

5. ESTUDOS DE DEMANDA E OFERTA

5. ESTUDOS DE DEMANDA E OFERTA

5.1 Aspectos Gerais e Metodologia dos Modelos de Transporte Adotada

Os modelos de planejamento de transportes e a respectiva metodologia de sua aplicação no desenvolvimento do **Programa de Transporte Urbano de Fortaleza**, foi compatibilizada e adequada tecnicamente aos objetivos do **Programa**, tendo como linha mestra a utilização dos resultados da Pesquisa de Origem/Destino de Fortaleza e sua região realizada em 1996, e da sua respectiva consolidação e atualização para o ano base de 1999.

O desenvolvimento dos estudos de demanda e oferta de transporte no **Programa de Transporte Urbano de Fortaleza**, composto dos **Planos de Transporte Público e Metropolitano de Circulação Viária**, está calcado em:

- na utilização de **modelos de planejamento de transportes**, dentro do enfoque clássico dos **modelos de 4 etapas** de planejamento de transporte – **geração, distribuição, repartição e alocação** das viagens nas redes de transportes atual e futuras. Os principais resultados são a obtenção dos fluxos de tráfego e/ou da quantidade de passageiros a serem atendidos pelas redes viária e de transporte coletivo, nas alternativas de projeto analisadas nos planos ao longo dos anos horizonte;
- na aplicação de modelos que possuem a capacidade de simular efeitos de mudanças de políticas e características no sistema, como os modelos baseados em funções logísticas do tipo multinomiais, como é o caso do “**software aplicativo**” **EMME/2**;
- na obtenção, consolidação e validação dos dados sobre as viagens urbanas em Fortaleza e sua região, tendo como linha mestra a consolidação e atualização dos dados da Pesquisa de Origem e Destino de 1996, ⁽¹⁾ a partir da realização de levantamentos e pesquisas realizadas em 1999, tendo como resultado a obtenção dos dados sobre as viagens totais e motorizadas no ano base de 1999, distribuídas espacialmente em Fortaleza e sua região, nas unidades territoriais de análise – zonas de tráfego – que estão compostas em matrizes de viagens para cada categoria modal analisada;
- na montagem em modelo digital das **redes de simulação** relativas ao **sistema viário principal e do sistema de transporte coletivo** que representam as condições atuais de atendimento de Fortaleza e sua região, denominada de redes de simulação do **ano base – 1999**. Estas redes foram analisadas no âmbito de um processo tradicional de técnicas usuais denominadas de “**calibração dos modelos de transporte**”, procurando verificar a compatibilização entre os valores obtidos através da simulação, em comparação com valores reais, obtidos através das pesquisas realizadas em 1999 no âmbito do presente estudo e de demais informações levantadas junto à ETTUSA. O processo é iterativo e foi repetido inúmeras vezes, até a obtenção de resultados considerados satisfatórios, onde estão minimizados os desvios observados entre os valores reais e os valores simulados.

Essa metodologia possibilitou a aplicação de um processo contínuo de retro- alimentação dos “vetores iniciais de produção e atração de viagens de 1999”, até que os resultados do processo de alocação de viagens (carregamento), fossem considerados satisfatórios. Com os resultados satisfatórios, foram obtidos os “vetores finais de produção e atração das

⁽¹⁾ Estudo “Pesquisa de Demanda em Transporte de Fortaleza”, CBTU, 1996

viagens motorizadas de 1999” e por consequência as **matrizes de viagens, as respectivas redes de simulação viária e de transporte coletivo no ano base de 1999 para Fortaleza e sua região**.

Uma vez concluído o processo de **carregamento para o ano base de 1999** e a obtenção das respectivas **matrizes de viagens atualizadas para 1999**, das **viagens motorizadas em transporte individual e em transporte coletivo**, se desenvolve o processo de “**formulação e calibração dos Modelos de Transporte de Geração, Distribuição e Repartição Modal das Viagens**”.

- na formulação do **Modelo de Geração de Viagens** se busca identificar as **causas (dados sócio-econômicos e de uso e ocupação do solo)** que indicam as **quantidades de viagens (efeitos)** realizadas por zona de tráfego, determinando quais são os fatores que ocasionam ou condicionam um deslocamento entre duas áreas da cidade.

Formulado e calibrado o Modelo de Geração de Viagens, a partir dos dados existentes do ano base de 1999, quantifica-se as viagens produzidas e atraídas em cada zona de tráfego para os anos horizonte, segundo os motivos de viagens considerados – trabalho, escola e outros - tendo como base para realização do deslocamento a residência ou não.

A realização dessa quantificação utiliza como elemento básico, os resultados dos estudos de desenvolvimento urbano e sócio-econômico esperado para Fortaleza e sua Região ao longo do horizonte de projeto, elaborados a partir de cenários prospectivos, da metodologia e projeção das variáveis sócio-econômicas nos anos horizonte (2005, 2010, 2015 e 2020) e de sua espacialização, segundo as zonas de tráfego estabelecidas.

A espacialização é realizada através da utilização de critérios de natureza urbanística, de atendimento a legislação de uso e ocupação do solo, de atendimento a legislação ambiental e critérios de natureza econômica.

Seu resultado compreende na espacialização por zona de tráfego nos anos horizonte (2005, 2010, 2015 e 2020) da população, dos empregos por setor de atividade econômica, da quantidade de matrículas no 1º, 2º e 3º grau, na quantidade de população ou domicílios por faixas de renda, na taxa de motorização e outros aspectos sócio-econômicos de intensidade do uso e ocupação do solo.

A formulação do **Modelo de Geração de Viagens** utiliza o procedimento metodológico dos **modelos desagregados**, através do emprego da técnica da **análise por categoria**, que se caracteriza como um processo técnico de maior acuidade e que atualmente são amplamente empregados nos países desenvolvidos, caracterizado como uma técnica moderna.

O **Modelo de Geração de Viagens**, calcado na análise de categoria, representa com maior fidelidade os padrões de viagens urbanas, pois correlaciona as produções e atrações de viagens, segundo as modalidades, motivos e bases domiciliar ou não domiciliar, com os grupos de indivíduos, famílias ou domicílios, segundo faixas ou níveis de renda e/ou outros aspectos sócio-econômicos do ano base de 1999, para cada zona de tráfego.

As técnicas tradicionais anteriormente empregadas, compreendiam em modelos agregados, procurando-se correlacionar a produção e atração de viagens com dados sócio-

econômicos totais ou médios de cada zona de tráfego no ano base, utilizando as técnicas tradicionais dos estudos econométricos, tais como “a classificação cruzada” que procura analisar as variações nos índices de viagens, ocasionadas pelas variações de duas ou mais variáveis sócio-econômicas. Tradicionalmente as variáveis empregadas são população total, quantidade de empregos total ou por setor de atividade econômica, renda média familiar e renda per capita média, taxa de motorização, quantidade de matrículas total ou por nível de ensino, intensidade do uso do solo.

Dessa forma, a partir do resultados da calibração do **Modelo de Geração de Viagens** – ano base 1999 – e com base nos dados das variáveis selecionadas para os anos horizonte (2005, 2010, 2015 e 2020), aplicando-se o Modelo de Geração de Viagens, obtém-se os vetores de produção e atração de viagens, por motivo e total para estes respectivos anos horizonte.

As análises e procedimentos sobre o **Modelo de Geração de Viagens** serão apresentadas no Relatório Técnico RT-8 Estudos de Demanda e Oferta e Alternativas de Rede.

- na formulação, calibração e aplicação dos **Modelos de Distribuição e Repartição Modal das Viagens, do tipo Gravitacional e Logit**, respectivamente, onde a obtenção das viagens futuras entre qualquer par de zonas de tráfego será obtida, com base nos resultados do Modelo de Geração de Viagens que gerou os novos vetores de produção e atração de viagens por zona de tráfego nos anos horizonte (2005, 2010, 2015 e 2020).

Como resultado da aplicação dos **Modelos de Distribuição e Repartição Modal** tem-se as **matrizes de viagens** de todos os modos (motorizados) e por categoria modal, basicamente subdividida entre transporte individual e transporte coletivo, diária e na hora de pico, para os **anos horizonte** (2005, 2010, 2015 e 2020).

As análises e procedimentos sobre os Modelos de Distribuição e Repartição Modal das Viagens serão apresentadas no Relatório Técnico RT-8 Estudos de Demanda e Oferta e Alternativas de Rede.

- nas **Futuras Redes de Simulação** das alternativas de proposições de **rede viária e de transporte coletivo** para os **anos horizonte** (2005, 2010, 2015, 2020) que atendam aos objetivos almejados dos planos, tais como de priorizar o transporte público na circulação, adoção de novo modelo de tarifação e outros aspectos, denominadas de redes de simulação das alternativas de projeto no anos-horizonte e/ou redes futuras analisadas.

As redes de simulação compreendem, em linhas gerais, na representação em modelo digital em computador da rede viária, dos serviços de transporte coletivo, considerando suas características operacionais, facilidades de integração inter e intramodal, níveis tarifários, conforme requerido pelo “software aplicativo EMME/2”.

As análises e procedimentos sobre as **Redes de Simulação Futuras** serão apresentadas no Relatório Técnico RT-8 – Estudos de Demanda e Oferta e Alternativas de Redes .

Na aplicação dessa metodologia ao longo do desenvolvimento do **Programa**, para as atividades constantes deste relatório **RT-6 – Diagnóstico do Serviço de Transporte Público**, foi desenvolvida a obtenção das matrizes de viagens no ano base de 1999, da rede de transporte coletivo e os respectivos resultados da alocação de viagens, devidamente calibrados e consolidados.

5.2 Pesquisa de Origem/Destino de 1996 e Consolidação

Da análise dos dados originais de Pesquisa de Origem/Destino de Fortaleza e sua Região, realizada em 1996, no estudo “Pesquisa de Demanda de Transporte”, CBTU, constatou-se a necessidade de realizar uma ampla consolidação dos dados, em face de:

- os dados sócio – econômicos por zona de tráfego, relativo a população apresentam número de habitantes em 1996, inferior aos do censo demográfico de 1991, da contagem populacional de 1996 e dos dados e informações por bairros e distritos de Fortaleza, constantes nas informações gerenciais da Prefeitura do Município de Fortaleza;
- os dados relativos a emprego total e por setor de atividade econômica, também apresentavam discrepâncias significativas em relação aos dados disponíveis e as informações da Prefeitura do Município de Fortaleza, e de diversos órgãos das administrações estaduais e municipais;
- os dados relativos a renda e por consequência indicadores da Pesquisa do PNAD do IBGE também continham diferenciações significativas;
- os dados relativos a frota e taxa de motorização apresentavam valores conflitantes com as informações disponíveis no Departamento Estadual de Trânsito do Ceará – DETRAN/CE;
- os dados relativos as viagens, constantes dos dados originais da Pesquisa – resultados da amostra - não possibilitavam a montagem de matrizes de viagens de pessoas no transporte individual e no transporte coletivo;
- os resultados do carregamento que indicavam diferenciações significativas entre os valores simulados com os valores reais observados em 1996.

A identificação desses aspectos conduziu a necessidade de desenvolver uma ampla gama de atividades, empregando como elemento - chave a reavaliação dos dados originais – amostra executada. Comparando-os com dados e existentes de 1996, identificou-se a existência de valores com níveis de discrepância não aceitáveis, que conduziram a avaliação e o restabelecimento de novos dados sócio-econômicos por zona de tráfego em 1996, conforme apresentado no relatório técnico RT-5 – Diagnóstico do Sistema Viário, subitem 6.5.

Em termos dos dados sobre as viagens, também foi necessário elaborar análises sobre os dados amostrais, compará-los com os resultados de outras pesquisas, dados e informações disponíveis sobre os serviços de transporte coletivo de 1996, do desempenho da rede viária em 1996, do fluxo de tráfego ao longo dos principais corredores de transporte e tráfego em 1996, que conduziram ao desenvolvimento do seguinte processo:

- montagem de uma rede de simulação de 1996, a partir das informações fornecidas pelo mencionado estudo, no padrão estabelecido no trabalho em pauta, empregando os “softwares” MAPINFO e EMME/2;
- inclusão no banco de dados de 1996, de todos os dados de pesquisa e informações disponíveis da época, sobre fluxo de tráfego, em termos de contagens de veículos por trecho da rede, quantidade de passageiros transportados por modo e outros.
- reelaborar todo o processo de calibração das redes viária e de transporte coletivo, de forma a obter as novas matrizes de viagens consolidadas total e por modo, em 1996, conforme apresentado no relatório técnico RT-5 (subitem 6.5).

5.3 Montagem de Simulação da Rede de Transporte Coletivo

5.3.1 “Software EMME/2”

O “software” a ser empregado no presente estudo é o EMME/2, que é um modelo de planejamento de transportes que permite grande flexibilidade para o analista, principalmente quanto à estruturação da rede de simulação e às facilidades de utilização de processos gráficos e interfaces interativas com os usuários.

O EMME/2 oferece ao planejador um conjunto de ferramentas para a modelagem da demanda de transporte, modelagem e análise de redes multimodais, e procedimentos de avaliação de projetos de transporte. O modelo é também um poderoso sistema de auxílio à tomada de decisões, permitindo ao mesmo tempo atividades de descrição, análise e comparação entre alternativas e cenários testados.

Neste sentido, o EMME/2 conta com inúmeros recursos de comparação de cenários futuros, podendo refletir mudanças na rede viária e/ou de transporte coletivo, ou nas características sócio-econômicas da região estudada. Para estas comparações, o software utiliza recursos de visualização, o que aumenta a capacidade do analista em conduzir as simulações.

A infra-estrutura de transportes que serve a área de estudo é representada por uma rede de serviço multimodal. Os parâmetros de caracterização da rede de serviço são os modos de transporte, a rede viária básica, movimentos de conversão e linhas de transporte público.

Qualquer um desses dados pode ser modificado a qualquer instante, através do uso de editores gráficos interativos, arquivos em “batch” preparados à parte ou dos poderosos recursos do Calculador de Rede de Serviço. Diversos valores diferentes de dados podem ser especificados para cada um dos nós, links, movimentos de conversão e linhas de transporte público. Eles podem ser utilizados para conduzir operações de aplicação de dados específicos para verificação dos valores resultantes. Cada cenário de rede de serviço consiste da descrição de um conjunto completo de dados de rede de serviço, descrevendo os modos, nós, linhas, conversões, veículos e linhas de transporte público.

Todos os dados relativos às zonas de tráfego (tais como demanda, variáveis sócio-econômicas ou impedâncias) são estocados em escalares, vetores ou matrizes completas. O tratamento uniforme e consistente de todos os dados matriciais é a chave para o uso eficiente da manipulação de matrizes e das ferramentas de análise fornecidas pelo EMME/2. O agrupamento de zonas de acordo com diversos critérios pode ser utilizado para simplificar a entrada e acesso de dados e para produzir “saídas” agregadas.

Todas as funções utilizadas no EMME/2 (demanda, volume-retardamento, tempo de transporte público, isócronas, penalização por conversão) são especificadas pelo usuário sob a forma de expressões algébricas. Uma vez que tais funções são elementos da base de dados de aplicação, elas podem ser manipuladas com tanta facilidade quanto os dados de matrizes e redes de serviço, dispensando a necessidade de quaisquer sub-rotinas definidas pelo usuário, que tenham que operar ligadas ao programa para o uso de diferentes formatos de funções.

– Os Modelos - A Teoria Lógica Eficientemente Implementada

O EMME/2 fornece uma estrutura geral que permite a implementação de uma ampla variedade de modelos de previsão de viagens - variando desde simples alocações

rodoviárias ou de tráfego ou da clássica modelagem de quatro etapas (geração, distribuição, repartição modal, alocação) até a implementação de procedimentos de equilíbrio multimodal que integram funções de demanda diretamente no processo de alocação. O EMME/2 permite ao planejador usar os modelos de sua escolha, de forma sequencial ou simultânea, para suprir suas necessidades de visão da análise que está sendo conduzida.

Virtualmente qualquer modelo de demanda pode ser facilmente implementado utilizando o Calculador Matricial isoladamente ou combinado com as ferramentas de balanceamento bi ou tridimensional de matrizes.

O procedimento de alocação viária fornecido pelo EMME/2 é um método de construção de árvores de equilíbrio com demanda fixa ou variável. Muitas aplicações de caminhos específicos e de atributos de links podem ser computadas adicionalmente aos resultados usuais da alocação.

A alocação de transporte público “multi-rotas” é baseada no conceito de estratégias ótimas. É fornecido suporte para a modelagem refinada de diferentes percepções de usuários dos componentes dos tempos de viagem.

Os procedimentos de alocação do EMME/2 são baseados nos últimos desenvolvimentos técnicos, e asseguram ao usuário a obtenção de resultados consistentes para a comparação e avaliação de cada cenário proposto.

– As Ferramentas - um Recurso de Trabalho do Planejador

No EMME/2, todas as funcionalidades são fornecidas sob a forma de “ferramentas”. Cada “ferramenta” agrupa uma classe geral de operações, em um contexto de utilização livre. Assim, as ferramentas podem ser usadas e combinadas livremente pelo planejador, de modo a obter respostas exatas para suas necessidades.

As ferramentas gráficas incluem os numerosos módulos de plotagem de redes de serviço, os geradores de gráficos cartesianos e histogramas e os construtores interativos de caminhos mínimos.

O Calculador de Rede de Serviço avalia expressões combinando atributos de links, nós e linhas de transporte público, incluindo os resultados das alocações para um ou mais cenários. É uma ferramenta que pode ser usada para uma grande variedade de aplicações, que incluem a validação, calibração, plotagem a cores ordenada e implementação de métodos de avaliação e análise de impactos.

O Calculador Matricial avalia expressões contendo dados baseados em zonas de tráfego. Além de sua utilização para implantação de modelos de demanda, ele também pode servir para a implementação de métodos de avaliação baseados em níveis de serviço e demanda. Processos avançados de balanceamento complementam o Calculador Matricial.

O uso repetitivo de qualquer um dos módulos do EMME/2 pode ser automatizado através da utilização dos poderosos recursos de macro fornecidos. Computações longas e complexas podem ser conduzidas sem a intervenção do usuário, através da utilização de um arquivo

macro de diálogo. Até mesmo o mais complexo de previsão de viagens, pode ser contido em uma simples macro.

– Os Recursos do EMME/2

Construção de Base de Dados:

- Digitalização de redes de serviço diretamente a partir de mapas - no presente caso utilizar-se-á uma interface com GIS - MAPINFO para realização da digitalização de todas as informações;
- Fácil conversão da rede de serviço existente e de matrizes de dados;
- Consistência completa de avaliação dos dados durante a entrada;
- Validação visual e lógica dos dados;
- Editores gráficos interativos para refinamentos e atualizações de base de dados.

Sistema de Informações Urbanas:

- Integração de qualquer rede de serviço ou dados de zonas de tráfego disponíveis, tais como pesquisas de tráfego, informações sobre a oferta e demanda de serviços dos transportes coletivos ao longo dos principais corredores (no caso do serviço de ônibus) e nas linhas dos sistemas estruturais sobre trilhos, características de pavimento, através de atributos definidos pelo usuário. No presente caso, a utilização desse procedimento de integração será amplamente utilizada para o processo de calibração das redes viária e de transporte coletivo;
- Análise locacional das infra-estruturas existentes ou futuras;
- Computação e exibição (display) de caminhos de custo mínimo de acordo com qualquer função de custo;
- Poderosas funções de consulta de redes de serviço.

– Multimodalidade

- Automóvel, caminhões, transporte público e modos auxiliares de transporte público;
- Todos os modos integrados em uma rede de serviço consistente;
- Até 30 modos diferentes;
- Definição de subconjuntos de modos aplicáveis para link individual;
- Diversos tipos de veículos para cada modo de transporte público.

Facilidade de Acesso aos Dados

- Visualização gráfica e listagens de todos os aspectos da base de dados;
- Comandos gráficos poderosos, incluindo janelas, transposições, “zoom” e mudanças de escala;
- Seleção de sub-redes de serviço com base em atributos relevantes de redes de serviço;
- Seleção de sub-matrizes com base em atributos geográficos e numéricos.

Alocação de Tráfego - Características de alocação por equilíbrio consistente:

- Análise generalizada de seleção de links;
- Matrizes de sub-áreas link a link;
- Alocação com demanda variável;
- Alocações parciais;
- Modelagem flexível de faixas exclusivas de tráfego e de caminhões;

- Integração com a rede de serviço de transporte público.

Alocação de Transporte Público: alocação multi-rotas baseada em características de estratégias ótimas

- Integração de links de deslocamento a pé;
- Alocação e sub-redes de serviço correspondentes a subconjuntos de modos;
- Parâmetros com a rede de serviço de automóveis;
- Matrizes de atributos de viagens;
- Análise desagregada de viagens de transporte público.

Modelagem de Demanda

- Módulos de geração de viagens, distribuição e escolha modal agregados e desagregados;
- Inexistência de restrição a quaisquer formatos funcionais de modelos de demanda utilizados;
- Combinação de diversos passos de modelagem de demanda em um único procedimento macro;
- Integração de modelos de demanda com o equilíbrio de redes de serviços multimodais.

Funções / Expressões

- Inexistência de limitações a formatos funcionais utilizados;
- Conjunto completo de operadores aritméticos, lógicos e de comparação;
- Funções intrínsecas de grande capacidade;
- Recursos para otimização de sub-expressões;
- Conjuntos integrados de volume-retardamento, penalidades de conversão, tempo de viagem de transporte público e funções de demanda.

Calibração e Avaliação

- Displays gráficos de todos os valores de resultados;
- Sumarizações gráficas diretas de diferentes cenários de redes de serviço;
- Acesso a resultados em modulações de cálculo;
- Análise de atributos individuais de viagens;
- Acessibilidade dentro de limites de tempo fornecidos;
- Comparações de valores observados em gráficos cartesianos e histogramas.

Importação / Exportação de Dados

- Uso de resultados de alocações como entrada para modelos de microsimulação e modelos de dimensionamento de semáforos;
- Intercâmbio de dados com sistemas de informações geográficas – SIG;
- Extratos de dados consistentes de sub-áreas para uso em bases de dados de projeto orientadas;
- Conversão de matrizes de dados entre diferentes níveis de agregação de Zonas de Tráfego.

Calculadores de Redes de Serviço e Matrizes

- Cálculos interativos para links, nós, linhas de transporte público e matrizes de dados;

- Expressões que permitem a combinação de atributos utilizando operadores matemáticos, lógicos e de comparação de grande capacidade;
- Cálculo e comparações utilizando dados e resultados de outros cenários;
- Importação de atributos de arquivos externos;
- Implementação de métodos de avaliação econômica e análise de impactos.

5.3.2 Montagem da rede de simulação

A partir da montagem em arquivo digital, da rede de transporte coletivo, desenvolvida no "software" MAPINFO, foram executadas tarefas visando a complementação dessa base de representação da rede de simulação com os parâmetros de entrada do EMME/2.

Foram realizadas todas as tarefas de elaboração e adequação dos "links" e rotas dos serviços de transporte coletivo, atributos, funções, parâmetros, condições de acessos aos modos e outros aspectos específicos do "software" EMME/2.

Para o desenvolvimento destas tarefas foi desenvolvida uma interface MAPINFO / EMME/2, em linguagem de programação MapBasic, que tem como finalidade básica a transferência de dados e informações do MAPINFO para o EMME/2 e vice-versa.

5.4. Montagem, Simulação e Calibração da Rede de Transporte Coletivo – Ano Base 1999

Conjuntamente com esse processo foram verificadas as condições de representatividade da rede EMME/2, em termos de representação dos serviços de transporte coletivo.

O processo de criação da rede de simulação e consolidação dos dados a ela referentes foram centralizados no “software MAPINFO” devido à facilidade de edição, verificação e análise dos dados e informações que os softwares de informações geográficas possibilitam.

Nos bancos de dados do MAPINFO foram associados à representação espacial dos sistemas viário, ferroviário e linhas de transporte coletivo dados referentes aos processos de identificação, simulação e análise representados por:

- Informações de identificação do sistema de transportes;
- dados diretamente relacionados à representação da rede de simulação no “software EMME/2”, através de: nó origem, nó destino, comprimento, modos de transportes que podem utilizar o segmento, tipo, número de faixas, função Volume x Tempo no “link”;
- dados de caracterização física e funcional dos sistemas de transporte da RMF;
- dados de operação do sistema viário da RMF, especificamente contagens volumétricas classificadas e velocidades;
- dados referentes a definição/identificação dos itinerários de ônibus e lotações ao longo do sistema viário principal;

- dados operacionais das linhas de ônibus e lotações da RMF;

Apesar das informações estarem centralizadas no “MAPINFO”, o processo de simulação é realizado no “EMME/2”, software que comporta as rotinas e algoritmos da modelagem de transportes. Assim sendo, é necessário que as informações dos bancos do “MAPINFO” sejam transferidas para o formato compatível, isto é, arquivos com a formatação requerida pelos módulos do “EMME/2”.

Com a finalidade de realizar a transferência de dados “MAPINFO-EMME/2” de forma simples, rápida e confiável, obedecendo ao formato pré-estabelecido necessário, foi desenvolvido um programa para realizar essa interface.

A interface “MAPINFO-EMME/2” é estabelecida através de um programa denominado de Exprede, desenvolvido em linguagem “Mapbasic”. Essa linguagem foi especificamente desenvolvida para trabalhar os arquivos do MAPINFO e, conseqüentemente, os bancos de dados estruturados para cada “layer”.

Um primeiro módulo do programa “Exprede” executa a exportação da rede de simulação a partir dos “layers” de centróides, nós, acessos e segmentos viários. Nesse módulo é gerado um arquivo texto no formato de entrada do “EMME/2”. O quadro 5.1 apresenta o formato de parte do arquivo de rede “EMME/2”, composto nos seguintes blocos:

- Blocos 1 e 2 - Sequência de Centróides e Sequência de nós:
 - a primeira coluna significa que um nó está sendo adicionado;
 - a segunda coluna, quando preenchida pelo caractere *, indica que o nó é um centróide;
 - a terceira coluna é o número identificador do nó;
 - a quarta e quinta coluna trazem a longitude e latitude, respectivamente, do nó apresentado.
- Bloco 3 - Sequência de Segmentos, onde as colunas, indicam pela ordem:
 - que um nó está sendo adicionado;
 - nó origem do “link”;
 - nós destino do “link”;
 - comprimento do “link”;
 - modos que podem utilizar o “link”;
 - tipo do “link”;
 - número de faixas do trecho;
 - código da função “velocidade / volume”;
 - 3 campos auxiliares.

O quadro 5.1 ilustra o formato de parte do arquivo utilizado para representação das linhas de transporte coletivo no EMME-2.

Quadro 5.1
Rede EMME/2

Exemplo de Formato de Arquivo

Bloco 1		t nodes init a* 1 -38.534916 -3.720878 <i>Sequência de centróides</i> a* 2 -38.534984 -3.727155 a* 3 -38.527104 -3.729791 a* 4 -38.430886 -3.795633 a* 5 -38.520724 -3.720745 a* 6 -38.597366 -3.807089 a* 7 -38.590578 -3.815235 a* 8 -38.594481 -3.820836 a* 9 -38.599572 -3.827624 a* 10 -38.507934 -3.727157 . . . a* 171 -38.932403 -3.639058 a* 172 -38.517866 -3.731471 <i>Sequência de nós da rede</i> a 301 -38.590425 -3.825276 a 302 -38.488430 -3.771143 a 303 -38.484988 -3.814324 a 304 -38.610546 -3.834907 a 305 -38.544934 -3.779747 a 306 -38.540972 -3.781077 a 307 -38.516548 -3.784778 a 1009 -38.587498 -3.701047 a 1013 -38.590817 -3.703839 a 1014 -38.581050 -3.704121 <i>Sequência de segmentos da rede</i> a 1020 -38.590905 -3.704725 a 1024 -38.578463 -3.705314 . . . a 5559 -38.716892 -3.726590 a 5560 -38.791463 -3.726917 t links init a 1 1131 0.151 cp 80 0 0 0 0 0 a 1131 1 0.151 cp 80 0 0 0 0 0 a 1 5500 0.443 p 90 0 0 0 0 0 a 5500 1 0.443 p 90 0 0 0 0 0 a 2 1233 0.383 cp 80 0 0 0 0 0 a 1233 2 0.383 cp 80 0 0 0 0 0 a 2 1309 0.205 cp 80 0 0 0 0 0 a 1309 2 0.205 cp 80 0 0 0 0 0 a 2 1385 0.189 cp 80 0 0 0 0 0 a 1385 2 0.189 cp 80 0 0 0 0 0 a 2 1495 0.440 cp 80 0 0 0 0 0 a 1495 2 0.440 cp 80 0 0 0 0 0 a 2 5500 0.691 p 90 0 0 0 0 0 a 5500 2 0.691 p 90 0 0 0 0 0 a 3 1379 0.247 cp 80 0 0 0 0 0 a 1379 3 0.247 cp 80 0 0 0 0 0 a 3 1473 0.222 cp 80 0 0 0 0 0 a 1473 3 0.222 cp 80 0 0 0 0 0 a 3 1485 0.623 cp 80 0 0 0 0 0
Bloco 2		
Bloco 3		

Um segundo módulo do programa “Exprede” prepara o arquivo que descreve o sistema de linhas de transporte coletivo, que neste estudo é composto por linhas de trem, ônibus e lotações.

A partir dos “layers” de itinerários do sistema de transportes é gerado um arquivo texto no formato de entrada do “EMME/2”, descrevendo, para cada linha, a sequência de nós que define o itinerário e as informações operacionais necessárias ao modelo de simulação.

O quadro 5.2 ilustra o formato de parte do arquivo utilizado para representação das linhas de transporte coletivo no EMME/2.

As linhas são descritas, no bloco de sequência de linhas. A primeira linha traz a caracterização da linha nos campos, por sequência:

- caractere “a”, indica que uma linha está sendo adicionada;
- código da linha;
- modo;
- tipo de veículo;
- headway;
- velocidade;
- nome;
- 3 campos auxiliares.

A partir da segunda é indicada a sequência de nós percorrida pela linha, com a variável “dwt” dando o tempo de parada no nó e a variável “ttf” indicando o código da função de tempo para o segmento de linha.

Quadro 5.2
Linhas de Transporte Coletivo - EMME2
Exemplo de Formato de Arquivo

<i>Cabeçalho</i>	c EMME/2 Module: 2.24(v9.01) Date: 99-10-06 15:19 User: E746/CSL.....rj c Project: PROGRAMA DE TRANSPORTE URBANO DE FORTALEZA c Scenario 60: nova rede import 06-10-99 t lines init
<i>Sequência de linhas</i>	a'011i 'b 1 4.00 20.00 'CIRCULAR 1 ' 42894 0 0 path=no 1401 dwt=.01 ttf=1 1428 1519 1539 1555 1589 1644 1725 1817 3809 1866 1840 1873 1895 1919 1965 1992 2031 2043 2088 2109 2130 2146 2171 2203 2221 2232 2273 2294 2342 2337 2332 2324 2316 4310 2309 2306 2222 2147 2086 1998 2021 2029 2037 2041 2052 2061 2071 2083 2036 2027 2020 1922 1890 1837 1776 1736 1694 1647 1593 1545 1499 1392 lay=5 a'011v 'b 1 4.00 20.00 'CIRCULAR 1 ' 2915.1 0 0 path=no 1392 dwt=.01 ttf=1 1381 1375 1355 1344 1330 1319 1285 1244 1178 1162 1174 3744 1194 1218 3734 3731 3732 3733 1227 1226 1217 1210 1239 1271 1309 1283 1263 1235 1224 1294 1305 1340 1401 lay=5 a'013i 'b 1 12.00 20.00 'AGUANAMBI 1 ' 287.23 0 0 path=no 2460 dwt=.01 ttf=1 4011 2524 2408 2388 2342 3802 4314 2075 1981 1935 1854 1798 1771 1688 1642 1540 1491 1443 1396 1336 1291 1269 1248 3743 1218 3734 3731 3732

Na figura 5.1 é apresentada a rede de simulação do transporte coletivo no ano base de 1999.

FIGURA 5.1 – Rede de Simulação do Transporte Coletivo

5.5 Matriz de Viagens em Transporte Coletivo - Ano Base 1999

Com base na matriz de viagem total, em transporte coletivo e dos fatores que representam a variação da quantidade de população e de emprego por zona de tráfego de 1996 para 1999, foi aplicado o **modelo de distribuição de viagens, do tipo FRATAR** para obtenção da matriz inicial de viagem total em 1999.

Em função do curto período temporal, 3 anos, por corresponder apenas uma atualização das matrizes de viagens de 1996 consolidadas, adotou-se a mesma estrutural de divisão modal observada em 1996.

A partir da matriz de viagens do transporte coletivo foi alocada a rede de transporte coletivo de simulação de 1999. Como resultado da alocação de viagens obteve-se os volumes de carregamento de passageiros, na rede de transporte coletivo.

Estes valores, obtidos através da simulação, foram comparados a valores reais, obtidos das pesquisas e levantamentos executadas em 1999, no âmbito do presente trabalho. O processo foi repetido inúmeras vezes, procedendo-se ajustes na calibração da matriz e na rede de simulação de 1999, até que se minimizasse o desvio observado entre os valores reais e os valores simulados.

Na Figura 5.2 são apresentados os resultados do processo de calibração para a matriz de viagem do transporte coletivo do ano base de 1999, representada por regressão linear entre os valores de volume de passageiros simulados e os valores reais oriundos das pesquisas. Pode-se observar pelos dados constantes que os resultados obtidos são satisfatórios, apresentando coeficiente de correlação - R^2 igual 0,96, desvio padrão igual a 597 passageiros e coeficiente angular de correlação B igual a 0,98.

Figura 5.2 – Calibração do Modelo Volume Modelado

Os resultados desse processo de calibração, relativos aos dados sobre as viagens diárias em Fortaleza e sua região estão apresentados na Figura 5.3, onde pode-se observar que:

- em 1999 são realizadas 3.431.880 viagens diárias, sendo que 56% das viagens são motorizadas (1.920.428 viagens diárias) e 44 % são viagens não motorizadas;
- das viagens total o transporte coletivo e aquelas realizadas a pé são responsáveis por cerca de 37%, respectivamente, para cada modalidade;
- das viagens motorizadas o modal ônibus é responsável por cerca de 64% das viagens diárias (1.229.610) e os automóveis com cerca de 31% (590.066 viagens diárias).

De maneira análoga à metodologia desenvolvida para o ano de 1996, foram obtidas as matrizes de viagens motorizadas na hora de pico da manhã para o ano de 1999, por modal de transporte.

Na Figura 5.4 estão apresentados os dados globais sobre as viagens na hora de pico da manhã, podendo-se observar que em 1999 são realizadas 196.687 viagens de passageiros em transporte coletivo.

Figura 5.3
Viagens Motorizadas na RMF – Ano Base 1999

Figura 5.4
Viagens Diárias Motorizadas na RMF – Hora Pico – Quadro Comparativo

5.6 Características das Viagens em Transporte Coletivo

5.6.1 Linhas de Desejo

As linhas de desejo representativas dos deslocamentos em transporte coletivo entre todas as zonas em 1999 na hora pico da manhã, apresentam claramente a predominância dos desejos de viagens em termos de destino para a Área Central. Não somente para as viagens internas a Fortaleza, como para aquelas oriundas da Região Metropolitana.

A área da Grande Aldeota, composta pelos bairros de Aldeota, Meireles e outros, configura-se também com um pólo representativo de viagens podendo ser considerado como praticamente a segunda área de mais destino de viagens em transporte coletivo na hora pico manhã.

Destacam-se também como pólos regionais de destino das viagens em transporte coletivo na hora pico da manhã, as regiões de Parangaba, Messejana e o entorno do corredor Francisco de Sá.

A seguir são apresentadas as figuras 5.5 e 5.6 com as linhas de desejo em transporte coletivo para a Região Metropolitana de Fortaleza.

(A3)

Figura 5.5 – Linhas de Desejo

(A3)

Figura 5.6 – Linhas de Desejo

5.7 Alocação de Viagens e Caracterização do Desempenho dos Corredores

5.7.1 Carregamento do Transporte Coletivo – 1999

O carregamento da rede viária de simulação para o transporte coletivo em 1999, na hora pico da manhã, é apresentado nas figuras 5.7 e 5.8.

A análise da figura permite identificar eixos de penetração com carregamentos mais significativos interligando os municípios da RMF à cidade de Fortaleza. São eles:

- Cônego de Castro / João Pessoa – Corredor de ligação do Sudoeste com a área central. Este corredor representa aquele com maior demanda de passageiros transportados, atingindo carregamento da ordem de 12.500 passageiros no sentido dominante, na hora pico da manhã, no trecho compreendido entre o Terminal de Parangaba até as proximidades da Av. 13 de Maio;

- BR 116 / Aguanambi

O corredor formado pela rodovia BR 116 e avenida Aguanambi apresenta volumes da ordem de 8.200 passageiros por hora, no sentido dominante, na hora pico da manhã entre as avenidas Alberto Craveiro e Padre Valdevino / Antônio Pompeu.

- Gal. Osório de Paiva / José Bastos / Carapinima – corredor de ligação com os municípios de Maracanaú e Maranguape.

Esse corredor apresenta carregamento da ordem de 5.500 passageiros na hora pico no sentido dominante em praticamente toda a extensão.

- Mr. Hull / Bezerra de Menezes – corredor no sentido Oeste que também propicia a ligação com o município de Caucaia.

Analisando-se o carregamento observa-se que o corredor formado pelas avenidas Mr. Hull e Bezerra de Menezes os volumes se aproximam de 10 mil passageiros por hora, no sentido dominante, na hora pico da manhã no trecho entre o Terminal Antônio Bezerra e a área central.

- Av. Francisco Sá

Esse corredor apresenta um carregamento da ordem de 5 mil passageiros na hora pico de manhã no sentido dominante, no trecho compreendido entre Barra do Ceará até a Área Central.

- Av. Pres. Castelo Branco / Abolição

Corredor de ligação leste-oeste, utilizando preferencialmente as avenida Castelo Branco e Abolição, atendendo a região da orla marítima. Apresenta carregamento da ordem de 4.450 passageiros na hora pico da manhã no sentido dominante.

- Av. Washington Soares / Engª Santana Junior

Corredor de ligação da região Sudeste para a área da Grande Aldeota, via Terminal Papicu. Apresenta carregamento da ordem de 4 mil passageiros na hora pico da manhã, no sentido dominante.

Nas regiões da Área Central e Aldeota destacam-se:

- rua Costa Barros – com volumes de 2.350 passageiros na hora pico da manhã;
- avenida Santos Dumont – com carregamento da ordem de 3.200 passageiros na hora pico da manhã;
- avenida Desembargador Moreira / Barão de Studart – com carregamento e cerca de 2.150 passageiros na hora pico da manhã.
- avenida 13 de Maio / avenida Pontes Vieira – com carregamento da ordem de 3.870 passageiros na hora pico da manhã.

(A3)

Figura 5.7 – Carregamento Passageiros Hora Pico – Manhã

(A3)

Figura 5.8 – Carregamento Passageiros Hora Pico – Manhã