

Anexo I
PROJETO BÁSICO

Anexo I

1.1 ATO DE JUSTIFICAÇÃO DA CONCESSÃO

1. Ato de Justificação

1.1. Justificativa Jurídica

A presente licitação se justifica, sob o ponto de vista do atendimento aos requisitos legais, bem como, sob o ponto de vista da necessidade de prover a Região Metropolitana de Fortaleza de serviço de transporte público coletivo eficiente e eficaz pelas razões que passa a expor.

A Constituição Federal de 1988 previu em seu artigo 175 que cabe ao Poder Público, diretamente, ou mediante concessão e/ou permissão, a prestação de serviços públicos. As competências para a prestação dos diversos serviços públicos encontram-se, como regra, inseridas na Constituição Federal de 1988 na medida em que, convencionalmente, pode-se conceituar o serviço público como atividade que foi retirada, pela Constituição ou pela lei, do regime de total liberdade de iniciativa para inseri-la em um regime total ou parcialmente de direito público. No que diz respeito ao serviço público de transporte, a Constituição Federal estabeleceu expressamente competências para a União Federal e para os municípios, respectivamente no artigo 21, inciso XII, alíneas “d” e “e”, e no artigo 30, inciso V. Entretanto, a Constituição ainda atribuiu aos Estados competência residual, isto é, competência para atuações em todas as áreas que não lhe foram vedadas. Assim, o Estado do Ceará poderá delegar mediante concessão ou permissão o serviço de transportes de sua competência.

O transporte intermunicipal é considerado serviço público e desta forma o disposto no art. 175 da Constituição Federal obriga ao Poder Público, no caso o Estado do Ceará, a prestar o serviço diretamente ou delega-lo à iniciativa privada por meio de licitação, in verbis “incumbe ao Poder Público, na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre através de licitação, a prestação de serviços públicos”. Por sua vez a “Lei das Concessões e Permissões”, Lei Federal nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e a Lei Federal nº 9.074, de 27 de julho de 1995, em seus artigos 5º e 2º, respectivamente, estabelecem que “O poder concedente publicará, previamente ao edital de licitação, ato justificando a conveniência da concessão ou permissão, caracterizando seu objeto, área e prazo.” Desta forma não resta dúvida sobre a necessidade de licitação para o transporte público coletivo da Região Metropolitana de Fortaleza e da competência do Estado para executá-la.

A RMF atualmente é atendida por linhas de ônibus cujos contratos não foram oriundos de um processo licitatório. Estas linhas são dispersas e não sofreram estudo ou racionalização de maneira a atender melhor a demanda por deslocamentos da região. Para resolver este problema a presente licitação baseia-se em amplo estudo desenvolvido a partir de pesquisas e modelos de planejamento de transportes, possibilitando propor uma rede racional que irá garantir aos usuários maior conforto, regularidade e confiabilidade. O estudo

citado é resumido nas seções seguintes e está inteiramente disponível no site da ARCE junto aos documentos relativos a licitação.

O Serviço Metropolitano atenderá aos deslocamentos intermunicipais entre os municípios de Fortaleza, Caucaia, São Gonçalo do Amarante, Maracanaú, Maranguape, Pacatuba, Guaiuba, Aquiraz, Pacajus, Horizonte, Eusébio, Itaitinga e Chorozinho. O sistema será formado por 65 linhas do serviço regular e 37 linhas do serviço complementar, conforme croquis a seguir, totalizando uma frota estimada de 336 ônibus e 149 miniônibus e vans. Estima-se ainda que serão 714 mil deslocamentos semanais. Para tanto são necessários grandes investimentos em frota, em tecnologia embarcada, bilhetagem e centrais de controle e monitoramento, e, por outro lado, a necessidade de tarifas módicas. Essa situação implicou na proposição de um prazo de 10 anos para a concessão e 6 anos para a permissão, possibilitando, assim, o retorno dos investimentos a serem realizados por empresas e cooperativas e uma tarifa módica.

1.2. Estudos Técnicos Realizados – Justificativa Técnica

A ARCE, DETRAN/CE, METROFOR e SEINFRA, em trabalho conjunto, desenvolveram estudo sobre o transporte público da Região Metropolitana de Fortaleza. O objetivo deste estudo foi elaborar um novo modelo para o sistema de transporte público rodoviário metropolitano através da modelagem da oferta e demanda dos sistemas de transporte público rodoviário e metroviário. Esse modelo será materializado através de editais de licitação e de mudanças na oferta (rede de transporte rodoviária metropolitana).

Para a execução deste estudo foram estabelecidas algumas premissas básicas que se seguem:

- Esforço conjunto ARCE, DETRAN/CE, METROFOR e SEINFRA;
- O estudo fundamentado em:
 - Qualidade de vida do usuário;
 - Viabilização do sistema metroviário;
 - Fortalecimento do sistema rodoviário.
- O prazo previsto para conclusão do estudo era fevereiro de 2012, entretanto, foi postergado em função das complexidades do mesmo;
- Foco técnico com o objetivo de subsidiar as instâncias decisórias do Estado.

Dentro dos objetivos apresentados e das premissas estabelecidas concebeu-se o escopo do estudo aborda entre outros aspectos:

- Proposição de cenários estratégicos para tomada de decisão pelo Grupo Decisor;
- Caracterização dos sistemas existentes (metroviário, urbanos e metropolitano);
- Modelagem da rede de transporte da RMF, incluindo sistemas metroviários existentes e planejados, sistemas urbanos e metropolitanos rodoviários;
- Estimativa de matriz OD sintética;
- Previsão de demanda futura a partir da modelagem;

- Elaboração de cenários de rede (oferta) para atender a demanda de acordo com os cenários estratégicos estabelecidos;
- Detalhamento da oferta no cenário escolhido, planejamento e programação operacional dos sistemas para fins de licitação;
- Proposição de cenários de política tarifária de acordo com o cenário de rede selecionado para tomada de decisão pelo Grupo Decisor;
- Detalhamento da política tarifária do cenário selecionado e determinação da tarifa para efeitos de licitação e para os demais subsistemas;
- Elaboração das minutas dos editais de licitações do sistema metropolitano para início das audiências públicas.

O estudo foi atualizado com base nos dados operacionais de 2019 e a partir dessa atualização foram propostas modificações na rede e política tarifária que por fim geraram o presente edital de licitação.

1.3. Planejamento e Realização das Pesquisas

As pesquisas realizadas forneceram dados de entrada necessários para a realização da modelagem do sistema de transportes da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), bem como, caracterizar tal sistema e propor cenários alternativos. Para tanto, foram realizadas quatro pesquisas ao longo do estudo, listadas a seguir:

- Pesquisa “Sobe e Desce” nas linhas do Serviço Regular Metropolitano de Transporte Rodoviário Intermunicipal de Passageiros do Estado do Ceará;
- Pesquisa de origem e destino com os usuários do Serviço Regular Metropolitano de Transporte Rodoviário Intermunicipal de Passageiros do Estado do Ceará;
- Pesquisa de origem e destino com os usuários do Serviço Regular Complementar Metropolitano de Transporte Rodoviário Intermunicipal de Passageiros do Estado do Ceará;
- Pesquisa de ocupação visual nas linhas do Serviço Regular Complementar Metropolitano de Transporte Rodoviário Intermunicipal de Passageiros do Estado do Ceará;

Nos próximos tópicos, a metodologia utilizada em cada pesquisa é descrita e é apresentado um resumo dos dados obtidos.

1.3.1. Pesquisa Sobe e desce

Em estudos de modelagem de transporte, os dados fornecidos por esta pesquisa são bastante relevantes, permitindo obter o carregamento das linhas entre os seus seccionamentos, dentre outras informações, como ocupação média, por exemplo. Nesta pesquisa é coletada a quantidade de passageiros que embarca e desembarca em um determinado ponto de parada, explicando assim o termo “Sobe e Desce”.

No estudo em questão, definiu-se como seccionamento de cada linha os limites das zonas de tráfego. Desta forma, obteve-se a quantidade de passageiros que embarca e desembarca em cada zona de tráfego e a quantidade de passageiros

embarcado (carregamento) em cada seccionamento. Esta agregação no nível de zona de tráfego foi realizada apenas para o pico da manhã e só foi concluída após a definição das zonas de tráfego utilizadas na modelagem.

1.3.2. Pesquisa de origem e destino com os usuários do Serviço Regular Metropolitano

A pesquisa de origem e destino consistiu na realização de entrevistas com os usuários das linhas do transporte regular metropolitano rodoviário de passageiros que operam na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), questionando sobre o local de origem e destino das viagens realizadas.

Inicialmente, definiu-se o horário de realização da pesquisa. Como a modelagem do sistema de transportes da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) realizada, contempla o período do pico da manhã, optou-se por executar esta pesquisa entre 5h00 e 9h00 da manhã, durante os dias úteis (segunda-feira a sexta-feira) do mês de maio de 2011.

A referida pesquisa foi embarcada, ou seja, o pesquisador entrevistava os usuários do serviço dentro do veículo e questionava sobre a viagem realizada no momento da entrevista.

Observa-se que, além dos dados de origem e destino da viagem realizada, foram levantados outros atributos, como modo de transporte utilizado para acessar o ônibus, modo de transporte utilizado para acessar o destino final, o motivo da viagem e, por fim, a frequência da realização da viagem ao longo da semana.

1.3.3. Pesquisa de origem e destino com os usuários do Serviço Regular Complementar Metropolitano

Esta pesquisa também consistiu na realização de entrevistas, questionando, contudo, sobre o local de origem e destino das viagens realizadas pelos usuários do transporte regular complementar rodoviário metropolitano de passageiros que operam na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF). Neste caso, existiram algumas particularidades que não permitiram que esta pesquisa fosse realizada com a mesma metodologia da pesquisa anterior, que foi aplicada apenas com os usuários do transporte regular.

Devido ao espaço reduzido dos veículos que operam o serviço de transporte regular complementar, a pesquisa embarcada tornou-se inviável. Deste modo, optou-se por aplicar as entrevistas em pontos de embarque que concentrassem uma demanda numerosa de passageiros.

1.3.4. Pesquisa de ocupação visual

O objetivo principal da pesquisa foi a estimação do número de passageiros transportados pelo transporte complementar, incluindo o transporte informal, nas principais rotas de acesso a cidade de Fortaleza. A referida pesquisa foi do tipo censitária e foi realizada entre os dias 20 e 24 de maio de 2011, iniciando as 05h00 e terminando as 21h00. Ao todo foram pesquisados dez pontos, listados a seguir e identificados na Figura 1.1:



Figura 1.1: Pontos da pesquisa principal de ocupação visual

1. BR-020(Conjunto Metr pole);
2. BR-222 (Av. Dom Almeida Lustosa);
3. BR-222 (Rotatória do Icaraí);
4. CE-065 (Anel Viário);
5. CE-060 (Bal o do Mondubim);
6. BR-116 (Rua Padre Pedro de Alencar);
7. CE-025 (Av. Maestro Lisboa);
8. CE-040 (Anel Viário);
9. CE-040 (Rua José Hipólito);
10. Av. Ulisses Guimarães (Pedágio da Barra do Ceará).

Além de estimar o número de passageiros transportados os pesquisadores foram instr idos a coletar a hora de passagem; o tipo de veículo (P – Informal, R – regular, O – outro); a placa do veículo e o nome da linha.

A seguir o mapa temático que apresenta resultados obtidos com a pesquisa de ocupação visual.

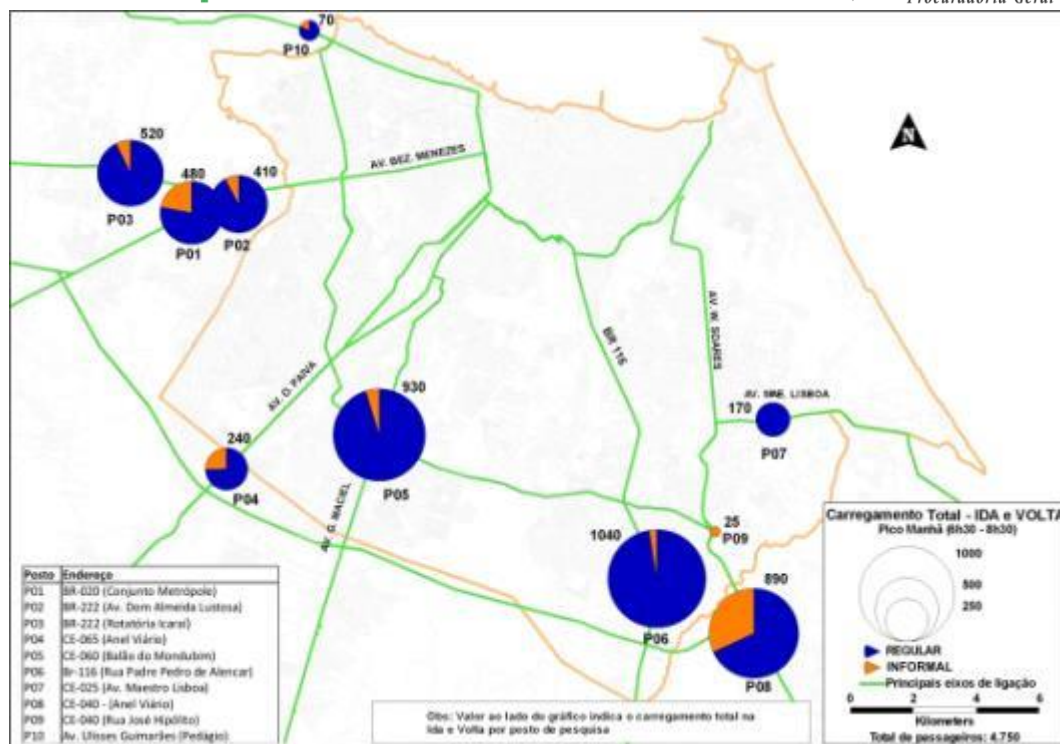


Figura 1.2: Resultados pesquisa de ocupação visual – ida e volta

1.4. Consolidação da Base de dados

Antes de modelar o sistema de transporte e, por conseguinte, possibilitar as simulações de novos cenários houve a necessidade e consolidar uma base de dados georreferenciados (BDG). Ao longo do estudo essas bases tiveram diversas funcionalidades e apoiaram a tomada de decisão. Nos itens a seguir são descritas as principais bases consolidadas.

1.4.1.1. Sistema viário (Eixos Viários)

A Base de Dados Geográfica (BDG) do Sistema Viário é uma base de linhas que representa o arruamento existente na RMF de forma simplificada. Nesta base o sistema viário é simbolizado apenas por linhas que representam o eixo viário do arruamento.

A Figura 3.1 apresenta a disposição espacial da referida base do sistema viário consolidado. A partir dessa base do sistema viário foi possível elaborar um BDG de Sistemas de Rotas composto pelos sistemas de transporte existentes na RMF, conforme descrito no próximo tópico.

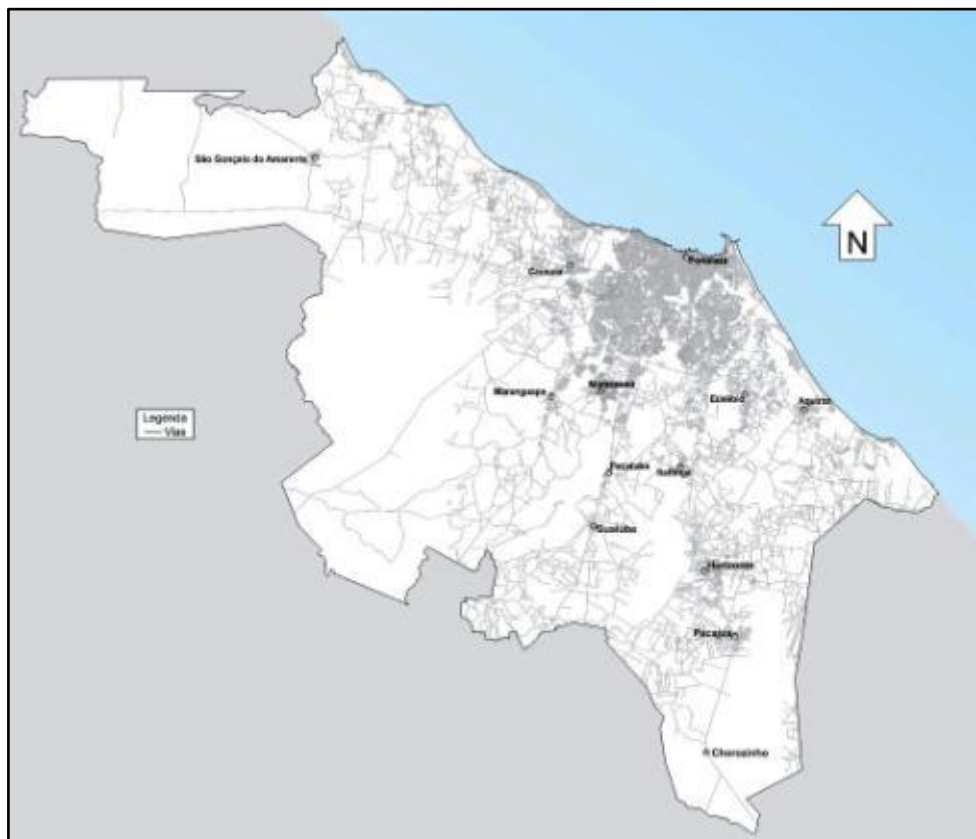


Figura 1.3: Disposição espacial da base de dados geográfica do sistema viário

1.4.2. Municípios

A Base de Dados Geográfica (BDG) dos municípios representa a delimitação geográfica de cada um dos 13 municípios que fazem parte do estudo, a saber: Fortaleza, Caucaia, Aquiraz, Pacatuba, Maranguape, Maracanaú, Eusébio, Guaiúba, Itaitinga, Chorozinho, Pacajus, Horizonte e São Gonçalo do Amarante. Nesta base, cada município é representado por uma área, correspondente a sua delimitação geográfica.

A Figura 1.4 mostra a disposição espacial da referida base.

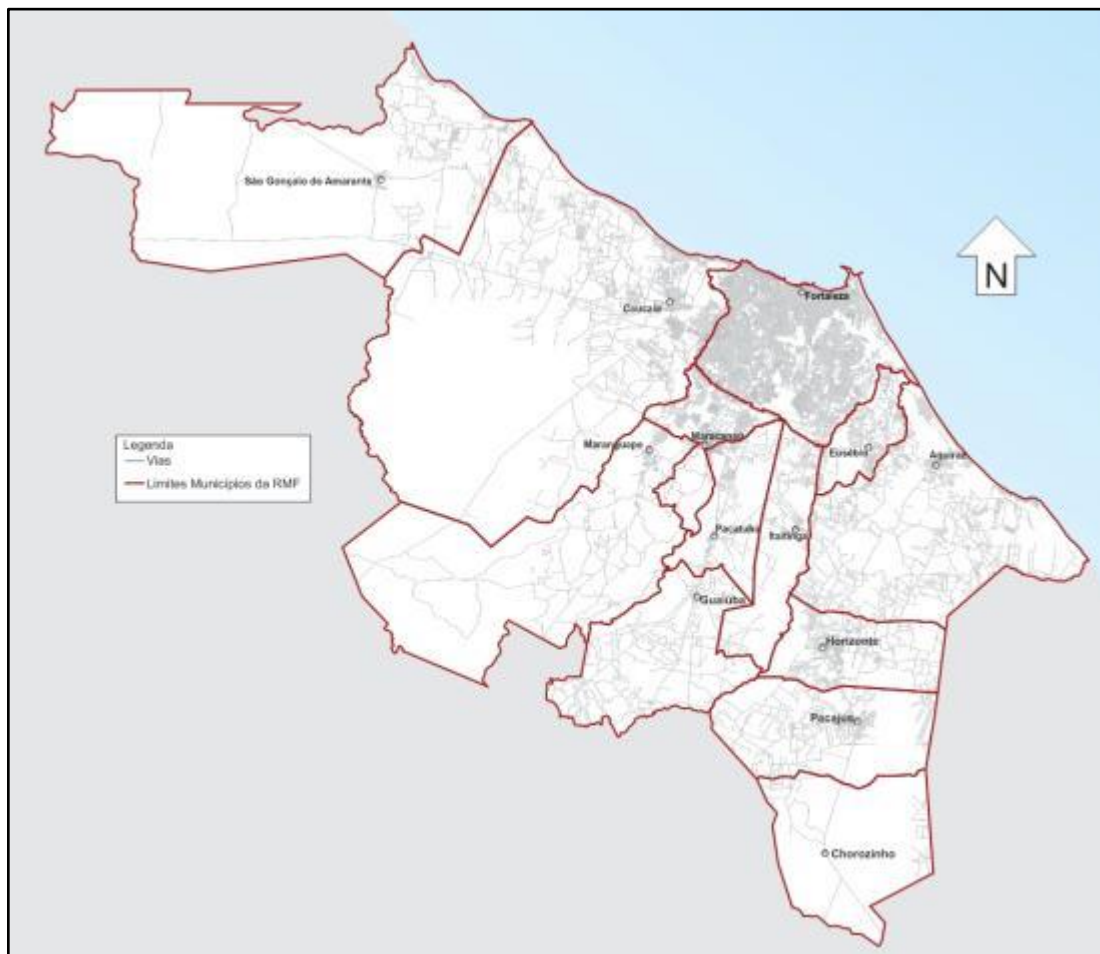


Figura 1.4: Disposição espacial da base de dados geográfica dos municípios da RMF

1.4.3. Bairros de Fortaleza

A Base de Dados Geográfica (BDG) dos bairros representa a delimitação geográfica de cada um dos bairros de Fortaleza. Nesta base cada bairro é representado por uma área, correspondente a sua delimitação geográfica.

A Figura 1.5 mostra a disposição espacial da referida base de bairros consolidada.

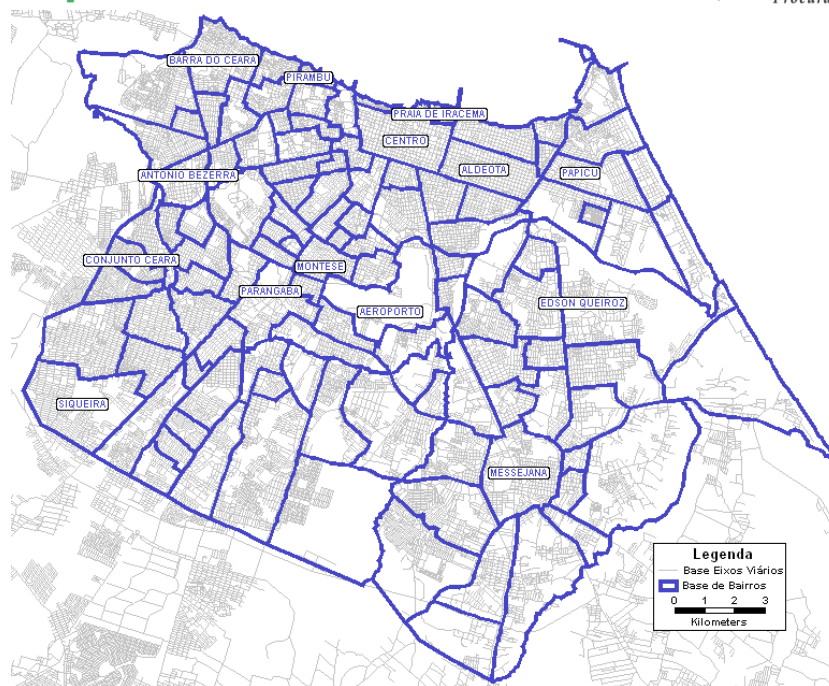


Figura 1.5: Disposição espacial da base de dados geográfica dos bairros de Fortaleza

1.4.4. Terminais Urbanos de Fortaleza

A Base de Dados Geográfica (BDG) dos terminais representa a localização dos terminais urbanos de Fortaleza operados pela ETUFOR. Nesta base cada terminal é representado por um ponto com a sua localização geográfica

A Figura 1.6 mostra a disposição espacial da referida base de terminais consolidada.

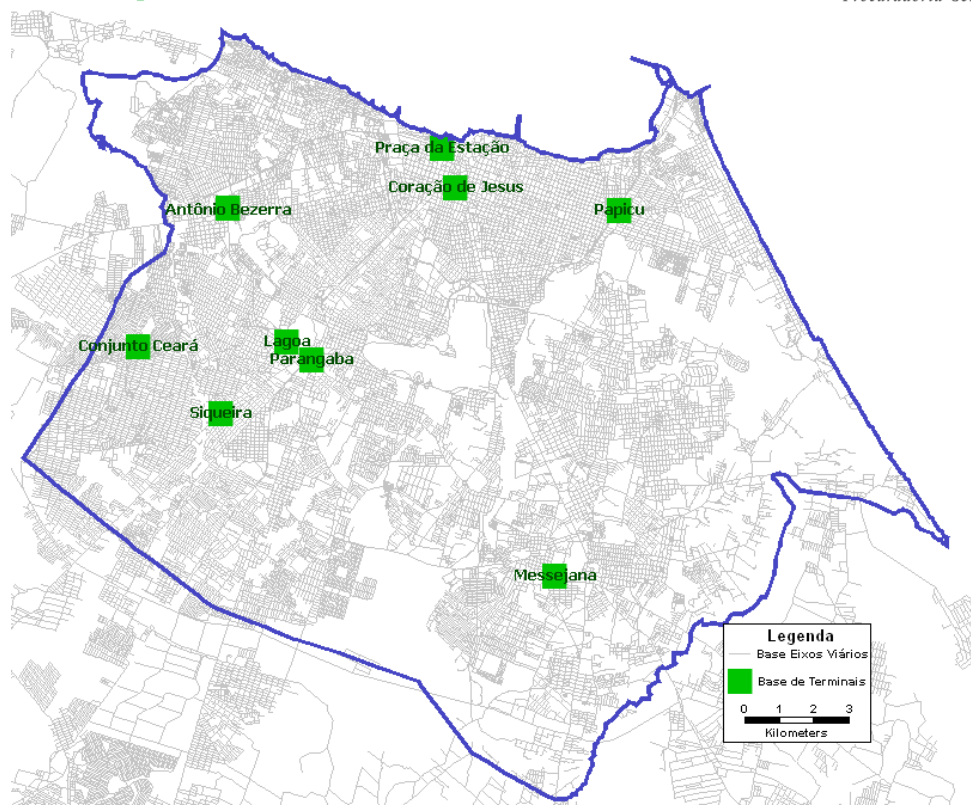


Figura 1.6: Disposição espacial da base de dados geográfica dos terminais urbanos de Fortaleza

1.4.5. Distritos da RMF

A Base de Dados Geográfica (BDG) dos distritos da RMF representa a localização dos distritos de todos os 15 municípios que compõem a RMF. Nesta base cada distrito é representado por um ponto com a sua localização geográfica.

Esta base de dados foi consolidada a partir da base de distritos de todo o Estado do Ceará fornecido pelo DETRAN/CE. A Figura 1.7 mostra a disposição espacial da referida base de terminais consolidada.

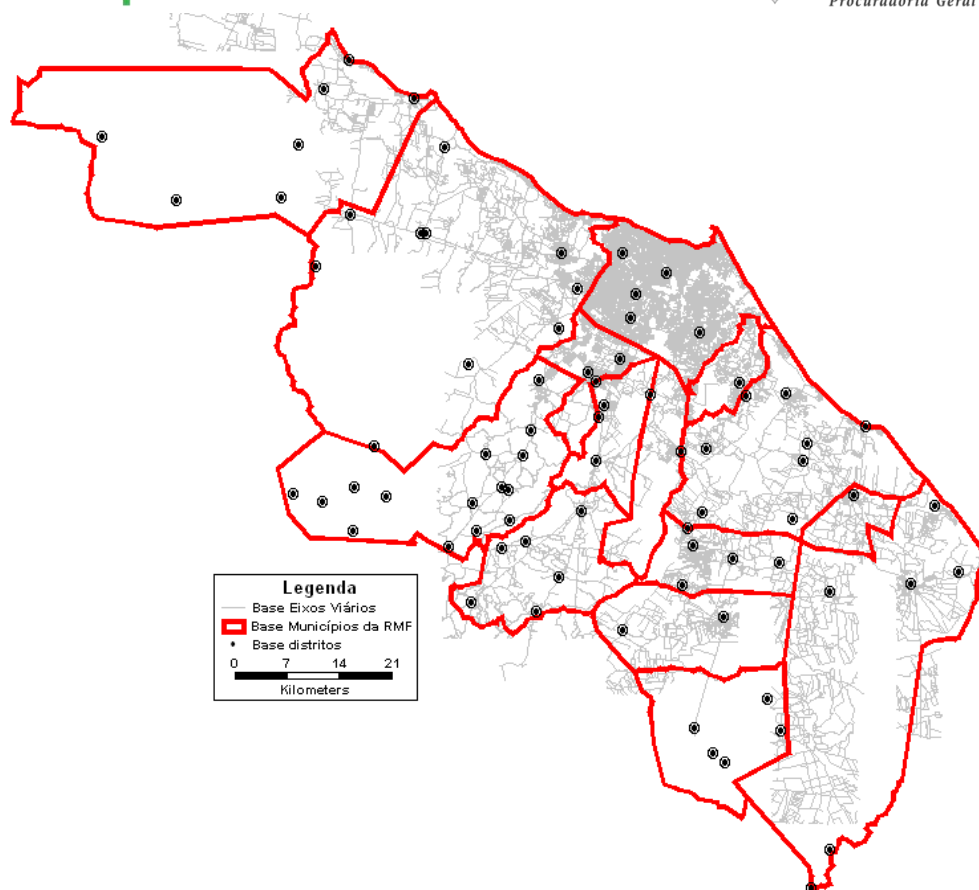


Figura 1.7: Disposição espacial da base de dados geográfica dos distritos da RMF

1.4.6. Zonas de Tráfego

A Base de Dados Geográfica (BDG) “Zonas de Tráfego” representa a delimitação geográfica das zonas de tráfego. Sua consolidação foi feita a partir da base utilizada no estudo de integração contratado pelo METROFOR entre 2001 e 2007.

Na Figura 1.8 essa base é apresentada. Verifica-se que no zoneamento não foram considerados os municípios de Cascavel e Pindoretama. As linhas que ligam estes municípios as demais cidades da RMF foram recentemente licitadas pelo Governo do Estado em um dos lotes de linhas interurbanas.



Figura 1.8: Disposição espacial da base de dados geográfica de zonas de tráfego

1.4.7. Anéis Tarifários

A Base de Dados Geográfica (BDG) dos Anéis Tarifários representa os limites dos anéis tarifários utilizados atualmente pelo sistema de transporte metropolitano. Nesta base cada limite é representado por uma linha.

Esta base de dados foi consolidada a partir de um mapa fornecido pelo DETRAN/CE no formato .pdf, podendo assim haver pequenas imprecisões nos limites de cada anel. A Figura 1.9 mostra a disposição espacial da referida base de anéis tarifários consolidada.

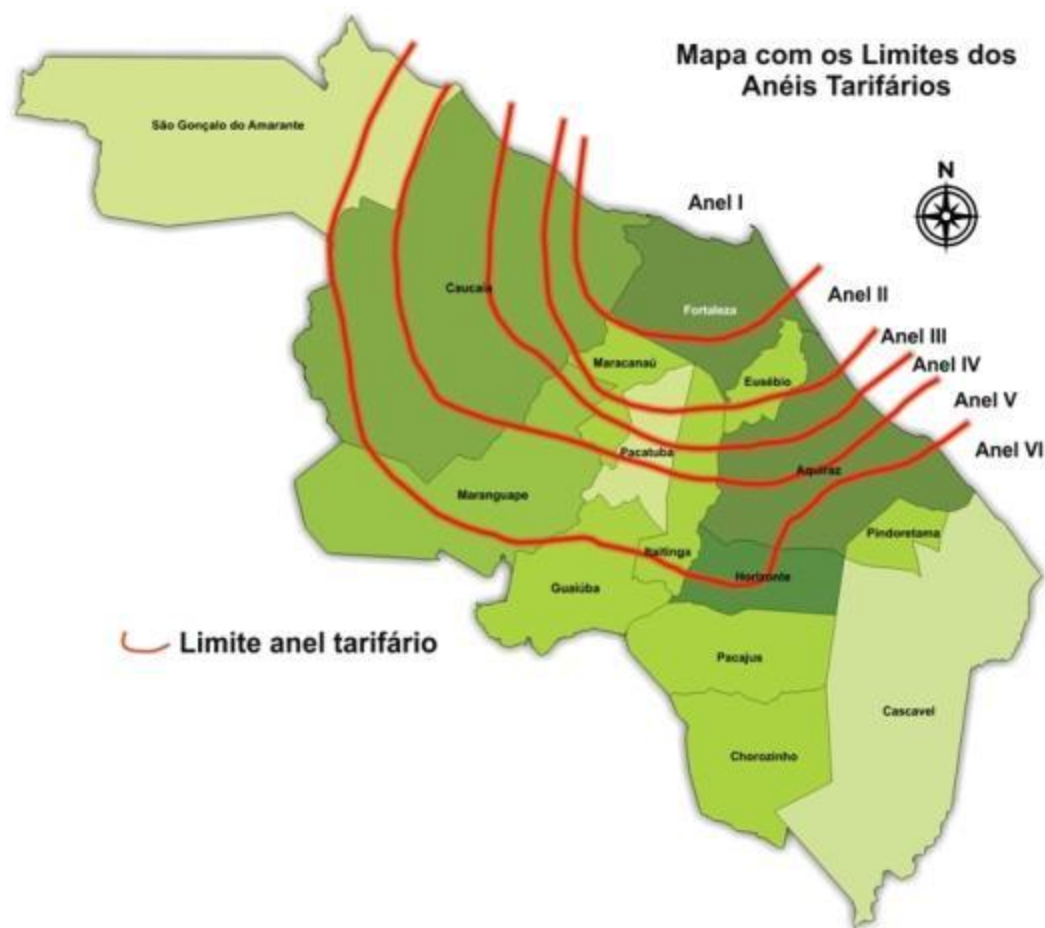


Figura 1.9: Disposição espacial da base de dados geográfica de anéis tarifários

1.4.8. Setores Censitários

A Base de Dados Geográfica (BDG) dos setores censitários representa a delimitação geográfica de cada um dos setores censitários da RMF Fortaleza, definidos pelo IBGE no censo de 2010. Nesta base cada setor é representado por uma área, correspondente a sua delimitação geográfica.

Esta base de dados foi consolidada a partir da base de setor censitário obtida no site do IBGE, em outubro de 2011. A Figura 1.10 mostra a disposição espacial da referida base de setores consolidada.



Figura 1.10: Disposição espacial da base de dados geográfica dos setores censitários de 2010

1.5. Modelagem do Sistema de Transporte

Entende-se como modelagem, o conjunto de processos realizados para obtenção de um modelo que simule a realidade de forma simplificada. No estudo em questão, executou-se a modelagem do sistema de transporte coletivo da Região Metropolitana de Fortaleza, permitindo a elaboração de análises sobre sua operação e dando subsídios a tomada de decisão.

A modelagem do sistema de transporte coletivo da Região Metropolitana de Fortaleza compreendeu duas horas do pico da manhã, entre 6h30 e 8h30, e foi executada em um ambiente SIG-T (Sistema de Informação Geográfica aplicada a Transporte), mais especificamente no software TransCAD, versão 5.0 R4. Definiu-se como modelo de alocação o Equilíbrio do Usuário Estocástico.

A Figura 1.11 apresenta o fluxograma das atividades desenvolvidas na modelagem.

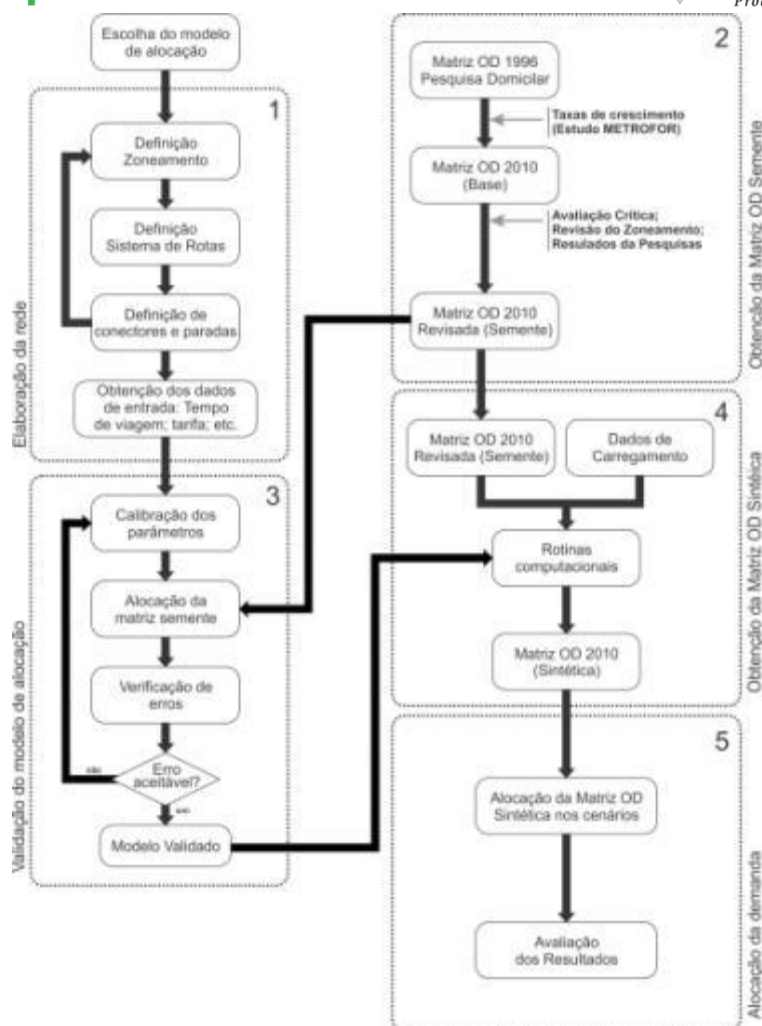


Figura 1.11: Fluxograma das atividades desenvolvidas na modelagem

Destacam-se cinco macro-atividades, são elas: Elaboração da Rede; Revisão da Matriz Semente; Validação do Modelo de Alocação; Obtenção da Matriz OD sintética; e Avaliação dos Cenários.

1.6. Elaboração da rede

A elaboração da rede, efetivamente, foi a primeira macro atividade desenvolvida para a execução da modelagem, sucedendo as etapas das pesquisas e consolidação das bases de dados geográficas. Ressalta-se que essa última etapa foi fundamental para a montagem da rede utilizada na modelagem.

Conforme indicado no fluxograma, dentro desta macro-atividade foram definidos o zoneamento da área de estudo, o sistema de rotas, os conectores e paradas e foram compilados os dados de entrada da rede modelada, como tempo de viagem, tarifa, dentre outros.

A definição do zoneamento consistiu na delimitação das Zonas de Tráfego. Na modelagem de transporte a Zona de Tráfego é a unidade primária de análise. Na delimitação dessas zonas, busca-se agregar áreas com características semelhantes e considera-se a infraestrutura de transporte existente, a presença de delimitadores naturais entre outros aspectos. Após a delimitação, a

representação de cada Zona de Tráfego é simplificada em apenas um ponto, denominado centróide, a partir de onde, as viagens serão originadas e destinadas.

Inicialmente, base original possuía 237 zonas de tráfego. Entretanto, após a análise realizada, 38 foram subdivididas, totalizando, no final, 283 zonas de tráfego.

A Figura 1.12 é possível verificar as zonas que foram subdivididas. Observa-se que a maioria concentra-se em Fortaleza. Das 38 zonas subdivididas, 33 estão dentro do município de Fortaleza, duas em Caucaia e uma em Aquiraz, Guaiúba e São Gonçalo do Amarante.

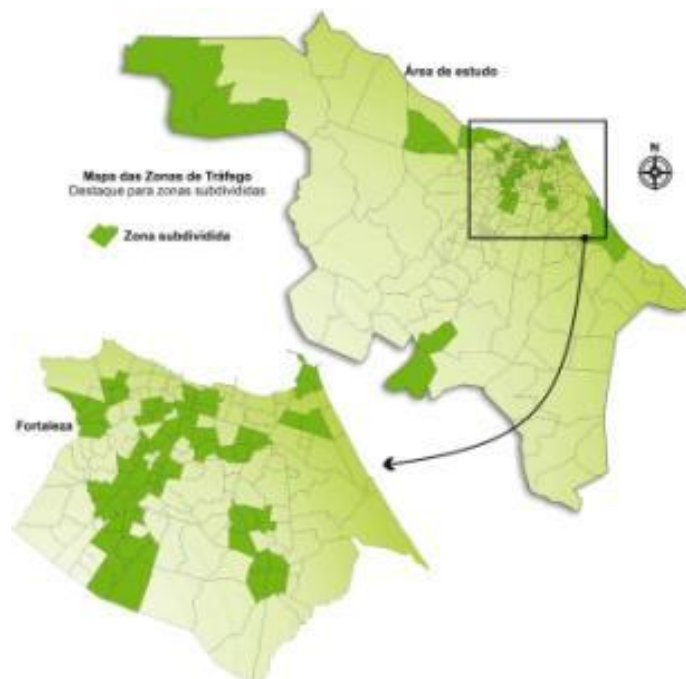


Figura 1.12: Disposição espacial da base de dados geográfica de zonas de tráfego revisada- Destaque para as zonas subdivididas

A Consolidação do Sistema de Rotas (*Route System*) foi realizada no *Transcad*, iniciando, assim, a rede de transporte a ser utilizada na modelagem.

Destaca-se que se optou por utilizar um sistema de rotas que emprega *Route stops* e *Physical Stops*. Neste caso, cada linha possui um conjunto de *Route Stops* (Pontos de Paradas da Linha), no qual cada elemento desse conjunto está obrigatoriamente associado a um *Physical Stop* (Ponto de Parada Físico) que pode ser comum a várias linhas.

A definição de conectores e paradas foi realizada através do *TransCAD*, onde é possível utilizar a própria base de eixos viários para conectar o centróide a essa rede. Neste caso, é modelado o trajeto a ser percorrido a partir do tempo de caminhada mínimo entre o centróide e o ponto de parada. Como vantagens desse método, pode-se afirmar que o tempo de caminhada modelado é mais preciso e não há necessidade de definir a qual ponto de parada o centróide está associado.

Após a definição da forma como os usuários acessarão a rede a partir dos centróides, iniciou-se a definição dos pontos de paradas das linhas. Inicialmente,

estabeleceu-se a localização dos *Physical Stops* e, em seguida, definiu-se o conjunto de *Route Stops* de cada linha individualmente.

A última etapa da elaboração da rede foi a obtenção/consolidação dos dados de entrada, necessário para realizar modelagem, como velocidade, *headway* das linhas, política tarifária, etc.

Na modelagem, a realizada pelo *TransCAD* os dados de velocidade podem ser fornecidos por linha (rota) ou por segmento viário.

1.7. Obtenção da matriz OD semente

No estudo em questão, a matriz OD foi reconstruída a partir de rotinas computacionais (métodos) que utilizam, para tal fim, dados das rotas (carregamentos, quantidade de subidas e descidas, etc.) das diversas linhas de transporte que operam na RMF e uma matriz OD semente da área de estudo.

A obtenção dessa matriz OD semente deu-se a partir da revisão da matriz OD (base) que foi utilizada no estudo intitulado “Relatório Final da Pesquisa de identificação do Processo de Escolha dos Potenciais Usuários da Linha Sul do METROFOR”, elaborado em 2007 pelo METROFOR. Acredita-se que o padrão de deslocamento da população mudou significativamente ao longo dos últimos anos, justificando a utilização desta matriz apenas como ponto de partida para obtenção matriz semente.

1.7.1. Avaliação crítica da matriz base

As primeiras etapas da avaliação crítica da matriz base consistiram na caracterização das viagens no nível de município.

Acredita-se que as 200.000 viagens da matriz base estejam superestimadas. Esta hipótese está fundamentada na evolução da demanda por ônibus. Ao longo dos últimos anos os sistemas por ônibus perderam demanda para o transporte individual motorizado (carro e motocicleta) em virtude de diversos fatores. Entretanto, a matriz OD foi atualizada em função de taxa de crescimento populacional, desconsiderando a perda de demanda citada.

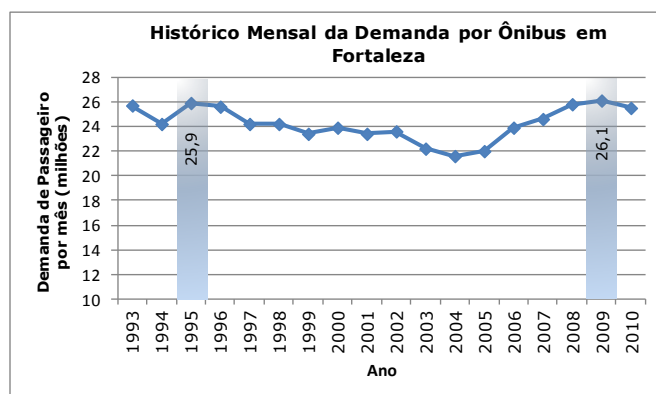


Figura 1.13: Histórico Mensal da Demanda por Ônibus em Fortaleza (Fonte: Etufor, 2010)¹

¹ ETUFOR (2010) Anuário de Transportes Públicos de Fortaleza. Fortaleza, CE.

A etapa de Revisão do Zoneamento consistiu em repartir as viagens, na matriz base, das zonas de tráfego que foram subdivididas. Por fim, obteve-se uma matriz OD base considerando a revisão do zoneamento proposto nas etapas anteriores.

A última etapa para obtenção da Matriz OD semente foi incorporar as informações obtidas com as pesquisas Sobe e Desce e de Origem e Destino, que foram realizadas nas linhas do sistema metropolitano.

A Figura 1.14 descreve como as células da matriz OD base foram alteradas a partir dos dados obtidos.

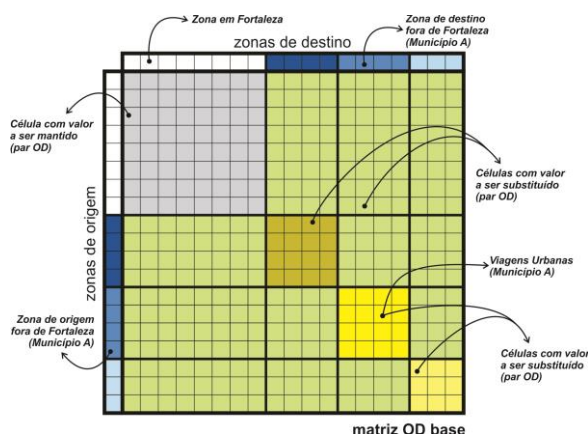


Figura 1.14: Matriz OD base e identificação das células que foram alteradas

1.8. Calibração e Validação do Modelo de Alocação

A validação é o processo em que o analista verifica o desempenho do modelo a ser utilizado em representar o fenômeno desejado, a partir da verificação de alguma variável coletada em campo, não utilizada como dado de entrada.

A princípio cogitou-se utilizar o *Pathfinder* como método de alocação, que utiliza lógica similar ao método de Estratégias Ótimas (*Optimal Strategies*). Entretanto, após alguns testes de alocação, verificou-se que esses métodos não são indicados para representar a escolha de rotas dos usuários na rede modelada, que se caracteriza por ter uma elevada densidade de linhas, com múltiplas rotas alternativas entre os diversos pares OD. Nas alocações, constatou-se que o *Pathfinder* restringe a escolha dessas múltiplas rotas, na medida em que ele limita o conjunto de rotas utilizadas entre um par OD (*hyperpath*), ao permitir embarques em apenas um ponto de parada. Isto significa que, para um determinado par OD, o conjunto de linhas escolhidas para o deslocamento terá que passar por um mesmo ponto de parada. Esta limitação dificulta, por exemplo, a representação da escolha dos usuários entre modos que utilizam vias separadas como é o caso dos Sistemas de Ônibus e Trem/Metrô. Neste caso, o modelo escolhe apenas um dos sistemas para alocar as viagens do par OD em questão.

Diante deste contexto, optou-se por utilizar o método Equilíbrio Estocástico do Usuário (*Stochastic User Equilibrium*). Além de superar as deficiências citadas no *Pathfinder*, este método utiliza a capacidade da oferta como restrição, o que é fundamental para a reconstrução da matriz, já que os carregamentos observados são consequências das restrições da oferta.

Ao final da calibração foram obtidos os seguintes valores:

- Valor do tempo dentro do veículo: R\$ 0,03/minuto ou R\$ 1,8/minuto
- Peso do tempo de caminhada: 3,25;
- Peso do tempo de espera e tempo de transbordo: 1,4;
- Penalidade para transbordo: 13,7 minutos.
- Função custo: 1 (α) e 6(β)

A verificação de erros foi feita analisando os valores de carregamentos nas linhas metropolitanas apenas, ou seja, foram confrontados os valores de carregamento alocados e observados em campo, a partir da pesquisa sobe e desce. A Figura 1.15, apresenta o gráfico de dispersão desses carregamentos. No eixo das abscissas tem-se o carregamento observado e no eixo das ordenadas tem-se o carregamento alocado.

Após a aprovação do erro, considerou-se a rede calibrada e validada para utilização do método de alocação Equilíbrio do Usuário Estocástico, sendo possível a elaboração de diversos indicadores para avaliar a oferta atual dos sistemas e a aplicação das rotinas para a reconstrução da matriz OD.

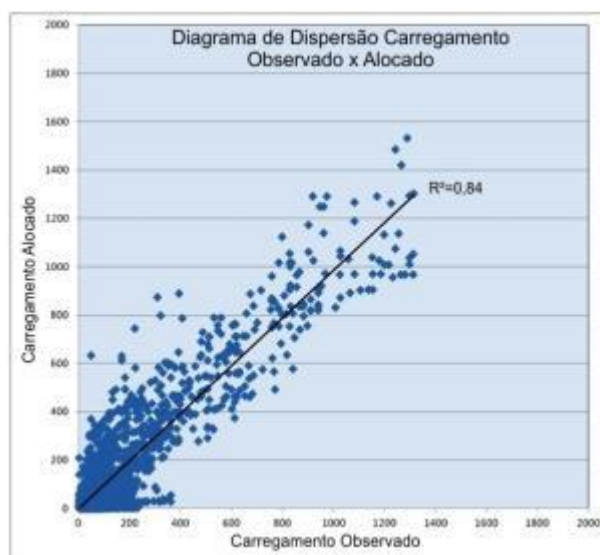


Figura 1.15: Diagrama de dispersão Carregamentos Observado x Alocado

Por fim, cabe destacar que na alocação não foram validados modelos de escolhas modais, ou seja, não foi definida função utilidade para cada modo. O modelo de escolha é entre rotas.

1.9. Obtenção da Matriz OD Sintética

Após a validação do modelo de alocação, aplicou-se a rotina para a reconstrução da matriz OD.

No estudo em questão, foi utilizada como semente a matriz OD oriundo do processo de revisão da matriz OD base e foram utilizados os dados de carregamento apenas das linhas metropolitanas.

A Figura 1.16 apresenta o diagrama de dispersão dos carregamentos observados e alocados, esse último obtido já a partir da alocação da matriz OD sintética obtida. Percebe-se que o erro entre essas duas variáveis analisadas foi reduzido, indicando que o método utilizado foi capaz de melhorar a matriz OD. Ressalta-se que o referido gráfico apresenta apenas os carregamentos metropolitanos.

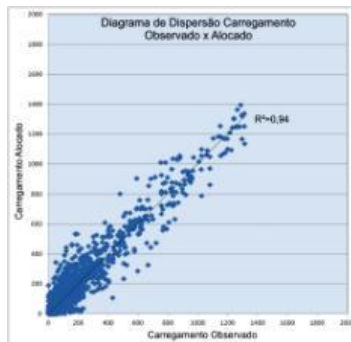
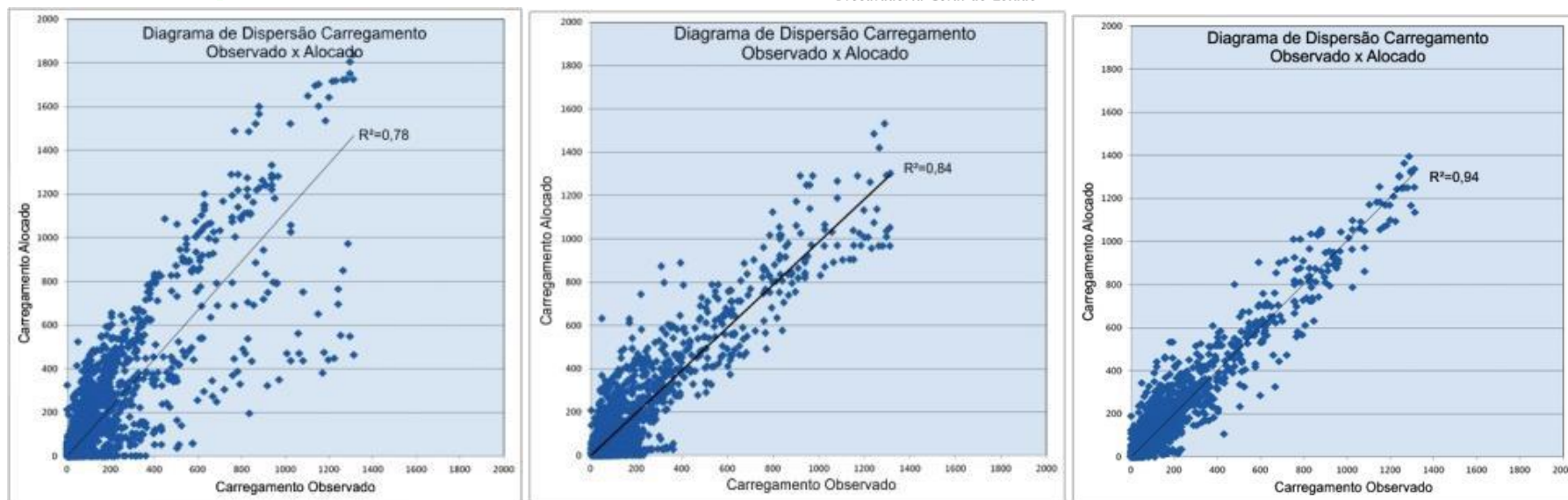


Figura 1.16: Diagrama de dispersão Carregamentos Observado x Alocado
(Alocação da Matriz OD Sintética)

A Figura 1.17 apresenta o diagrama de dispersão das mesmas variáveis para a alocação da matriz OD base, matriz OD semente e da matriz OD sintética, sendo possível verificar a evolução da matriz ao longo das etapas realizadas.

Em seguida é apresentada uma breve caracterização da matriz OD sintética.



(a)

(b)

(c)

Figura 1.17: Diagrama de dispersão Carregamentos Observado x Alocado - (a) Matriz OD Base, (b) Matriz OD Semente e (c) Matriz OD Sintética

A Figura a seguir apresenta a quantidade de viagens produzidas (passageiros) por Município, durante o período de duas horas do pico da manhã, na matriz OD base e na matriz OD sintética.

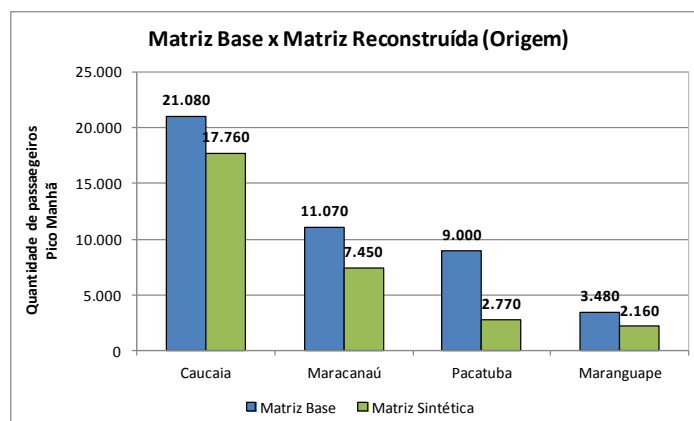


Figura 1.18: Quantidade de viagens produzidas por município: Matriz OD Base X Matriz OD Sintética (Caucaia, Maracanaú, Pacatuba e Maranguape)

Percebe-se que em todos os municípios as viagens produzidas na matriz OD sintética foram inferiores ao da matriz OD base. O município com mais viagens produzidas na matriz OD sintética, excluindo Fortaleza, é Caucaia, totalizando cerca de 18.000 viagens, seguido por Maracanaú, Pacatuba e Maranguape, com 7.500, 2.800 e 2.200 viagens respectivamente, conforme apresentado na Figura 4.28. Já Chorozinho é o município com menos viagens produzidas, totalizando 80 viagens.

No total, essa matriz possui cerca de 61.000 viagens metropolitanas (passageiros), enquanto a matriz OD sintética possui cerca de 43.000, representando uma redução de 30%. Essa redução corrobora com a observação feita anteriormente sobre a demanda da matriz base. A partir do total de viagens da matriz OD sintética, estima-se que durante o dia útil o sistema metropolitano de transporte coletivo (ônibus e trem) transporte entre 170.000 e 220.000 passageiros.

1.10. Alocação da demanda

Após a obtenção da matriz OD sintética, realizou-se a alocação da demanda nos cenários de avaliação. Conforme indicado, utilizou-se, para tanto, o modelo intitulado Equilíbrio Estocástico do Usuário, validado em etapa anterior. Inicialmente, foi realizada a alocação no cenário atual, com o sistema de rotas (rede de transporte) calibrado representando os sistemas de transporte em operação na atualidade. Em seguida, a partir dos resultados obtidos e de uma avaliação da cobertura espacial das linhas foi delineado o cenário proposto.

Na representação do cenário atual, foi utilizado o sistema de rotas consolidado, representando os sistemas de transporte público coletivo metropolitano rodoviário (regular e regular complementar) e ferroviário (Linha oeste) e os sistemas de transporte público coletivo urbano por ônibus de Fortaleza, Caucaia, Maracanaú e Maranguape. Neste cenário foi desconsiderada a Linha sul do Trem, visto que a mesma foi desativada para a construção do metrô.

Durante o processo de alocação foram utilizados os seguintes parâmetros:

- Valor do tempo dentro do veículo: R\$ 0,03/minuto ou R\$ 1,8/minuto

- Peso do tempo de caminhada: 3,25;
- Peso do tempo de espera e tempo de transbordo: 1,4;
- Penalidade para transbordo: 13,7 minutos.
- Função custo: 1 (α) e 6(β)

Após a alocação, os resultados das viagens metropolitanas foram compilados. Neste caso, o Tempo de Viagem representa o tempo despendido pelos usuários durante todas as etapas da viagem (Tempo de acesso, espera, embarcado, transbordo, difusão, etc.). O indicador Tempo de Viagem com Penalidades agrega, ao tempo de viagem, a penalidade para a realização do transbordo. Já o Custo de Viagem representa o custo dos usuários gastos com tarifa para alcançar o seu destino e o indicador Custo Generalizado representa todo o custo do usuário, a partir da monetarização dos tempos perdidos durante a viagem que são somados aos gastos com tarifas. Destaca-se que esses indicadores são dependentes tanto da origem, quanto do destino dessas viagens.

Quadro 1.1: Indicadores Cenário Atual - Viagens Metropolitanas

Indicador	Média	Desvio Padrão
Tempo de Viagem (min.)	107	52
Tempo de Viagem com Penalidade (min.)	111	56
Custo Generalizado (R\$)	7,80	3,20
Custo de Viagem (R\$)	3,10	1,50

Verifica-se que, durante o pico de tráfego da manhã, as viagens metropolitanas possuem uma duração média de aproximadamente 1 hora e 50 minutos, sendo pago uma tarifa média de R\$3,10. Verifica-se também que a penalidade de transbordo, na média das viagens metropolitanas, tem pouca interferência no tempo total de viagem. Já o Custo Generalizado médio é de R\$7,80.

Após a alocação do cenário atual e da análise dos indicadores, delineou-se o cenário proposto para o sistema de transporte coletivo da Região Metropolitana de Fortaleza. Nessa proposta, foi avaliada ainda a cobertura especial das linhas atuais e considerado a futura operação da linha sul do Metrô. Para tanto, foram realizadas ainda reuniões com os técnicos e gestores dos seguintes órgãos do Estado do Ceará: DETRAN, ARCE e METROFOR.

Os modelos existentes no Brasil de organização básica de rede de transportes coletivos de passageiros podem ser resumidos em 3 grupos: baseados em linhas (outorgas onde o objeto são as linhas individualmente), baseado em lotes de linhas e baseados em áreas e/ou bacias (outorga onde o objeto é um conjunto de linhas que guardam relação espacial entre si).

Expostas essas possibilidades de organização de rede e de delegação ao Grupo Decisor, chegou-se a decisão de organizar a rede em áreas. Foram formuladas inicialmente várias possibilidades, mas as que maximizariam a eficiência produtiva e diminuiriam os conflitos operacionais estavam sempre associadas aos principais corredores de transporte, ou seja, organização em bacias.

Definida a organização em bacias havia a necessidade de decidir quantas bacias. O máximo possível em função dos corredores e das características do sistema de transporte eram 6, entretanto outros aspectos devem ser considerados. Considerando

a limitação legal de concentração máxima de 40% do mercado, bem como a revisão dos estudos realizados em 2020 optou-se por duas áreas.

A partir das 2 áreas e das análises das linhas de desejo foram delineadas 65 linhas. As figuras a seguir apresentam essas áreas e seus respectivos setores tarifários. O Quadro 2.2 apresenta alguns dados dessas áreas de operação. A tarifa foi computada em função da origem e do destino da viagem do deslocamento rodoviário.

Quadro 1.2: Informações das áreas de operação propostas

Área de Operação	População*	Qtd. de linhas propostas	Qtd. de setores tarifários	Municípios
01	220.000	19	04	São Gonçalo do Amarante e Parte de Caucaia
02	145.000	10	03	Parte de Caucaia
03	419.000	19	03	Maranguape; Maracanaú; Pacatuba e Guaiúba
04	290.000	19	05	Aquiraz; Eusébio; Itaitinga; Horizonte; Pacajus e Chorozinho

Fonte: IBGE

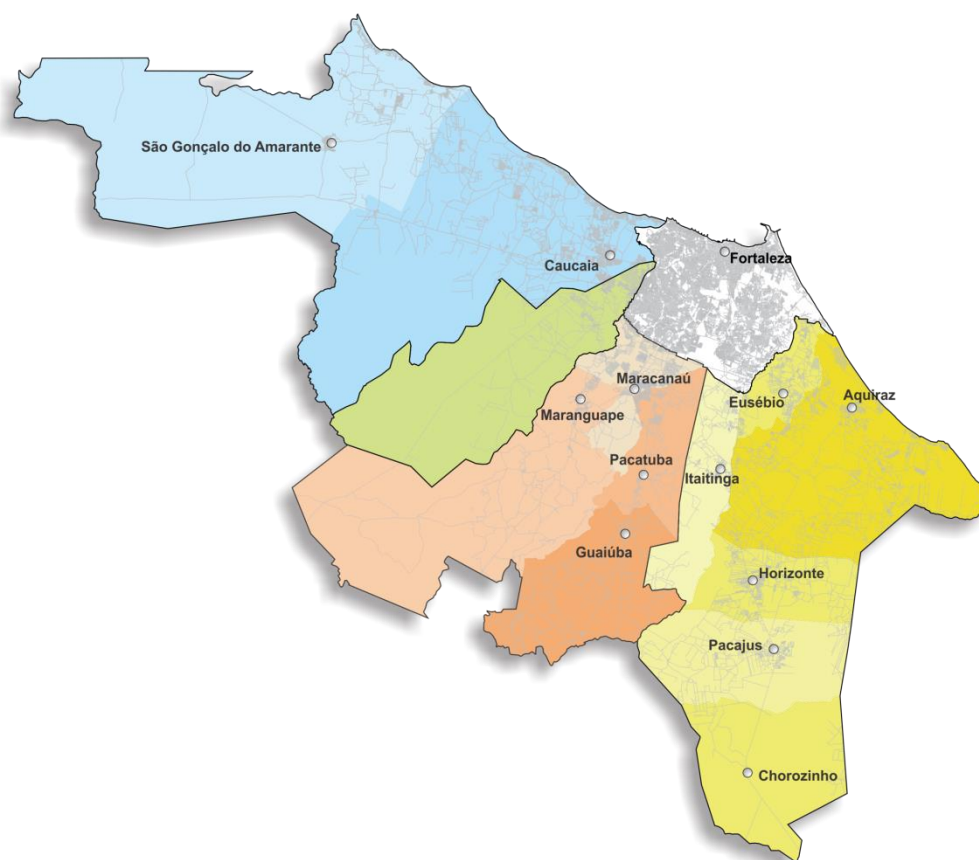


Figura 1.19: Áreas de operação propostas

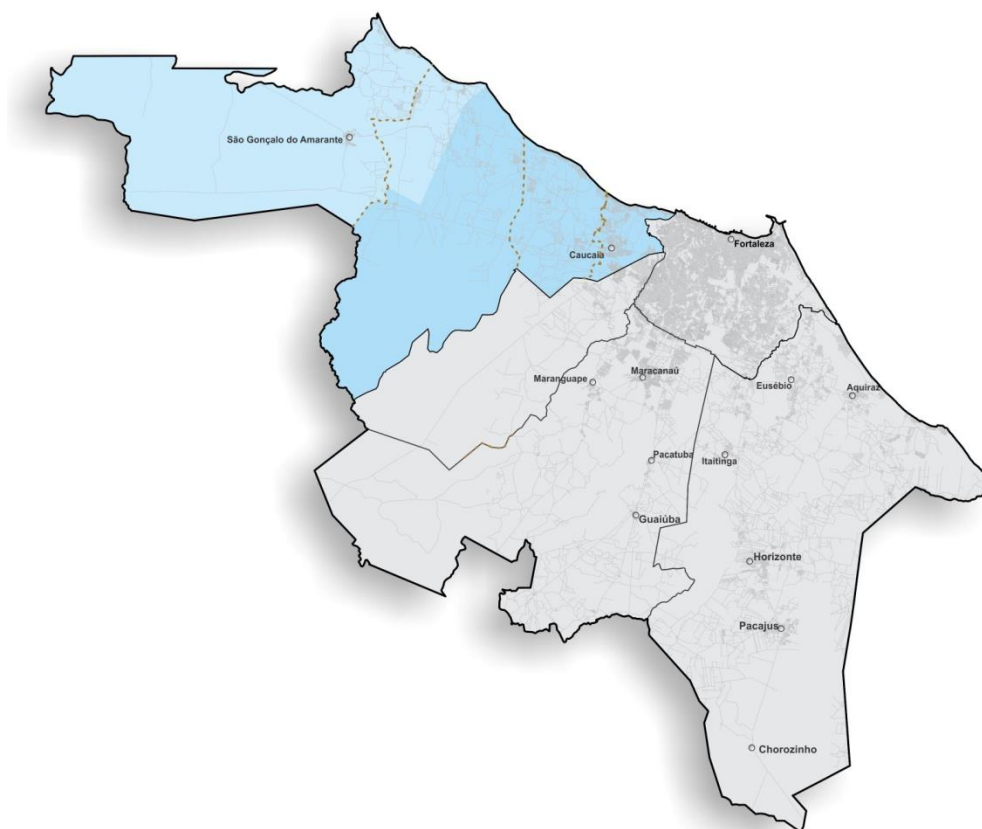
Área de Operação 01

Figura 1.20: Áreas de operação 01 e seus respectivos setores tarifários (s1, s2, s3 e s4)

Verifica-se que a Área de Operação 01 é composta pelo município de São Gonçalo do Amarante e parte do município de Caucaia, incluindo o litoral e a área central desse município, abrangendo uma população de 220.000 habitantes. A referida área foi dividida em quatro setores tarifários. Para atender a demanda de passageiros dessa região foram projetadas 12 linhas, a saber:

1. Capuan / Fortaleza
2. Caucaia / Fortaleza
3. Caucaia / Fortaleza (Via Vicente Arruda)
4. Conjunto Metropolitano / Fortaleza
5. Cumbuco / Beira Mar (Via Barra do Ceará)
6. Cumbuco / Fortaleza (Via Mr. Hull)
7. Icaraí / Fortaleza (Via Barra do Ceará)
8. Planalto Caucaia / Fortaleza (Rota 1)
9. Planalto Caucaia / Fortaleza (Via BR - 020)
10. São Gonçalo do Amarante / Fortaleza via Estruturante
11. Serrote / Fortaleza
12. Taíba / Fortaleza

Área de Operação 02

Figura 1.21: Áreas de operação 02 e seus respectivos setores tarifários (s1, s2 e s3)

A Área de Operação 02 é formada apenas por parte do município de Caucaia, incluindo o distrito de Jurema, abrangendo uma população de 145.000 habitantes. Foi dividida em três setores tarifários. Para atender a demanda de passageiros dessa região foram projetadas 9 linhas, a saber:

1. Araturi / Fortaleza 01
2. Araturi / Fortaleza 02
3. Bom Princípio / Fortaleza
4. Jurema / Fortaleza
5. Conjunto Nova Metrôpole / Fortaleza 01
6. Conjunto Nova Metrôpole / Fortaleza 02
7. Parque Albano / Fortaleza
8. Parque Potira / Fortaleza 01
9. Parque Potira / Fortaleza 02

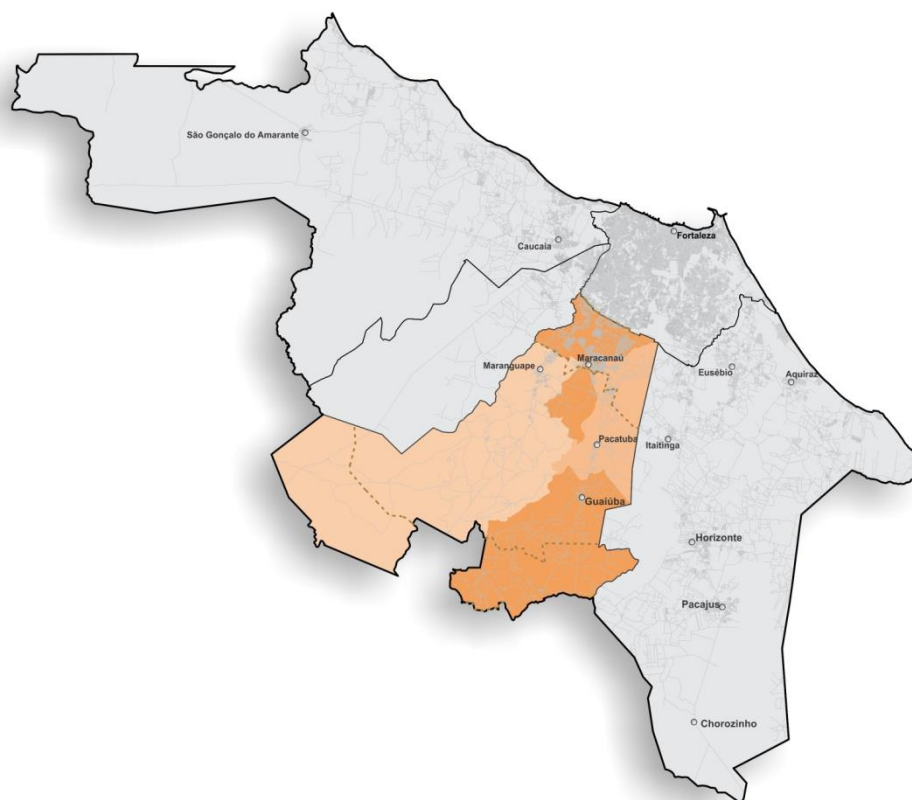
Área de Operação 03

Figura 4.1: Áreas de operação 03 e seus respectivos setores tarifários (s1, s2 e s3)

Já a Área de Operação 03 é formada pelos municípios de Maranguape, Maracanaú, Pacatuba e Guaiúba, abrangendo uma população de 419.000 habitantes. A referida área foi dividida em três setores tarifários. Destaca-se que na elaboração da rede dessa área, foi definido que as linhas originárias de Maranguape e Maracanaú não atenderiam mais o centro de Fortaleza, já que a linha sul do metrô cumpriria tal função. Assim, os usuários dessas linhas terão que integrar com o metrô, para alcançar o centro de Fortaleza. Para atender a demanda de passageiros dessa região foram projetadas 8 linhas, a saber:

1. Água Verde / Fortaleza
2. Conjunto Acaracuzinho / Fortaleza
3. Cj. Industrial / Fortaleza
4. Conjunto Carlos Jereissati 1
5. Conjunto Carlos Jereissati 2
6. Conjunto Novo Maracanaú / Fortaleza
7. Santo Antônio do Pitaguary / Fortaleza
8. Conjunto Timbó / Fortaleza

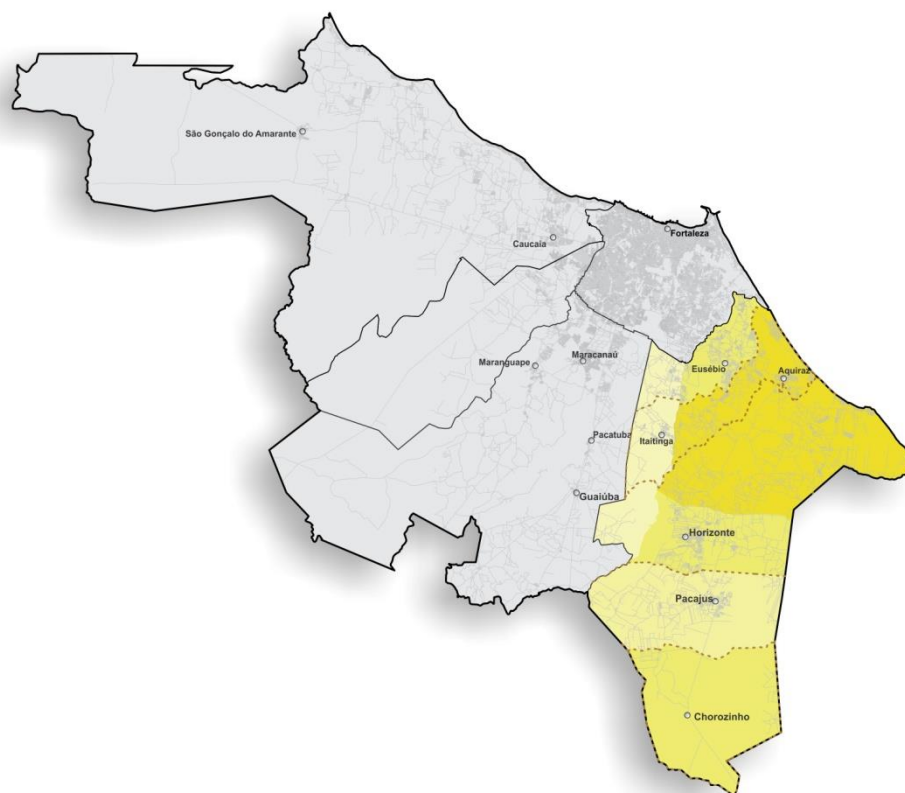
Área de Operação 04

Figura 4.2: Áreas de operação 04 e seus respectivos setores tarifários (s1, s2, s3, s4 e s5)

Por fim, tem-se a Área de Operação 04, formada pelos municípios de Aquiraz, Eusébio, Itaitinga, Horizonte, Pacajus, Chorozinho, sendo a mesma dividida em cinco setores tarifários. A referida área abrange um total 290.000 habitantes. Para atender a demanda de passageiros dessa região foram projetadas 8 linhas, a saber:

1. Itaitinga / Pacatuba
2. Caracanga / Fortaleza
3. Horizonte / Fortaleza
4. Horizonte / Pacajus
5. Itaitinga / Eusébio
6. Pacajus / Fortaleza
7. Porto das Dunas / Fortaleza
8. Porto das Dunas / Cidade dos Funcionários

Após a alocação da matriz OD sintética na rede proposta, os resultados das viagens metropolitanas foram compilados, sendo elaborados os quadros apresentados a seguir. Analisando esses dados percebe-se que para os quatro indicadores o cenário proposto obteve melhor desempenho. Verifica-se uma redução em torno de 15% no tempo total de viagem e de 7% nos custos. Durante o pico de tráfego da manhã, as viagens metropolitanas na rede proposta, possuem uma duração média de aproximadamente 1 hora e 30 minutos, sendo pago uma tarifa média de R\$2,90. Já o Custo Generalizado médio reduziu para R\$7,25.

Quadro 1.3: Indicadores Cenário Proposto x Cenário Atual - Viagens Metropolitanas

Indicador	Atual (Média)	Proposto (Média)	Variação Atual e Proposto
Tempo de Viagem (min.)	107	89	-16,8%
Tempo de Viagem com Penalidade (min.)	111	94	-15,3%
Custo Generalizado (R\$)	7,80	7,25	-7,0%
Custo de Viagem (R\$)	3,10	2,90	-6,5%

Após a compilação dos indicadores, foi estimada demanda de passageiros por área de operação. Destaca-se, entretanto, que estas demandas foram estimadas a partir da matriz OD sintética, ou seja, não estão computadas possíveis novas viagens oriundas de uma demanda reprimida existente.

O Quadro 2.4 apresenta a quantidade de usuários estimados por ano.

Quadro 1.4: Demanda estimada de passageiros por Área de Operação

Área de Operação	Volume médio anual
1	2.776.400
2	2.550.900
3	2.012.400
4	1.499.100

1.11. Dimensionamento da frota das linhas propostas

Após a compilação dos resultados da alocação do cenário proposto, realizou-se o dimensionamento da frota de veículos (oferta) de cada linha metropolitana proposta. Neste caso, considerou-se que a frota operante dimensionada para o período da modelagem (pico da manhã) atenderia de forma satisfatória a demanda ao longo do dia.

Inicialmente, foi identificada a frequência de viagens necessárias para atender a demanda de passageiros modelada. Para tanto, foram especificados o ônibus e o miniônibus como veículos de projeto e definidos seus respectivos níveis de ocupação máxima de passageiros. Para os ônibus considerou-se uma ocupação máxima satisfatória de 70 passageiros por viagem. Já para os miniônibus foi estabelecida uma ocupação máxima de 30 passageiros. A frequência de viagens foi obtida a partir da equação 1.

$$f_i = \frac{\Omega_i}{c} \quad (1)$$

Em que:

- f_i : Frequência de viagens para atender a demanda de passageiros durante o pico da manhã da linha i (viagem);
- Ω_i : Carregamento de passageiros no trecho crítico durante o pico da manhã da linha i (passageiros).
- c : Ocupação máxima de passageiros por veículo de projeto (passageiros/viagem);

A partir da frequência, calculou-se o intervalo entre as viagens (*headway*) e em seguida a quantidade de veículos necessários em cada linha a partir das Equações 2 e 3 para

atender a demanda do pico da manhã. A primeira equação é utilizada quando o tempo de pico é maior ou igual ao tempo de ciclo da viagem ($T_p \geq T_c$) e a segunda quando o tempo de pico é menor que o tempo de ciclo ($T_p < T_c$).

Quando $T_p \geq T_c$:

$$N_i = \frac{T_{ci}}{H_{pi}} \quad (2)$$

Em que:

N_i : Número de Veículos necessário para a linha i;
 T_{ci} : Tempo de ciclo de uma viagem da linha i (minutos);
 H_{pi} : Intervalo entre veículos na linha i durante o pico (minutos).

Quando $T_p < T_c$:

$$N_i = \frac{T_{ci}}{H_{pi}} + \frac{T_{ci} + T_{pi}}{H_{si}} \quad (3)$$

Em que:

N_i : Número de Veículos necessário para a linha i;
 T_{ci} : Tempo de ciclo de uma viagem da linha i (minutos);
 T_{pi} : Tempo de pico (minutos);
 H_{pi} : Intervalo entre veículos na linha i durante o pico (minutos);
 H_{si} : Intervalo entre veículos na linha i após o pico (minutos).

Após a avaliação dos dados calculados, optou-se por alterar os parâmetros operacionais das áreas de operação visando atender os princípios do serviço adequado e, considerando a demanda e as características próprias de cada delimitação geográfica dos serviços de transporte rodoviário metropolitano de passageiros do Estado do Ceará, conforme os quadros apresentados a seguir:

Quadro 1.5: Dimensionamento da frota

Área de operação	Frota Miniônibus
1	37
2	43
3	34
4	35
Total	149

Quadro 1.6: Quantidade e viagens semanais

Área de operação	Viagens semanais por Miniônibus (por sentido)
1	899
2	1351
3	930
4	1095
Total	4.275