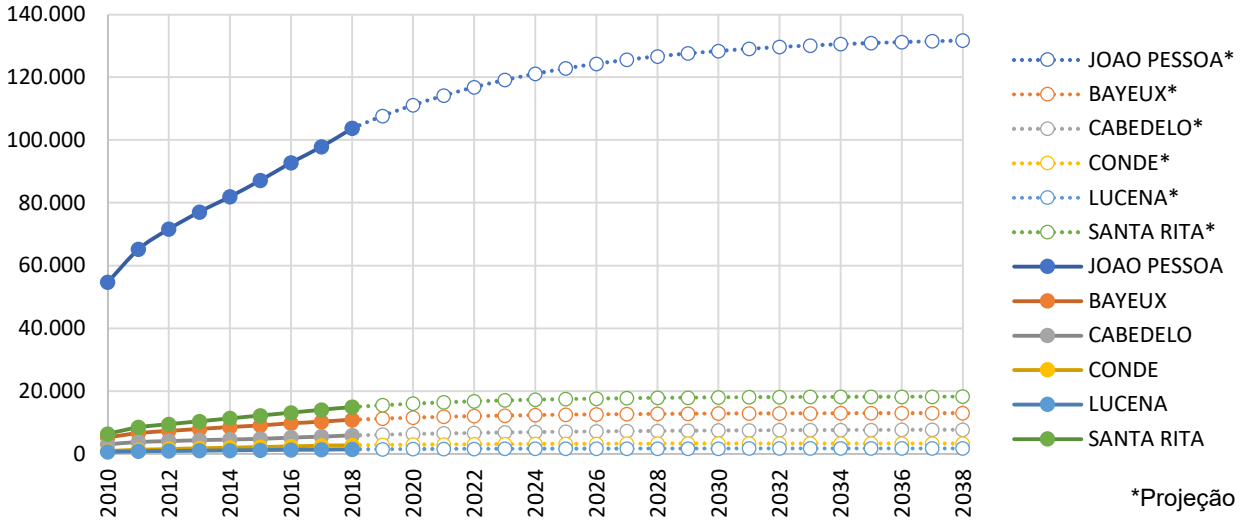


Figura 3-20: Evolução da frota de motocicletas.
Fonte dos dados: DENATRAN, 2018 / Projeções e elaboração: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

As frotas de auto e moto declaradas na Pesquisa OD representam na média, respectivamente, 77% e 50% da frota de veículos da MRJP registrada no DENATRAN no ano de 2018. Essa diferença acontece porque a frota declarada na Pesquisa OD corresponde apenas à frota domiciliar, excluindo a frota de empresas e órgãos públicos e, ainda, deve-se considerar que, na frota registrada no DENATRAN, constam veículos fora de circulação, cujos proprietários ainda não deram baixa. Estudos apontam para uma frota circulante menor que a frota divulgada pelo DENATRAN (SINDIPEÇAS, 2019; ANFAVEA, 2014).

O Quadro 3-8 apresenta o resumo da frota domiciliar de automóvel e motocicleta por município no ano base (2018) e nos horizontes de projeção (2028 e 2038), além do percentual de crescimento em relação ao ano de 2018. As taxas de crescimento nos períodos de 10 e 20 anos são menores que as taxas de crescimento populacional para o mesmo período. A consequência disso é redução

da taxa de automóveis e motocicletas por habitante ao longo dos horizontes. Em 2018 a taxa de auto a cada mil habitantes da Microrregião foi de 166 e atingirá 156 (auto/mil habitantes) em 2038. Já a taxa de motocicletas a cada mil habitantes se mantém quase estável: de 59 motos/mil habitantes em 2018 para 58 (motos/mil habitantes) em 2038.

Quadro 3-8: Frota projetada por município.

Município	Automóvel			Motocicleta		
	2018	2028*	2038*	2018	2028*	2038*
João Pessoa	166.620	193.935	201.607	49.881	60.883	63.301
Bayeux	8.464	9.624	9.838	5.069	5.941	6.062
Cabedelo	9.276	9.605	9.622	4.888	6.074	6.380
Conde	1.880	2.408	2.536	1.275	1.521	1.545
Lucena	829	1.165	1.298	972	1.142	1.163
Santa Rita	10.396	13.005	13.750	8.491	10.155	10.379
Total	**197.466**	**229.742**	**238.650**	**70.577**	**85.717**	**88.831**
Variação em relação a 2018		16%	21%		21%	26%

*projeção

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

A distribuição espacial da frota pelas zonas OD da área de estudo levará em consideração as taxas de motorização das zonas e as populações de cada zona nos cenários tendencial e induzido. O quantitativo de frota por zona será diferente em cada cenário devido às alterações populacionais de cada um, mas a metodologia aplicada será a mesma.

Adotou-se a premissa de que as taxas de motorização (número de automóveis e motocicletas a cada mil habitantes) de cada zona serão mantidas nos horizontes futuros, conforme equação a seguir, ajustando-se apenas os totais por município:

$$nº\ de\ veic_{Z_n} = Tx_{Z_{2018}} * Pop_{Z_n}/1000$$

Essa equação parte da taxa de motorização do ano base para calcular a frota por zona de acordo com a população projetada por cenário (tendencial ou induzido) para cada horizonte. O uso da taxa de motorização do ano base para cálculo da frota nos horizontes futuros gera um excedente de frota por município, que diverge da frota projetada apresentada no quadro anterior. Este excesso atinge, em 2038, 5% a mais na frota de automóvel e 4% na frota de motocicletas da Microrregião.

Isso ocorre devido a uma tendência de queda da taxa de motorização das cidades brasileiras e, com taxas de motorização semelhantes ao ano base, a projeção da frota fica superestimada, sendo necessário ajustar os totais por município de acordo com a equação:

$$nº\ de\ veic(ajustado)_{Z_n} = nº\ de\ veic_{Z_n} * \frac{Nº\ veic\ proj_{mun_n}}{\sum nº\ de\ veic_{Z_n mun_n}}$$

Onde:

$nº\ de\ auto_{Z_n}$ = frota de veículos (auto ou moto) da zona "*z*" no ano "*n*" [veic.];

$Tx_{Z_{2018}}$ = taxa de motorização (auto ou moto) da zona "*z*" no ano de 2018 [veic/1000hab.];

Pop_{Z_n} = População da zona "*z*" no ano "*n*" [hab.];

$nº\ de\ veic(ajustado)_{Z_n}$= frota ajustada de veículos (auto ou moto) da zona "*z*" no ano "*n*" [veic.];

$N º\ veic\ proj_{mun_n}$= total de veículos projetados do município "*mun*" ano "*n*" [veic.]; e

$\sum nº\ de\ veic_{Z_n mun_n}$ = soma de veículos por zona "*z*" do município "*mun*" no ano "*n*" [veic.].

3.1.3. Renda

Para projetar a renda familiar utilizou-se, do ano base aos horizontes futuros, a referência em termos de salários mínimos (s.m.). O salário mínimo pode ganhar ou perder poder de compra ao longo dos anos de acordo com as mudanças econômicas de períodos de crise ou de expansão. Então, em um horizonte projetado para 20 anos, teve-se como premissa que o salário mínimo terá o mesmo poder de compra, e o incremento salarial na renda das famílias significa incremento em seu poder de compra.

De acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Trimestral (PNADC/T) realizada pelo IBGE, o rendimento médio nominal de um habitante de João Pessoa passou de 2,3 s.m. em 2012 para 2,7 em 2019[3]. Nesses 8 anos o rendimento médio oscilou, caiu em 2015 e voltou a crescer em 2017. A taxa geométrica anual de crescimento do rendimento nominal do período analisado (2012-2019) foi de 2,4%.

A validação da projeção da renda partiu do pressuposto de que há uma elasticidade entre renda, emprego e PIB. Ou seja, variações no PIB impactam na variação de empregos e, conseguintemente, na renda das famílias. As projeções de crescimento do PIB apontam para uma taxa de 2,5% ao ano[4], valor próximo da TGCA da renda do período analisado e, portanto, factível de ser utilizada para projetar a renda ao longo dos horizontes de projeto. A Figura 3-21 apresenta o rendimento médio anual do período de análise (2012 a 2019), representado por pontos cheios e linhas contínuas, e do período projetado de 2020 a 2038 com pontos vazios e linhas pontilhadas.

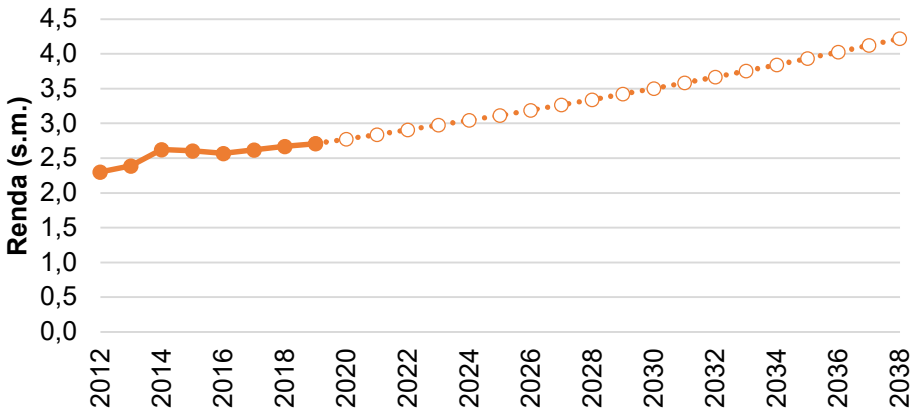


Figura 3-21: Evolução do rendimento médio nominal em João Pessoa.
Fonte: IBGE – PNADC/T, 2019 / Projeções (a partir da média anual dos trimestres) e elaboração: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Para cálculo da projeção de renda de cada zona OD, teve-se como premissa que o padrão espacial de renda domiciliar na área de estudo será mantido ao longo dos horizontes futuros. Isso significa que não haverá migrações de classes de renda entre o território da Microrregião de João Pessoa e o incremento anual de 2,4% na renda será o mesmo para todas as famílias. Com isso, a TGCA de

[3] A PNADC/T possui dados para os 4 trimestres de cada ano, com isso, a renda média nominal mencionada trata-se da média dos trimestres para cada ano de referência.

[4] Focus - Relatório de Mercado (10/01/2020). Disponível em: https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus. Acesso em: jan/2020.

2,4% foi aplicada em todas as zonas OD. Deve-se esclarecer também que a PNADC/T é realizada apenas nas capitais do país, não havendo dados de rendimento do mesmo período para os demais municípios da Microrregião. Desta forma, a mesma taxa encontrada para a evolução da renda em João Pessoa foi adotada nos demais municípios.

3.1.4. Emprego

A projeção de empregos na área de estudo fez uso da metodologia que avalia a relação emprego-Produto Interno Bruto (PIB) e assim como as projeções de população e posse de veículo, partiu de uma análise da tendência histórica para projetar a tendência de evolução ao longo dos anos horizontes de 2028 e 2038. Os dados utilizados foram os seguintes:

- PIB a preços constantes (IBGE, 2018; IPEA, 2015);
- Projeção do PIB (BCB, 2019);
- Empregos formais (RAIS/MTE, 2019); e
- Pesquisa OD 2018.

Existe uma relação entre o PIB de um país e sua geração de empregos que pode ser mensurada pela elasticidade, que é a variação do PIB sobre a variação de empregos. Um estudo do IPEA (2015) mostrou que no período entre 2000 a 2010 a elasticidade do PIB ficou em torno de 1,57. Se tratando de um período com aumento do PIB e geração de empregos, a elasticidade maior do que 1 indica que o crescimento de empregos foi maior do que o crescimento do PIB.

No período analisado entre os anos de 2002 e 2018, tanto em unidade nacional, estadual e regional, com a variação positiva do PIB houve geração de empregos formais e, com a queda da variação do PIB houve queda de empregos. A Figura 3-22 mostra a variação do PIB e empregos formais na MRJP no período entre 2004 e 2018 - a série histórica analisada de empregos formais inicia no ano de 2003 e a variação dada na figura é a partir do ano seguinte (2004), já a variação do PIB da MRJP nos anos de 2016 a 2018 é uma projeção baseada na variação do PIB nacional no mesmo período.

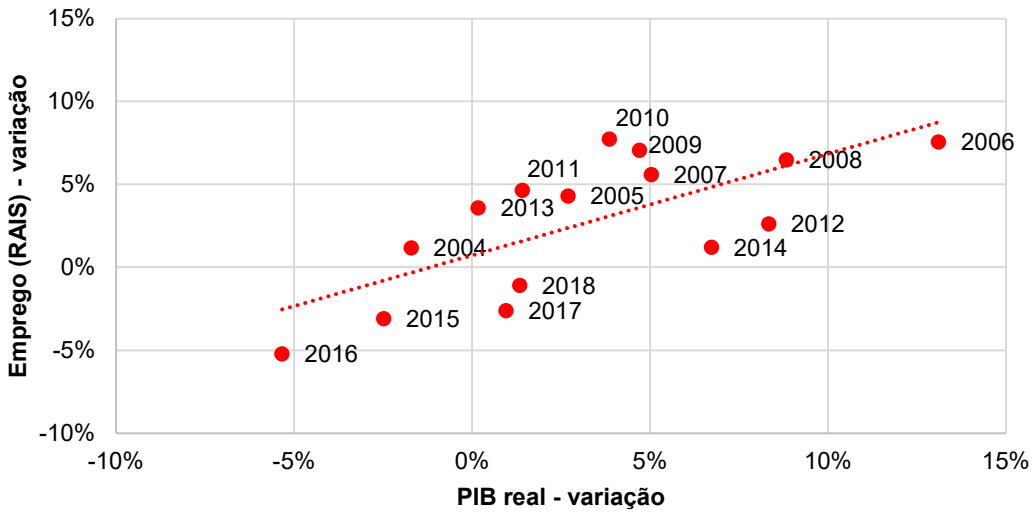


Figura 3-22: Relação entre variações no nível de empregos formais e do produto interno bruto (2003-2018)
Fonte de dados: IBGE,2018 ; RAIS/MTE, 2019 / Elaboração: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Assumindo que há uma elasticidade emprego-PIB na área de estudo, a primeira etapa para projetar o total de empregos para os horizontes de 2028 e 2038 foi projetar a variação do PIB para os mesmos horizontes. O PIB da área de estudo foi projetado a partir da relação com o PIB do estado da Paraíba, que por sua vez, foi projetado a partir da relação com o PIB nacional, e este, projetado a partir de estimativas de crescimento do país divulgadas pelo Banco Central do Brasil (BCB). O PIB da área de estudo foi projetado para o ano de 2017 em diante, pois há apenas informação dos

PIBs estaduais e municipais até o ano de 2016. Já o PIB nacional possui informação do ano de 2018 e foi projetado deste ano em diante. O fluxograma da Figura 3-23 exemplifica os passos desenvolvidos.

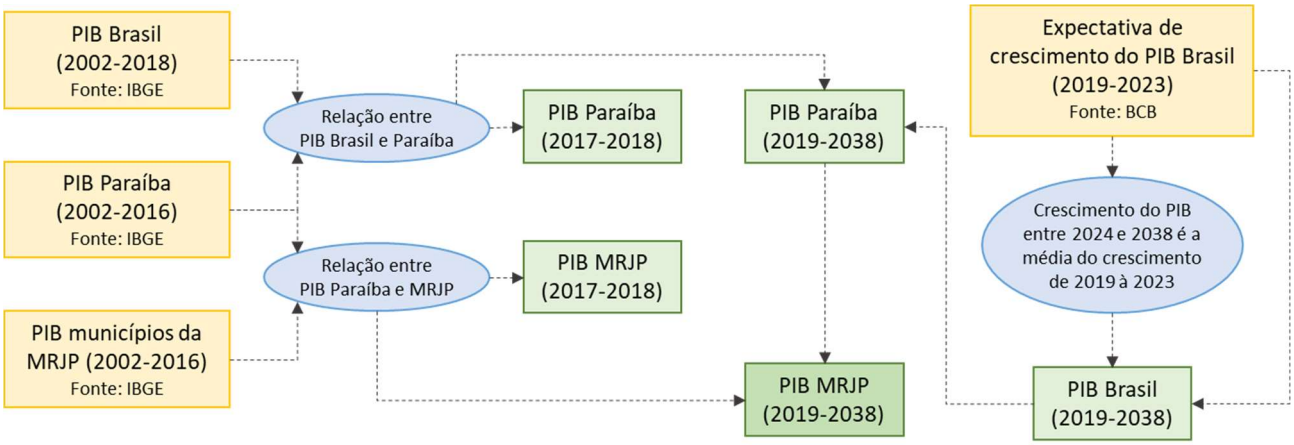


Figura 3-23: Fluxograma com os processos para projeção do PIB.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Conhecendo o PIB da área de estudo projetado para os horizontes de 2028 e 2038, a segunda etapa consiste na projeção dos empregos formais em função da variação do PIB projetado. Nesta etapa da projeção de empregos, entra a informação do total de empregos da área de estudo conhecido na Pesquisa OD de 2018. Como nos dados da RAIS constam apenas empregos formais e, para o presente estudo, é importante conhecer o total de empregos (formais e informais), adotou-se que a mesma proporção encontrada no ano de 2018 entre o total de empregos da área de estudo e o total de empregos formais será mantida para projeção. O fluxograma da Figura 3-24 exemplifica o passo a passo.

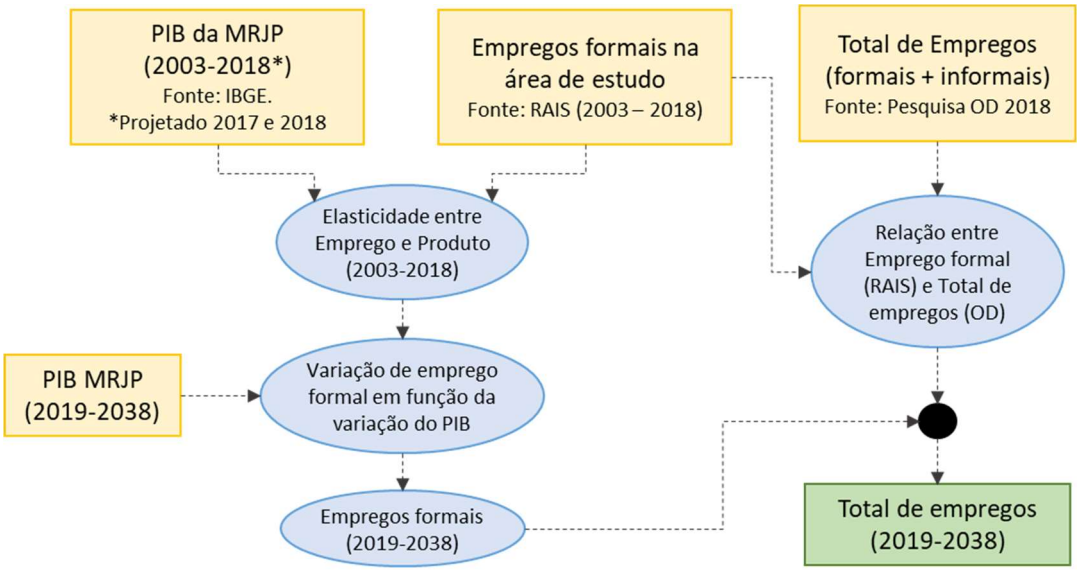


Figura 3-24: Fluxograma com os processos para projeção dos empregos.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Após conhecer o total de empregos projetados para área de estudo, a próxima etapa foi determinar a distribuição desse total entre os municípios. De acordo com a série histórica de empregos formais da RAIS, a participação de cada município da Microrregião no total de empregos é quase que constante ao longo dos anos analisados (2013-2018). Desta forma, adotou-se para projeção a mesma participação encontrada no ano de 2018, em que João Pessoa era responsável por concentrar 82% dos empregos da Microrregião.

A análise histórica dos dados possibilitou identificar que ao longo dos anos a participação do setor de comércio e serviço aumentou em relação às demais atividades. As atividades relacionadas a comércio e serviços representavam 43% do total de empregos da MRJP em 2013 e passou a representar 53% no ano de 2018. Houve queda na participação de setores da indústria, da administração pública e demais atividades (agropecuária, extração vegetal, caça e pesca). A mesma tendência foi observada nos demais municípios.

Sendo assim, a tendência de participação percentual de cada setor (comércio/serviço, indústria, administração pública e demais atividades) no total de empregos da área de estudo também foi representada. A representação dessa tendência de participação de cada setor é muito importante para a projeção dos empregos por zona nos horizontes de 2028 e 2038, pois a evolução dos empregos em zonas OD com predominância de comércios e serviços será diferente da evolução em zonas industriais, por exemplo.

O Quadro 3-9 apresenta o resultado geral da projeção de empregos estimada para os municípios da Microrregião nos horizontes de 2028 e 2038. A expectativa de crescimento do PIB nacional refletiu em uma projeção de empregos na Microrregião com crescimento de 15% em dez anos e de 31% em 20 anos.

No ano base de 2018, a taxa de empregos por habitante da Microrregião foi de 0,32. Com uma taxa de crescimento de empregos em 10 anos menor que a taxa de crescimento da população (crescimento populacional de 19% em 2028 em relação ao ano base), a taxa de empregos por habitante cai em 2028 para 0,31. Em 20 anos com a população crescendo a taxas mais baixas, a relação de empregos/habitante volta a crescer em 2038, atingindo a taxa de 0,33 empregos/habitante.

Quadro 3-9: Empregos projetados por município.

Município	2018	2028*	2038*
João Pessoa	320.095	367.056	420.916
Bayeux	15.534	17.697	20.203
Cabedelo	18.658	20.982	23.760
Conde	21.018	24.583	28.555
Lucena	2.526	2.817	3.166
Santa Rita	5.721	6.688	7.763
Total	**383.553**	**439.824**	**504.361**
Variação em relação a 2018		15%	31%

*projeção

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Determinados os totais de empregos por município nos horizontes futuros, a espacialização deles por zona OD será detalhada para cada cenário de projeção (tendencial e induzido).

3.1.4.1. Cenário Tendencial

No cenário tendencial, os empregos foram distribuídos no território de acordo com o mesmo padrão encontrado no ano base para cada setor analisado (administração pública, indústria e comércio e serviço). Como falado no item anterior, observou-se uma tendência de queda da atividade industrial e administração pública contrapondo-se ao aumento da participação do comércio e serviços nos vínculos empregatícios da população da área de estudo. Essa tendência foi projetada espacialmente entre as zonas da Microrregião.

O cálculo é simples e foi feito de acordo com a seguinte equação:

$$Emp_{S_{Z_n}} = \frac{Emp_{S_{Z_{2018}}} * Emp\ proj_{S_{mun_n}}}{Emp_{S_{mun_{2018}}}}$$

Onde:

$Emp_{S_{Z_n}}$ = empregos no setor do setor "*S*" (administração pública, indústria e comércio e serviço) da zona "*z*" no ano "*n*" [emprego];

$Emp_{S_{Z_{2018}}}$ = empregos no setor do setor "*S*" da zona "*z*" no ano 2018 [emprego];

$Emp\ proj_{S_{mun_n}}$ = empregos no setor do setor "*S*" projetados no município "*mun*" ano "*n*" [emprego];

$Emp_{S_{mun_{2018}}}$ = empregos no setor do setor "*S*" no município "*mun*" ano 2018 [emprego].

As Figuras 3-25 e 3-26 apresentam as densidades de empregos no ano base de 2018 e no horizonte de 2038 do cenário tendencial. Uma vez que o número de empregos aumenta 31% em relação ao ano base e a distribuição de empregos segue a mesma tendência do ano base, não há alteração de padrão entre os anos; no geral, todos os bairros possuem maiores densidades de emprego em 2038. A região central, o eixo das avenidas Pres. Epitácio Pessoa e Min. José Américo de Almeida e a orla, nos bairros Tambaú, Manaíra e Cabo Branco, continuam concentrando a maior parte dos empregos.

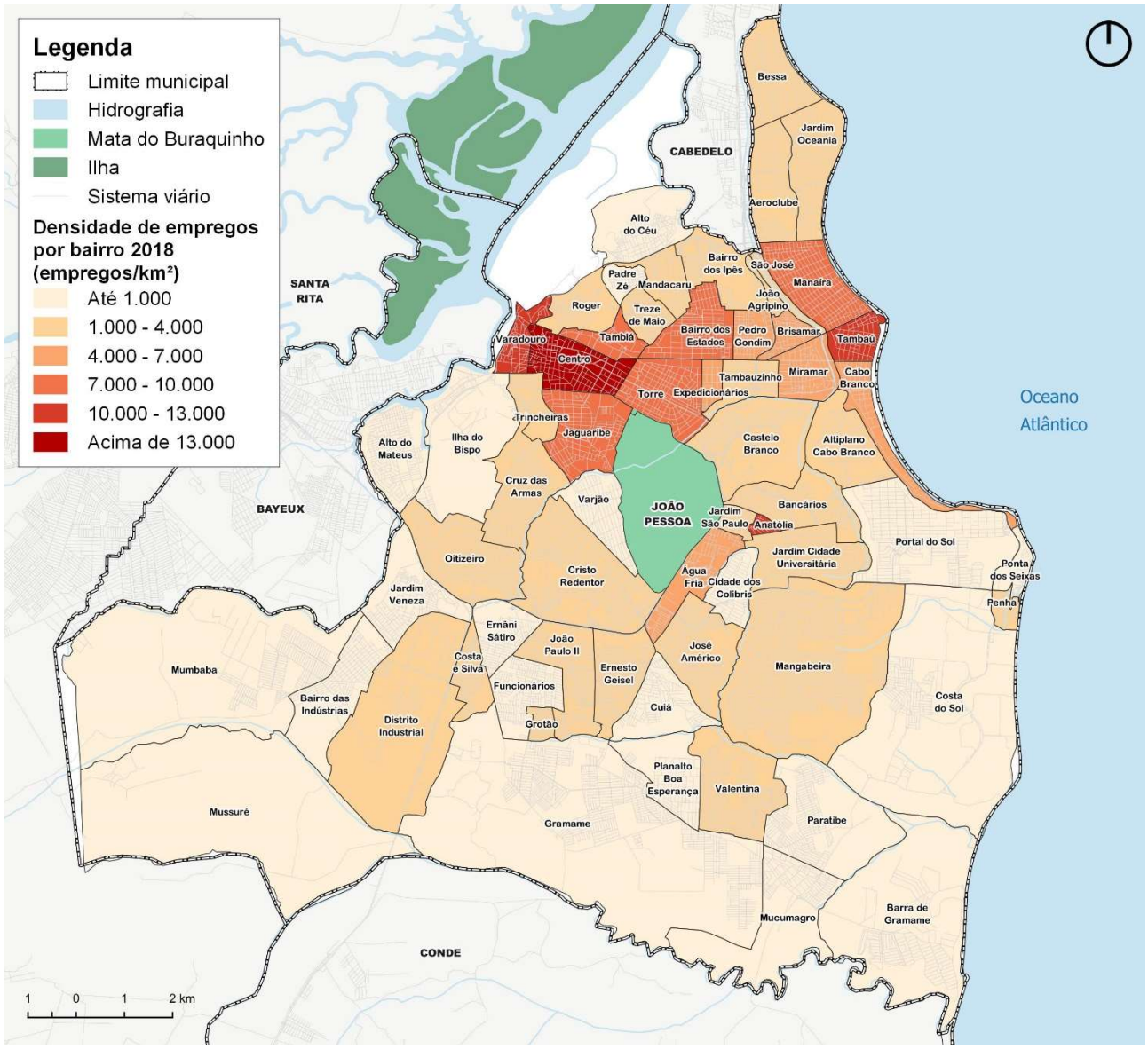


Figura 3-25: Densidade de empregos por bairro: ano 2018 (João Pessoa).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

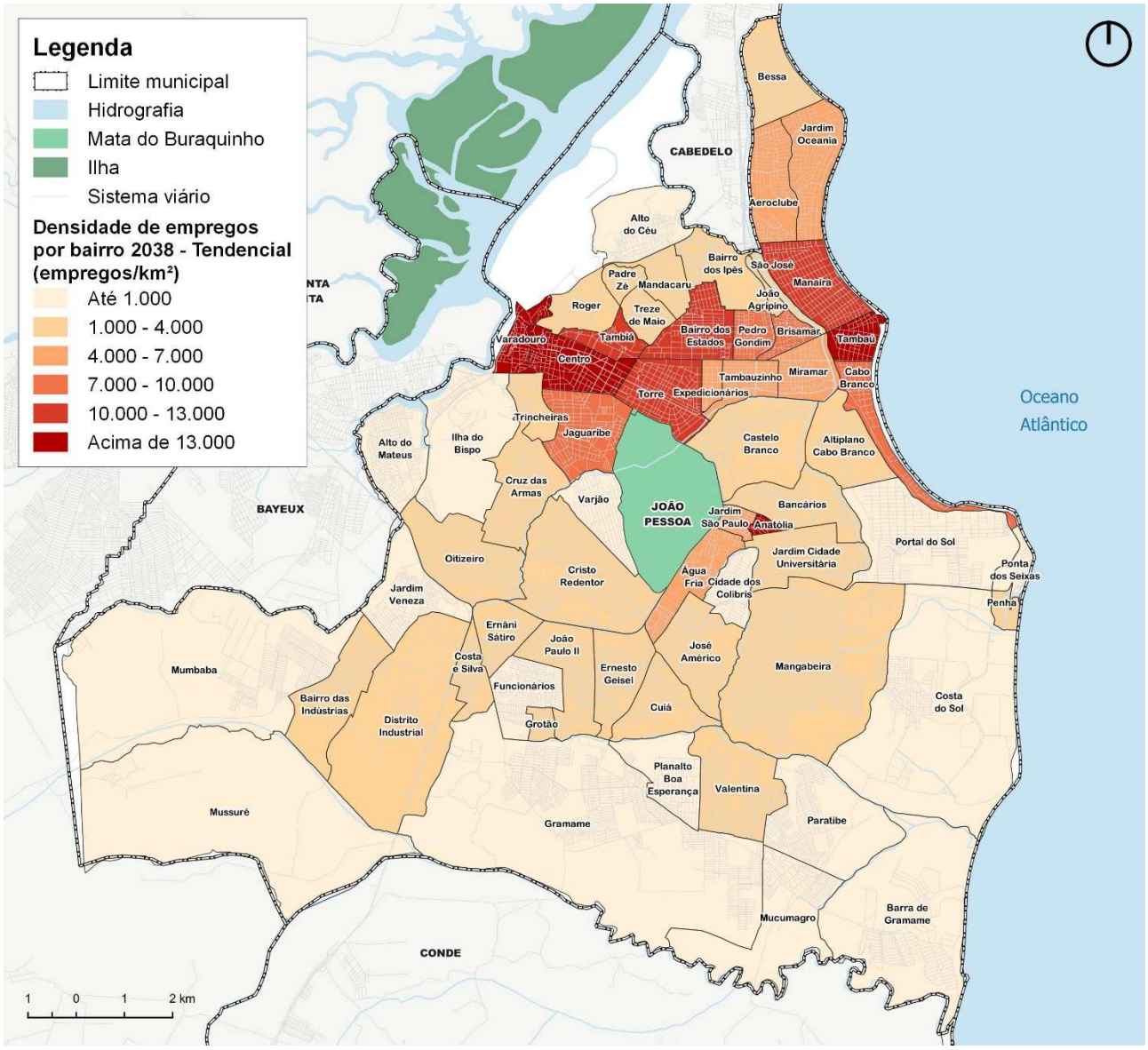


Figura 3-26: Densidade de empregos por bairro – cenário tendencial de 2038 (João Pessoa).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

3.1.4.2. Cenário Induzido

A projeção de empregos no cenário induzido foi desenvolvida para que fosse possível avaliar o impacto nas viagens em um território com uma distribuição mais uniforme de empregos. Desta forma, foi desenvolvido o seguinte exercício: na área de estudo, de acordo com os dados da Pesquisa OD (2018) a média de empregos (formais e informais) por habitante é de 0,32. Esse valor pode passar de 10 empregos por habitante em regiões que concentram mais empregos do que moradias, como é o caso da região central, mas pode ser bem pequeno nas regiões periféricas da cidade, como é o bairro de Gramame com 0,08 empregos por habitante. O bairro de Mangabeira atinge o valor médio da área de estudo (0,32 empregos por habitante) e é considerado uma centralidade no município, um bairro com características tanto de atrator como de produtor de viagens.

Tendo em vista essa taxa média de empregos por habitante da área de estudo, que ainda coincide com a taxa de Mangabeira, na projeção de empregos do cenário induzido teve-se como premissa que todos os bairros possuem taxas de emprego por habitante próximas da média da área de estudo.

O processo iniciou-se com o cálculo das taxas de emprego por habitante da projeção do cenário tendencial para os horizontes de projeto (2028 e 2038) e, nas zonas com taxa igual ou maior que 0,32, adotou-se o total de empregos da própria projeção tendencial. Já em zonas com taxa inferior à 0,32 empregos por habitante, o número de empregos foi recalculado (ver equação a seguir). Por fim, ajustaram-se os totais de empregos por município.

$$Emp_I_{Z_n} = \begin{cases} \beta * Pop_I_{Z_n}, & \beta_{T\,Z_n} < 0{,}32 \\ Emp_T_{Z_n}, & \beta_{T\,Z_n} \geq 0{,}32 \end{cases}$$

Onde:

$Emp_I_{Z_n}$= empregos na zona “z” no ano “n” do cenário induzido [emprego];

$Pop_I_{Z_n}$= população na zona “z” no ano “n” do cenário induzido [habitante];

$Emp_T_{Z_n}$ = empregos na zona “z” no ano “n” do cenário tendencial [emprego];

β= taxa média de empregos por habitante no ano base (0,32) [emprego/habitante]; e

$\beta_{T\,Z_n}$= taxa de empregos por habitante na zona “z” no ano “n” do cenário tendencial [emprego/habitante].

A Figura 3-27 apresenta o resultado da projeção induzida de empregos. Observa-se que todos os bairros da região sul do município estão dentro da mesma faixa de densidade (mil a 4 mil empregos por km²), e que regiões do eixo centro-orla estão com densidades inferiores ao cenário tendencial, porém continuam concentrando boa parte dos empregos da Microrregião.

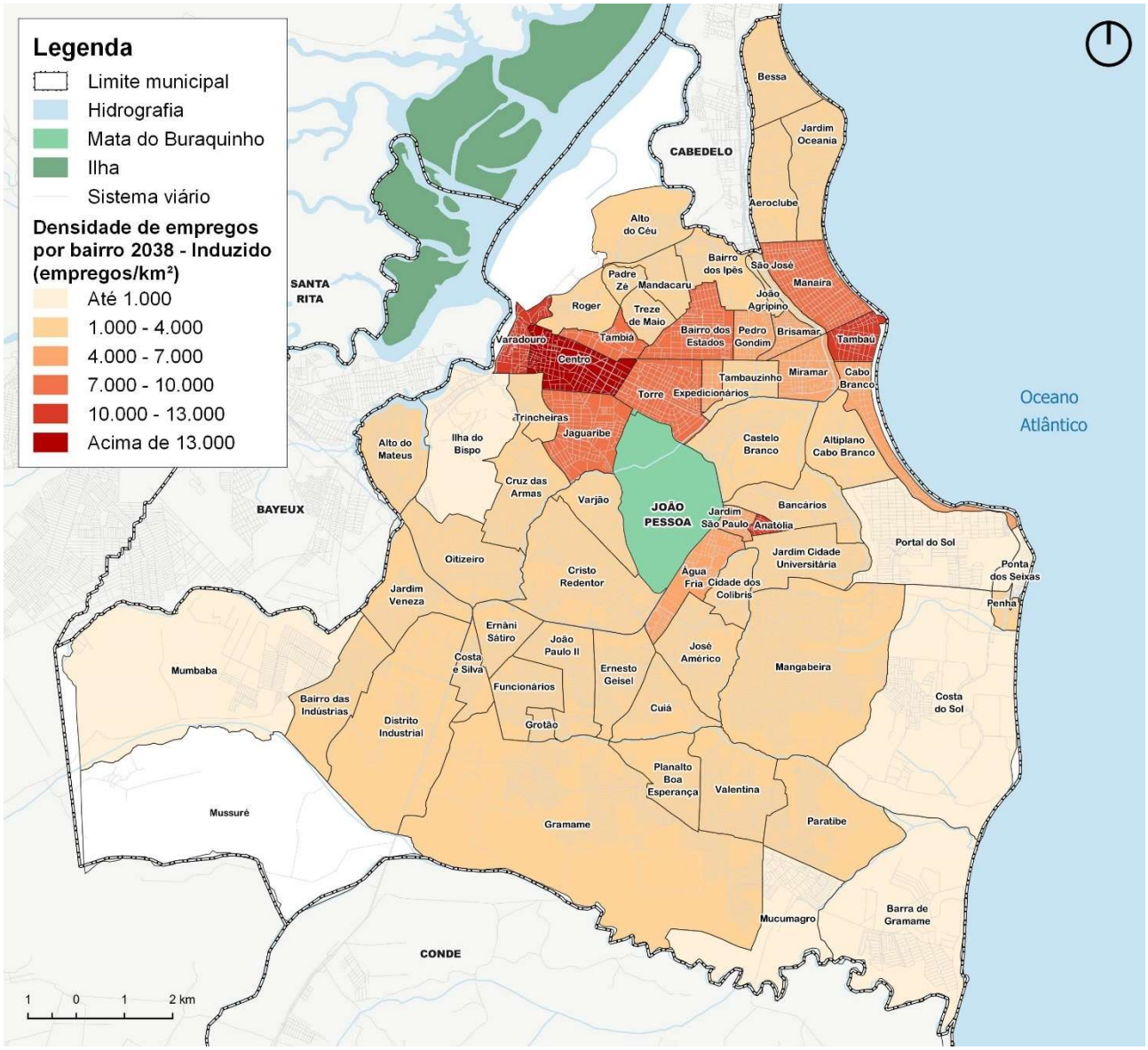


Figura 3-27: Densidade de empregos por bairro – cenário induzido de 2038 (João Pessoa).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

3.1.5. Matrícula

3.1.5.1. Ensino básico

A projeção de matrículas no ensino básico foi realizada em função da taxa de matrículas por habitante. Os dados utilizados e suas fontes foram as seguintes:

- Total de matrículas em cursos presenciais do ensino básico (INEP/MEC, 2018); e
- População (IBGE, 2018).

Analisando-se os dados de matrículas no ensino básico e população da área de estudo no período entre 2010 e 2018, pode-se perceber que, embora a população tenha aumentado nesse período, o inverso aconteceu com a quantidade de matrículas no ensino básico. Com o aumento da população e queda de matrículas, a taxa de matrícula por habitante caiu nesse período, passando de 0,24 para 0,21 matrícula/habitante, conforme Figura 3-28.

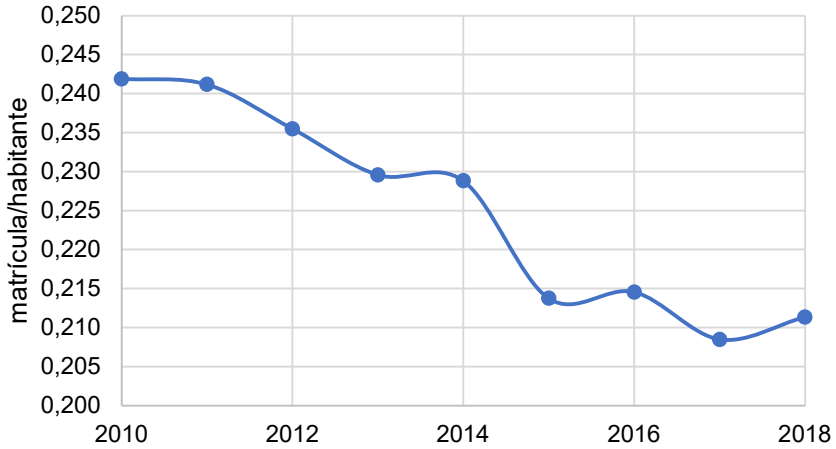


Figura 3-28: Taxa de matrículas no ensino básico por habitante (2010-2018).
Fonte dos dados: INEP/MEC, 2018 ; IBGE, 2018 / Elaboração: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Após conhecer a tendência de queda da taxa de matrículas no ensino básico por habitante na área de estudo, a projeção das matrículas foi feita através da taxa (matrícula/habitante) projetada para os anos de 2028 e 2038. Os resultados, para o período diurno (de interesse para a modelagem na hora de pico da manhã), nos horizontes de 2028 e 2038 são apresentados no Quadro 3-10. Diferente das demais variáveis projetadas (população, posse de veículo e emprego), as matrículas no ensino básico diminuem em relação ao ano base (2018), caem 4% em dez anos e 16% em 20 anos.

Quadro 3-10: Matrículas do ensino básico (período diurno) projetadas por município.

Município	2018	2028*	2038*
João Pessoa	90.372	86.005	76.761
Bayeux	12.838	11.534	9.498
Cabedelo	7.283	7.430	6.467
Conde	4.265	4.299	3.722
Lucena	1.912	1.846	1.568
Santa Rita	16.579	16.416	14.102
Total	**133.249**	**127.530**	**112.117**
Variação em relação à 2018		-4%	-16%

*projeção

Fonte dos dados: INEP/MEC, 2018 ; IBGE, 2018 / Projeção: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Após conhecer o total de matrículas do ensino básico nos horizontes futuros para cada município, o passo seguinte foi distribuir o total entre as zonas OD para cada horizonte. Para isso adotou-se, assim como na projeção de posse de veículos, a premissa de que as taxas de matrículas por habitante de cada zona serão mantidas nos horizontes futuros, ajustando-se apenas os totais por município. Essa premissa foi adotada devido ao fato de as escolas de ensino básico serem mais distribuídas pela cidade e estarem mais próximas da moradia da população.

A metodologia é a mesma para os cenários tendencial e induzido. Assim, os totais por zona serão distintos para cada cenário devido às alterações populacionais.

$$MatBas_{Z_n} = Tx_{Z_{2018}} * Pop_{Z_n}$$

A equação anterior parte da taxa de matrículas do ensino básico por habitante no ano base de 2018 para calcular o total de matrículas por zona de acordo com a população projetada para cada horizonte. No fim desta etapa, há um pequeno excedente no total de matrículas em relação à projeção por município apresentado no quadro anterior. Isso ocorre devido ao decréscimo das taxas de matrículas nos horizontes futuros e, com taxas de matrículas/habitante idênticas ao ano base, a projetação fica superestimada, sendo necessário ajustar os totais por município de acordo com a equação:

$$MatBas(ajustato)_{Z_n} = MatBas_{Z_n} * \frac{MatBas\ proj_{mun_n}}{\sum MatBas_{Z_n mun_n}}$$

Onde:

$MatBas_{Z_n}$= matrículas do ensino básico da zona "*z*" no ano "*n*" [matrícula];

$Tx_{Z_{2018}}$= taxa de matrículas por habitante da zona "*z*" no ano de 2018 [matrícula/hab.];

Pop_{Z_n}= População da zona "*z*" no ano "*n*" [hab.];

$MatBas(ajustato)_{Z_n}$= matrículas do ensino básico ajustada da zona "*z*" no ano "*n*" [matrícula];

$MatBas\ proj_{mun_n}$= matrículas do ensino básico projetadas no município "*mun*" ano "*n*" [matrícula]; e

$\sum MatBas_{Z_n mun_n}$ = soma de matrículas por zona *z* do município "*mun*" no ano "*n*" [matrícula].

3.1.5.2. Ensino superior

A projeção de matrículas no ensino superior, assim como a projeção das matrículas no ensino básico, foi realizada em função da taxa de matrículas por habitante. Os dados utilizados e suas fontes foram as seguintes:

- Total de matrículas em cursos presenciais do ensino superior (INEP/MEC, 2018); e
- População (IBGE, 2018).

De acordo com a série histórica analisada no período de 2010 a 2017, a taxa de matrículas no ensino superior por habitante cresceu de 0,04 em 2010 para 0,06 em 2015 e diminuiu nos anos de 2016 e 2017. A queda da taxa foi acompanhada também pela queda no número de matrículas que passou de 67,2 mil matrículas no ensino superior na Microrregião em 2015 para 65,9 mil matrículas em 2017. Sendo assim, preferiu-se assumir que a taxa de matrículas por habitante não sofrerá alteração ao longo dos próximos anos. Assim, as matrículas no ensino superior irão aumentar pois há aumento da população, porém a taxa de matrículas/habitante será constante.

A Figura 3-29 traz a variação da taxa de matrículas no ensino superior por habitante da Microrregião ao longo dos anos analisados. E, na sequência, há o Quadro 3-11 com o total de matrículas no período diurno (de interesse para a modelagem na hora de pico da manhã) nos municípios de João Pessoa e Cabedelo (os demais municípios não possuem instituições de ensino superior).

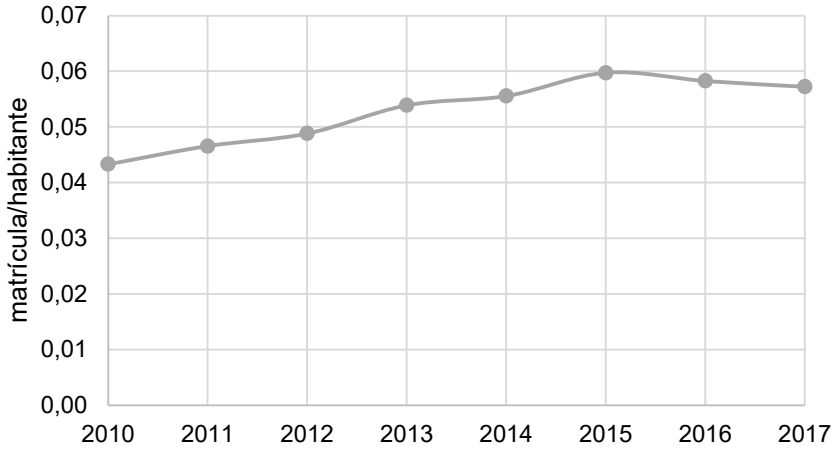


Figura 3-29: Taxa de matrículas no ensino superior por habitante (2010-2017).
Fonte dos dados: Inep/MEC, 2018 ; IBGE, 2018 / Elaboração: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Quadro 3-11: Matrículas do ensino superior (período diurno) projetados por município.

Município	2018	2028*	2038*
João Pessoa	43.929	52.360	56.542
Cabedelo	2.562	3.054	3.298
Total	**46.491**	**55.413**	**59.840**
Variação em relação à 2018		19%	29%

*projeção

Fonte dos dados: INEP/MEC, 2018 ; IBGE, 2018 / Projeção: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Assim como as demais variáveis, após conhecer o total de matrículas do ensino superior nos municípios da área de estudo, é necessário distribuí-las entre as zonas OD. Diferente da oferta de matrículas no ensino básico, a localização das instituições de ensino superior não está relacionada à localização das moradias, a oferta é mais concentrada em áreas centrais do município. Desta forma, a distribuição futura dessas matrículas foi feita de acordo com o padrão de localização encontrado no ano base.

As matrículas no ensino superior, diferentemente das matrículas no ensino básico, não dependem da população e sua espacialização foi mantida de acordo com o ano base. Desta forma, não há diferença entre o cenário tendencial e induzido. A equação a seguir exemplifica o processo para projeção por zona, único para ambos os cenários.

$$MatSup_{Z_n} = \frac{MatSup_{Z_{2018}} * MatSup\ proj_{mun_n}}{MatSup_{mun_{2018}}}$$

Onde:

$MatSup_{Z_n}$ = matrículas do ensino superior da zona "*z*" no ano "*n*" [matrícula];
$MatSup_{Z_{2018}}$ = matrículas do ensino superior da zona "*z*" no ano 2018 [matrícula];
$MatSup\ proj_{mun_n}$ = matrículas do ensino superior projetadas no município "*mun*" ano "*n*" [matrícula]; e
$MatSup_{mun_{2018}}$ = matrículas do ensino superior no município "*mun*" ano 2018 [matrícula].

3.2. Resumo dos Cenários Tendencial e Induzido

As maiores diferenças entre os cenários tendencial e induzido estão na espacialização da população e dos empregos. A Figura 3-30 apresenta a população total por macrozona no ano base de 2018 e no horizonte de 2038 para o cenário tendencial e induzido.

A macrozona Centro é a única que perde população em um horizonte de 20 anos no cenário tendencial, pois esta foi uma tendência observada entre os anos de 2010 e 2018 e projetada para os horizontes futuros. No cenário induzido, a macrozona Centro volta a ter ganho populacional; isso é importante pois é a região que mais concentra empregos na Microrregião.

A macrozona Sudoeste já era, em 2018, a macrozona mais populosa, com 152 mil habitantes, mas se aproximava da população das macrozonas Centro/Sudoeste e Sul. Porém, em um cenário tendencial de 20 anos, sua população dispara para mais de 250 mil habitantes. Com esse salto populacional, a macrozona Sudoeste, somada às macrozonas Sudeste, Sul e Oeste tiveram seu crescimento populacional contido no cenário induzido.

Já as macrozonas Centro, Norte, Epitácio, Centro/Sul, Centro/Sudoeste e Nordeste possuem, no cenário induzido, população superior ao cenário tendencial. Estas zonas estão nos eixos dos corredores de transporte, e seu adensamento populacional não implicará em expansão da mancha urbana, como nas demais macrozonas, principalmente a macrozona Sudoeste, com o crescimento do bairro Gramame.

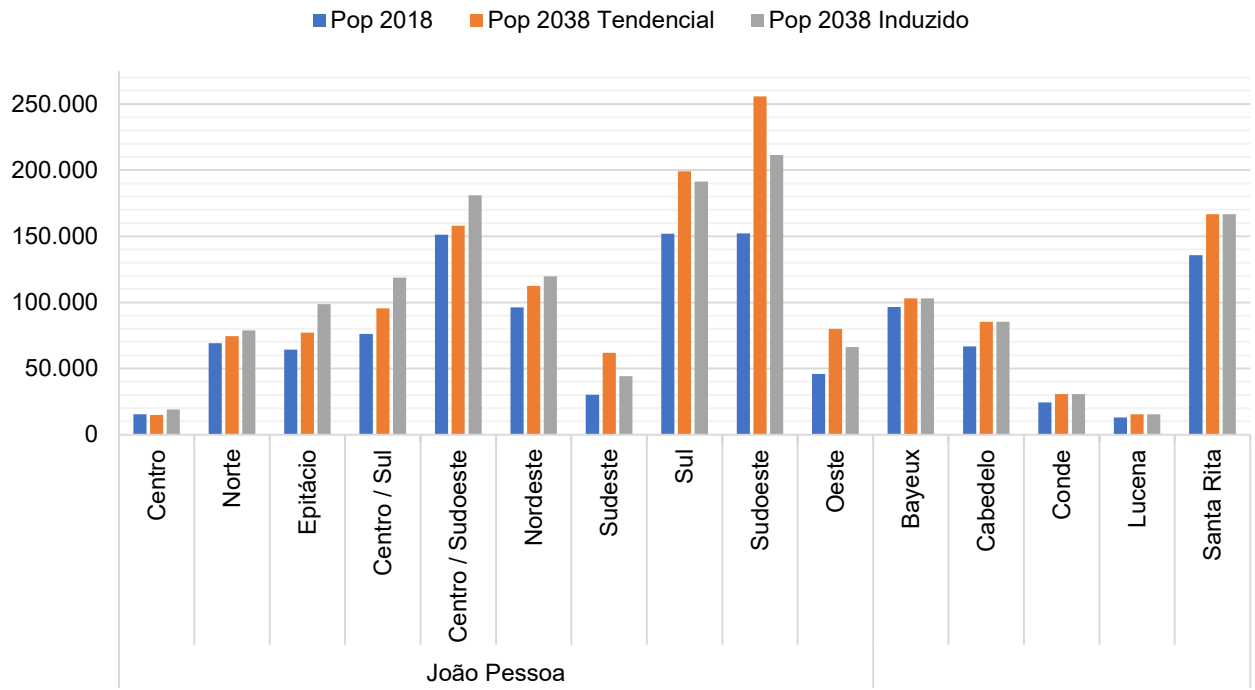


Figura 3-30: População por macrozona em 2018 e 2038 nos cenários tendencial e induzido.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Em relação ao emprego (Figura 3-31), as macrozonas Centro, Epitácio e Nordeste eram, em 2018, as regiões com maior concentração de empregos. Trata-se do vetor leste, que parte do Centro, passa pelo eixo da Av. Pres. Epitácio Pessoa e chega à região de orla. Em um cenário tendencial, o número de empregos nessa região dispararia. São essas macrozonas que perdem emprego para outras macrozonas em um cenário induzido. Neste cenário induzido a macrozona Sudoeste, mais populosa, é a que mais ganha empregos em relação ao cenário tendencial.

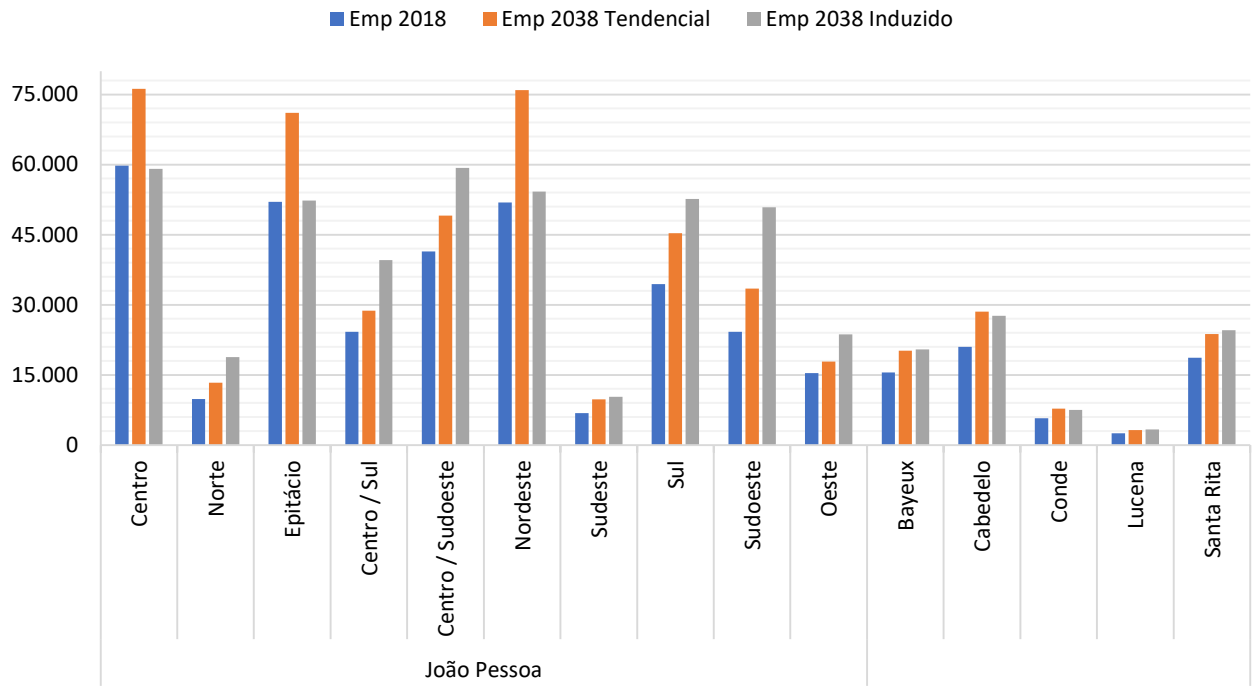


Figura 3-31: Empregos por macrozona em 2018 e 2038 nos cenários tendencial e induzido.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

4. MATRIZES DE VIAGENS FUTURAS

Para cálculo das matrizes futuras, é necessário ter as variáveis utilizadas no modelo calibrado do ano base projetadas para os horizontes de análise. A metodologia adotada para projeção das variáveis população, posse de veículo, renda, emprego e matrícula foi apresentada capítulo anterior.

Com as variáveis já projetadas para os horizontes futuros, utilizam-se as equações de geração desenvolvidas na primeira etapa do modelo de demanda (ver Relatório 3.3). Com um modelo de geração estatisticamente validado para o ano base, basta conhecer o valor das variáveis por zona nos horizontes futuros para saber o total de viagens que serão produzidas e atraídas por zona nos anos de 2028 e 2038.

A distribuição dessas viagens no território será influenciada pela oferta futura de infraestrutura, seja direcionada ao transporte individual ou ao coletivo. As alterações de infraestrutura da rede irão impactar nos tempos e custos de deslocamento entre os pares OD. As mudanças na oferta do sistema viário serão abordadas em item específico de construção de propostas – nesta etapa, espera-se conhecer o impacto do aumento da demanda dos horizontes futuros em uma rede com oferta de serviços e infraestrutura do ano base. Vale lembrar que os parâmetros de calibração da função de impedância (n e β) que foram calibrados no modelo do ano base são os mesmos utilizados nos cenários futuros.

Nas matrizes futuras, encontradas na etapa anterior, será aplicado o modelo de divisão modal calibrado para o ano base. E, por fim, as matrizes são alocadas na rede em um processo iterativo de modo que as novas matrizes de viagens, ao serem alocadas na rede dos horizontes futuros, influenciarão nos custos e tempos da rede, havendo a necessidade de voltar para o processo de distribuição e divisão modal até que o equilíbrio seja alcançado.

Este processo é feito para cada cenário de projeção (tendencial e induzido), onde os totais de viagens podem divergir de um cenário para o outro em um mesmo ano horizonte devido a alterações nos valores de cada variável a depender do cenário. O Quadro 4-1 um resumo dos totais de viagens de cada cenário simulado e modo de transporte.

Quadro 4-1: Número de viagens na HPM por modo de transporte e cenário de projeção.

Cenário	Ano	Viagens de TC	Viagens de TI	Total	% TC	% TI
Base	2018	43.187	103.761	146.948	29,4%	70,6%
Tendencial	2028	47.224	121.524	168.748	28,0%	72,0%
	2038	47.819	130.821	178.640	26,8%	73,2%
Induzido	2028	46.214	121.337	167.551	27,6%	72,4%
	2038	45.955	132.015	177.970	25,8%	74,2%

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

O modelo aponta para um aumento da participação do transporte individual ao longo dos horizontes, em ambos os cenários. Isso acontece, principalmente, por causa de dois fatores: (i) adoção de uma projeção progressiva na renda familiar, onde, quanto maior a renda, maior a probabilidade de escolha do modo individual (ver modelo de divisão modal no Relatório 3.3); e (ii) em um cenário sem alterações na oferta dos serviços de transporte público, o TC tende a não ser uma escolha de modo atrativa nos horizontes futuros.

4.1. Distribuição de viagens por macrozona

As Figuras 4-1, 4-2 e 4-3 apresentam as matrizes com pares de viagens de origem e destino entre as macrozonas da área de estudo, respectivamente, no ano base de 2018 e no horizonte de 2038 para os cenários de projeção tendencial e induzida. Entre o ano base e o cenário tendencial de 2038, as viagens aumentam, mas a distribuição entre os pares mantém-se muito parecida, com as macrozonas Centro, Epitácio e Nordeste, em João Pessoa, sendo as de maior destino das viagens.

A macrozona Nordeste também está entre as de maior origem de viagens, com grande volume de viagens internas. Trata-se de uma macrozona com uso misto do solo, contribuindo para ocorrência de viagens curtas. Na sequência, as macrozonas Sul e Sudoeste estão entre as de maior volume de viagens originadas nelas na HPM.

No cenário induzido, as macrozonas com maior atração de viagens perderam participação em relação ao total e os deslocamentos internos e entre macrozonas vizinhas foram favorecidos. Os deslocamentos com origem e destino entre as macrozonas Centro/Sudoeste, Centro/Sul, Sudoeste e Sul, em relação aos demais destinos das viagens com origem nessas macrozonas, passaram de 51% no cenário tendencial para 59% no cenário induzido, evidenciando as alterações entre os pares de viagens no cenário induzido em relação ao tendencial.

Figura 4-1: Matriz de viagens HPM – Ano base 2018.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Figura 4-2: Matriz de viagens HPM – Horizonte 2038 – Cenário Tendencial.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Figura 4-3: Matriz de viagens HPM – Horizonte 2038 – Cenário Induzido.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

4.1.1. Linhas de desejo

As Figuras 4-4 a 4-9 apresentam as linhas de desejo no ano base de 2018 e no horizonte de 2038 para os cenários de projeção tendencial e induzida para os modos de transporte coletivo e individual nas macrozonas de João Pessoa. Ressalta-se que os intervalos na escala do fluxo de viagens são distintos para cada modo de transporte.

O maior destaque, tanto para o transporte coletivo como para o individual, é o aumento da intensidade dos vetores entre as macrozonas Centro/Sudoeste, Centro/Sul, Sudoeste e Sul no cenário induzido em relação ao tendencial. Isso mostra que, no cenário induzido, a população que está no sul do município passa a fazer viagens para regiões mais próximas, utilizando tanto o transporte individual quanto o coletivo.

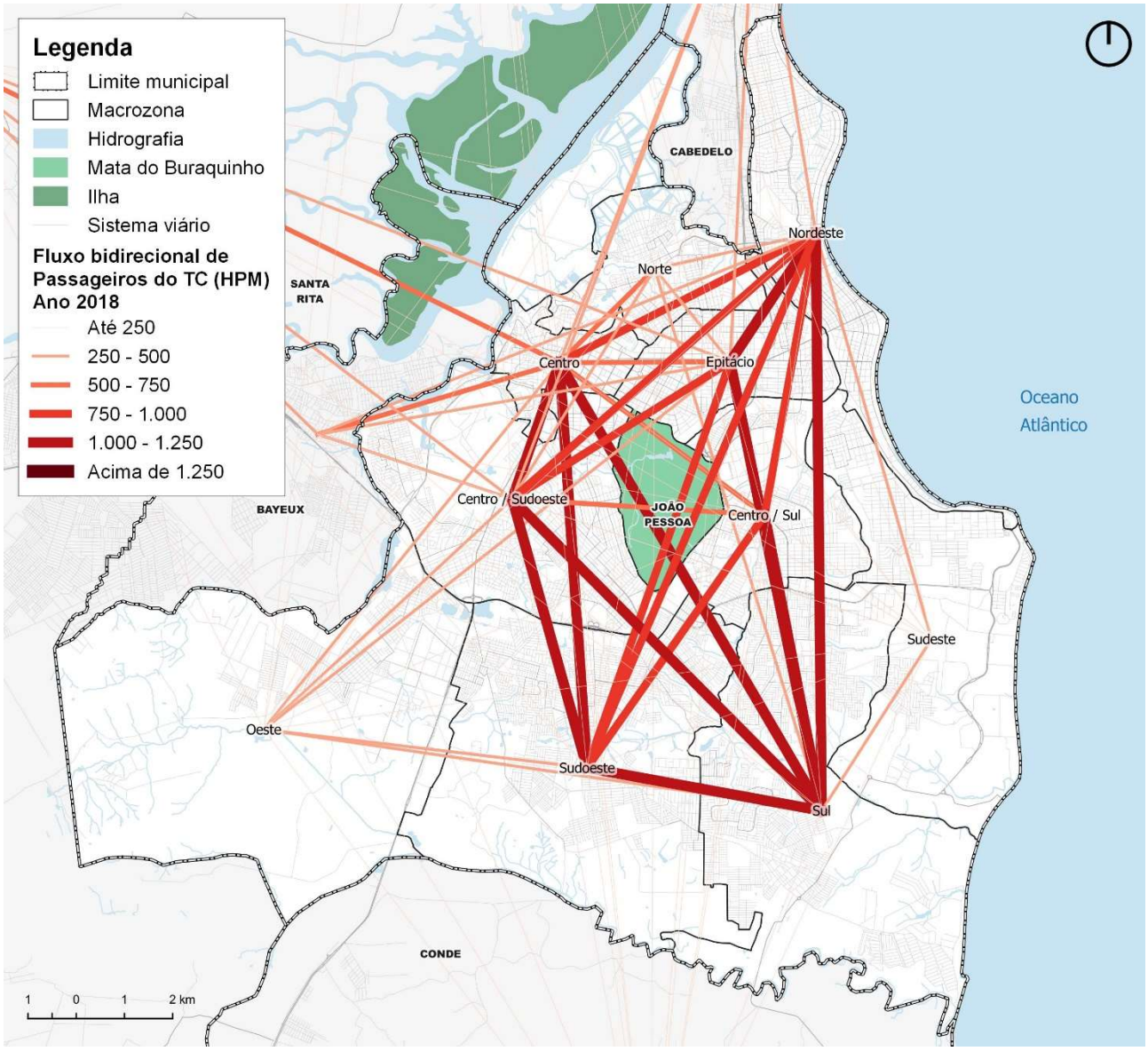


Figura 4-4: Linhas de desejo do transporte coletivo – Ano base 2018.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

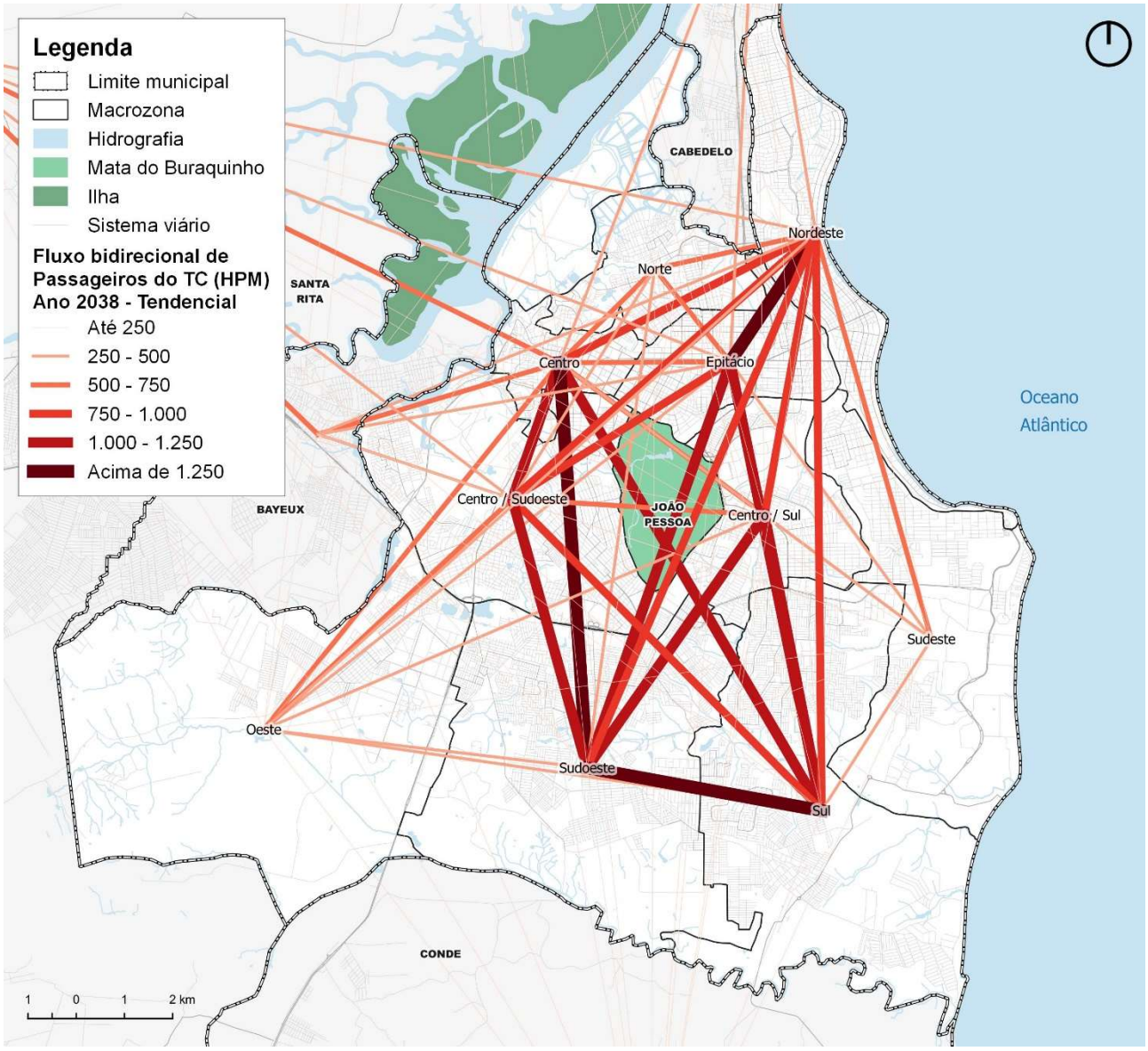


Figura 4-5: Linhas de desejo do transporte coletivo – Horizonte 2038 – Cenário Tendencial.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

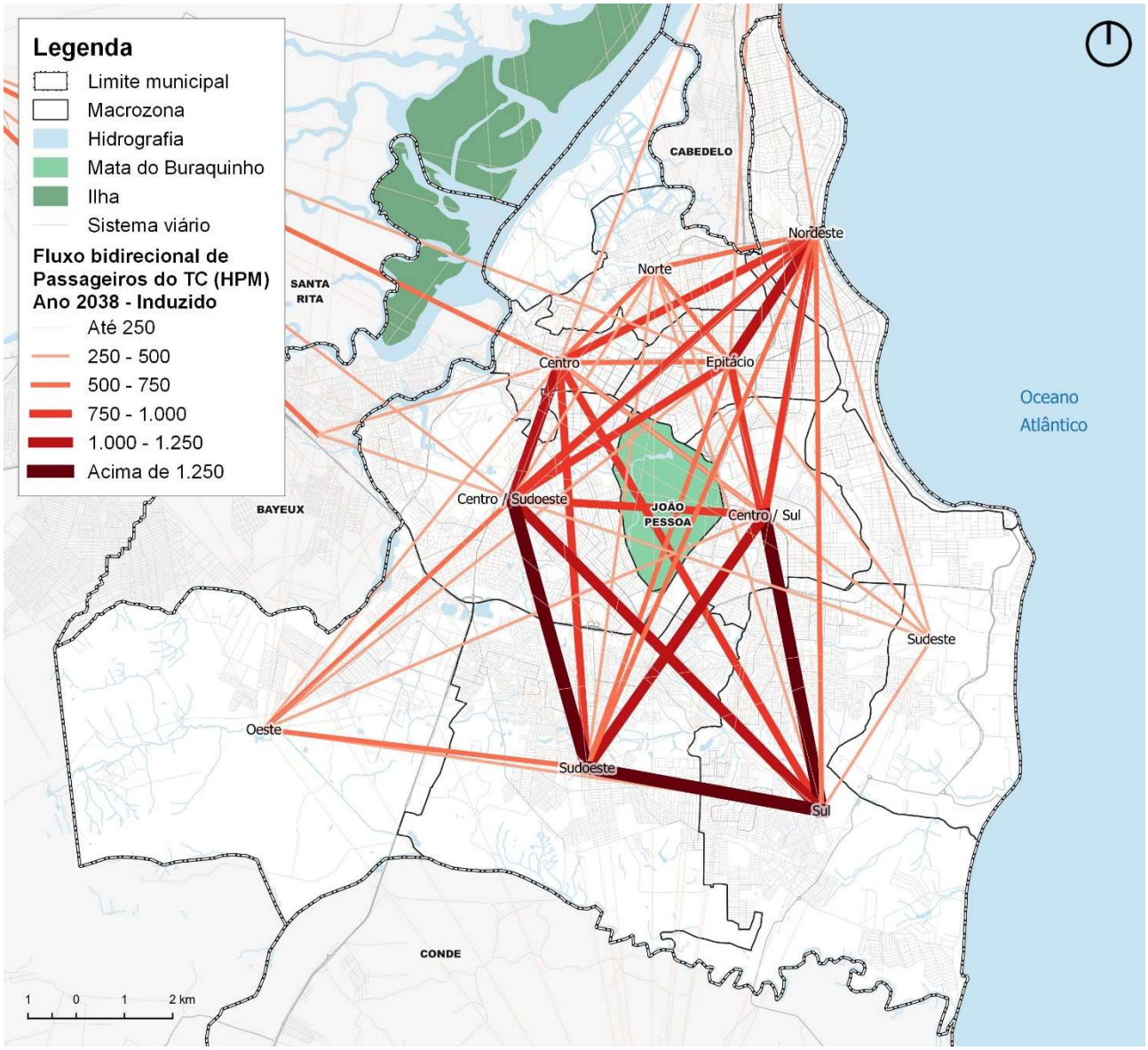


Figura 4-6: Linhas de desejo do transporte coletivo – Horizonte 2038 – Cenário Induzido.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

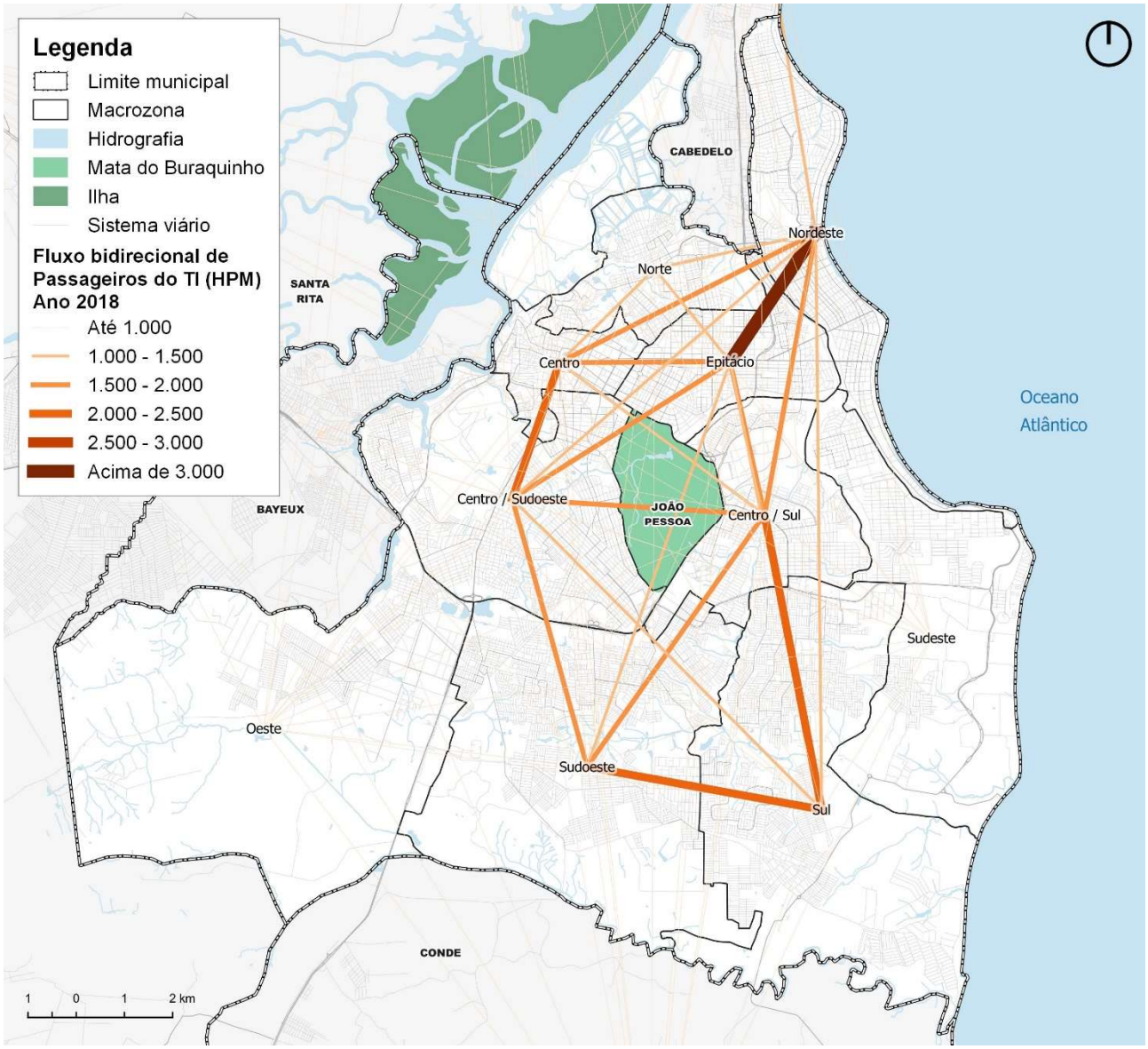


Figura 4-7: Linhas de desejo do transporte individual – Ano base 2018.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

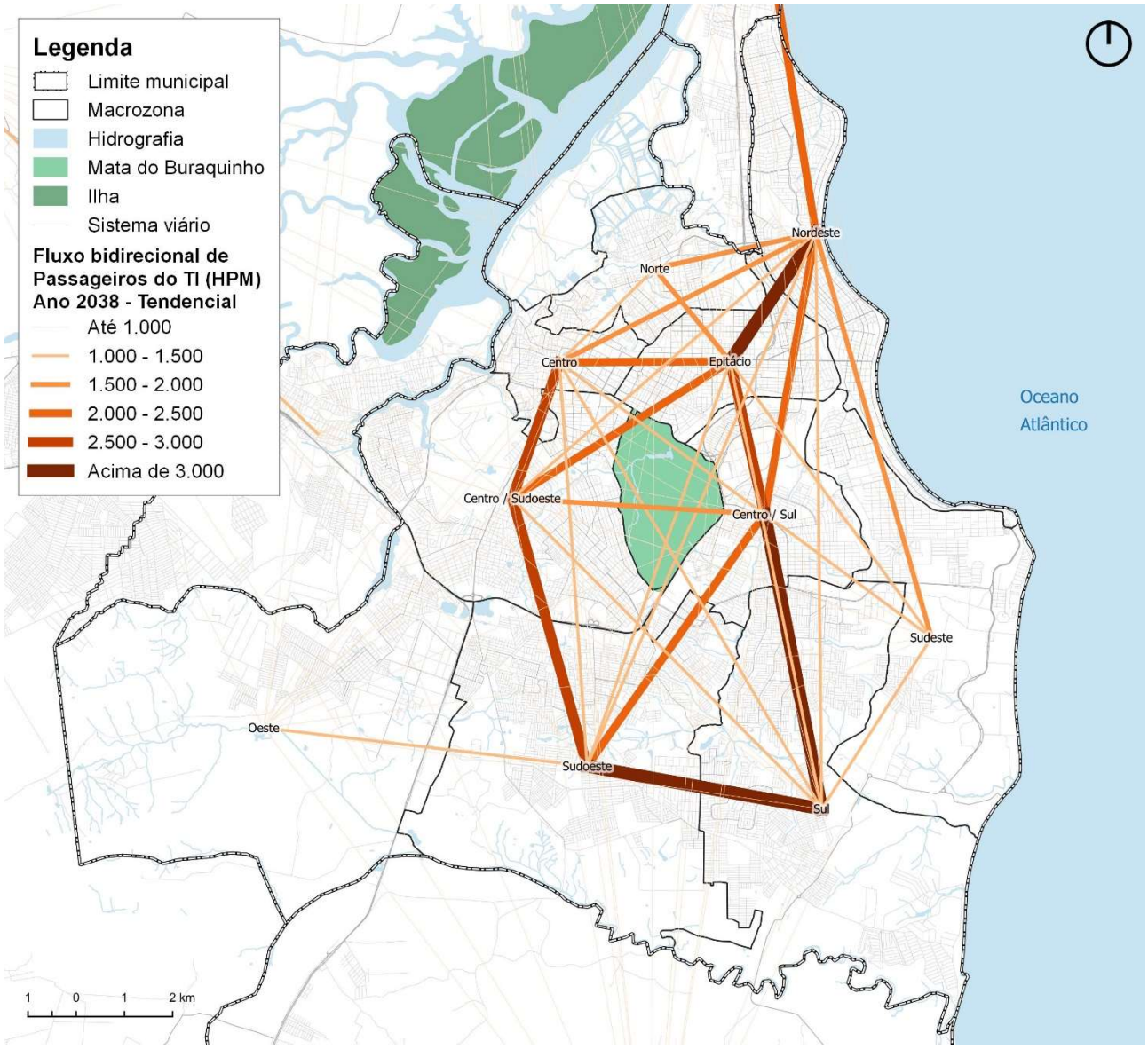


Figura 4-8: Linhas de desejo do transporte individual – Horizonte 2038 – Cenário Tendencial.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

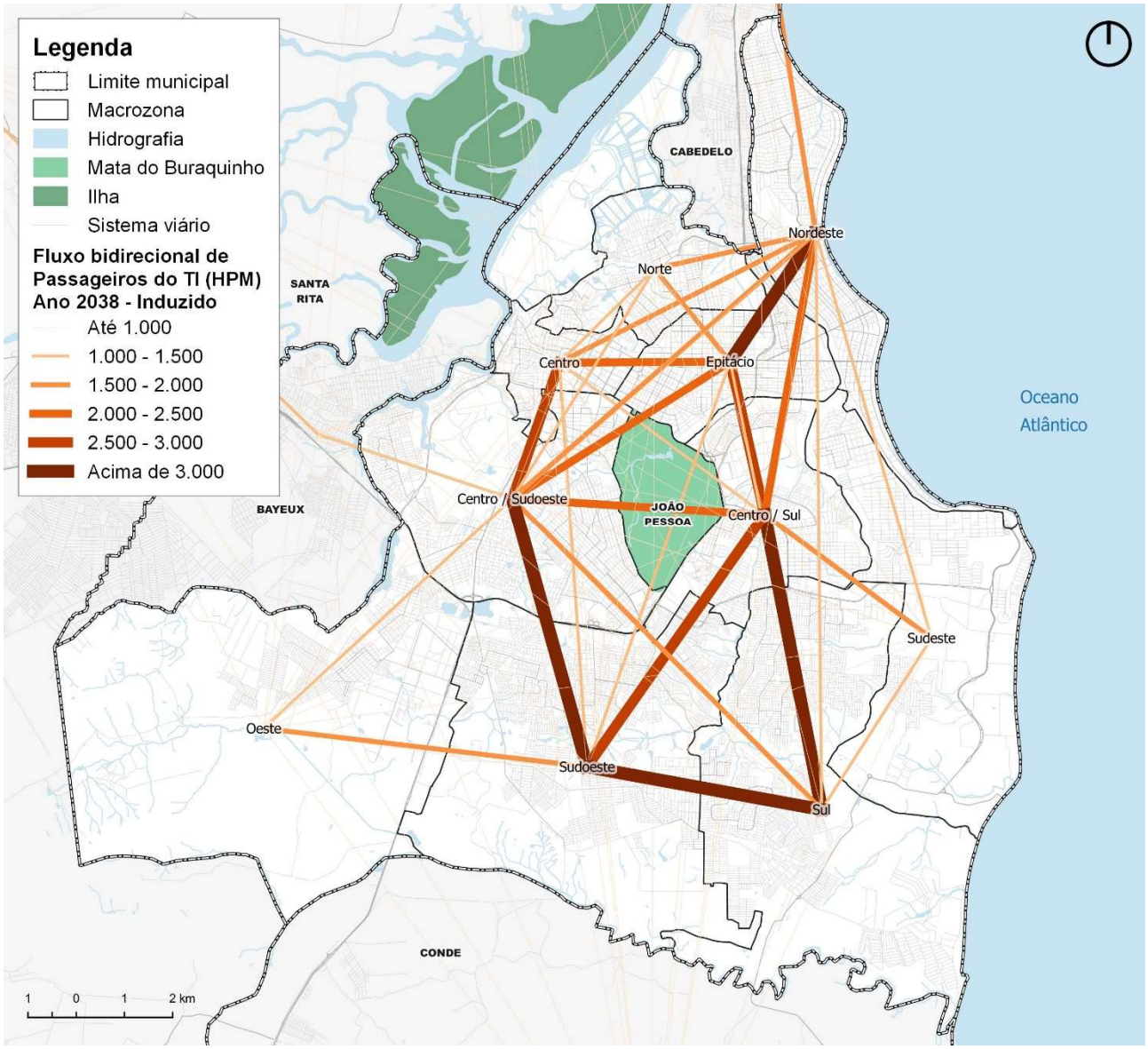


Figura 4-9: Linhas de desejo do transporte individual – Horizonte 2038 – Cenário Induzido.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

5. RESULTADOS DO MODELO DE SIMULAÇÃO DE TRANSPORTES

Os modelos de simulação são uma importante ferramenta para conhecer o impacto das alterações de demanda em uma dada oferta de transporte de uma área de estudo. Os resultados que serão apresentados neste capítulo mostrarão os impactos de dois cenários de projeção que correspondem a alterações na localização da oferta de empregos e residência em uma rede sem alterações na oferta de transportes em relação ao ano base. Posteriormente, em produto subsequente a este, serão medidos os efeitos da alteração na oferta de serviços de transporte, seja coletivo ou de capacidade do sistema viário.

O Quadro 5-1 apresenta os principais indicadores de rede das viagens dos transportes coletivo e individual do ano base e dos horizontes de 10 e 20 anos nos cenários tendencial e induzido. Percebe-se que há uma degradação da velocidade média do transporte coletivo e do individual, tanto no cenário tendencial quanto induzido.

Quadro 5-1: Resultados gerais da rede (HPM).

Cenário	Velocidade média (km/h)		Distância média (km)		Tempo médio (min.)	
	TC	TI	TC	TI	TC	TI
Base 2018	19,37	34,20	8,75	11,07	27,10	19,42
2028 Tendencial	17,08	30,44	8,54	10,56	30,02	20,81
2038 Tendencial	15,97	28,64	8,25	10,33	30,98	21,64
2028 Induzido	18,58	31,93	8,20	10,47	26,46	19,68
2038 Induzido	17,46	29,89	7,76	10,22	26,66	20,51

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

A distância média de viagem diminui no cenário tendencial e isso pode ser explicado pela projeção tendencial de empregos que considerou o comportamento histórico de aumento da participação dos empregos no comércio e nos serviços. Diferente de outras atividades, o comércio e o serviço estão mais distribuídos pela cidade, embora possam estar concentrados na região central, possuem maior capacidade de penetrar no tecido urbano. A distribuição de empregos na cidade torna-se ainda mais impactante no cenário induzido, quando há contenção da expansão urbana e alteração nos índices de emprego por habitante em cada zona, aproximando ainda mais a população da oferta de trabalho. Neste cenário, as distâncias médias são ainda menores.

O tempo médio de viagem aumenta no cenário tendencial em função da queda na velocidade média, tanto para os usuários do transporte coletivo, quanto do individual. Já no cenário induzido, mesmo sem mudanças na oferta do sistema de transporte público, o tempo médio de deslocamento do usuário do transporte coletivo é menor do que no ano base e no cenário tendencial. Esse desempenho é explicado pelas melhorias da velocidade média em relação ao cenário tendencial, pela queda na distância média, mas, também, pelo número menor de passageiros neste cenário (que será visto mais a frente deste relatório).

5.1. Transporte Coletivo

Neste item, serão apresentados os principais indicadores do transporte coletivo e o carregamento da rede de passageiros do ano base e do horizonte de 2038 nos cenários tendencial e induzido.

5.1.1. Indicadores

O primeiro indicador de rede do transporte coletivo que será analisado será o número de passageiros transportados que, por sua vez, não é apenas o número de usuários do transporte coletivo, ou a matriz de deslocamento do transporte coletivo e, sim, o número de embarques dos usuários. A Figura 5-1 apresenta o número de passageiros no ano base 2018 e nos horizontes de 2028 e 2038 dos cenários tendencial (T) e induzido (I).

As simulações mostram que, embora haja progressão no número de usuários do transporte coletivo, o número de passageiros aumenta nos 10 primeiros anos, mas cai nos próximos 20 anos, em ambos os cenários (tendencial e induzido). Isso pode ser explicado pela degradação da velocidade média do transporte coletivo ao longo dos anos e à leve queda da distância média de viagem, contribuindo para que o usuário faça um número menor de integrações e ainda, em algumas situações, seja mais vantajoso terminar (ou começar) a viagem a pé em vez de utilizar mais de um ônibus para chegar ao destino.

Destaca-se a diferença de passageiros transportados entre os cenários (tendencial e induzido) em um mesmo ano de referência. Este número é menor no cenário de projeção induzida (I), onde a matriz de usuário também é menor em relação ao cenário de projeção tendencial. Isso acontece porque, em um cenário de projeção induzida, as viagens são mais curtas contribuindo para redução dos custos de deslocamento do transporte individual e, como não há alterações na oferta de serviço do transporte coletivo, a escolha pelo transporte individual torna-se mais atrativa. Por isso é importante que políticas de desenvolvimento urbano, que provocam alterações no uso e ocupação do solo, estejam associadas a melhorias na oferta do serviço de transporte público.

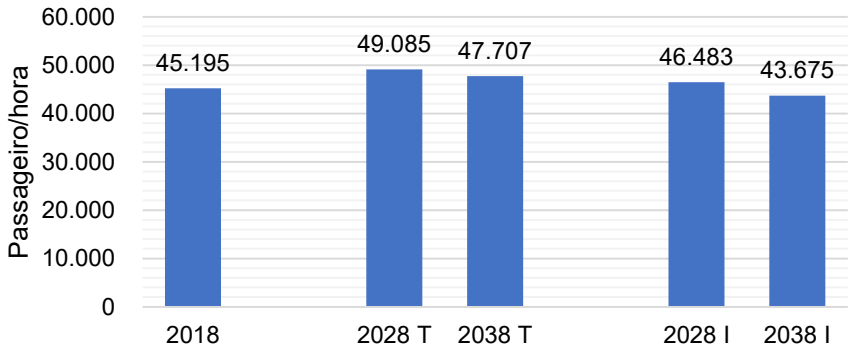


Figura 5-1: Passageiros transportados (HPM).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Em relação à velocidade média, há degradação no decorrer dos horizontes, mas com comportamento distinto para cada cenário, conforme a Figura 5-2. Em 10 anos, no cenário tendencial, a velocidade média cai mais de 11% em relação ao ano base e pouco mais de 17% em 20 anos. Já no cenário induzido, onde as distâncias de viagem são menores, podendo trazer mais fluidez ao sistema viário devido a mudanças no volume dos principais vetores de deslocamento, a queda de velocidade é mais sutil ao longo dos horizontes: 4% nos 10 primeiros anos e quase 10% em 20 anos.

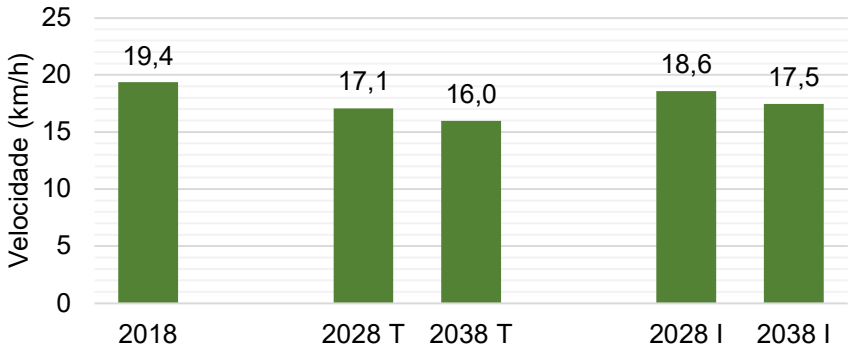


Figura 5-2: Velocidade média do transporte coletivo (HPM).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

No tempo médio de viagem, verifica-se que há degradação no cenário tendencial em relação ao ano base, com aumento de 2,9 minutos em 10 anos e de 3,9 em 20 anos, representando um

aumento de 14% no tempo de deslocamentos dos usuários do transporte coletivo num horizonte de longo prazo, conforme apresenta a Figura 5-3. Já no cenário induzido, há melhora em relação ao ano base, e o valor é quase constante entre os horizontes de projeto. Isso é explicado pelas alterações de uso e ocupação do solo desenvolvidas no cenário induzido, onde a expansão populacional no vetor sul do município de João Pessoas foi controlada e os empregos foram mais distribuídos na cidade, aproximando a população da oferta de trabalho, diminuindo as distâncias entre as origens e destinos e, consequentemente, os tempos de deslocamento.

Figura 5-3: Tempo médio de viagem do transporte coletivo (HPM).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

5.1.2. Carregamento

As Figuras 5-4 a 5-7 apresentam o carregamento da rede de transporte coletivo no ano base de 2018 e no horizonte de 2038 para os cenários tendencial e induzido, com destaque no município de João Pessoa. No geral vê-se uma rede mais carregada no cenário de projeção tendencial em comparação com o ano base, contrapondo-se à rede do cenário induzido, que está menos carregada que no ano base.

O local de maior volume de passageiros do transporte coletivo na rede do ano base está na Via Expressa Padre Zé, na altura da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), com cerca de 6 mil passageiros na hora de pico da manhã no sentido bairro-centro. Neste trecho, estão linhas de ônibus que saem da região sul, sudeste e sudoeste do município de João Pessoa com destino ao centro do município e passagem pela Av. Nossa Sra. de Fátima (binário com a Av. Dom Pedro II) e pela Av. Pres. Epitácio Pessoa (passando pelo bairro de Miramar). Passam nesse trecho também linhas com destino à região nordeste que atendem aos bairros de Tambaú e de Manaíra e linhas circulares que passam pela Av. Cruz das Armas. No cenário tendencial de 2038, este trecho atinge cerca de 7 mil passageiros/hora. Esse volume é menor no cenário induzido, em que a demanda de passageiros do transporte público já é menor que no ano base.

O eixo da Av. Cruz das Armas, no cenário tendencial, atingirá quase 7 mil passageiros/hora no pico da manhã no sentido bairro-centro. Este vetor faz a ligação dos bairros do sul (Paratibe, Valentina), Sudoeste e Oeste ao Centro. Observa-se ainda que moradores do bairro de Paratibe são atendidos apenas por linhas de ônibus que passam por esse eixo. Isso significa que, para se deslocarem até a região nordeste do município, a opção mais rápida é realizando integração com outra linha de ônibus no bairro de Mangabeira.

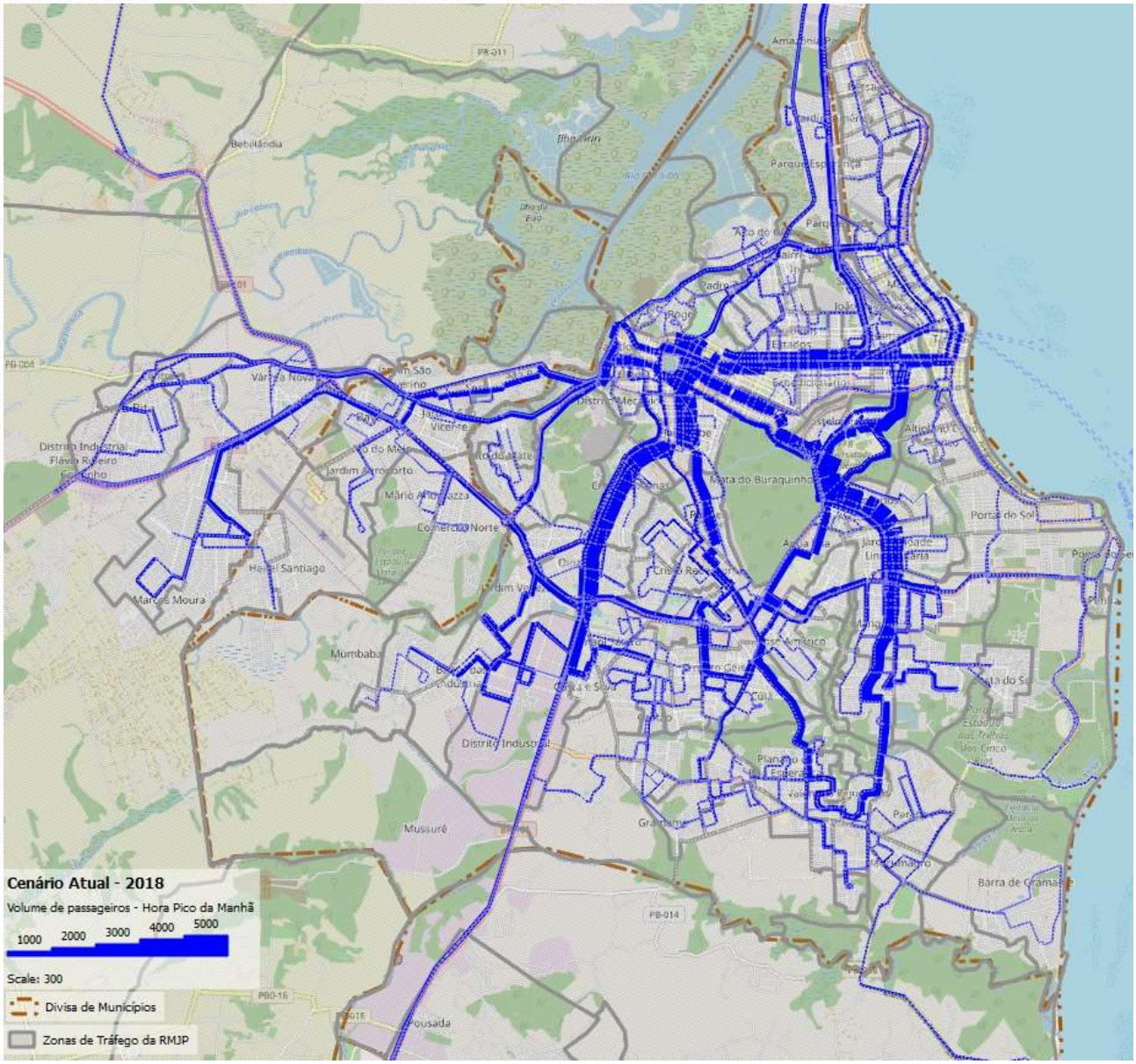


Figura 5-4: Carregamento do transporte coletivo – ano base 2018 (HPM).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

O eixo da Av. Dois de Fevereiro está entre os quatro eixos de maior demanda no ano base, com cerca de 2,5 mil passageiros/hora no pico da manhã. Esta é a maior demanda entre os cenários simulados. Nos horizontes futuros, seja tendencial ou induzido, a demanda é inferior ao ano base. Este eixo atende o bairro de Varjão, que, no cenário tendencial, perde população e no induzido não está dentro da área de influência dos corredores, mantendo sua tendência de queda populacional no cenário de indução.

A Av. Pres. Epitácio Pessoa é a mais equilibrada em termos de demanda por sentido – ambos os sentidos são bem carregados, ultrapassando, no ano base, 3 mil passageiros/hora no trecho mais crítico do pico da manhã. Esse comportamento se mantém nos demais cenários (tendencial e induzido), com maior demanda no cenário tendencial.

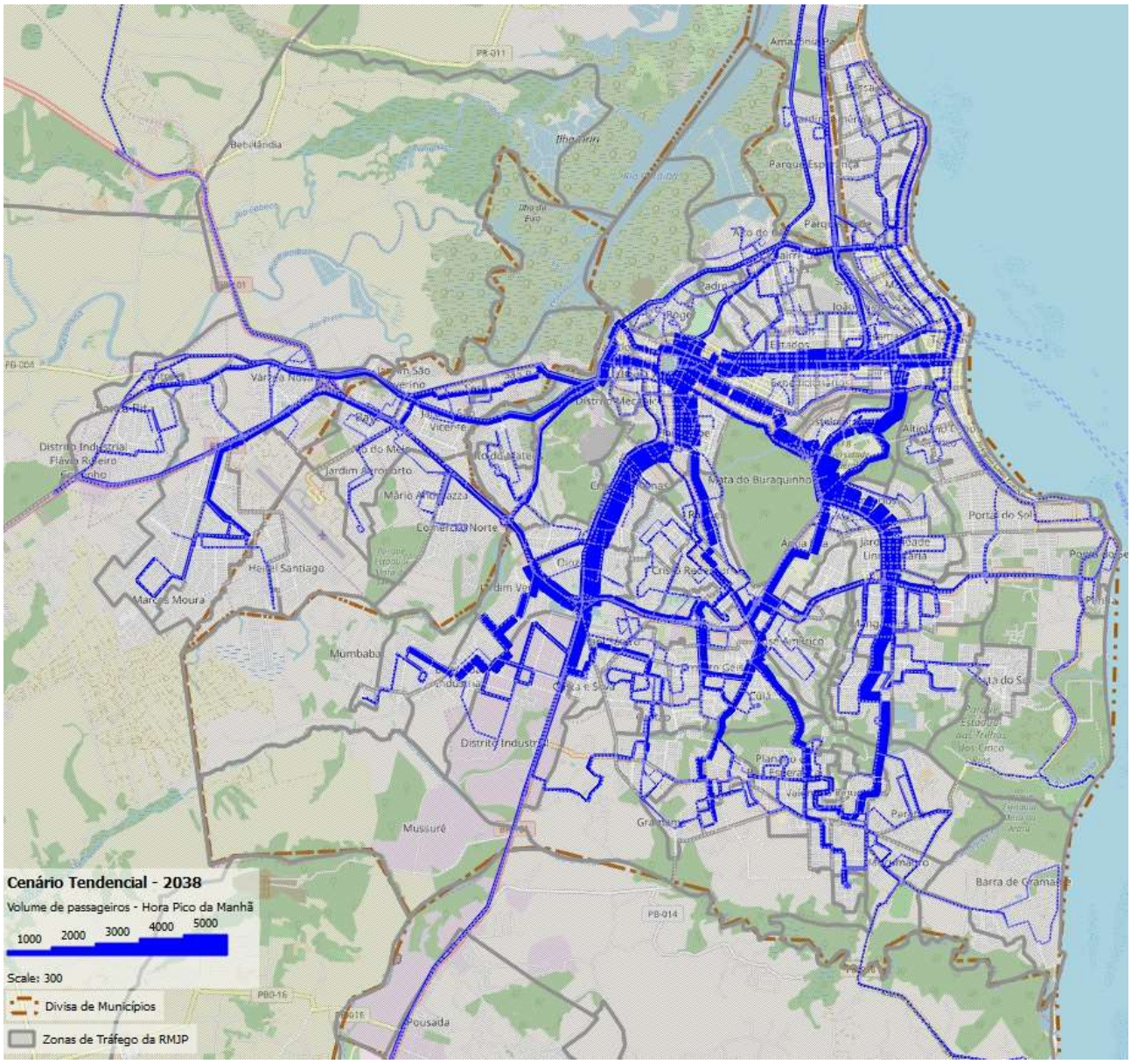


Figura 5-5: Carregamento do transporte coletivo – horizonte 2038 – cenário tendencial (HPM).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

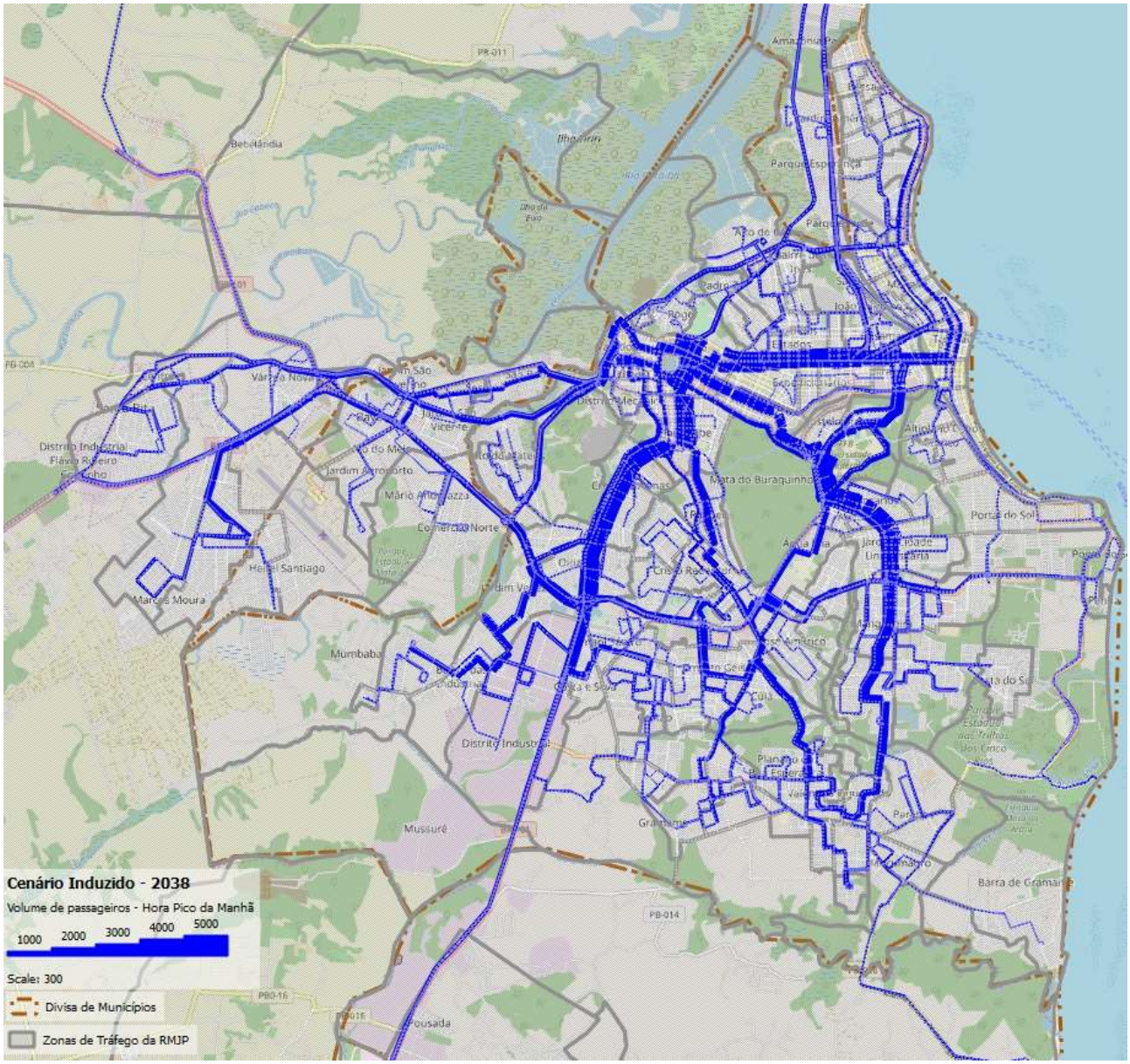


Figura 5-6: Carregamento do transporte coletivo – horizonte 2038 – cenário induzido (HPM).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

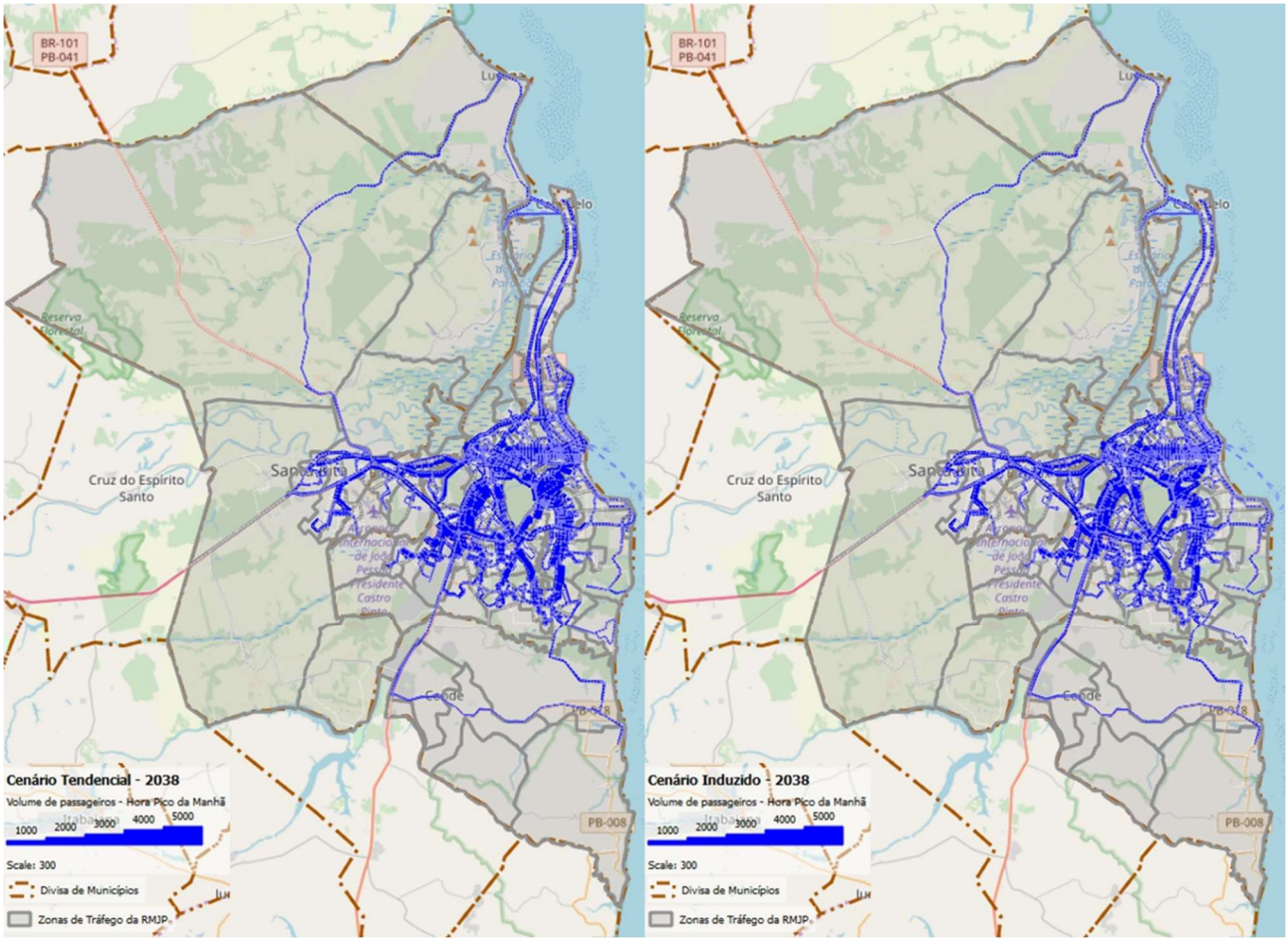


Figura 5-7: Carregamento do transporte coletivo na Microrregião no horizonte de 2038, cenários tendencial e induzido (HPM).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

5.2. Transporte Individual

Neste item serão apresentados os principais indicadores do transporte individual e o carregamento da rede de veículos do ano base e do horizonte de 2038 nos cenários tendencial e induzido.

5.2.1. Indicadores

Assim como na avaliação de desempenho de rede do transporte coletivo, para o transporte individual serão analisados tempo médio e distância média da viagem e, para começar, o total de veículos (representado por veículo equivalente, onde o automóvel tem peso 1 e os demais modos individuais de transporte têm seu peso dado em relação à equivalência ao automóvel) por hora pico manhã na rede para o ano base 2018 e os horizontes de 2028 e 2038 dos cenários tendencial (T) e induzido (I).

As simulações mostram que o número de veículos na rede da área de estudo aumenta progressivamente ao longo dos horizontes de análise (Figura 5-8). A variação percentual no período de 20 anos nos cenários tendencial e induzido são muito próximas: respectivamente, 26 e 27%. Essa variação é maior que a variação do transporte coletivo para o mesmo período. A consequência disso é, em um cenário sem intervenções na oferta dos serviços de transporte, o aumento da participação do transporte individual da divisão modal da Microrregião.

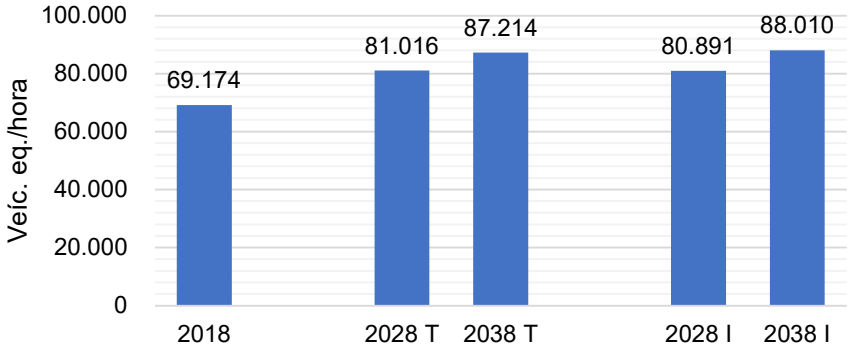


Figura 5-8: Veículos alocados (HPM).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Assim como a velocidade média no transporte coletivo, no transporte individual há degradação no decorrer dos horizontes, com comportamento distinto para cada cenário, conforme a Figura 5-9. Em 10 anos, no cenário tendencial, a velocidade média cai mais de 11% em relação ao ano base e, em 20 anos, pouco mais de 16%. Já no cenário induzido, onde as distâncias de viagem são menores, podendo trazer mais fluidez ao sistema viário devido a mudanças no volume dos principais vetores de deslocamento, a queda de velocidade é mais sutil ao longo dos horizontes: quase 7% nos 10 primeiros anos e mais de 12% em 20 anos.

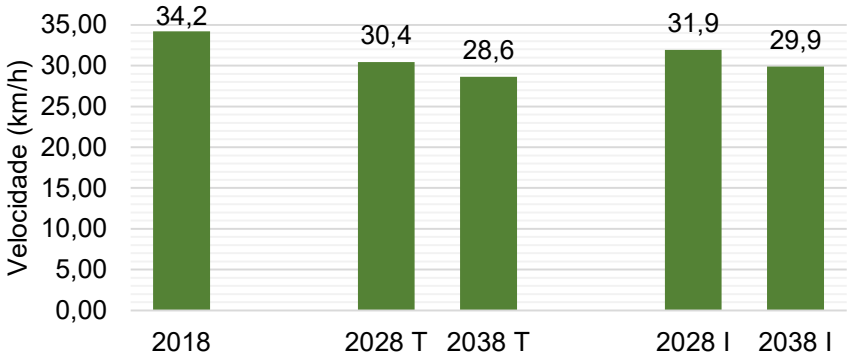


Figura 5-9: Velocidade média do transporte individual (HPM).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

No tempo médio de viagem, verifica-se que há degradação no cenário tendencial em relação ao ano base, com aumento de 1,4 minutos em 10 anos e de 2,2 minutos em 20 anos, representando um aumento de 11% no tempo de deslocamentos dos usuários do transporte individual num horizonte de longo prazo – variação maior que no tempo de deslocamento do usuário do transporte coletivo, que aumentou 14% em 20 anos, conforme mostra a Figura 5-10. Já no cenário induzido, há melhora em relação ao cenário tendencial. Em 2028 o tempo de deslocamento no cenário induzido é quase igual ao tempo de deslocamento do ano base. Assim como nos deslocamentos por transporte coletivo, essa melhora em relação ao cenário tendencial é explicada pelas alterações de uso e ocupação do solo desenvolvidas no cenário induzido, onde a expansão populacional no vetor sul do município de João Pessoa foi controlada e os empregos foram mais distribuídos na cidade, aproximando a população da oferta de trabalho, diminuindo as distâncias entre as origens e destinos e, consequentemente, os tempos de deslocamento.

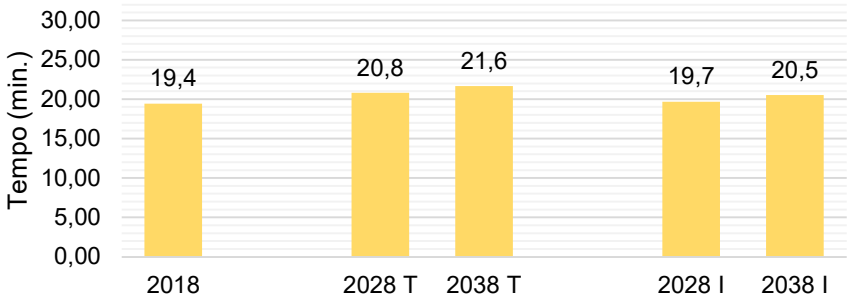


Figura 5-10: Tempo médio de viagem do transporte individual (HPM).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

5.2.2. Carregamento

As Figuras 5-11 a 5-14 apresentam o carregamento da rede de transporte individual no ano base de 2018 e no horizonte de 2038 para os cenários tendencial e induzido, com destaque no município de João Pessoa. No geral vê-se uma rede mais carregada no cenário de projeção tendencial em comparação com o ano base, contrapondo-se à rede do cenário induzido que está menos carregada que no ano base.

A Rodovia BR-230 é a de maior carregamento do transporte individual na área de estudo. Ela já é bem carregada desde a divisa municipal entre Santa Rita e Bayeux, mantém-se carregada em João Pessoa e segue carregada até Cabedelo. No seu trecho de maior carregamento do ano base, sentido Cabedelo, a rodovia atinge 4 mil veículos (equivalentes) por hora no pico da manhã. No sentido inverso (Santa Rita), a via também é bem carregada, chegando a 3,4 mil veículos. O fluxo é crescente em ambos os cenários, tendencial e induzido.

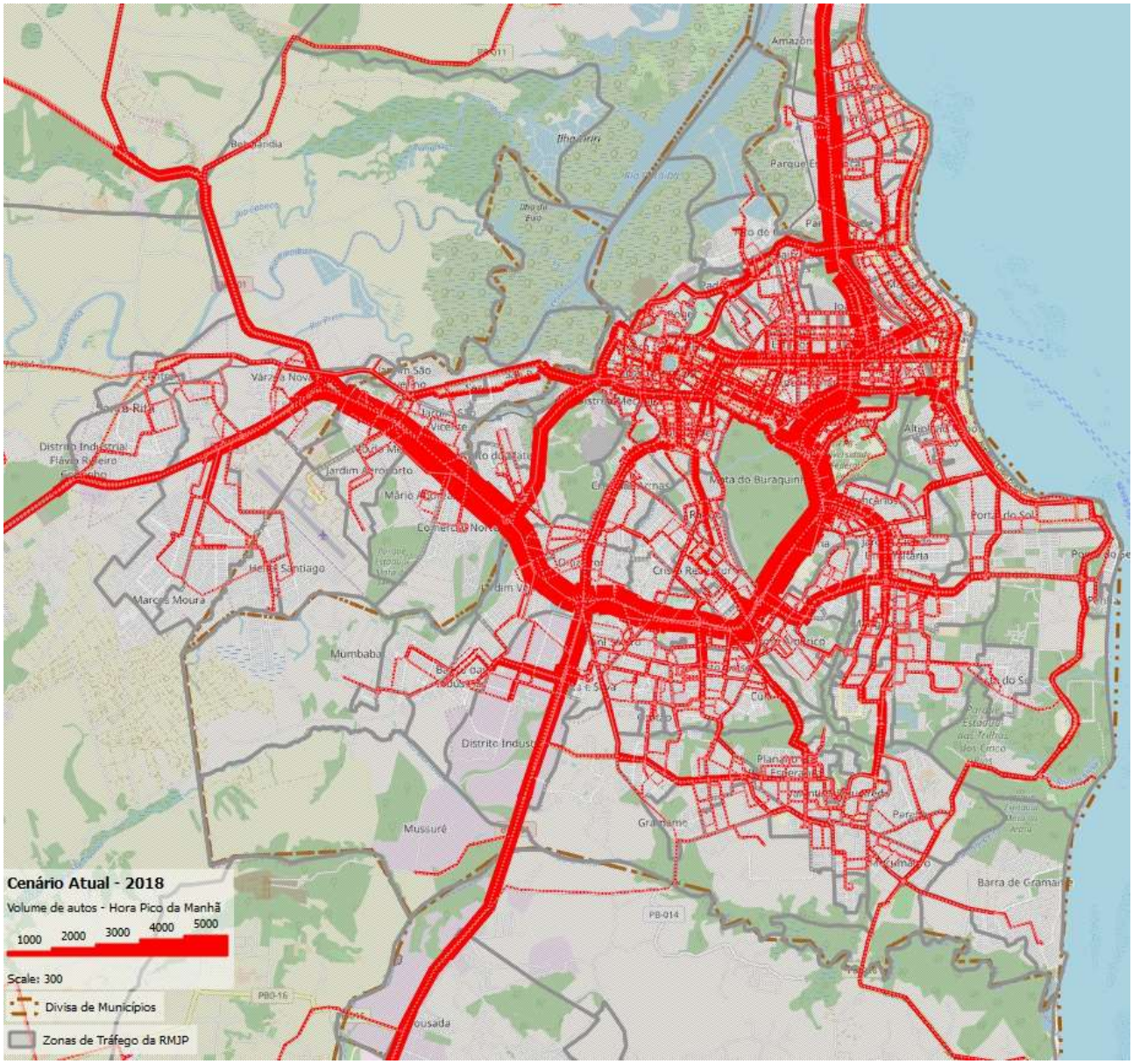


Figura 5-11: Carregamento do transporte individual – ano base 2018 (HPM).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

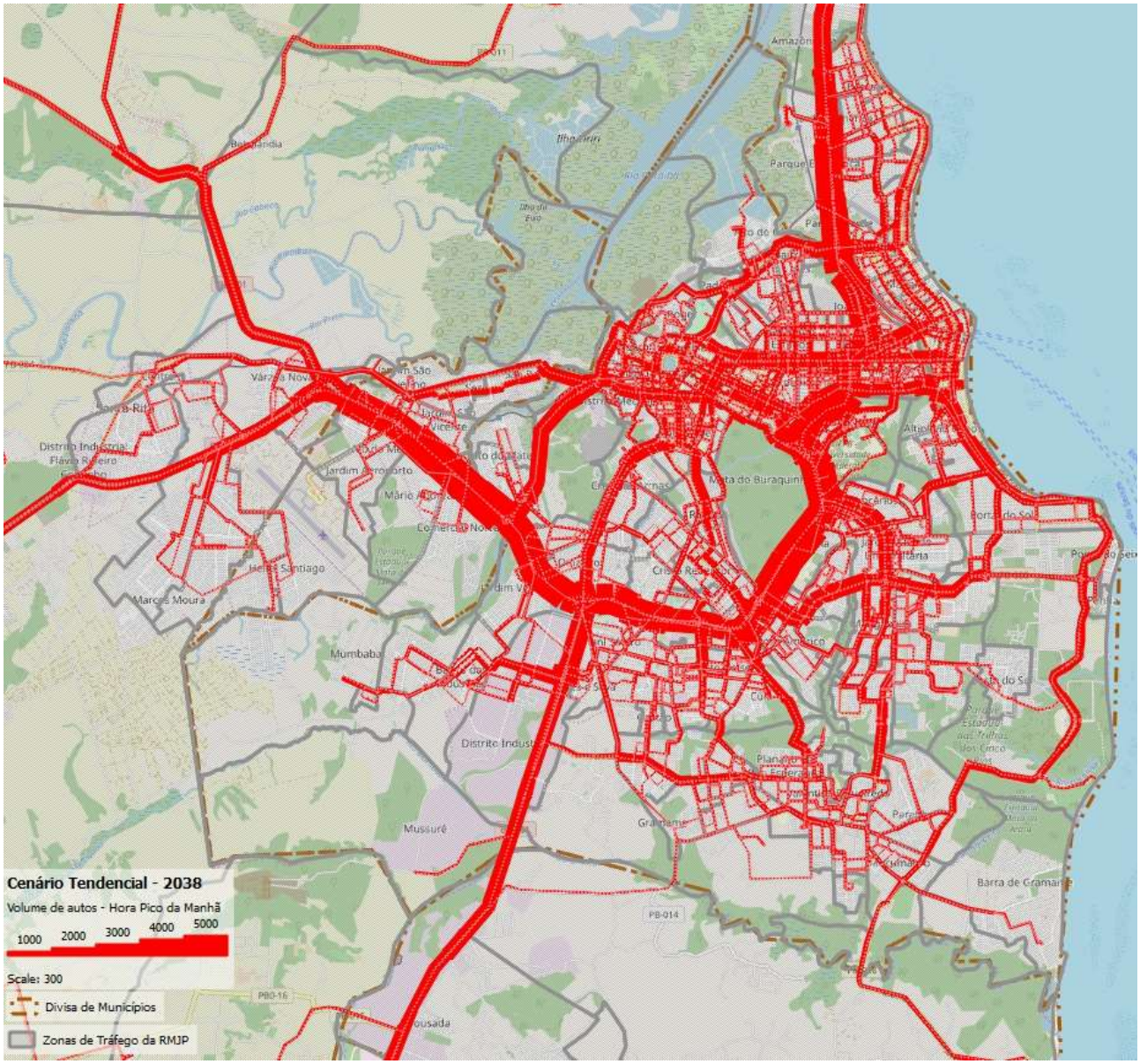


Figura 5-12: Carregamento do transporte individual – horizonte 2038 – cenário tendencial (HPM).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

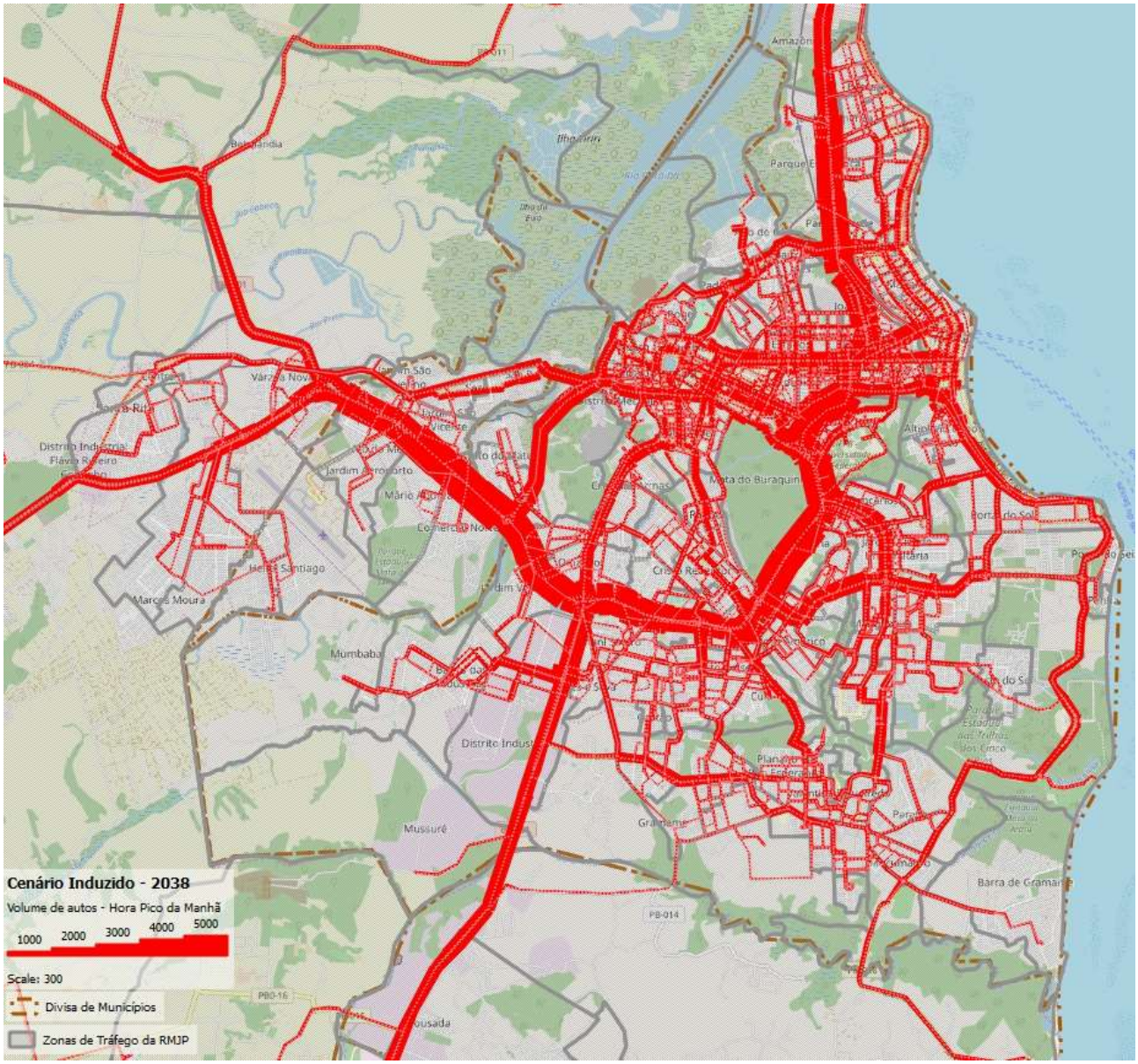


Figura 5-13: Carregamento do transporte individual – horizonte 2038 – cenário induzido (HPM).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

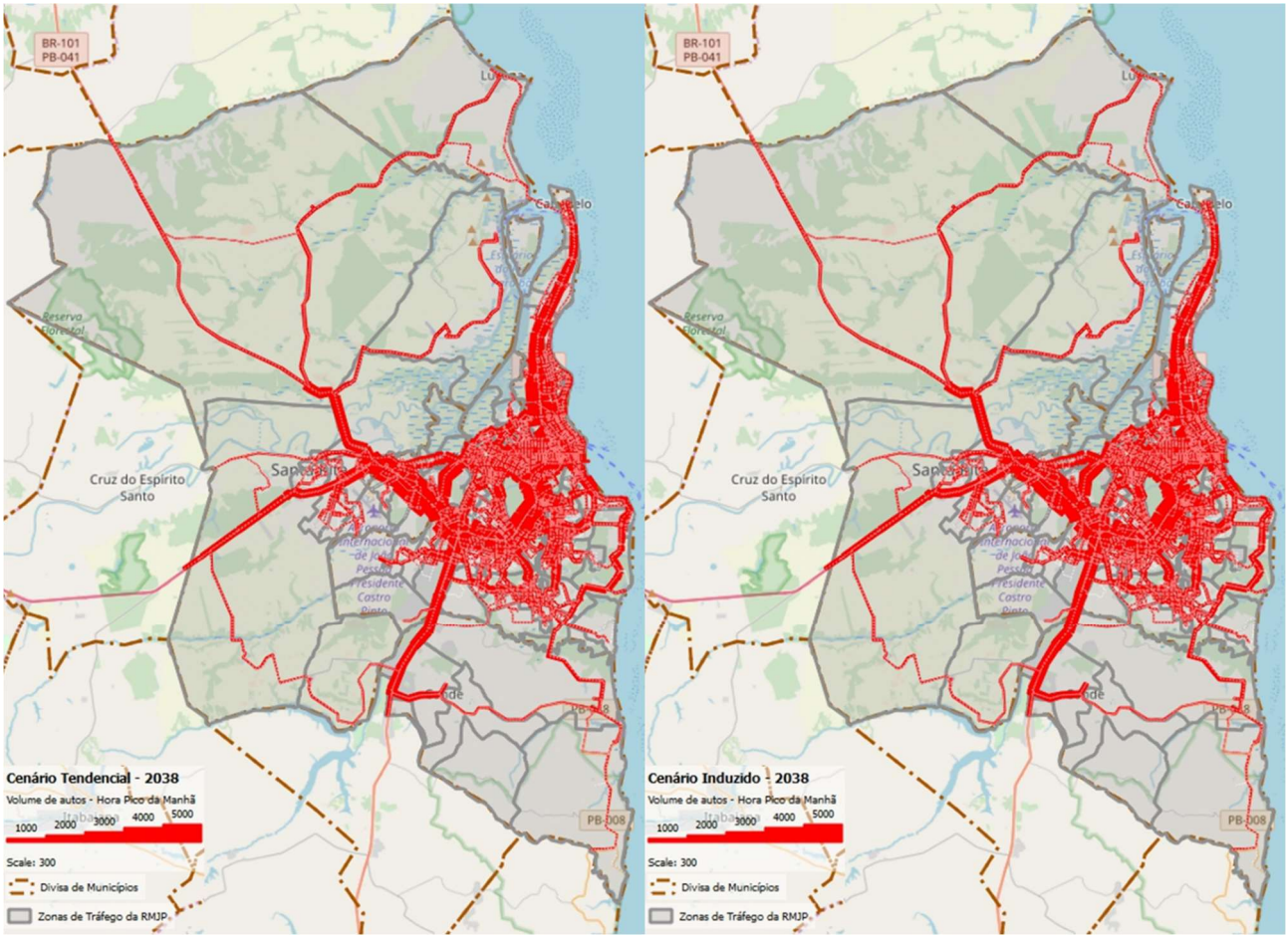


Figura 5-14: Carregamento do transporte individual na Microrregião no horizonte de 2038, cenários tendencial e induzido (HPM).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

5.2.3. Nível de serviço

O nível de serviço (NS) avaliado trata-se da relação volume sobre capacidade (v/c) que varia de "A" à "F", indicando o quanto o volume de veículos em determinado trecho de via está próximo à sua capacidade. O nível de serviço foi categorizado em seis níveis, conforme apresenta o Quadro 5-2.

Quadro 5-2: Categoria de níveis de serviço.

NS	Intervalo [volume/capacidade]	Qualidade
A	Até 0,26	ótimo
B	0,26 - 0,41	bom
C	0,41 - 0,59	aceitável
D	0,59 - 0,81	regular
E	0,81 - 1	ruim
F	Acima de 1	péssimo

Fonte: HCM, 2000.

Os Quadros 5-3 a 5-7 apresentam a extensão de sistema viário, por nível de serviço, para cada classificação de via no ano base e nos horizontes de projeto para os cenários tendencial e induzido. No ano base, quase 75% das vias do sistema viário principal (SVP) possuem nível de serviço A ou B. Os níveis E e F correspondem a mais de 7,1% do SVP e somam 92,5 km de vias do SVP com nível ruim ou péssimo de serviço. No cenário tendencial, os níveis E e F do SVP correspondem à 9,2% e 10,3% nos horizontes de 2028 e 2038, respectivamente. No cenário induzido, o percentual é próximo, 8,7% e 10,1% nos anos de 2028 e 2038, respectivamente.

Quadro 5-3: Nível de serviço por tipo de via – Ano base 2018 (HPM).

TIPO DE VIAS			EXTENSÃO SIMULADA		NÍVEIS DE SERVIÇO											
					A		B		C		D		E		F	
			km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
SVP	I	Expressa	508,6	23,9%	325,4	63,9%	110,3	21,7%	25,2	5,0%	9,9	1,9%	22,2	4,4%	15,6	3,1%
SVP	II	Arterial	263,2	12,4%	90,9	34,6%	40,5	15,4%	47,9	18,2%	47,9	18,2%	25,9	9,8%	10,1	3,8%
SVP	III	Coletora	536,1	25,2%	308,0	57,5%	103,0	19,2%	74,1	13,8%	32,3	6,0%	12,3	2,3%	6,4	1,2%
Subtotal			**1.307,9**	**61,5%**	**724,3**	**55,3%**	**253,8**	**19,4%**	**147,2**	**11,3%**	**90,1**	**6,9%**	**60,4**	**4,6%**	**32,1**	**2,5%**
	IV	Local	817,7	38,5%	609,7	74,6%	120,3	14,7%	53,1	6,5%	20,5	2,5%	9,9	1,2%	4,2	0,5%
TOTAL			**2.125,6**	**100,0%**	**1.334,0**	**62,8%**	**374,1**	**17,6%**	**200,3**	**9,4%**	**110,6**	**5,2%**	**70,3**	**3,3%**	**36,3**	**1,7%**

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Quadro 5-4: Nível de serviço por tipo de via – Horizonte de 2028 – Cenário tendencial (HPM).

TIPO DE VIAS			EXTENSÃO SIMULADA		NÍVEIS DE SERVIÇO											
					A		B		C		D		E		F	
			km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
SVP	I	Expressa	508,6	23,9%	310,1	61,0%	117,8	23,2%	30,9	6,1%	7,7	1,5%	20,0	3,9%	22,1	4,3%
SVP	II	Arterial	263,2	12,4%	82,2	31,2%	39,4	15,0%	46,3	17,6%	46,9	17,8%	31,0	11,8%	17,4	6,6%
SVP	III	Coletora	536,1	25,2%	272,1	50,7%	104,5	19,5%	88,9	16,6%	40,7	7,6%	19,4	3,6%	10,5	2,0%
Subtotal			**1.307,9**	**61,5%**	**664,4**	**50,8%**	**261,7**	**20,0%**	**166,1**	**12,7%**	**95,3**	**7,3%**	**70,4**	**5,4%**	**50,0**	**3,8%**
	IV	Local	817,7	38,5%	568,2	69,5%	123,7	15,1%	69,4	8,5%	33,0	4,0%	14,6	1,8%	8,8	1,1%
TOTAL			**2.125,6**	**100,0%**	**1.232,6**	**58,0%**	**385,4**	**18,1%**	**235,5**	**11,1%**	**128,3**	**6,0%**	**85,0**	**4,0%**	**58,8**	**2,8%**

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Quadro 5-5: Nível de serviço por tipo de via – Horizonte de 2038 – Cenário tendencial (HPM).

TIPO DE VIAS			EXTENSÃO SIMULADA		NÍVEIS DE SERVIÇO											
					A		B		C		D		E		F	
			km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
SVP	I	Expressa	508,6	23,9%	309,1	60,8%	115,7	22,7%	28,2	5,5%	14,0	2,8%	16,9	3,3%	24,7	4,9%
SVP	II	Arterial	263,2	12,4%	80,1	30,4%	38,2	14,5%	46,0	17,5%	44,5	16,9%	31,2	11,9%	23,2	8,8%
SVP	III	Coletora	536,1	25,2%	260,0	48,5%	95,1	17,7%	97,6	18,2%	44,5	8,3%	25,0	4,7%	13,9	2,6%
Subtotal			**1.307,9**	**61,5%**	**649,2**	**49,7%**	**249,0**	**19,0%**	**171,8**	**13,1%**	**103,0**	**7,9%**	**73,1**	**5,6%**	**61,8**	**4,7%**
	IV	Local	817,7	38,5%	550,0	67,3%	122,2	14,9%	75,6	9,2%	37,4	4,6%	18,6	2,3%	13,9	1,7%
TOTAL			**2.125,6**	**100,0%**	**1.199,2**	**56,4%**	**371,2**	**17,5%**	**247,4**	**11,6%**	**140,4**	**6,6%**	**91,7**	**4,3%**	**75,7**	**3,6%**

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Quadro 5-6 Nível de serviço por tipo de via – Horizonte de 2028 – Cenário induzido (HPM).

TIPO DE VIAS			EXTENSÃO SIMULADA		NÍVEIS DE SERVIÇO											
					A		B		C		D		E		F	
			km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
SVP	I	Expressa	508,6	23,9%	315,2	62,0%	111,0	21,8%	30,0	5,9%	11,3	2,2%	22,0	4,3%	19,1	3,8%
	II	Arterial	263,2	12,4%	78,5	29,8%	42,1	16,0%	47,7	18,1%	50,0	19,0%	31,5	12,0%	13,4	5,1%
	III	Coletora	536,1	25,2%	278,4	52,0%	101,5	18,9%	84,8	15,8%	43,5	8,1%	17,5	3,3%	10,4	1,9%
Subtotal			**1.307,9**	**61,5%**	**672,1**	**51,4%**	**254,6**	**19,5%**	**162,5**	**12,4%**	**104,8**	**8,0%**	**71,0**	**5,4%**	**42,9**	**3,3%**
	IV	Local	817,7	38,5%	565,3	69,1%	122,9	15,0%	76,4	9,3%	34,1	4,2%	11,9	1,5%	7,1	0,9%
TOTAL			**2.125,6**	**100,0%**	**1.237,4**	**58,2%**	**377,5**	**17,8%**	**238,9**	**11,2%**	**138,9**	**6,5%**	**82,9**	**3,9%**	**50,0**	**2,4%**

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Quadro 5-7: Nível de serviço por tipo de via – Horizonte de 2038 – Cenário induzido (HPM).

TIPO DE VIAS			EXTENSÃO SIMULADA		NÍVEIS DE SERVIÇO											
					A		B		C		D		E		F	
			km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
SVP	I	Expressa	508,6	23,9%	308,2	60,6%	107,5	21,1%	37,0	7,3%	13,5	2,7%	21,0	4,1%	21,4	4,2%
	II	Arterial	263,2	12,4%	76,9	29,2%	39,2	14,9%	44,2	16,8%	47,7	18,1%	36,3	13,8%	18,9	7,2%
	III	Coletora	536,1	25,2%	252,4	47,1%	107,9	20,1%	93,7	17,5%	48,4	9,0%	19,6	3,7%	14,1	2,6%
Subtotal			**1.307,9**	**61,5%**	**637,5**	**48,6%**	**254,6**	**19,5%**	**174,9**	**13,4%**	**109,6**	**8,4%**	**76,9**	**5,9%**	**54,4**	**4,2%**
	IV	Local	817,7	38,5%	542,8	66,4%	122,4	15,0%	85,1	10,4%	38,3	4,7%	17,3	2,1%	11,8	1,4%
TOTAL			**2.125,6**	**100,0%**	**1.180,3**	**55,6%**	**377,0**	**17,7%**	**260,0**	**12,2%**	**147,9**	**7,0%**	**94,2**	**4,4%**	**66,2**	**3,1%**

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

As Figuras 5-15 a 5-17 mostram os níveis de serviço da rede para o ano base e horizonte de 2038 nos cenários tendencial e induzido onde foram identificados cinco grandes grupos com níveis críticos de serviço, a saber:

- **Bloco A:** Ligações com bairros ao Sul do Rio Cuiá
  - R. Agricultor Carlos Onofre Nobrega
  - R. Natal / R. Adão Viana da Rosa
  - R. Abelardo Targino da Fonseca
  - R. Adalgisa Carneiro Cavalcante
  - R. Brasilino Alves da Nóbrega

- **Bloco B:** Ligações entre os bairros da região sul e sudeste com o Centro de João Pessoa (ao leste da Mata do Buraquinho)
  - BR-230
  - R. Empresário João Rodrigues Alves

- **Bloco C:** Ligações entre os bairros da região sul e sudeste com o Centro de João Pessoa (ao oeste da Mata do Buraquinho)
  - Av. Cruz das Armas
  - R. Francisco de Souza Rangel / R. Est. José Paulo Neto

  - Av. Antônio Silva Melo

- **Bloco D:** Ligações na região do bairro de Castelo Branco com o Centro de João Pessoa e a região nordeste
  - Av. Dom Pedro II
  - BR-230
  - R. José Gonçalves Júnior

- **Bloco E:** Ligações entre as regiões nordeste e leste com o Centro de João Pessoa
  - R. Mardokeu Nacre / Av. Des. Boto de Menezes
  - Av. Pres. Epitácio Pessoa

No geral, no bloco A, no cenário de indução, ocorre ligeira degradação do nível de serviço no sentido centro/bairro. No bloco B, não há alteração entre os cenários. Enquanto no bloco C há melhora do NS no cenário induzido em relação ao tendencial nas vias de ligação com o Centro no bairro Jaguaribe. No bloco D, também há melhora no cenário induzido em relação ao tendencial; isso ocorre na R. José Gonçalves Júnior. Já no bloco E, o nível de serviço piora em ambos os cenários de projeto em relação ao ano base.

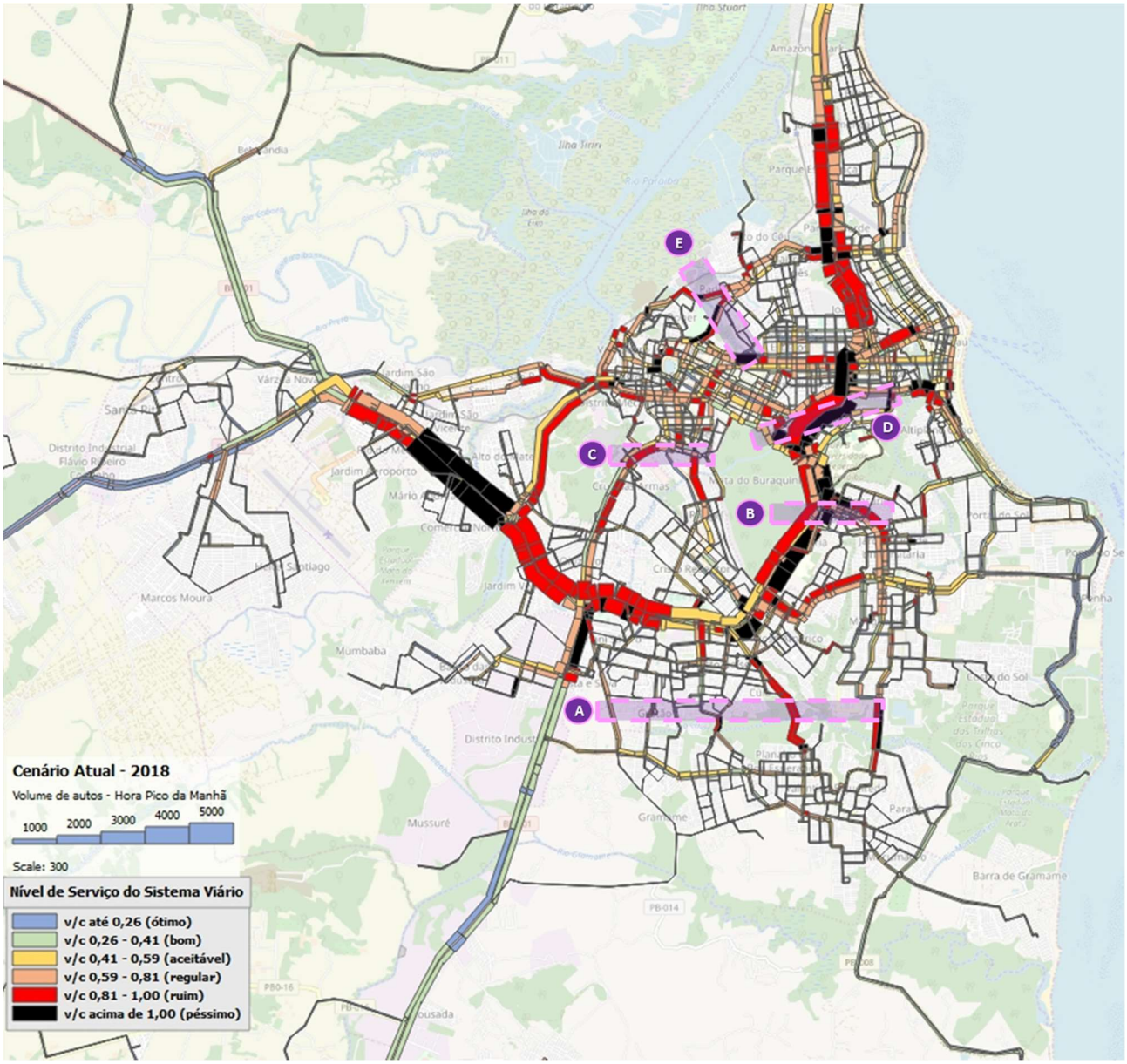


Figura 5-15: Nível de serviço no ano base (HPM).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

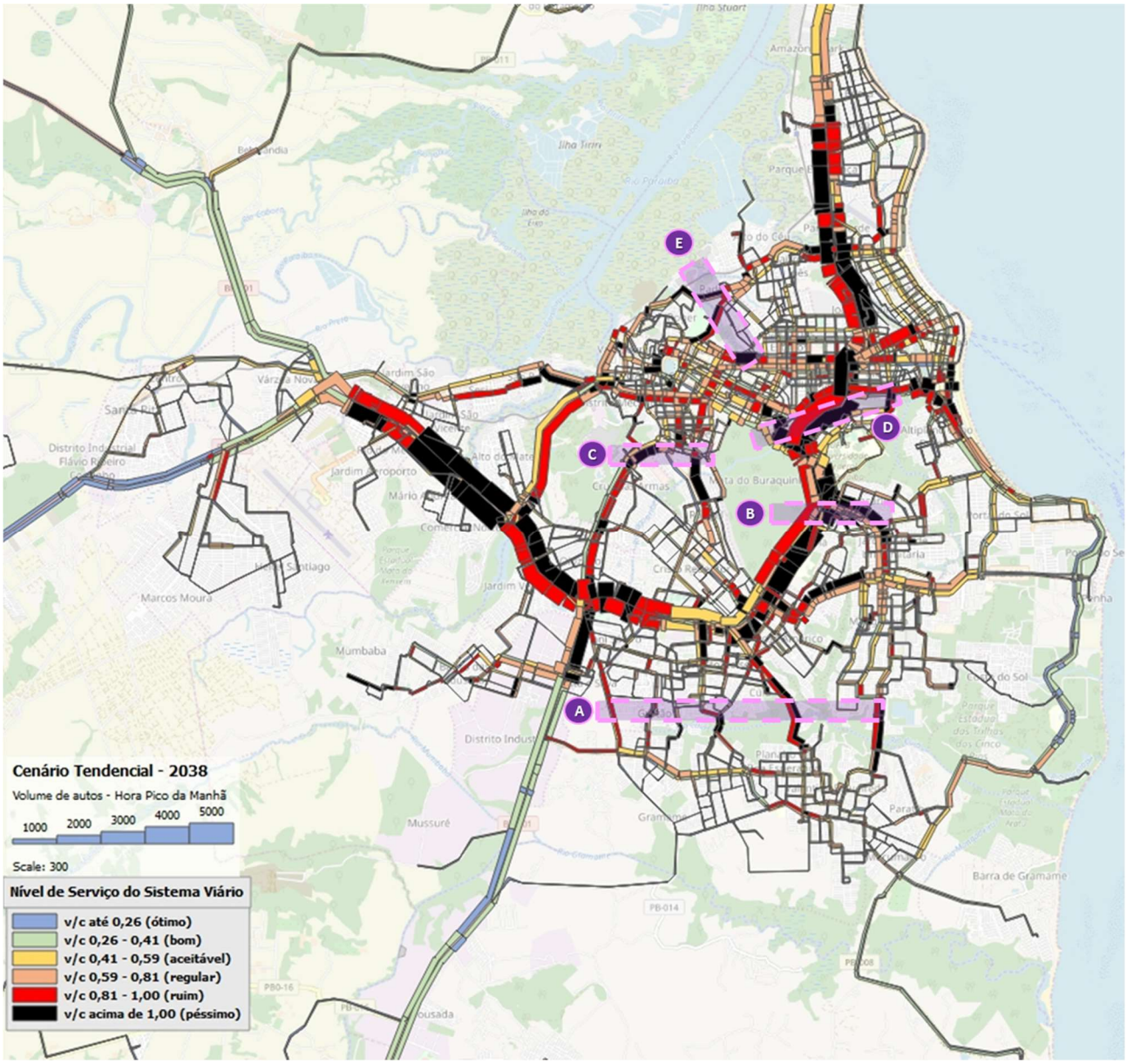


Figura 5-16: Nível de serviço no horizonte de 2038 – cenário tendencial (HPM).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

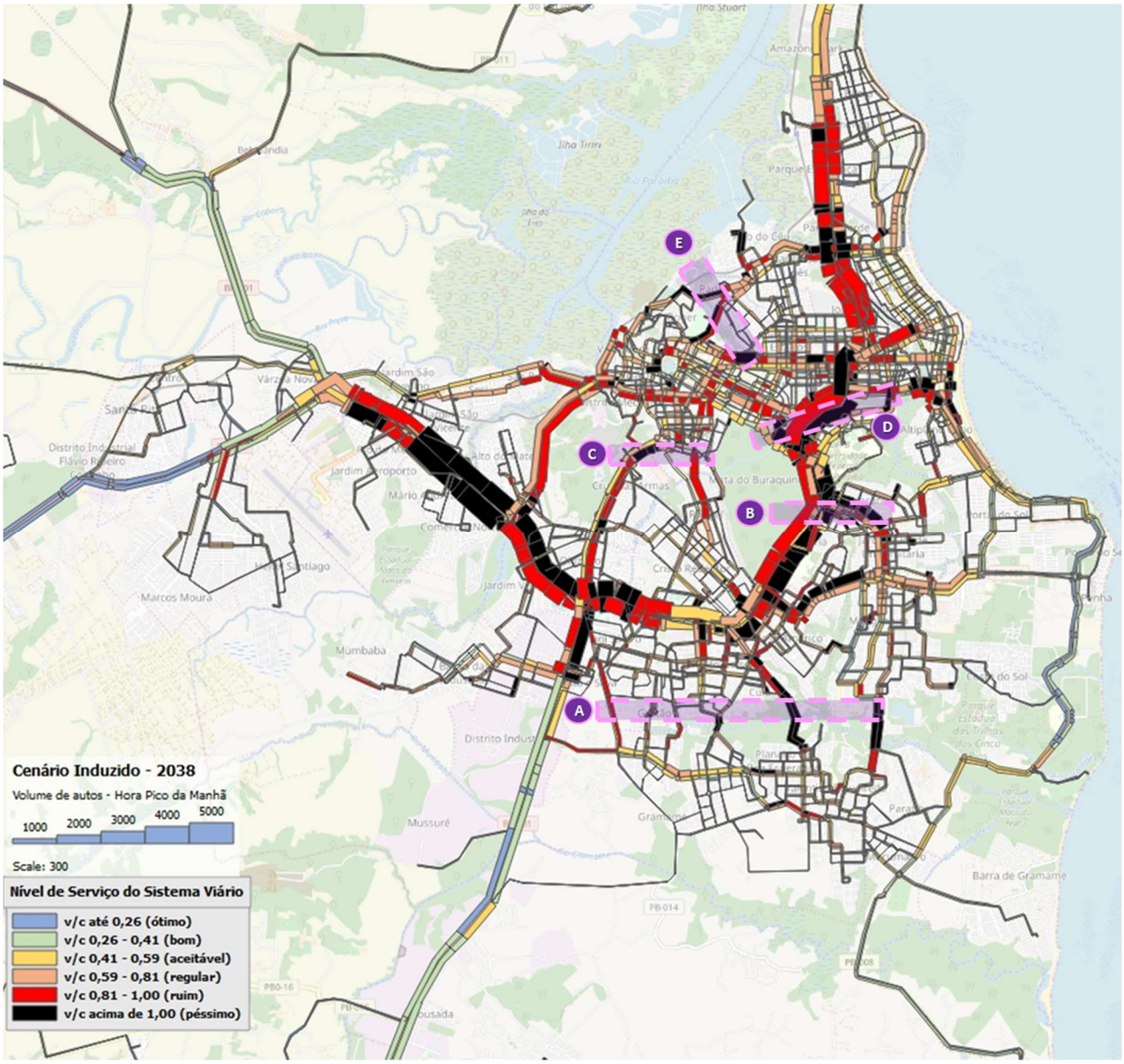


Figura 5-17: Nível de serviço no horizonte de 2038 – cenário induzido (HPM).
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

6. EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E DE CONTAMINANTES LOCAIS GERADAS PELO SISTEMA DE MOBILIDADE

Na elaboração do PDMU, admite-se a evolução do transporte rodoviário como objeto da estimativa das emissões de gases de efeito estufa (GEEs), considerando todos os tipos de veículos equipados com motor a combustão passíveis de licenciamento para circular nas vias públicas: automóveis, motocicletas, caminhões e ônibus. Por uma questão de modelagem matemática, algumas agregações são necessárias com o objetivo de obter resultados a partir de simulações computacionais. Notavelmente, as simulações contemplam as seguintes agregações: transporte coletivo e transporte individual.

Tais veículos operam basicamente com os seguintes combustíveis, que foram considerados no cálculo das emissões: gasolina, etanol e gás natural veicular (GNV) no transporte individual e diesel no transporte coletivo.

Basicamente, os fatores de emissão de poluentes utilizados para as estimativas deste relatório foram obtidos a partir de resultados de ensaios efetuados para atendimento ao “Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores” – PROCONVE (2013). Os GEEs inventariados neste subsetor são os chamados diretos: dióxido de carbono (CO2), metano (CH4) e óxido nitroso (N2O); e indiretos: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx) e os compostos orgânicos voláteis não metanos (NMVOC). O método empregado neste relatório foi o mesmo adotado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) no 1° Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (BRASIL, 2013), acatando-se algumas premissas e alguns fatores de emissão apresentados no *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 1996) e *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2000a).

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2006), as emissões de CO2 dos biocombustíveis não devem ser contabilizadas no total de emissões do Setor de Transporte por serem consideradas carbono neutro. Porém, devem ser reportadas separadamente, com fins informativos, para evitar a dupla contagem, pois estas devem ser tratadas no Setor de Agropecuária. Isto inclui a parcela de 22% de etanol anidro (AEAC) que compõe a chamada “gasolina C”, a parcela estimada em 2,5% de biodiesel misturado ao diesel no ano de 2008 e todas as emissões originadas do etanol hidratado (AEHC).

6.1. Método de Cálculo

Para o cálculo das estimativas das emissões de GEE e poluentes provenientes do transporte rodoviário, foram utilizados os métodos apresentados no *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 1996), no *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2000a) e no 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (BRASIL, 2011).

Cabe destacar que a modelagem de redes em sistemas de computador comumente se utiliza da hora-pico na produção de resultados, o que gera a necessidade de converter os resultados a um valor anual. Para tanto, de acordo com os dados das pesquisas realizadas na área de estudo, consideram-se os seguintes fatores de hora-pico em relação ao dia:

- Transporte coletivo: 11,07% do volume diário;
- Transporte individual: 11,24% do volume diário;
- Dias equivalentes no ano: 300.

6.1.1. Emissões de poluentes

Para a estimativa das emissões de CO2 do Subsetor de Transporte Rodoviário, aplicou-se uma abordagem bottom-up5, que determina duas etapas para se estimar a emissão de CO2. Primeiramente, estima-se o combustível consumido por tipo de transporte, conforme apresentado na equação a seguir:

$$Cij = Fij \cdot dij \cdot qij$$

onde:

i: Tipo de veículo (adimensional)

j: Tipo de combustível (adimensional)

C: Combustível consumido ($L_{combustível}$)

F: Frota de veículos (veículos)

d_{ajust}: Intensidade de uso ajustada (km)

q: Consumo médio de combustível por km rodado3 ($L_{combustível}.km^{-1}$]

Em seguida, as emissões de CO2 são calculadas como resultado da multiplicação do volume total de combustível consumido pelo fator apropriado de emissão do combustível para o tipo de transporte avaliado, conforme:

$$E_{CO2} = \sum_{i} \sum_{j} FE_{ij} \cdot C_{ij}$$

O método acima é aplicado nos casos de combustão de diesel no transporte coletivo.

Nesse caso, foram utilizados os valores reportados no “Inventário Nacional De Emissões Atmosféricas Por Veículos Automotores Rodoviários 2013” do Ministério do Meio Ambiente. O rendimento dos motores a Diesel dos ônibus urbanos adotado foi de 2,15 km/l de combustível. Tal consideração é baseada no Relatório de Emissões publicado pela Cia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB (CETESB, 2018) e considera o rendimento médio dos ônibus urbanos ensaiados. A produção de transporte em veículo.km é então transformada em consumo de diesel em cada ano-horizonte.

O fator de emissão de CO2 do Diesel, por sua vez, é reportado no mesmo documento de referência em função da massa por litro de combustível resultante de sua combustão, equivalente a 2,6kg_{CO2}/l de diesel.

Alternativamente, outros gases têm seus fatores de emissão reportados em função da distância percorrida, tendo-se por base um fator em gramas de poluente por km percorrido ($g_{poluente}$/km).

Por esse motivo, os poluentes CO, NMHC, CH4, NOx, MP, RCHO, N2O e CO2 (transporte individual) são calculados com base na distância percorrida pelos veículos e sua tipologia (automóveis ou ônibus).

Os passos para determinação das emissões no transporte individual obedecem a tais critérios, com a peculiaridade da utilização de dois tipos diferentes de combustível nos automóveis leves.

[5] Estimativa de emissões de GEE ou poluentes através da utilização de dados mais específicos no intuito de obter as emissões totais de forma mais detalhada.

Informações constantes de ensaios realizados para os combustíveis gasolina e etanol, disponíveis para o abastecimento de veículos, têm uma razão de 0,75 em relação ao rendimento, isto é, um automóvel movido a etanol se desloca 75% da distância de um automóvel movido a gasolina para o mesmo volume de combustão.

Outro insumo para o cálculo das emissões do transporte individual é o volume de combustível utilizado. É seguro adotar-se o volume comercializado na Microrregião de João Pessoa como o volume efetivamente utilizado. O dado utilizado é proveniente da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) para o ano de 2018.

Utilizando a razão de rendimento citada e o volume total de gasolina e etanol consumido, estima-se a parcela da quilometragem relativa a cada combustível para os anos-horizonte em modelo.

O passo final para a obtenção dos volumes de poluentes emitidos é a aplicação dos fatores de emissão ponderados pela participação da idade da frota no mix de veículos em circulação.

Quadro 6-1: Fatores de emissão para veículos leves em gramas por quilômetro.

	Ano	%	CO	NMHC	CH_4	NO_x	RCHO	MP	CO_2	N_2O
Gasolina C	1988	28%	18,50	1,45	0,26	1,80	0,04	0,00		0,00
Gasolina C	2007	35%	0,30	0,06	0,01	0,07	0,00	0,00	174,00	0,02
Gasolina C	2012	16%	0,27	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	199,00	0,02
Gasolina C	2014	22%	0,21	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	197,00	0,02
Etanol	1988	28%	13,30	1,45	0,26	1,40	0,11			0,01
Flex-Etanol	2007	35%	0,49	0,09	0,04	0,06	0,02		195,00	0,02
Flex-Etanol	2012	16%	0,48	0,05	0,03	0,03	0,01		173,00	0,02
Flex-Etanol	2014	22%	0,40	0,05	0,02	0,02	0,01		165,00	0,02

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Quadro 6-2: Fatores de emissão para ônibus urbanos em gramas por quilômetro.

Fase PROCONVE	CO	HC	CH4	NOx	MP	N2O
P2/P3/P4	3,02	1,10	0,06	17,37	1,07	0,03
P3/P4	2,71	0,90	0,06	10,97	0,53	0,03
P4	1,48	0,50	0,06	10,71	0,21	0,03
P4/P5	1,67	0,36	0,06	8,47	0,16	0,03
P5	1,88	0,28	0,06	8,43	0,15	0,03
P7	0,54	0,02	0,06	2,63	0,02	0,03

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

6.2. Resultados obtidos

Os cálculos acima descritos fornecem o resultado anualizado das emissões de poluentes, observados no Quadro 6-3.

Quadro 6-3: Emissões anuais relativas ao transporte coletivo.

Poluente	unidade	2018	2028	2038
CO_2	t / ano	44.259	49.282	49.378
CO	t / ano	20	22	22
HC	t / ano	1	1	1
CH_4	t / ano	2	2	2
NOx	t / ano	96	107	107
MP	t / ano	1	1	1
N_2O	t / ano	1	1	1
Total	t / ano	44.380	49.417	49.512
Emissões por passageiro	t / ano	347	358	366

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

O transporte individual tem participação relevante na emissão de poluentes, conforme mostra o Quadro 6-4.

Quadro 6-4: Emissões anuais relativas ao transporte individual.

Poluente	unidade	2018	2028	2038
CO2	t / ano	273.486	305.466	321.753
CO	t / ano	10.289	11.492	12.105
NMHC	t / ano	885	989	1.041
CH_4	t / ano	160	179	188
NOx	t / ano	1.030	1.151	1.212
MP	t / ano	2	3	3
RCHO	t / ano	38	42	44
N_2O	t / ano	32	36	38
Total	t / ano	285.923	319.357	336.384
Emissões por passageiro (1,4 por veículo)	t / ano	712	712	712

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

6.3. Considerações

Com o objetivo de monitorar a evolução das emissões, o gestor deve buscar indicadores que de fato representem a contribuição de cada pessoa em deslocamento. Desse modo, um sistema de transporte coletivo de boa cobertura urbana, com veículos atrativos para os passageiros (conforto térmico e espacial), bem como políticas de desestímulo do uso do transporte individual, tendem a produzir melhorias do ponto de vista da sustentabilidade.

O gestor tem a prerrogativa de monitorar o volume de quilômetros rodados pela frota de transporte coletivo bem como o número de passageiros embarcados. Com um monitoramento constante de trajetos e origens e destinos, obtém-se finalmente a geração de poluentes por passageiro, valor que tende a diminuir conforme ocorram melhorias no sistema e infraestrutura de transporte coletivo.

7. ANÁLISE DO IMPACTO ECONÔMICO DO SISTEMA DE MOBILIDADE

7.1. Contextualização e Metodologia da Análise Socioeconômica e Financeira

7.1.1. Contextualização

A macroestrutura metodológica aplicável à elaboração de estudos de viabilidade que contemplam projetos relacionados a mobilidade urbana é materializada em um fluxo de caixa descontado. A diferença entre os estudos dependerá dos critérios, premissas e da forma de interpretação dos resultados. Deve-se consignar que os estudos possuem finalidades, objetivos e métricas bem distintos. O objetivo da análise socioeconômica é apoiar o processo de decisão em relação à viabilidade do projeto sob o prisma do gestor público, traduzido no interesse da sociedade pela sua implantação, por meio da verificação dos efeitos econômicos decorrentes de sua implantação quantificados monetariamente em termos de benefícios e custos. Já o estudo de viabilidade financeira tem por objetivo determinar as condições nas quais o empreendimento é viável, seja ele público ou privado, na perspectiva de um investidor financeiro, ou seja, nas quais o retorno do capital investido é suficiente para cobrir os investimentos realizados no empreendimento.

De forma mais detalhada, as diversas questões se colocam de forma subjacentes à avaliação econômica e financeira, dentre as quais podemos pontuar preliminarmente as apresentadas a seguir.

a) O projeto é de interesse da sociedade? E de interesse da iniciativa privada?

Esta questão é tratada em dois planos (Figura 7-1). Os projetos propostos podem possuir elevada viabilidade econômica, mas baixa viabilidade financeira. Esta situação ocorre quando os benefícios gerados não são “capturáveis” na forma de receita fiduciária para seu operador. Por exemplo, um projeto que permita a redução dos níveis de poluição ou uma elevada economia de tempo para os não usuários poderá ter elevado resultado econômico, sem que exista a possibilidade do ente operador “capturar” estes benefícios por meio da cobrança de uma tarifa de despoluição de toda a sociedade ou de uma tarifa pelo ganho de tempo dos não usuários. Assim, torna-se necessário escolher uma de três alternativas. Uma operação pública, sabidamente deficitária antes mesmo de seu início. A segunda é instituir uma forma complementar de remuneração da iniciativa privada para que o projeto se viabilize, a exemplo do regime de concessão administrativa ou patrocinada sob a égide das Parcerias Público Privadas, sendo a terceira a desoneração dos investimentos, e eventualmente dos próprios custos operacionais, da empresa operadora. As três soluções se refletem sob a ótica financeira, sendo recomendável determinar qual delas é a de maior eficiência e menor custo global.

Em outra situação, o projeto pode gerar elevados benefícios financeiros associados com elevado impacto econômico. O resultado desta situação é a tendência à delegação da prestação destes serviços à iniciativa privada por sua conta e risco, conforme os termos do artigo 2º da Lei Federal 8.987/95, ou seja, a delegação na forma de uma concessão comum sem a participação direta do Estado no financiamento da implantação ou do custeio da operação.

No terceiro caso, onde o impacto social do empreendimento é baixo, mas há elevada viabilidade financeira, afigura-se um projeto típico de interesse privado sem a intervenção do Estado, ou seja, uma operação de mercado, pois não há razão para interferência do Estado no desenvolvimento do empreendimento.

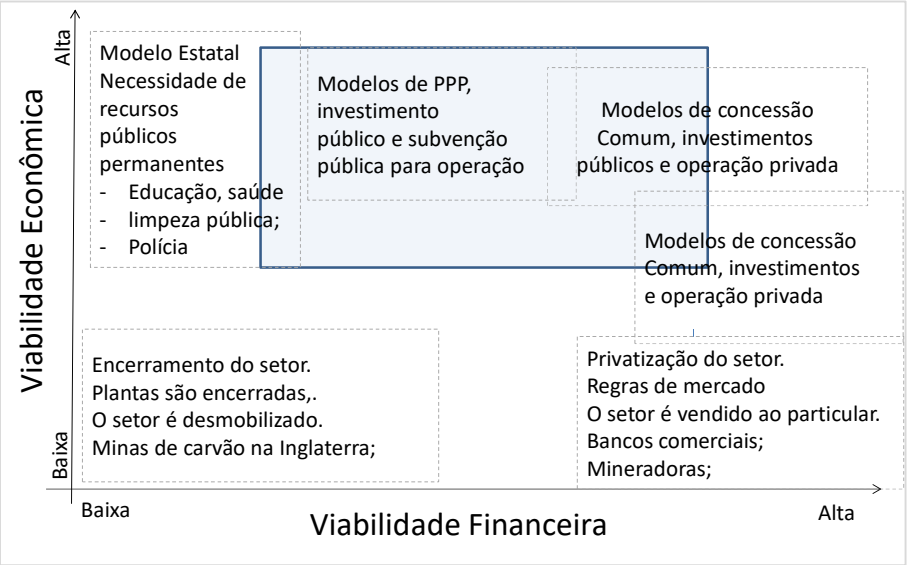


Figura 7-1: Relação entre a viabilidade econômico-financeira e o modelo de investimento e gestão do empreendimento.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

b) Qual a política tarifária que deverá ser adotada, olhando tanto sob a ótica social quanto financeira?

A política tarifária possui múltiplos prismas, dentre os quais maximizar a utilização da infraestrutura pública, o que resulta em uma busca pela tarifa mais acessível possível. Por outro lado, também deve garantir o equilíbrio econômico-financeiro do futuro sistema, o que resultaria na busca pela tarifa que maximizaria as receitas. Esta multiplicidade de objetivos faz com que avaliação econômica e a avaliação financeira sejam extremamente sensíveis à política tarifária adotada e, por vezes, tenham sentidos contrários, sendo necessário buscar uma solução de equilíbrio intermediário importante.

c) Qual o padrão de qualidade dos serviços prestados que será exigido?

A elevação dos níveis de serviços exigidos, em suas diversas vertentes e indicadores, possui como reflexo uma maior atratividade para os usuários, fazendo com que o sistema seja mais utilizado. Porém, a elevação dos níveis de qualidade dos serviços possui como contrapartida uma elevação tanto dos custos financeiros como dos custos econômicos, resultando eventualmente na piora da avaliação final. Assim, um dos objetivos da avaliação econômico-financeira é apoiar a definição do padrão de qualidade que será imposto ao novo empreendimento.

d) Qual o modelo de delegação, a contratação direta dos serviços na forma e na quantia prestada, por exemplo remunerando o operador pela produção de serviços, ou é melhor remunerar pela demanda transportada? Qual a melhor alocação de riscos entre as partes pública e privada?

Um dos reflexos da avaliação econômico-financeira é permitir a avaliação transparente dos riscos do empreendimento e sua alocação ao ente público ou privado mais preparado para sua recepção.

A avaliação econômica é circunscrita por uma série de condicionantes, entre as quais é possível citar como a mais relevante o objetivo global do projeto, isto é, o conjunto de diretrizes gerais que permeiam a implantação do empreendimento e direciona a análise por entes públicos. No caso

específico de um sistema de transporte público urbano de passageiros, observam-se diversos objetivos que podem se destacar a cada projeto. Exemplos de diferentes objetivos são:

- Promover a racionalização da rede de transportes públicos, reduzindo sua frota, aumentando sua eficiência e desonerando o usuário: projetos típicos em que não há uma mudança substantiva na qualidade do padrão prestado, sendo mantido o modal e a tecnologia básica, mas melhorando sua fluidez ou aumentando a capacidade dos veículos nos subsistemas troncais e redes tronco-alimentadas.
- Promover a ampliação da base de usuários do transporte público, capturando demanda do transporte individual ou dos cidadãos que realizam viagens a pé: projetos que normalmente envolvem mudança no padrão tecnológico, em que exista uma mudança radical na percepção de qualidade dos usuários em relação ao sistema implantado. Por exemplo, a passagem de ônibus comum para sistemas BRT de alta capacidade ou sistemas segregados, como metrô, sistema de transporte público, VLT ou *monorail*.
- Promover uma determinada política de uso do solo: historicamente, diversos projetos de transporte público foram implantados em área onde não havia demanda, exatamente com o propósito de incentivar o adensamento na ocupação de determinada região do município ou Microrregião, valorizando o entorno das estações e permitindo a realocação da população de forma eficiente entre diferentes áreas.

7.1.2. Metodologia de Análise

O objetivo da análise socioeconômica é verificar o balanço entre os efeitos decorrentes da implantação das propostas, quantificados monetariamente em termos de benefícios e custos. Os benefícios são avaliados pelas externalidades positivas do projeto (redução de tempo dispendido pelos usuários do transporte público de passageiros e pelos não usuários no cumprimento de suas viagens diárias, redução da emissão de poluentes e gases tóxicos, redução de acidentes e outros). Nos custos, consideram-se o os custos de investimento (obras e sistemas) e os custos operacionais dos projetos.

Ao efetuar-se a projeção do fluxo de caixa operacional do empreendimento, deverão ser avaliadas as principais diretrizes básicas, quais sejam, o horizonte de projeção e a taxa de desconto aplicada sobre o fluxo de caixa (Quadro 7-1). Quanto ao horizonte de projeção, é necessário que o período projetivo utilizado reflita o ciclo natural dos negócios ou o período de vida útil econômica dos ativos implantados na etapa inicial do empreendimento. A taxa de desconto utilizada para trazer a valor presente os fluxos de caixa operacionais do projeto corresponde ao custo do capital do agente público para implantação do empreendimento.

Na construção do fluxo de caixa, as receitas e os custos são projetados com base em valores econômicos.

Quadro 7-1: Variáveis do fluxo de caixa econômico.

Ano	Benefícios Diretos					Benefícios Indiretos		Custos	Fluxo de Caixa Econômico
	Economia de Tempo - Usuários de Transporte Público	Economia de Tempo - Usuários de Transporte Particular	Redução do Custo Variável de Prestação dos Serviços	Redução do Custo Fixo de Prestação dos Serviços	Redução da Manutenção do Sistema Viário	Redução do Número de Acidentes	Redução da Emissão de Poluentes	Implantação do Sistema	
2021									
2022									
(...)									
Soma									
VPL									

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Com base no conjunto de premissas e procedimentos, serão avaliados os principais indicadores econômicos (Valor Presente Líquido – VPL, Relação Benefício-Custo – B/C e Taxa interna de retorno – TIR), detalhados posteriormente.

7.2. Levantamento dos Custos de Implantação e Operação

Nesta seção será apresentado o levantamento dos custos associados às etapas de implantação e operação dos cenários de requalificação do sistema de transporte coletivo de passageiros de João Pessoa e Microrregião, subdivididos entre custos de investimentos e despesas operacionais. Quanto aos investimentos, inicialmente serão identificados os principais itens e respectivos quantitativos que compõem o empreendimento para, a seguir, serem atribuídos valores aos mesmos, de forma a consolidar a base de custos que dará origem às avaliações econômica e financeira. Já os custos operacionais partem da aplicação da planilha tarifária corrente ao sistema.

7.2.1. Investimentos

Os custos com investimentos serão apurados com base nos cenários planejados para a futura rede de transportes coletivos de João Pessoa e Microrregião, de acordo com as definições estabelecidas pelo Poder Concedente.

7.2.2. Levantamento dos custos financeiros de operação

Os custos com a operação do sistema foram estabelecidos a partir da planilha tarifária vigente em João Pessoa. Este método de cálculo foi originalmente proposto pelo Grupo de Estudos em Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, GEIPOT, criado em 1965 e subordinado ao Ministério dos Transportes em 1969, tendo havido atualização em 1996. A concepção do modelo de planilha tarifária teve por objetivo harmonizar o cálculo do valor da tarifa para o usuário de transporte público dentre os diversos entes da federação, unificando os procedimentos metodológicos e sugerindo indicadores que auxiliassem os órgãos que dispusessem de limitação técnica para fazer um levantamento completo de seus preços e parâmetros tarifários.

A Figura 7-2 apresenta o desenho esquemático da metodologia utilizada na determinação da tarifa do usuário.

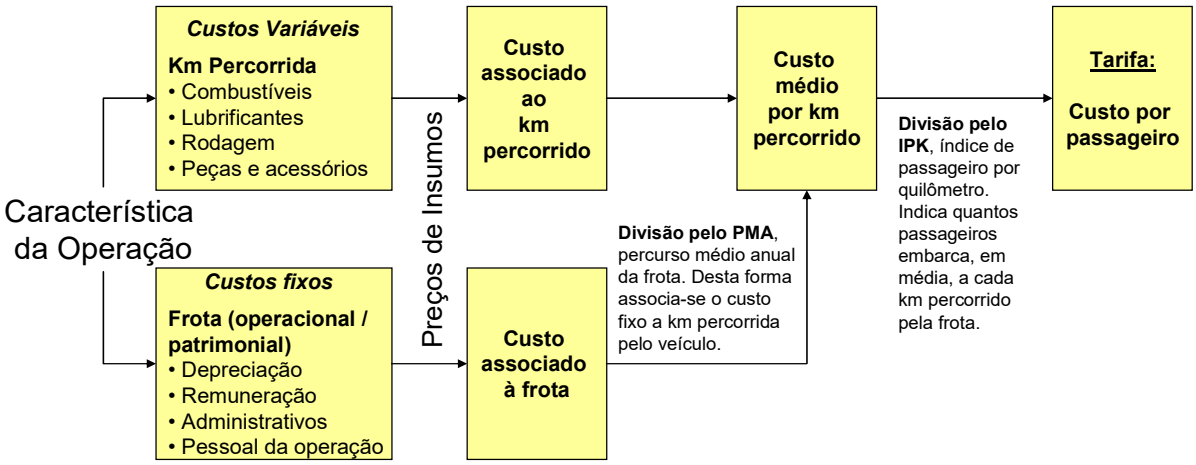


Figura 7-2: Metodologia utilizada na determinação da tarifa do usuário.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

As planilhas de custos se dividem basicamente em duas partes: variáveis e fixos. Os custos variáveis são os decorrentes da operação do veículo e neles englobam os seguintes itens:

- Combustíveis;
- Lubrificantes;
- Rodagem;
- Peças e acessórios.

Os custos variáveis são obtidos em função do consumo de cada insumo por quilômetro percorrido (pelo veículo) multiplicado pelo seu respectivo preço unitário. Já os custos fixos independem da operação do veículo e neles se enquadram os seguintes itens:

- Depreciação;
- Remuneração;
- Administrativos;
- Pessoal da operação.

Após apurados os custos fixos de cada veículo, estes são transformados em custos por quilômetro. Essa transformação é feita pelo quociente entre o custo total fixo anual e o Percurso Médio Anual – PMA, que por sua vez é obtido pelo total de quilômetros percorridos anualmente na operação das linhas, por característica de serviço, dividido pelo número de veículos destinados a operação do sistema, inclusive os reservas.

O valor final da tarifa por usuário é obtido pela soma dos custos por quilômetro (considerados os variáveis e os fixos) dividido pelo número médio de passageiros equivalentes que embarcam no sistema a cada km percorrido (IPK). A Figura 7-3 simplifica o detalhamento metodológico descrito:

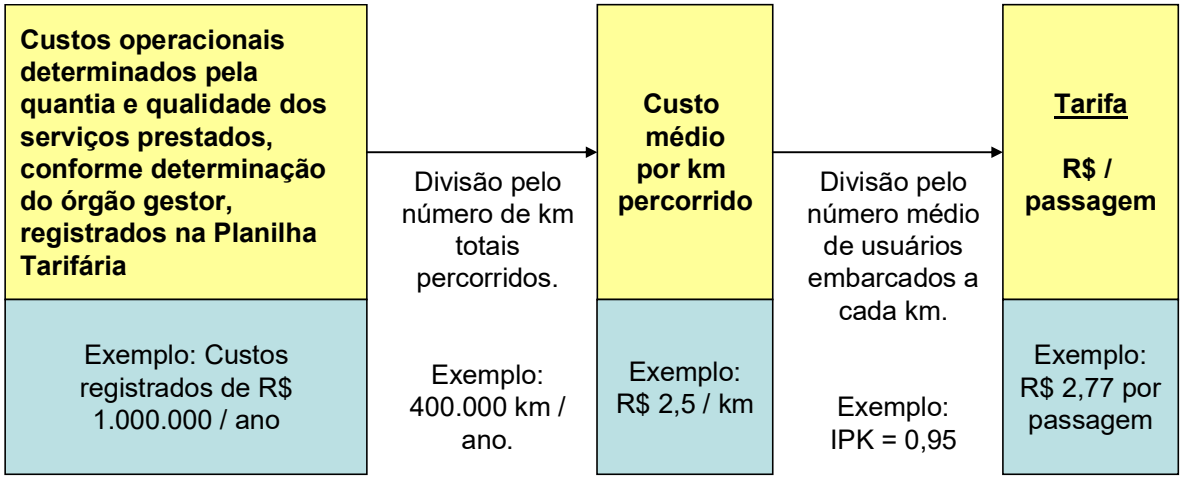


Figura 7-3: Metodologia para obtenção do valor final da tarifa.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Ou seja, a planilha tarifária nada mais é do que a apuração dos custos incorridos para a realização da operação divididos pelos usuários pagantes, dessa forma, no momento de sua aplicação, os custos resultantes nos cálculos devem corresponder aos incorridos para realizar a operação nas condições operacionais (quilometragem, demanda e frota) definidos naquele momento.

De acordo com a planilha tarifária vigente, as variáveis-chave associadas ao custo operacional do sistema podem ser assim resumidas:

- Demanda projetada para o ano de 2020: 4.697.022, sendo 3.733.650 sem desconto e 963.372 com desconto de 50%, portanto um total de 4.215.336 passageiros equivalentes;
- Frota total de 521 veículos, dos quais 452 em operação e 69 em reserva;
- Quilometragem mensal de 3.133.718,00, sendo a quilometragem produtiva de 2.963.461,00 e a quilometragem improdutiva de 170.257,00 / mês.

Os custos totais são sintetizados no Quadro 7-2.

Quadro 7-2: Custos totais do sistema de transporte público coletivo de passageiros de João Pessoa.

Custo Variável	R$/v./mês	R$/mês	R$/km	% Custo	% Total	% Tot.c/Trib.
Combustível	-	-	1,6344	72,17	31,41	29,21
Lubrificantes	-	-	0,1719	7,59	3,30	3,07
Rodagem	-	-	0,1699	7,50	3,27	3,04
Peças e Acessórios	-	-	0,2884	12,73	5,54	5,15
Custo Variável Total	-	-	2,2646	100,00	43,52	40,48
Custo Fixo	**R$/v./mês**	**R$/mês**	**R$/km**	**% Custo**	**% Total**	**% Tot.c/Trib.**
Depreciação	1.603,42	835.379,31	0,2666	9,07	5,12	4,76
Veículos	1.579,65	822.995,14	0,2626	8,94	5,05	4,69
Máq. Instal. e Equipam.	23,77	12.384,17	0,0040	0,13	0,08	0,07
Remuneração	1.346,28	701.412,88	0,2238	7,62	4,30	4,00
Veículos	1.147,80	598.002,41	0,1908	6,49	3,67	3,41
Máq. Instal. e Equipam.	95,08	49.536,68	0,0158	0,54	0,30	0,28
Almoxarifado	103,40	53.873,79	0,0172	0,59	0,33	0,31
Despesas com Pessoal	16.256,32	7.347.856,39	2,3448	79,79	45,06	41,91
Operação	10.538,63	4.763.462,73	1,5201	51,73	29,21	27,17
Manutenção	1.422,72	643.067,47	0,2052	6,98	3,94	3,67
Administrativo	1.106,56	500.163,59	0,1596	5,43	3,07	2,85
Benefícios	2.858,77	1.292.162,61	0,4123	14,03	7,92	7,37
Remuneração Diretoria	329,65	149.000,00	0,0475	1,62	0,91	0,85
Desp. Administrativas	622,13	324.128,43	0,1034	3,52	1,99	1,85
Gerais	594,25	309.604,25	0,0988	3,36	1,90	1,77
Seguro Resp. Civil	0,00	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00
Seguro Obrigatório	27,88	14.524,18	0,0046	0,16	0,09	0,08
IPVA	0,00	0,00	0,0000	0,00	0,00	0,00
Custo Fixo Total	19.828,14	9.208.777,01	2,9386	100,00	56,48	52,52
Custo Total			5,2032	-	100,00	93,00
Custo Total com Tributos			5,5948	-	-	7,00
						100,00

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Com base na planilha tarifária apresentada, o custo médio por passageiro equivalente transportado em João Pessoa é de R$ 4,15.

7.2.3. Levantamento dos custos econômicos de operação

Os custos econômicos foram apurados com base na exclusão dos impostos incidentes sobre a estrutura de custos fixos e variáveis. Particularmente foram excluídos os custos com IPI, PIS, COFINS, ICMS, IRPJ, CSLL e CIDE, conforme o Quadro 7-3.

Quadro 7-3: Impostos incidentes.

Itens para operação	ICMS	PIS	COFINS	IPI	IRPJ	CSLL	CIDE
Combustível	12%	1,65%	7,60%	-	8,00%	2,88%	0,07
Lubrificantes	12%	1,65%	7,60%	-	8,00%	2,88%	-
Rodagem	12%	1,65%	7,60%	2%	8,00%	2,88%	-
Peças/Acessórios	12%	1,65%	7,60%	15%	8,00%	2,88%	-
Veículos	12%	1,65%	7,60%	2%	8,00%	2,88%	-
Maq. e Equip.	12%	1,65%	7,60%	2%	8,00%	2,88%	-

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Desta sorte, o custo econômico por quilômetro percorrido pelo sistema de transporte público coletivo de passageiros de João Pessoa é sintetizado no Quadro 7-4.

Quadro 7-4: Custo por quilômetro percorrido.

Custo Variável	R$/km
Combustível	1,0775
Lubrificantes	0,1167
Rodagem	0,1119
Peças e Acessórios	0,1525
Custo Variável Total	**1,4586**

Custo Fixo	R$/km
Depreciação	**0,1756**
Veículos	0,1730
Máq. Instal. e Equipam.	0,0026
Remuneração	**0,1474**
Veículos	0,1257
Máq. Instal. e Equipam.	0,0104
Almoxarifado	0,0113
Despesas com Pessoal	**2,3448**
Operação	1,5201
Manutenção	0,2052
Administrativo	0,1596
Benefícios	0,4123
Remuneração Diretoria	0,0475
Desp. Administrativas	**0,1034**
Gerais	0,0988
Seguro Resp. Civil	0,0000
Seguro Obrigatório	0,0046
IPVA	0,0000
Custo Fixo Total	**2,7712**

Custo Econômico por km	4,2298

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

7.3. Análise Socioeconômica

A avaliação econômica é desenvolvida com base na comparação entre duas situações distintas:

(i) Situação “Sem Projeto”: não são consideradas as propostas do PDMU. É calculada para o ano base e para os horizontes de projeto (2028 e 2038), considerando tanto o Cenário Tendencial como o Cenário Induzido.

(ii) Situação “Com Projeto”: consideram-se as propostas do PDMU. É calculada para os horizontes de projeto (2028 e 2038), considerando tanto o Cenário Tendencial como o Cenário Induzido.

Tanto a simulação da situação “Sem Projeto” quanto a simulação da situação “Com Projeto” requerem uma análise cuidadosa, devido à inter-relação com os demais projetos em implantação no horizonte de análise. Em outros termos, simular a situação sem os investimentos das propostas pode significar mais do que não considerar a ampliação do número de usuários dos sistemas de transporte, mas também o encadeamento de eventos que sucedem a implantação das propostas.

A avaliação econômica de um projeto de transporte depende, em sua origem, do perfil de demanda que opta por utilizar os novos serviços oferecidos. A partir da identificação deste usuário, e a transição que este realiza entre a situação antes do projeto, é possível quantificar tanto custos quanto benefícios econômicos decorrentes. A Figura 7-4 apresenta um modelo esquemático sobre a metodologia adotada.

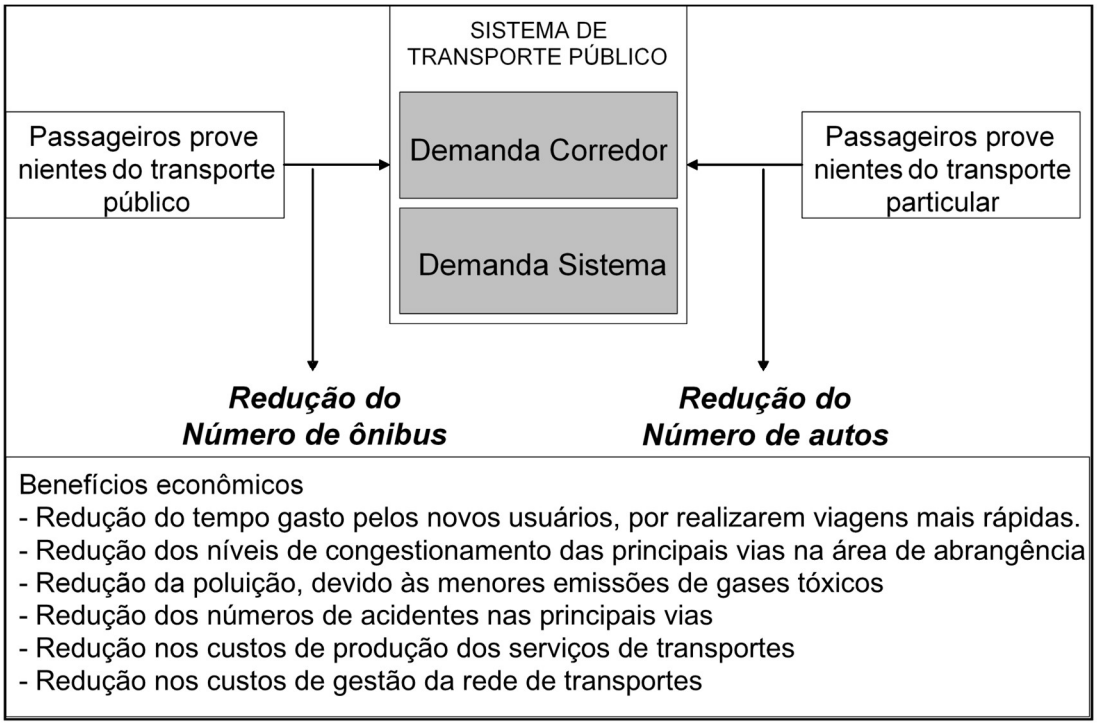


Figura 7-4: Metodologia dos estudos socioeconômicos.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Desta forma, quaisquer que sejam os benefícios incorporados à avaliação do projeto, os mesmos devem estar estritamente relacionados à transferência de demanda para as novas linhas do Sistema de Transporte Público a partir de diferentes meios de transporte. Assim, cabe avaliar qual o percentual dos novos usuários do transporte público proveniente do transporte individual.

Os benefícios advindos da implantação do Projeto são subdivididos em benefícios diretos e indiretos. Os benefícios diretos são gerados pela redução do tempo de deslocamento de passageiros proporcionado pelo projeto na rede de transporte público e individual e pela redução dos custos operacionais, de manutenção e de gestão do sistema. Existem, ainda, diversas externalidades positivas do projeto, como a melhoria nas condições de segurança do sistema viário e na qualidade do ar, devido à redução do tráfego de veículos. Estes benefícios são aqui tratados como benefícios gerados indiretamente pelo projeto, ou benefícios indiretos.

Os custos econômicos compreendem os custos de investimentos necessários para implantação do empreendimento, custos operacionais para pleno funcionamento do empreendimento e custos de investimento durante a fase de operação. Não obstante, os custos de operação referem-se aos custos incrementais, ou seja, ao aumento ou redução dos custos de provisão dos serviços de transporte público em comparação às suas alternativas, sejam estas também públicas ou individuais.

Nos estudos socioeconômicos, os benefícios e custos envolvidos são avaliados sob a ótica econômica e não financeira, isto é, são desconsideradas as transferências de recursos entre os diversos agentes para que não se superestime os valores, incorrendo em um problema de dupla contagem. Para tanto, parte-se dos valores financeiros, ou preços de mercado, subtraindo destes os impostos e transferências, que representam a intervenção pública na economia, obtendo-se, assim, os valores a custo de fatores.

Os custos unitários dos bens e serviços previstos de acordo com categorias apresentadas anteriormente são obtidos a partir dos preços de mercado excluindo impostos indiretos e transferências. Os impostos considerados são: Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e de Comunicação (ICMS); Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI); Imposto sobre Serviços de Qualquer

Natureza (ISSQN); Imposto sobre Importação (II) e outros porventura incidentes. Assim, obtém-se o preço de um bem ou serviço, que nada mais é do que a representação do real valor de cada produto ou serviço.

A seguir, são descritos os principais benefícios diretos e indiretos previstos para o empreendimento em termos econômicos.

7.3.1. Benefícios Diretos

7.3.1.1. Cálculo do valor econômico do tempo em transporte público

O valor econômico do tempo em transporte foi estimado segundo a área de influência do empreendimento.

Esta metodologia (Figura 7-5) limita o valor econômico do tempo em transporte em 30% do valor da hora produtiva, devido à dificuldade de mensuração do uso econômico alternativo para os ganhos de tempo em transporte.

Figura 7-5: Metodologia de cálculo dos ganhos de tempo em deslocamento no transporte público.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

O cálculo realiza-se em função do número de usuários transportados nas duas situações e da diferença de velocidade entre os sistemas.

O valor por hora adotado para o estudo em tela partiu das seguintes premissas que constam no Quadro 7-5.

Quadro 7-5: Premissas de valor por hora.

Valores	2018	2028 Ind	2038 Ind
Salário Mínimo	1.039,00	1.039,00	1.039,00
Salários Mínimos T.P	2,70	3,36	4,17
Salários Mínimos T.I	4,05	5,03	6,26
Valor do Tempo em Transporte / hora T.P	5,84	7,27	9,03
Valor do Tempo em Transporte / hora T.I	8,77	10,90	13,55

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Para o Cenário Tendencial, o valor do tempo gasto em transporte público é apresentado no Quadro 7-6.

Quadro 7-6: Valor do tempo (transporte coletivo) no Cenário Tendencial.

Cenário Tendencial	Unidade	2018 SP	2028 SP	2038 SP
Horas gastas	passageiros * horas HPM	17.870	21.891	22.931
Valor do Tempo em Transporte HPM	R$	104.439	159.042	207.099
Valor do Tempo em Transporte Ano	R$	283.032.470	431.008.929	561.245.173

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Já no Cenário Induzido, ou seja, com as medidas de modificação de uso do solo, os resultados são apresentados no Quadro 7-7.

Quadro 7-7: Valor do tempo (transporte coletivo) no Cenário Induzido.

Cenário Induzido	Unidade	2018 SP	2028 SP	2038 SP
Horas gastas	passageiros * horas HPM	17.870	18.805	18.828
Valor do Tempo em Transporte HPM	R$	104.439	136.622	170.044
Valor do Tempo em Transporte Ano	R$	283.032.470	370.249.094	460.822.647

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

7.3.1.2. Cálculo do valor econômico do tempo em transporte individual

O ganho de tempo dos meios individuais de transporte refere-se ao ganho de velocidade no sistema viário por duas razões principais:

- Redução do número de ônibus em circulação, o que diminui proporcionalmente o número de congestionamentos no viário arterial;
- Ganhos de velocidade decorrentes das intervenções propostas sobre o viário da Região constantes do programa de intervenções, que incluem a construção de viadutos e intervenções equivalentes.

No Quadro 7-8, apresenta-se o tempo gasto em transporte individual nos horizontes do projeto no Cenário Tendencial.

Quadro 7-8: Valor do tempo (transporte individual) no Cenário Tendencial.

Cenário Tendencial	Unidade	2018 SP	2028 SP	2038 SP
Veículos Horas gastas em Tr. Individual	Veículos * horas HPM	22.387	28.098	31.452
Valor do Tempo em Transporte HPM	R$	306.161	477.681	664.691
Valor do Tempo em Transporte Ano	R$	817.155.625	1.274.950.259	1.774.087.591

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

No cenário induzido o gasto com tempo em transporte individual é apresentado no Quadro 7-9.

Quadro 7-9: Valor do tempo (transporte individual) no Cenário Induzido.

Cenário Induzido	Unidade	2018 SP	2028 Ind	2038 Ind
Veículos Horas gastas em Tr. Individual	Veículos * horas HPM	22.387	26.527	30.087
Valor do Tempo em Transporte HPM	R$	306.161	450.974	635.844
Valor do Tempo em Transporte Ano	R$	817.155.625	1.203.665.937	1.697.093.137

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

7.3.1.3. Redução do custo operacional da rede de transporte coletivo, custos variáveis

Para medir a redução do custo operacional variável do sistema de transporte coletivo, toma-se como referência o custo econômico por km detalhado no capítulo anterior. A redução do número de viagens do sistema futuro em suas condições previstas em comparação à quilometragem produzida pelo Sistema Atual pode ser atribuída a três fatores principais:

- Maior capacidade de transporte dos veículos utilizados no Sistema Futuro em comparação ao sistema corrente;
- Maior velocidade de operação dos veículos nos corredores segregados;
- Maior racionalidade da programação da oferta.

Toma-se a redução do custo operacional como resultante do diferencial de custo sem e com projeto do sistema de ônibus, os quais são calculados como apresenta a Figura 7-6.

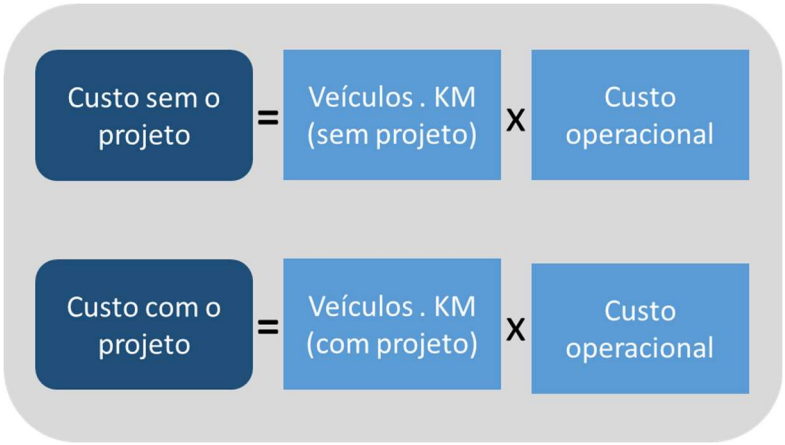


Figura 7-6: Metodologia de cálculo da redução do custo econômico do transporte coletivo.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Foi desconsiderado o fato de que a redução do fluxo de veículos permitiria uma redução no custo unitário dos meios de transporte, produzindo um importante efeito de segunda ordem[6].

A redução do custo operacional estimado para a hora pico é transformada em valores anuais, considerando-se o Fator Hora Pico/dia para veículos por km no sistema ônibus (FHPv) e o fator de conversão dias-ano (FCDA), conforme apresentam os Quadros 7-10 e 7-11.

Quadro 7-10: Redução do custo operacional (transporte coletivo) no Cenário Tendencial.

Cenário Tendencial	Unidade	2018 SP	2028 SP	2038 SP
Veículos Horas gastas em Tr. Individual	veículos * km	13.489	15.020	15.049
Custo Econômico Transporte HPM	R$	57.057	63.533	63.656
Custo Econômico Transporte Ano	R$	154.627.165	172.176.841	172.509.160

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Quadro 7-11: Redução do custo operacional (transporte coletivo) no Cenário Induzido.

Cenário Induzido	Unidade	2018 SP	2028 Ind	2038 Ind
Produção veicular	veículos * km	13.489	12.814	12.517
Custo Econômico Transporte HPM	R$	57.057	54.201	52.945
Custo Econômico Transporte Ano	R$	154.627.165	146.886.466	143.481.798

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

7.3.1.4. Redução do custo operacional do transporte individual

O cálculo dos benefícios relativos à redução do custo operacional no transporte individual não difere da metodologia empregada no cálculo feito para o sistema de ônibus. Neste caso empregam-se os valores obtidos no Modelo de Simulação para o número de veículos*km percorrido na rede viária, assim como o Fator Hora Pico. Os resultados são apresentados nos Quadros 7-12 e 7-13.

[6] Diversos estudos elaborados indicam que veículos dedicados ao transporte público e individual possuem substancial melhora de rendimento conforma eleva-se a velocidade média de circulação, reduzindo, assim, o custo médio por km percorrido. Não obstante, o fato de o ganho de velocidade não ser claro para o corredor em análise não permite inferir com segurança o efetivo ganho de desempenho dos veículos.

Quadro 7-12: Redução do custo operacional (transporte individual) no Cenário Tendencial.

Cenário Tendencial	Unidade	2018 SP	2028 SP	2038 SP
Produção veicular	veículos * km	765.655	855.186	900.783
Custo Econômico Transporte HPM	R$	350.672	391.678	412.561
Custo Econômico Transporte Ano	R$	935.957.532	1.045.402.666	1.101.141.681

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Quadro 7-13: Redução do custo operacional (transporte individual) no Cenário Induzido.

Cenário Induzido	Unidade	2018 SP	2028 Ind	2038 Ind
Produção veicular	veículos * km	765.655	846.928	899.177
Custo Econômico Transporte HPM	R$	350.672	387.895	411.826
Custo Econômico Transporte Ano	R$	935.957.532	1.035.307.862	1.099.178.463

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

7.3.1.5. Redução do custo de manutenção do sistema viário

O quarto benefício direto considerado é a redução das despesas com a manutenção do sistema viário, haja vista a redução na intensidade de utilização. Para estimar este benefício, buscou-se a redução anual do veículo*km percorrido tanto no sistema de ônibus como no sistema viário, uma vez que os dados obtidos para o transporte individual apontam para variações pouco expressivas na quilometragem deste modal.

Com base no fluxo de veículos da área de abrangência do projeto, calcula-se o custo de manutenção por veículo, considerando-se o fator de equivalência entre ônibus e autos. Assim, obteve-se um custo de manutenção do sistema viário por veículo equivalente. A parcela do benefício advinda da redução do custo de manutenção é resultante da redução da quilometragem rodada em cada sistema multiplicada pela seu respectivo valor de manutenção, como mostra o esquema da Figura 7-7.

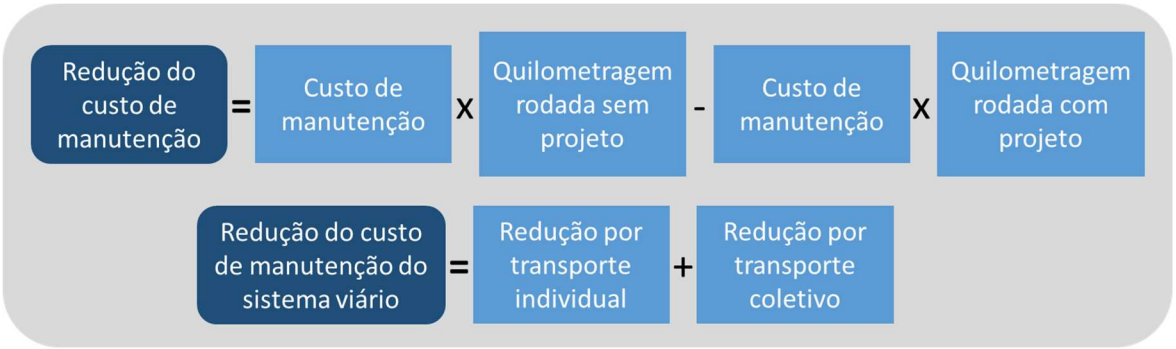


Figura 7-7: Metodologia de cálculo da redução do custo econômico de manutenção do sistema viário.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Os levantamentos realizados junto ao DER-SP e à ANTT apontam um custo aproximado de R$ 0,004634 por veículo individual e R$ 0,077240 por veículo coletivo que utiliza vias públicas. O benefício de redução de custo de manutenção viária é apresentado nos Quadros 7-14 e 7-15.

Quadro 7-14: Redução do custo de manutenção viária no Cenário Tendencial.

Cenário Tendencial	Unidade	2018 SP	2028 SP	2038 SP
Produção veicular em T.P.	veículos * km	13.489	15.020	15.049
Custo de Manutenção Viário HPM	R$	1.042	1.160	1.162
Custo de Manutenção Viário Ano	R$	2.823.635	3.144.108	3.150.177

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Quadro 7-15: Redução do custo de manutenção viária no Cenário Induzido.

Cenário Induzido	Unidade	2018 SP	2028 Ind	2038 Ind
Produção veicular em T.P.	veículos * km	13.489	12.814	12.517
Custo de Manutenção Viário HPM	R$	1.042	990	967
Custo de Manutenção Viário Ano	R$	2.823.635	2.682.282	2.620.110

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

7.3.1.6. Benefícios Indiretos

É de pleno entendimento que os efeitos benéficos de um projeto de transporte transbordam para outras áreas, sendo percebidos indiretamente. A valorização dos imóveis situados na área de influência, a elevação da atratividade de empreendimentos residenciais e comerciais na área, a maior oferta de emprego, a maior produtividade da economia, a melhoria no acesso aos equipamentos urbanos e a melhoria na qualidade do ar e na segurança viária são alguns dos exemplos destas externalidades positivas. Estes benefícios são de difícil mensuração física e, consequentemente, monetária.

Foram quantificados e valorados em termos monetários, os benefícios advindos da melhoria na segurança do sistema viário e na qualidade do ar.

Os benefícios econômicos advindos da melhoria nas condições de segurança do sistema viário são calculados com base no trabalho sobre segurança de trânsito elaborado pelo Engº Philip Anthony Gold[7] e nas informações estatísticas obtidas junto ao IPEA (2015), no Relatório de Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais Brasileiras[8].

O cálculo dos benefícios relativos à melhoria na qualidade do ar leva em conta a redução da emissão decorrente da renovação da frota de veículos e mudança do veículo tipo em concordância com o PROCONVE. As emissões são quantificadas utilizando a metodologia da Agência de Proteção Ambiental dos EUA – USEPA. Quanto à valoração dos poluentes, adotaram-se os valores médios disponíveis no “Guidebook for Evaluating Transit Projects” – TCRP de Federal Transit Administration FTA/EUA (março, 2009).

a) Aumento da segurança viária e redução do número de acidentes

Os benefícios do projeto podem ser mensurados em termos da melhoria nas condições de segurança nas redes viárias, a qual representa o primeiro benefício indireto aqui estimado. Para tanto, é necessário calcular a probabilidade de ocorrências de acidentes de trânsito e atropelamentos com e sem vítimas fatais. Esta probabilidade é dada por um índice que representa a relação entre os acidentes e o total de veículos*km percorridos nas redes de transporte, como mostra a Figura 7-8.

[7] GOLD, PHILIP ANTHONY. Segurança de Trânsito. Banco Interamericano de Desenvolvimento, Washington, 1998.

[8] Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/150922_relatorio_acidentes_transito.pdf. Acesso em jan/2020.

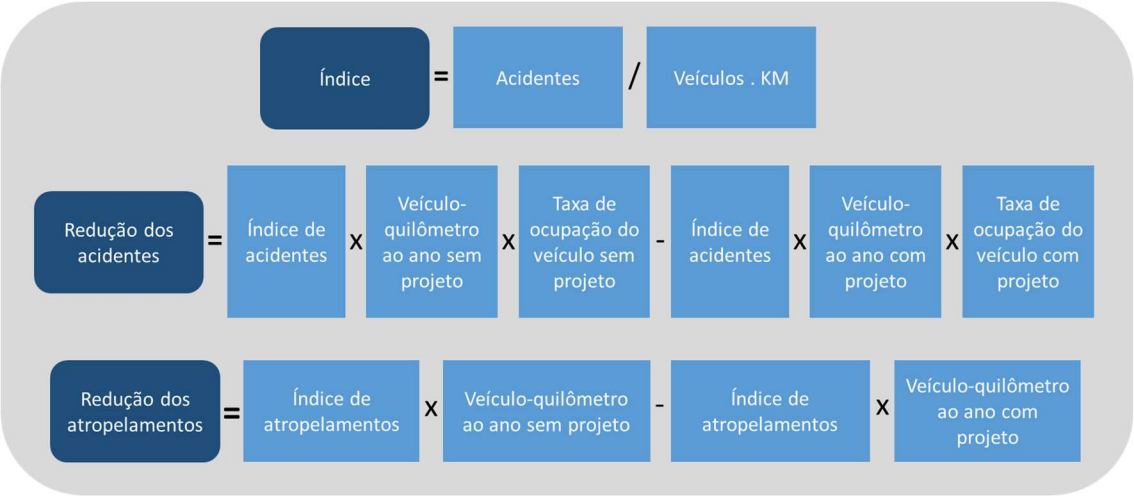


Figura 7-8: Metodologia de cálculo da redução do custo econômico com acidentes.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Para mensurar em valores monetários os custos dos acidentes, tomaram-se como base os valores apontados pelo IPEA (2015). Estes valores envolvem despesas com danos materiais (veículos, sinalização, equipamentos urbanos, propriedades etc.), custos de atendimento (policial, bombeiros, ambulâncias, atendimento médico de emergência, hospitais etc.), custos relativos à perda de produtividade, perda de tempo em congestionamentos, processos judiciais, entre outros. O Quadro 7-16 aponta os indicadores ponderados de custos e ocorrências.

Quadro 7-16: Parâmetros de custos econômicos com acidentes por milhões de veículos*km percorridos.

Tipo de Acidente	Custo dos Acidentes (R$ / unitário)	Índices de Acidentes (por milhão de veíc-km)
Sem vítima	4.983,00	6,50
Com feridos	26.671,00	1,98
Mortes	220.187,00	0,07
Custo total por milhões de km percorridos (R$ / por milhão de veíc-km)		100.611,17

Fonte: IPEA, 2015.

O benefício oriundo da redução de acidentes centra-se na redução do total de quilometragem percorrida por automóveis individuais e coletivos do sistema de transporte coletivo, conforme os Quadros 7-17 e 7-18.

Quadro 7-17: Redução de custos com acidentes (transporte coletivo) no Cenário Tendencial.

Cenário Tendencial	Unidade	2018 SP	2028 SP	2038 SP
Produção veicular em T.P.	veículos * km	13.489	15.020	15.049
Valor do Tempo em Transporte HPM	R$	1.357	1.511	1.514
Valor do Tempo em Transporte Ano	R$	3.678.016	4.095.458	4.103.363

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Quadro 7-18: Redução de custos com acidentes (transporte coletivo) no Cenário Induzido.

Cenário Induzido	Unidade	2018 SP	2028 Ind	2038 Ind
Produção veicular em T.P.	veículos * km	13.489	12.814	12.517
Custo Médio do Transporte	R$	1.357	1.289	1.259
Valor do Tempo em Transporte Ano	R$	3.678.016	3.493.893	3.412.908

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Para o transporte individual, a variação no número esperado de acidentes é apresentada nos Quadros 7-19 e 7-20.

Quadro 7-19: Redução de custos com acidentes (transporte individual) no Cenário Tendencial.

Cenário Tendencial	Unidade	2018 SP	2028 SP	2038 SP
Produção veicular em T.I.	veículos * km	765.655	855.186	900.783
Valor do Tempo em Transporte HPM	R$	77.033	86.041	90.629
Valor do Tempo em Transporte Ano	R$	205.605.281	229.647.502	241.891.899

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Quadro 7-20: Redução de custos com acidentes (transporte individual) no Cenário Induzido.

Cenário Induzido	Unidade	2018 SP	2028 Ind	2038 Ind
Produção veicular em T.I.	veículos * km	765.655	846.928	899.177
Custo Médio do Transporte	R$	77.033	85.210	90.467
Valor do Tempo em Transporte Ano	R$	205.605.281	227.429.939	241.460.632

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

b) Redução de emissão de poluentes e melhoria de qualidade do ar

O último benefício quantificado nesta análise é aquele proveniente da redução de emissão de poluentes. Calculou-se o volume de poluentes emitidos com base na metodologia da Agência de Proteção Ambiental dos EUA – USEPA, também adotada pela CETESB. Esta metodologia foi adaptada para refletir os parâmetros impostos pela legislação vigente quanto à renovação da frota de veículos (Figura 7-9). Considera-se que a emissão média de poluentes ocorrerá independentemente da implantação ou não do projeto.

Geralmente assume-se que a emissão de poluentes, assim como o consumo de combustível, está relacionada à variação de velocidade e às distâncias percorridas. Porém, a emissão de poluentes também é influenciada pelas características dos combustíveis e condições dos próprios veículos (modelo, tipo, idade, estado de conservação, etc.). Consideram-se seis poluentes principais, quatro resultantes de emissões evaporativas – monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO2), hidrocarbonetos (HC), óxido de nitrogênio (NOx) e óxido de enxofre (SOx) – e um resultante do atrito dos pneus com o solo – materiais particulados (MP).

A emissão de poluentes como HC, CO, CO2 e NOx são inversamente proporcionais às velocidades médias do veículo, sendo os demais constantes. Contudo, o impacto da implantação da extensão sobre a velocidade média do transporte público ou individual foi considerada não relevante, de forma que a média de emissão de poluentes foi considerada constante para as situações com e sem projeto.

A referida metodologia calcula os fatores de emissão para veículos leves e pesados, considerando a velocidade do ciclo de teste de 31,5 Km/h (USEPA – Agência de Proteção Ambiental dos EUA). O volume das emissões é multiplicado pelo fluxo de veículos anual medido em veículos*km percorridos nas redes (Transporte Individual e Coletivo).

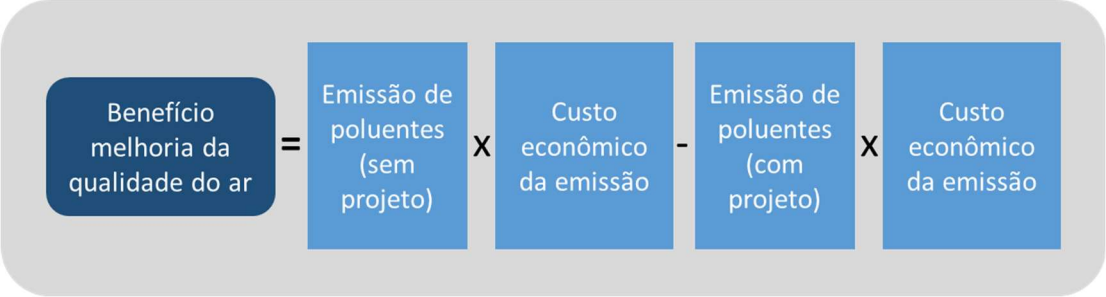


Figura 7-9: Metodologia de cálculo da redução do custo econômico com emissão de poluentes.
Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

No caso do Sistema de Transporte Público de João Pessoa, tem-se uma conjuntura nova, na qual, desde 1º de janeiro de 2012, todos os novos veículos deverão estar adequados às normas de emissão de poluentes do tipo Euro 5. Contudo, as normas estabelecidas pelo PROCONVE indicam que, a partir de 2022, será obrigatória a adoção da tecnologia Euro 6, de forma que, no futuro, a expectativa de emissão de poluentes veiculares será novamente reduzida.

O Quadro 7-21 aponta os padrões de emissão de gases tóxicos e material particulado com base nos diferentes perfis de veículos.

Quadro 7-21: Padrões de emissão de gases tóxicos (g/km).

Item	Auto	Ônibus - Euro 5	Ônibus - Euro 6
	g/ km	g/km	g/km
CO	4,661150438	1,876368472	0,538525438
HC	0,439260647	0,284858743	0,018
Nox	0,472285268	8,430206915	2,631368031
Sox	0	0,82	0,164
CO2	265,5382806	1209	1209
Mat. Particulado	0,000718398	0,151048327	0,021488924

Fonte: CETESB, 2018.

Segundo a metodologia preconizada pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento, existem duas formas alternativas de quantificar monetariamente o benefício associado à redução da emissão de poluentes pelo sistema de transporte público. A primeira forma é considerar o custo alternativo para se evitar a emissão de poluição no meio ambiente. Neste critério estão os valores associados, por exemplo, à colocação de filtros especiais em unidades fabris ou redução de poluentes emitidos por veículos individuais. A segunda alternativa considera o custo para despoluição, isto é, para redução do volume de gases e partículas sólidas anteriormente emitidas por veículos, unidades fabris ou queimadas.

Os valores adotados para o custo de emissão de polução foram aqueles recomendados pela CETESB, apresentados no Quadro 7-22.

Quadro 7-22: Custo de Emissão de Gases Poluentes e Partículas Sólidas (R$/kg).

Item	R$ / kg
CO	0,93233
HC	4,12965
Nox	4,77337
Sox	18,1678
CO2	0,14896
Mat. Particulado	24,41348

Fonte: CETESB, 2018.

Multiplicando-se o custo de evitar a emissão de poluentes pelo volume de poluentes emitidos por tipo de veículos, temos o custo da poluição (por km percorrido) emitida para cada tipo de veículo (Quadro 7-23).

Quadro 7-23: Custo da poluição por quilômetro percorrido por tipo de veículo.

Custo da Poluição (R$ / Km)	Auto (R$ / Km)	Ônibus - Euro 5 (R$ / Km)	Ônibus - Euro 6 (R$ / Km)
CO	0,0043	0,0017	0,0005
HC	0,0018	0,0012	0,0001
Nox	0,0023	0,0402	0,0126
Sox	0,0000	0,0149	0,0030
CO2	0,0396	0,1801	0,1801
Mat. Particulado	0,0000	0,0037	0,0005
Total	**0,0480**	**0,2418**	**0,1967**

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

O produto entre a redução da quilometragem total percorrida pelos ônibus e o custo econômico associado à despoluição resulta no valor calculado como benefício econômico associado a este item, conforme Quadros 7-24 e 7-25 para veículos de categoria Euro 5, correspondendo àqueles em uso em João Pessoa.

Quadro 7-24: Redução de custos associados à despoluição (ônibus categoria Euro 5) no Cenário Tendencial.

Cenário Tendencial - Euro 5	Unidade	2018 SP	2028 SP	2038 SP
Produção veicular em T.P.	veículos * km	13.489	15.020	15.049
Valor do Tempo em Transporte HPM	R$	3.262	3.633	3.640
Valor do Tempo em Transporte Ano	R$	8.841.031	9.844.459	9.863.459

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Quadro 7-25: Redução de custos associados à despoluição (ônibus categoria Euro 5) no Cenário Induzido.

Cenário Induzido - Euro 5	Unidade	2018 SP	2028 Ind	2038 Ind
Produção veicular em T.P.	veículos * km	13.489	12.814	12.517
Custo Médio do Transporte	R$	3.262	3.099	3.027
Valor do Tempo em Transporte Ano	R$	8.841.031	8.398.445	8.203.778

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Com a adoção do padrão Euro 6 a partir de 2022, os custos com a emissão de poluentes serão reduzidos conforme os Quadros 7-26 e 7-27.

Quadro 7-26: Redução de custos associados à despoluição (ônibus categoria Euro 6) no Cenário Tendencial.

Cenário Tendencial - Euro 6	Unidade	2018 SP	2028 SP	2038 SP
Produção veicular em T.P.	veículos * km	13.489	15.020	15.049
Valor do Tempo em Transporte HPM	R$	2.654	2.955	2.961
Valor do Tempo em Transporte Ano	R$	7.191.907	8.008.165	8.023.622

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Quadro 7-27: Redução de custos associados à despoluição (ônibus categoria Euro 6) no Cenário Induzido.

Cenário Induzido - Euro 6	Unidade	2018 SP	2028 Ind	2038 Ind
Produção veicular em T.P.	veículos * km	13.489	12.814	12.517
Custo Médio do Transporte	R$	2.654	2.521	2.463
Valor do Tempo em Transporte Ano	R$	7.191.907	6.831.878	6.673.522

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Para os veículos individuais, o custo com a emissão de poluentes nos diferentes cenários é apresentado nos Quadros 7-28 e 7-29.

Quadro 7-28: Redução de custos associados à despoluição (transporte individual) no Cenário Tendencial.

Cenário Tendencial	Unidade	2018 SP	2028 SP	2038 SP
Produção veicular em T.I.	veículos * km	765.655	855.186	900.783
Valor do Tempo em Transporte HPM	R$	36.741	41.037	43.225
Valor do Tempo em Transporte Ano	R$	98.062.905	109.529.780	115.369.713

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

Quadro 7-29: Redução de custos associados à despoluição (transporte individual) no Cenário Induzido.

Cenário Induzido	Unidade	2018 SP	2028 Ind	2038 Ind
Produção veicular em T.I.	veículos * km	765.655	846.928	899.177
Custo Médio do Transporte	R$	36.741	40.641	43.148
Valor do Tempo em Transporte Ano	R$	98.062.905	108.472.119	115.164.021

Fonte: CONSÓRCIO CONCREMAT-COMAP-SISTRAN, 2020.

A agregação dos benefícios econômicos e sua comparação nos diferentes cenários de projeção da rede de transporte público de passageiros em João Pessoa e Microrregião será objeto de avaliações futuras conduzidas no âmbito do presente projeto.

7.3.2. Custos

Os custos econômicos são subdivididos em custos iniciais ou custos de investimento e custos operacionais do projeto. Porém, os custos operacionais já são contabilizados na economia de custos do sistema de transporte coletivo, de forma que se resume o custo econômico ao custo de implantação. A conversão dos preços de mercado a custos de fatores, excluídos os impostos indiretos e transferências, considerou os fatores de conversão padrão. A seguir, os componentes do custo do projeto são apresentados com seus respectivos fatores.

7.3.2.1. Custos de Investimento

a) Obras Civis

Estima-se que 60% dos custos se referem à compra de materiais e o restante a serviços de construção, conforme segue:

- Materiais: os impostos incidentes variam de produto para produto. Considera-se, em média, as seguintes alíquotas, que resultam em um fator de 0,7935:
  - 12% de ICMS;
  - 5% de IPI;
  - 3,00% de COFINS;
  - 0,65% de PIS;

- Serviços de construção: a conversão para preços de conta considerou a incidência de 5% de ISS para as empresas do município de João Pessoa e assumindo-se a hipótese de que

as empresas contratadas terão domicílio fiscal neste município. Acrescendo-se o PIS e a COFINS, seu fator de conversão é 0,9135.

O custo das obras civis a preços econômicos é calculado ponderando-se os custos de materiais e serviços de construção.

$$0{,}6 \times 0{,}7935 + 0{,}4 \times 0{,}9135 = 0{,}8415$$

b) Sistemas (Materiais)

Da mesma forma que os materiais das obras civis, a incidência de impostos é considerada como 12% de ICMS e 5% de IPI, o que perfaz um total de 18%.

Assim, o fator econômico utilizado para a conversão de preços em custos de fatores foi de 76,5%. No caso da desapropriação, considerou-se um fator de custos econômicos igual a 1,00, uma vez que não incidem impostos sobre este item.

7.3.3. Figuras de Mérito

Com base nos benefícios e custos estimados com a implantação dos cenários futuros do Sistema de Transporte Público, é montado o fluxo de caixa em moeda constante, com data base em 2020. Posteriormente, os valores anuais são convertidos a valores presentes com base em uma taxa de desconto de 6% ao ano.

No desenvolvimento do fluxo de caixa, são considerados os seguintes itens:

- Cronograma de Desembolso dos Custos de Investimentos;
- Valor residual do Empreendimento no final do período de análise;
- Custo anual de operação e manutenção do sistema proposto;
- Benefícios Diretos Anuais;
- Benefícios Indiretos Anuais;
- Resultado Anual do Fluxo de Caixa em valores correntes;
- Resultado Anual do Fluxo de Caixa em valores presentes;
- Resultado Acumulado do Fluxo de Caixa em valores presentes; e,
- Cálculo das figuras de mérito no final do período de análise (VPL, B/C e TIR), apresentadas nos itens a seguir.

7.3.3.1. Critério do Valor Presente Líquido (VPL)

Esta técnica transporta os valores de um fluxo de caixa para a data zero (ano base), descontando-os a uma taxa equivalente ao custo de capital do Poder Concedente.

$$VPL = \sum \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum \frac{C_t}{(1+i)^t} \geq 0$$

onde:

$B^t = benefícios\ projetados\ no\ período\ t, geração\ de\ caixa;$

$C^t = custos\ esperados\ no\ período\ t, saídas\ de\ caixa;$

$t = período\ de\ análise;$

$i = taxa\ de\ desconto.$

O projeto será considerado economicamente viável quando seu resultado medido através do valor presente líquido for positivo.

7.3.3.2. Critério da Razão Benefício-Custo (B/C)

Assim como na técnica do VPL, nesta se descontam os valores de custos e benefícios a uma dada taxa comparando a relação entre eles, como mostra a equação:

$$B/C = \frac{\sum \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum \frac{C_t}{(1+i)^t}} > 1$$

Onde:

$B^t = benefícios\ projetados\ no\ período\ t, geração\ de\ caixa;$

$C^t = custos\ esperados\ no\ período\ t, saídas\ de\ caixa;$

$t = período\ de\ análise;$

$i = taxa\ de\ desconto.$

O projeto é considerado economicamente viável se a razão B/C for maior que 1, ou seja, os benefícios superam os custos.

7.3.3.3. Taxa Interna de Retorno (TIR)

A taxa interna de retorno corresponde à taxa de desconto com base na qual os valores dos benefícios e custos descontados se equilibram, isto é, à taxa que anula o VPL.

$$TIR = i \leftrightarrow VPL = \sum \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum \frac{C_t}{(1+i)^t} = 0$$

Onde:

$B^t = benefícios\ projetados\ no\ período\ t, geração\ de\ caixa;$

$C^t = custos\ esperados\ no\ período\ t, saídas\ de\ caixa;$

$t = período\ de\ análise;$

$i = taxa\ de\ desconto.$

A TIR deve ser analisada em conjunto com o valor do Empreendimento (Valor Presente Líquido), uma vez que se trata de um indicador relativo ao volume de investimentos realizados, não apontando, em termos monetários, o ganho esperado. Porém, vista isoladamente, quanto maior se apresentar, melhor será a atratividade do empreendimento aos investidores. As duas principais vantagens de se utilizar a TIR são a facilidade de interpretação dos resultados e a inexistência da necessidade de fixação de uma taxa de desconto.

7.3.4. Resultados da Avaliação Econômica

A partir dos resultados da avaliação socioeconômica, serão traçadas respostas às diversas questões levantadas. Contudo, a avaliação econômica somente será consolidada quando da definição de propostas e intervenções, ainda em andamento. No atual estágio do estudo, os indicadores não permitem que seja traçada a comparação entre as situações “Com Projeto” e “Sem Projeto”, em linha com a metodologia proposta.

8. CONCLUSÕES

Neste relatório, apresentou-se uma relação de indicadores que permitirão medir o desempenho da infraestrutura, da demanda e da relação entre ambas, referentes aos diferentes modos de transporte, além de aspectos ambientais, urbanos e sociais no contexto da mobilidade. Foram elencados indicadores relacionados a transporte ativo, gestão pública, transporte público, sistema viário e planejamento urbano.

Foram apresentadas as metodologias adotadas para projeções de variáveis socioeconômicas em dois cenários de desenvolvimento urbano: tendencial – onde os eventos da última década, continuarão ocorrendo com a mesma intensidade nos horizontes de 10 e 20 anos – e induzido – onde o desenvolvimento urbano foi orientado pelo eixos estruturadores do sistema viário com descentralização dos empregos. O objetivo do exercício foi conhecer o impacto desses dois cenários na rede de simulação em um cenário cuja infraestrutura viária e oferta do sistema de transporte foram os mesmos do ano base.

Os resultados das simulações mostram os resultados de indicadores de rede em horizontes futuros em que não haverá investimento de melhoria na mobilidade motorizada da Microrregião. As simulações do cenário tendencial mostram que haverá degradação no desempenho da rede em comparação com o ano base, tanto nos deslocamentos por transporte individual, quanto coletivo. Já no cenário induzido, os indicadores são melhores que no cenário tendencial, o que significa que, num cenário de crescimento urbano, é melhor que a cidade esteja mais compacta, mas apenas isso não é suficiente para melhorar a qualidade dos deslocamentos da população, pois o cenário induzido não se mostrou melhor que a situação atual.

Visto isso, faz-se necessário pensar em soluções de mobilidade capazes de dar mais qualidade aos deslocamentos que serão realizados pela população da área de estudo em um horizonte de médio e longo prazo, pois as simulações indicam que, independente do cenário de desenvolvimento urbano, se nada for feito, as condições de deslocamento da população da Microrregião irão piorar.

As estratégias a serem adotadas para qualificação do sistema de transporte coletivo e no sistema viário capazes de melhorar os níveis de serviço observados serão apresentadas em produto específico.