

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES

**USO DE MODELOS DE LOCALIZAÇÃO PARA O
DIAGNÓSTICO DE REDE DE TERMINAIS DE
TRANSPORTE DE PASSAGEIROS – ESTUDO DE CASO
EM TERMINAIS RODOVIÁRIOS DO ESTADO DO CEARÁ**

Maria de Fátima Holanda Costa

**Dissertação submetida ao
Programa de Mestrado em
Engenharia de Transportes da
Universidade Federal do Ceará,
como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestre em
Ciências (M.Sc.) em Engenharia
de Transportes.**

ORIENTADOR: Prof. Waldemiro de Aquino Pereira Neto

Fortaleza

2010

FICHA CATALOGRÁFICA

COSTA, MARIA DE FÁTIMA HOLANDA

Uso de Modelos de Localização para o Diagnóstico de Rede de Terminais de Transporte de Passageiros – Estudo de Caso em Terminais Rodoviários do Estado do Ceará.

89 fl., Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

- | | |
|---------------------------|---------------------------------------|
| 1. Terminais Rodoviários | 2. Transporte de Passageiros |
| 3. Modelos de Localização | 4. Sistema de Informações Geográficas |

CDD

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

COSTA, M. F. H. (2010). Uso de Modelos de Localização para o Diagnóstico de Rede de Terminais de Transporte de Passageiros – Estudo de Caso em Terminais Rodoviários do Estado do Ceará. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 89 fl.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Maria de Fátima Holanda Costa

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Uso de Modelos de Localização para o Diagnóstico de Rede de Terminais de Transporte de Passageiros – Estudo de Caso em Terminais Rodoviários do Estado do Ceará.

Mestre / 2010.

É concedida à Universidade Federal do Ceará permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito da autora.

Maria de Fátima Holanda Costa

Rua Três, 94.

60.712-268 – Fortaleza/CE – Brasil

USO DE MODELOS DE LOCALIZAÇÃO PARA O DIAGNÓSTICO DE REDE DE TERMINAIS DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS – ESTUDO DE CASO EM TERMINAIS RODOVIÁRIOS DO ESTADO DO CEARÁ.

Maria de Fátima Holanda Costa

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Aprovada por:

Prof. Waldemiro de Aquino Pereira Neto, D.Sc.
(Orientador)

Prof. Júlio Francisco Barros Neto, D.Sc.
(Examinador Interno)

Prof^a. Leise Kelli de Oliveira, D.Sc.
(Examinadora Externa)

FORTALEZA, CE – BRASIL
Setembro de 2010

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, David e Rossivalda, irmãos, Cássia e Luiz, minha tia Marlene e minhas avós que sempre me apoiaram e foram essenciais em cada conquista que eu obtive;

Ao Nikael Almeida pelo companheirismo fundamental no desenvolvimento deste trabalho;

Aos meus amigos Paulo André, Nauri Cazuzza, Rosa Angélica, Manuela Mesquita, Daniela Cadore e Sabrina Feijão pelo incentivo constante em momentos difíceis na conclusão desta dissertação;

Aos amigos e companheiros de trabalho Joaquim Rolim, Ricardo Cavalcanti, Cyro Régis, Thais Reis, Walkiria Americo, Higor Thiberio e Dalton Lopes pelo estímulo e torcida entusiasta;

Aos amigos do mestrado Fabiana Marques, Bruno Magalhães, Elton Tavares e Breno Barros pelo compartilhamento das angústias e alegrias vividas no decorrer do curso de mestrado;

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Transportes, em especial aos professores Júlio Barros, Waldemiro de Aquino, Felipe Loureiro e Suelly Barroso pelo apoio prestado na realização desta dissertação.

Resumo da dissertação submetida ao PETRAN/UFC como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências (M. Sc.) em Engenharia de Transportes.

USO DE MODELOS DE LOCALIZAÇÃO PARA O DIAGNÓSTICO DE REDE DE TERMINAIS DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS - ESTUDO DE CASO EM TERMINAIS RODOVIÁRIOS DO ESTADO DO CEARÁ.

Maria de Fátima Holanda Costa

Setembro / 2010

Orientador: Prof. Waldemiro de Aquino Pereira Neto

O Estado do Ceará experimentou mudanças socioeconômicas nos últimos anos, com reflexo importante na movimentação de pessoas. As ações de governo buscaram o acompanhamento dessa dinâmica através da elaboração de estudos técnicos e novas diretrizes regulamentares para o Sistema de Transporte Rodoviário Intermunicipal Interurbano de Passageiros do Estado do Ceará (STIP-CE), com ações de planejamento nos níveis estratégico, tático e operacional. No entanto, alguns equipamentos que compõem a infraestrutura desse sistema, com destaque para os terminais rodoviários, continuaram apresentando deficiências, estando no rol dos problemas operacionais, regulatórios e institucionais. Entre os problemas observados estão situações como a inoperância ou ociosidade de alguns terminais bem infraestruturados, enquanto outras localidades apresentam infraestrutura bastante precária e saturada. A falta de estudos técnicos para a implantação de terminais, sobretudo quanto a sua localização, pode ser considerada uma das principais causas deste cenário. Diante deste contexto, o objetivo geral deste trabalho de dissertação foi investigar a utilização de modelos de localização para fazer o diagnóstico de uma rede de terminais, abordando aspectos relacionados à macrolocalização destes equipamentos. Foi realizado um estudo de caso no STIP-CE, sendo utilizado o *software* TransCAD no auxílio na aplicação do método de diagnóstico proposto.

Abstract of Thesis submitted to PETRAN/UFC as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.) in Transportation Engineering.

USE OF LOCATION MODELS FOR THE DIAGNOSIS ON NETWORK OF PASSENGER TERMINALS - A CASE STUDY ON BUS TERMINALS IN THE STATE OF CEARÁ.

Maria de Fátima Holanda Costa

September / 2010

Advisor: Prof. Waldemiro de Aquino Pereira Neto

The state of Ceará has experienced a lot of socioeconomic changes in recent years, with an impact in people's way of transportation. The actions of the local government have sought to monitor this dynamic by drawing up technical studies and new regulatory guidelines for the local and intercity Road Transportation System for passengers from the state of Ceará (Sistema de Transporte Rodoviário Intermunicipal Interurbano de Passageiros do Estado do Ceará - STIP-CE), with strategic, tactical and operational planning actions. However, some equipment that comprise the infrastructure of this system, especially the bus terminals, continued to show weaknesses, being on the list of operational, regulatory and institutional problems. Among the observed problems are situations such as ineffectiveness or idleness of some terminals and infrastructure, while other places show a poor and saturated infrastructure. The lack of technical studies for deployment of terminals, especially its location, can be considered a major cause of this scenario. Given this context, the general aim of this thesis is to investigate the use of location models to make the diagnosis of a terminal network, addressing issues related to macrolocalization (macrolocalização) of such equipment. A case study was carried out in STIP-CE, by using the TransCAD software in order to assist the implementation of the proposed method of diagnosis.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO.....	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2. PROBLEMA DE PESQUISA.....	2
1.3. OBJETIVOS.....	5
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	6

CAPÍTULO 2

TERMINAIS RODOVIÁRIOS DE PASSAGEIROS	7
2.1. INTRODUÇÃO.....	7
2.2. TERMINAIS RODOVIÁRIOS DE PASSAGEIROS	9
2.2.1 Funcionalidade	9
2.2.2 Tipologias.....	12
2.2.3 Leiaute.....	14
2.2.4 Acessos e aspectos locacionais.....	16

CAPÍTULO 3

MODELOS DE LOCALIZAÇÃO	18
3.1. TÉCNICAS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO 18	
3.1.1 Teorias de Weber, Von Thünen e Lösch.....	18
3.1.2 Abordagem Matricial	19
3.1.3 Abordagem Contínua	20
3.1.4 Método de Análise Hierárquica.....	20
3.1.5 Métodos Quantitativos	22
3.1.6 Utilização dos SIGs	23
3.2. ESCOLHA DA TÉCNICA UTILIZADA	24
3.3. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - TRANSCAD	26

CAPÍTULO 4

MÉTODO PROPOSTO	31
4.1. INTRODUÇÃO.....	31
4.2. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA	32

CAPÍTULO 5

ESTUDO DE CASO	35
5.1. O SISTEMA DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO INTERMUNICIPAL INTERURBANO DE PASSAGEIROS DO ESTADO DO CEARÁ	35
5.1.1 Aspectos Operacionais.....	39
5.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO	47
5.2.1 Etapas iniciais.....	47
5.2.2 Formulação dos cenários estudados.....	49
5.2.3 Preparação dos dados de entrada.....	51
5.2.4 Aplicação do modelo	52
5.2.5 Determinação dos indicadores.....	53
5.2.6 Análise dos resultados	58
5.2.7 Tópicos Conclusivos.....	70
CAPÍTULO 6	
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	73
6.1. CONCLUSÕES.....	73
6.2. RECOMENDAÇÕES.....	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Destaque da árvore de Problemas Institucionais do STIP-CE à questão dos terminais.....	4
Figura 2.1: Pesquisa da ABRATI sobre a satisfação dos usuários com o serviço rodoviário intermunicipal de passageiros	8
Figura 2.2: Fluxograma funcional de processos de um terminal rodoviário de passageiros	11
Figura 2.3: Leiaute típico de um terminal de passageiros.....	15
Figura 3.1: Aspectos analisados na escolha da técnica de localização e sua adequação nos modelos estudados.....	25
Figura 3.2: Utilização da Ferramenta <i>Facility Location</i> do TransCAD.....	27
Figura 4.1: Fluxograma da Metodologia Proposta para Diagnóstico da Macrolocalização de Terminais Rodoviários de Passageiros.....	33
Figura 5.1: Classificação dos Serviços de Transporte Rodoviário Intermunicipal de Passageiros do Estado do Ceará.....	37
Figura 5.2: Abrangência do Serviço Intermunicipal do Transporte de Passageiros do Estado do Ceará	37
Figura 5.3: Lotes do Serviço Regular do STIP-CE	41
Figura 5.4: Lotes do Serviço Regular Complementar do STIP-CE	42
Figura 5.5: Ligações Radiais do STIP-CE	43
Figura 5.6: Ligações Regionais do STIP-CE	44
Figura 5.7: Infraestrutura Rodoviária do Estado do Ceará.....	45
Figura 5.8: Tela do TransCAD com camada geográfica e seleções necessárias para a aplicação do modelo: (a) Camada geográfica de limites municipais; (b) Seleção dos municípios clientes; (c) Seleção dos municípios candidatos; (d) Seleção dos terminais existentes.....	48
Figura 5.9: Resumo das etapas necessárias para a aplicação do modelo	53
Figura 5.10: Tela do TransCAD com arquivo de saída da ferramenta <i>Facility Location</i>	54
Figura 5.11: Resultado do Cenário 0a	59
Figura 5.12: Resultado do Cenário 0b.....	60
Figura 5.13: Resultado do Cenário 1a	61

Figura 5.14: Resultado do Cenário 1b	62
Figura 5.15: Resultado do Cenário 2a	63
Figura 5.16: Resultado do Cenário 2b	64
Figura 5.17: Resultado do Cenário 3a	65
Figura 5.18: Resultado do Cenário 3b	66
Figura 5.19: Resultado do Cenário 4a	67
Figura 5.20: Resultado do Cenário 4b	68
Figura 5.21: Resultado do Cenário 5a	69
Figura 5.22: Resultado do Cenário 5b	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Classificação dos Terminais Rodoviários de Passageiros	12
Tabela 5.1: Características dos Terminais Rodoviários Interurbanos de Passageiros do Estado do Ceará	46
Tabela 5.2: Cenários formulados de acordo com as variáveis estudadas	50
Tabela 5.3: Cenários estruturados para aplicação do modelo.....	51
Tabela 5.4: Cenário 0a x Cenário 0b	59
Tabela 5.5: Cenário 1a x Cenário 1b	60
Tabela 5.6: Cenário 2a x Cenário 2b	62
Tabela 5.7: Cenário 3a x Cenário 3b	64
Tabela 5.8: Cenário 4a x Cenário 4b	66
Tabela 5.9: Cenário 5a x Cenário 5b	68

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O atendimento às necessidades de deslocamento da população é uma condição básica, uma vez que é premissa para o cumprimento de uma infinidade de funções na sociedade. Assim, os serviços de transporte são atividades essenciais, sendo considerado um bem social, haja vista seu papel de destaque no crescimento econômico e no desenvolvimento social.

Para atingir tal fim, uma rede de transportes pode ser composta de diversos modos como o rodoviário, ferroviário, aquaviário e aéreo, que concorrem e/ou se complementam na movimentação de mercadorias e no deslocamento de passageiros. No Brasil, ainda é bastante predominante o domínio do transporte rodoviário na matriz de transporte, representando 96,2% do transporte de passageiros e 61,8% do transporte de cargas (CNT, 2006).

No transporte público estadual, o deslocamento de pessoas está diretamente associado às interações entre os municípios, sendo normalmente realizado pelo sistema de transporte rodoviário intermunicipal de passageiros. Esse sistema se caracteriza por uma gestão de natureza complexa, englobando aspectos institucionais, regulatórios e operacionais. A complexidade se deve em parte ao ambiente dinâmico do sistema, onde estão presentes fatores como o surgimento de tecnologias, de novas necessidades de deslocamento e as políticas públicas envolvidas.

Em relação aos aspectos operacionais, assim como em todo sistema de transporte, a prestação do serviço se faz pelo deslocamento de passageiros ou produtos entre uma origem e um destino. Para que esse percurso seja realizado, o processo de embarque/deslocamento/desembarque deve ser amparado por uma infraestrutura mínima composta de terminais, veículos e vias.

No caso dos terminais deste sistema, estão inclusos desde os pontos de parada ao longo das linhas até os terminais mais complexos, como as estações rodoviárias. Soares (2006) destaca a importância dos terminais rodoviários de passageiros através do seu

papel desempenhado na acessibilidade e mobilidade, impulsionando a integração e o desenvolvimento urbano, regional e nacional.

A localização e o projeto adequado de tais instalações têm reflexos diretos no desempenho do sistema de transporte. A satisfação dos usuários, a operacionalização dos veículos e o impacto causado pela implantação dos terminais são parâmetros que demonstram a importância de um adequado planejamento para a implantação e manutenção dos equipamentos de apoio ao transporte público (FERRAZ e TORRES, 2004).

Os terminais de transportes intermunicipais de passageiros no Brasil se encontram em grande parte operando com níveis de serviço insatisfatórios, tanto pelo fato de não existirem estudos técnicos que auxiliem a escolha de sua macrolocalização, como pela sua construção sem um dimensionamento adequado (ASTEUF, 2006b e MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2007).

Tal questão se agrava pelo fato de políticas públicas mal conduzidas estarem envolvidas na gestão, construção e manutenção da infraestrutura de transporte de passageiros, comprometendo diretamente as condições de operação do sistema.

No Estado do Ceará, entre as principais consequências de ser inadequada a localização e projeto de terminais de passageiros do transporte intermunicipal, podem ser mencionadas: a ociosidade presente em alguns terminais com as instalações construídas e não utilizadas na operação; a utilização de pontos terminais em lugares não regulamentados, como restaurantes e praças; e instalações construídas sem adequação à demanda de passageiros e ao serviço ofertado.

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

O Estado do Ceará vem passando por mudanças socioeconômicas nos últimos anos e o Sistema de Transporte Rodoviário Intermunicipal Interurbano de Passageiros do Estado do Ceará (STIP-CE) não acompanhou tais transformações. Como consequência disso, problemas de natureza operacional, regulatória e institucional afetaram o Poder Público, os operadores, os usuários e a comunidade como um todo.

Diante deste cenário, foi constatada a necessidade de um planejamento estratégico, tático e operacional, realizado por ocasião da elaboração do Plano Diretor e Operacional do Transporte Intermunicipal de Passageiros do Estado do Ceará -

PDOTIP-CE (ASTEFA, 2004), por meio da Secretaria de Infra-Estrutura (SEINFRA-CE), fazendo que o Estado se equipasse de um importante documento técnico. Ademais, foram realizados uma Pesquisa Quantitativa sobre o Transporte Intermunicipal no Estado e Fóruns Regionais de Transporte Intermunicipal de Passageiros.

De acordo com a Constituição da República Federativa do Brasil (BRASIL, 1988), o transporte é um serviço público de caráter essencial. No entanto, uma parte significativa das administrações públicas ao longo das últimas décadas tem focado as ações de governo essencialmente no atendimento a serviços básicos como saúde, educação e segurança. Outros setores, como a área de transporte de passageiros, passaram a ser de responsabilidade do setor privado, que possui interesses econômicos na exploração deste serviço. Entretanto, é coerente que a delegação deste serviço ocorra mediante a existência de dispositivos de regulação, controle e fiscalização, onde a gestão do Poder Público e a operação das empresas de ônibus atendam às necessidades da população.

Diante dos estudos técnicos realizados e da necessidade de delegação do serviço de transporte de passageiros, o Governo do Estado resolveu licitar, no ano de 2009, os serviços interurbanos do STIP-CE com a elaboração dos editais de licitação por parte do Departamento Estadual de Trânsito (DETRAN-CE), o órgão gestor do sistema, e homologação da Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará (ARCE), o órgão regulador do sistema.

Dessa forma, considerando a complementaridade intrínseca ao sistema licitado, detalhada no capítulo do Estudo de Caso, os terminais passaram a ter um importante papel de concentração de tráfego.

No entanto, apesar dos esforços da estruturação do modelo da rede de transporte intermunicipal, os equipamentos que compõem a infraestrutura continuam no rol dos problemas operacionais, institucionais e regulatórios, afetando, conforme afirma Soares (2006), pontos fundamentais de um sistema de transporte de passageiros: acessibilidade, mobilidade, funcionabilidade, operacionabilidade, economicidade, segurança e conforto.

Dificuldade no acesso e difusão do sistema, desconforto no embarque, longo tempo de viagem dentro do veículo e a redução da mobilidade em decorrência de pontos negativos nas funções de planejamento, gerenciamento e operação das instalações foram

problemas detectados no STIP-CE que corroboram para a fragilidade do desempenho do sistema como um todo (ASTEUF, 2006b).

Diretamente ligados aos problemas institucionais, a carência de estudos técnicos consistentes para a localização de terminais foi identificada através do PDOTIP-CE (ASTEUF, 2006b) como um dos principais problemas, como apresentado na Figura 1.1.

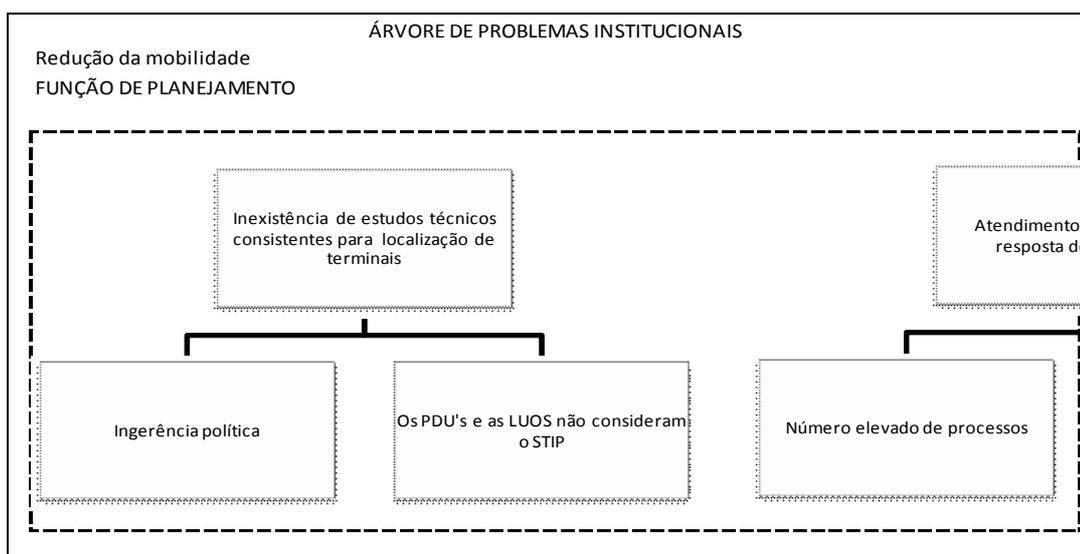


Figura 1.1: Destaque da árvore de Problemas Institucionais do STIP-CE à questão dos terminais

Fonte: Adaptado de ASTEUF, 2006b.

Considerando a macrolocalização dos terminais, cada um dos municípios do Estado do Ceará deveria possuir o seu terminal, considerando-se desde um ponto de parada até terminais mais estruturados, diferenciados pelo porte de acordo com a demanda a ser atendida. Contudo, sem um regramento específico para a construção de um terminal em cada município, fica a determinação da macrolocalização destas facilidades de acordo com a pressão popular e política (ASTEUF, 2006b).

Evidenciando o prejuízo causado pela falta de planejamento na infraestrutura de transportes, pode-se destacar o fato de que em certos municípios do Estado do Ceará os terminais rodoviários de passageiros não operam ou operam em condições que deixam a desejar, o que leva à existência de pontos de apoio alternativos não regulamentados.

ASTEUF (2006b) afirma que a acessibilidade e a mobilidade dos usuários do STIP-CE podem ser afetadas devido à inexistência ou má localização dos terminais e pontos de parada. Ademais, deve-se pensar em uma distribuição adequada quando se

tem uma restrição de recursos para a construção e manutenção das facilidades (DUTRA, 1998).

Assim, com a notória precariedade dos terminais rodoviários do Estado do Ceará, tanto no âmbito operacional como nas condições de infraestrutura, o que ratifica a necessidade de direcionar o planejamento em infraestrutura e planejar a operação dos terminais, este trabalho propõe-se a determinar uma metodologia que subsidie o diagnóstico da macrolocalização de terminais rodoviários de passageiros na rede de transportes buscando uma destinação de recursos públicos voltada para as reais necessidades do sistema de transporte em questão.

1.3. OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho de dissertação é estudar o problema de macrolocalização de terminais de passageiros em uma rede rodoviária, sendo realizado um diagnóstico para o Sistema de Transporte Rodoviário Intermunicipal Interurbano de Passageiros do Estado do Ceará (STIP-CE) de acordo com a função de concentração de tráfego de tais instalações e com os parâmetros de acessibilidade, mobilidade e espacialidade.

Para a obtenção do objetivo principal, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar o Sistema de Transporte Rodoviário Intermunicipal Interurbano de Passageiros do Estado do Ceará (STIP-CE);
- Identificar na literatura os modelos de localização adequados ao estudo de terminais rodoviários e definir o modelo a ser utilizado;
- Definir as variáveis a serem utilizadas no modelo proposto para a representação dos parâmetros escolhidos na realização do diagnóstico da rede de terminais do STIP-CE;
- Determinar os indicadores para a utilização na análise dos resultados;
- Analisar as configurações de localização determinadas pelos modelos utilizados e compará-los com a configuração da rede de terminais do cenário atual.

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos. No Capítulo 1 (Introdução), é apresentada a contextualização, o problema de pesquisa, os objetivos e a estrutura do trabalho.

No Capítulo 2 (Terminais Rodoviários de Passageiros), são abordados os conceitos, definições e funções relacionadas aos terminais rodoviários de passageiros.

O Capítulo 3 (Modelos de Localização) apresenta os modelos de localização com suas definições, abordagens e aplicações voltadas para redes de terminais, além da identificação de modelos mais adequados à aplicação do problema exposto. Também é abordada a utilização de Sistema de Informações Geográficas no problema de localização. Por fim, o capítulo apresenta a descrição da ferramenta utilizada no presente estudo.

O Capítulo 4 (Método Proposto) descreve as etapas da metodologia proposta neste trabalho, a ser aplicada através da realização do estudo de caso no Estado do Ceará.

O Capítulo 5 (Estudo de Caso) apresenta a caracterização do STIP-CE através de um breve histórico com os aspectos institucionais, regulatórios e operacionais de acordo com o sistema licitado no ano de 2009 e aborda a aplicação da metodologia proposta no Capítulo 4 para o Estado do Ceará apresentando os resultados obtidos.

Por fim, o Capítulo 6 (Conclusões e Recomendações) apresenta as conclusões acerca do problema estudado e dos modelos aplicados no estudo de caso, seguido das recomendações propostas.

CAPÍTULO 2

TERMINAIS RODOVIÁRIOS DE PASSAGEIROS

No presente capítulo é realizada uma revisão bibliográfica sobre terminais rodoviários de passageiros, com destaque para os conceitos, funções, tipologias, leiaute, acessos e os principais aspectos locacionais das instalações.

2.1. INTRODUÇÃO

A necessidade do transporte de produtos, a interação comercial entre regiões e o advento da indústria automobilística no Brasil motivaram o surgimento das primeiras rodovias pavimentadas e a firmação do modo rodoviário como o mais utilizado no Brasil, representando na matriz de transportes em torno de 96,2% dos deslocamentos de passageiros, contrastando com o transporte aéreo, que representa apenas 2,45% e, o transporte ferroviário, que cobre 1,37% dos deslocamentos (CNT, 2006).

Os deslocamentos rodoviários são distribuídos nas modalidades intermunicipal, interestadual e internacional. Sendo o intermunicipal de competência dos órgãos concedentes estaduais e os dois últimos de competência da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT).

Como resultado desta forte dependência do transporte rodoviário para a movimentação de pessoas, observa-se que o país se encontra refém da existência de boas condições de infraestrutura rodoviária, o que nem sempre é observado. De acordo com CNT (2006), o Brasil possui uma malha rodoviária de 1.610.076 km, com apenas 196.094 km pavimentados, ou seja, apenas 12% da malha rodoviária no país é pavimentada.

Pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Empresas de Transportes Intermunicipais, Interestaduais e Internacionais – ABRATI (2007) para quantificar a satisfação dos usuários com o serviço rodoviário de passageiros apontou que 13,5% da insatisfação dos usuários se deve as más condições nas estradas e à insegurança.

Ainda de acordo com a pesquisa, os aspectos pesquisados relacionados à infraestrutura (paradas e terminais) do serviço rodoviário intermunicipal de passageiros se mostraram com um nível de satisfação inferior à satisfação geral do serviço. A Figura

2.1 mostra os resultados da pesquisa, na qual foi medida a satisfação do usuário em uma escala de 1 (totalmente insatisfeito) a 6 (totalmente satisfeito).

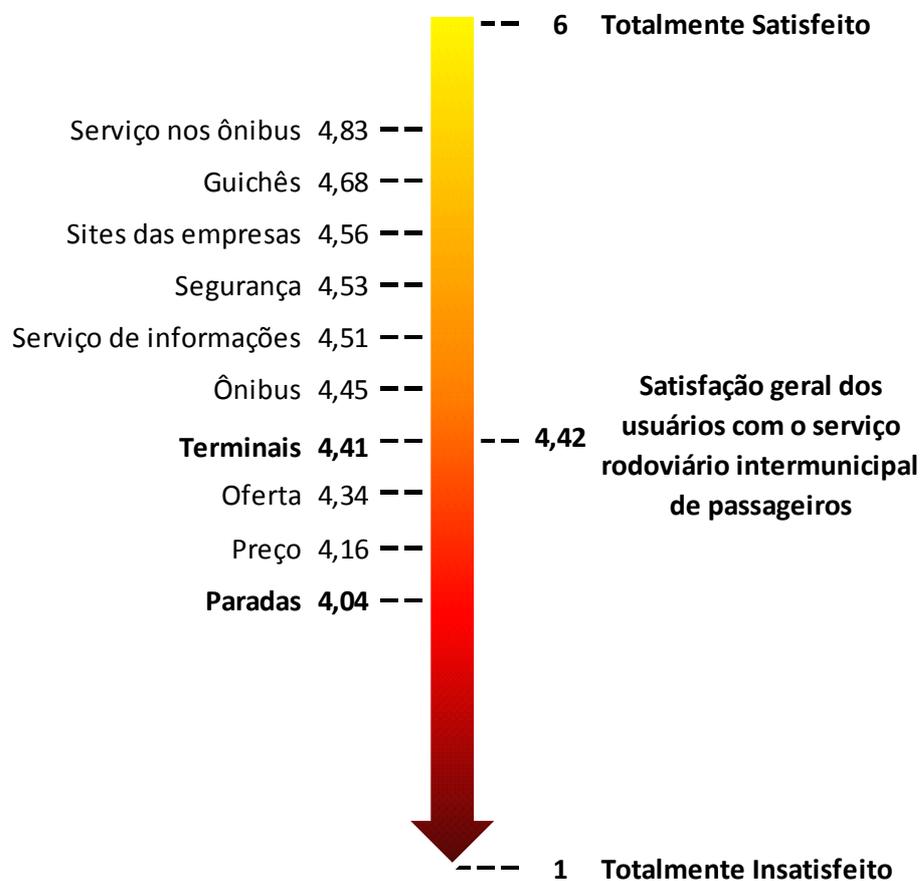


Figura 2.1: Pesquisa da ABRATI sobre a satisfação dos usuários com o serviço rodoviário intermunicipal de passageiros

Fonte: ABRATI, 2007 (adaptado).

Nota-se, portanto, no transporte intermunicipal de passageiros, uma forte dependência do modo rodoviário contrapondo com a carência de elementos estruturantes do sistema (malha rodoviária, terminais e paradas), fato esse que impacta diretamente na eficiência do serviço.

Adiante, serão descrito os principais aspectos relacionados à infraestrutura estudada no presente trabalho, os terminais rodoviários de passageiros.

2.2. TERMINAIS RODOVIÁRIOS DE PASSAGEIROS

Os terminais rodoviários são pontos estruturantes fundamentais para a operacionalização do transporte rodoviário. Artigo escrito pela jornalista Vanessa Bárbara (2003) descreve como surgiu o primeiro terminal rodoviário do país:

“Se o destino era o Nordeste, o fulano se dirigia a uma certa rua no Brás e por lá aguardava o ônibus. Para o Rio de Janeiro, o "ponto" localizava-se na Avenida Ipiranga, perto da agência da viação Cometa. O primeiro projeto para a construção de uma rodoviária em São Paulo veio apenas em 1953 e foi rejeitado devido ao local escolhido: o Palácio 9 de Julho. Em zona central não se pode construir estação, mas que idéia absurda - embora oito anos depois um empresário resolvesse transformar a praça Júlio Prestes em rodoviária, 150 mil pessoas por dia, uma única plataforma, congestionamentos nas redondezas, atrasos de até seis horas, alguns desembarcando no meio da rua...”

Mais de meio século após o episódio destacado na narrativa, ainda pode ser visualizada com frequência a cena descrita. Nota-se que o planejamento e a construção de um terminal rodoviário são premissas remotas que devem ser estudadas e avaliadas para a ordenação do sistema, assim como para a devida utilização dos recursos financeiros disponíveis e, ainda, para evitar transtornos futuros no entorno da implantação. Isto posto, nos próximos itens, são explanados os principais aspectos para a melhor compreensão do funcionamento de um terminal rodoviário de passageiros.

2.2.1 Funcionalidade

Gouvêa (1980) afirma que a principal função de um terminal de passageiros é gerar uma maior eficiência nos sistemas de transporte com a integração dos subsistemas e um melhor arranjo das linhas com a finalidade de se obter um atendimento satisfatório aos usuários. Em consonância com Gouvêa (1980), Soares (2006) afirma que os terminais representam a interação dos usuários do sistema de transporte com a cidade estabelecendo um caráter polarizador. Ainda, segundo o autor, o desempenho socioeconômico, a infraestrutura e a integração no sistema proporcionada pelas instalações devem estar em conformidade com os aspectos sociais, políticos e econômicos do desenvolvimento da região atendida.

Sendo assim, a partir do momento em que um terminal rodoviário é implantado, ele se insere no meio ambiente através da sua contribuição para o desenvolvimento da região e mantém sua operacionalização com a necessidade do ambiente.

Dunham (2008) destaca que o terminal tem a função de abrigar os passageiros nos transbordos assim como a concentração da demanda para a sua posterior distribuição entre as rotas e destinos.

Morlok (1978) afirma que a primeira função que um terminal deve cumprir está na entrada e saída de passageiros do sistema de transporte. Wright e Ashford (1989) destacam como funções básicas de um terminal de transporte:

- Concentração de tráfego: para uma operação mais eficiente e um melhor atendimento aos usuários, é imperativo que haja pontos de concentração de tráfego;
- Processamento: esta função está relacionada à emissão de bilhetes, check-in, movimentação de bagagem de passageiros, entre outros.
- Classificação e ordenamento: o terminal também pode cumprir um papel de classificação e ordenamento de acordo com o destino de cada passageiro;
- Embarque e desembarque: os passageiros devem ser movidos de áreas de espera para plataformas de embarque até chegar ao veículo de transporte, o processo de desembarque também deve uma das funções a ser considerada pelos terminais;
- Armazenamento: para a complementação das funções de concentração de tráfego e de classificação, o terminal desempenha a função de armazenamento com o auxílio de áreas reservadas para a espera do passageiro;
- Transbordo: quando o destino final do passageiro não se refere ao terminal de desembarque e se tem a necessidade de transferência para outro modo de transporte ou outro serviço para a complementação da viagem, o terminal cumpre a função de transbordo;
- Disponibilidade do serviço: em um terminal devem existir serviços inerentes ao sistema de transporte, sendo uma interface entre o usuário, as empresas operadoras e o órgão gestor do sistema;

- Manutenção e assistência técnica: o terminal também executa uma função de apoio ao veículo, com instalações para abastecimento de combustível, limpeza, inspeção e reparo do mesmo.

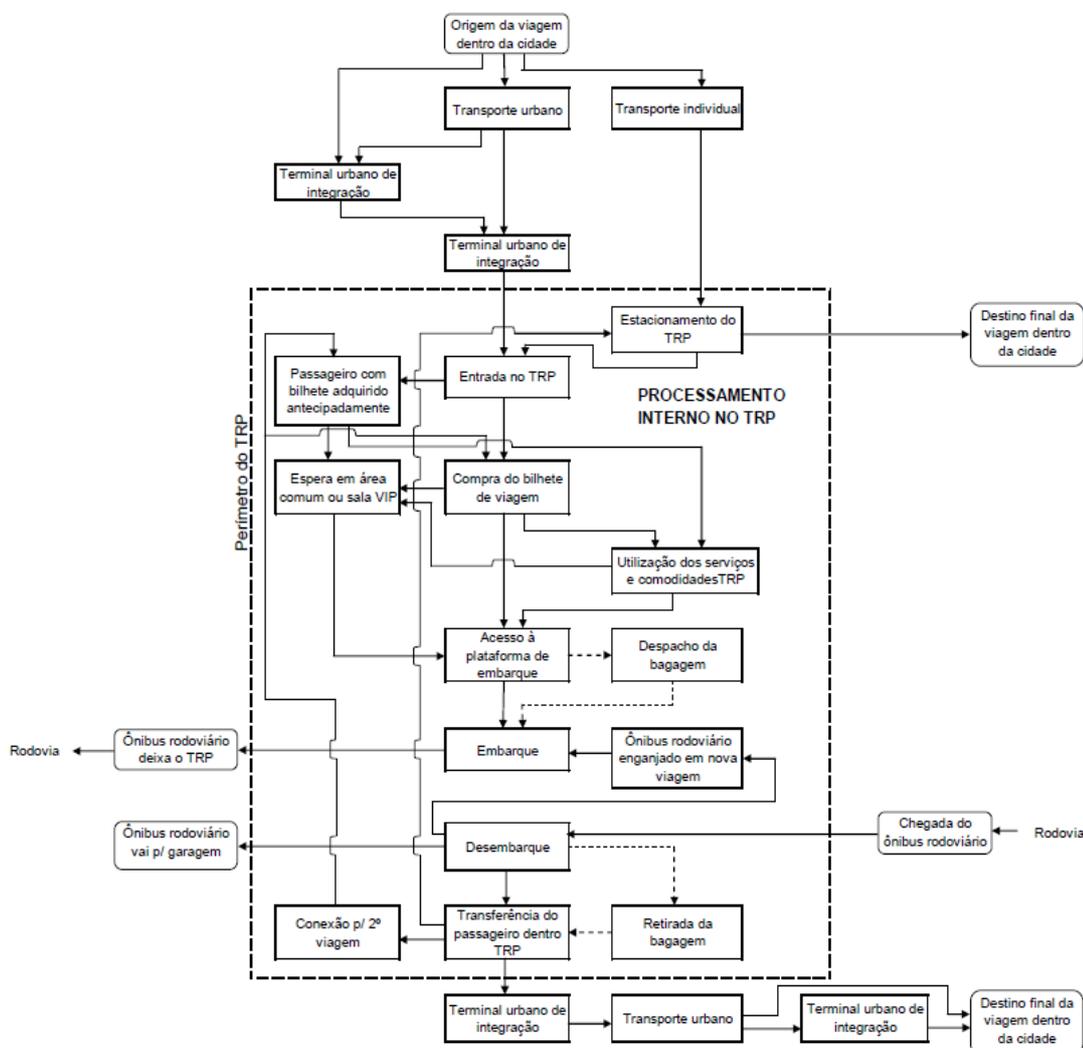


Figura 2.2: Fluxograma funcional de processos de um terminal rodoviário de passageiros

Fonte: Soares (2006).

A figura 2.2 exibe os processos necessários para o atendimento das funções supracitadas. Desta forma, percebe-se a complexidade de um terminal rodoviário de passageiros pela grande quantidade de atividades e suas interações que devem se desenvolver. Ademais, pode se verificar que a eficiência de um sistema de transporte está diretamente vinculada à sua infraestrutura.

Um terminal rodoviário de passageiros é determinado como uma instalação que deve apresentar todas as características para o atendimento dos atores envolvidos no

sistema de transporte. É imperativo, portanto, que sua funcionalidade esteja incorporada a conceitos de capacidade, desempenho, nível de serviço, qualidade, localização, acessibilidade, escoamento e mobilidade na determinação dos padrões mínimos operacionais que devem ser adotados para itens como: banheiros, serviços de bagagens, serviços comerciais, área de embarque e desembarque, atendimento médico, segurança, instalação administrativa, área de venda de passagens e estacionamento (DUNHAM, 2008).

Assim, para a existência de um terminal com um nível de serviço satisfatório nas funções desempenhadas, é recomendável que exista uma operação integrada, com o atendimento dos anseios dos usuários, operadores e gestores do sistema.

2.2.2 Tipologias

Os terminais rodoviários de passageiros podem ser classificados de várias maneiras, de acordo com sua funcionalidade, seu porte e, também, de acordo com o serviço prestado.

O Manual de Implantação de Terminais Rodoviários de Passageiros - MITERP (DNER, 1976) classifica os terminais de acordo com as partidas diárias no período de um ano, vinculando esse aos demais fatores apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Classificação dos Terminais Rodoviários de Passageiros

Fonte: Adaptado de DNER, 1976.

ITEM	1	2	3	4	5	
FATORES	Número médio de partidas diárias	Número máximo de partidas simultâneas	Número de plataformas de embarque	Número de plataformas de desembarque	Número máximo possível de partidas diárias	
CLASSE	A	acima de 800	acima de 40	acima de 45	acima de 15	acima de 3200
	B	800 a 500	40 a 25	45 a 30	15 a 10	3200 a 2000
	C	500 a 250	25 a 13	30 a 15	10 a 5	2000 a 1000
	D	250 a 200	13 a 10	15 a 10	5 a 4	1000 a 800
	E	abaixo de 200	abaixo de 10	9 a 3	3 a 1	abaixo de 800

Desta forma, o DNER (1976) classifica os terminais em classes de acordo com a movimentação de passageiros e com as características das instalações. Observa-se pela Tabela 2.1 que as classes são divididas de acordo com cinco itens. O item 1 se refere ao número médio de partidas diárias durante o período de um ano. O número máximo de

partidas simultâneas, item 2, é determinado como sendo 5% do item 1. O item 3 é determinado por interpolação com o número mínimo de 3 plataformas para atender o número de partidas simultâneas. O item 4 é definido como um terço do número de plataformas de embarque, e o item 5 determina o número máximo de partidas diárias de acordo com o as plataformas de embarque.

Gouvêa (1980) classifica os terminais de acordo com aspectos mais abrangentes: modo de transporte e organização político-administrativa. Em relação ao modo de transporte, a autora classifica os terminais como:

- Terminal unimodal: o que atende a um único modo de transporte;
- Terminal multimodal: o que presta serviço a mais de um modo de transporte de forma integrada.

Na classificação política-administrativa, determinada de acordo com o tipo de viagem, Gouvêa (1980) define:

- Terminal urbano: o que está localizado dentro de uma mesma cidade ou área metropolitana, ou seja, quando as linhas que servem ao terminal são de características urbanas. Pode atender também às linhas suburbanas e intermunicipais quando existe uma dependência socioeconômica entre os núcleos servidos (região metropolitana). Normalmente, os passageiros urbanos não possuem bagagem, passam pouco tempo nas instalações dos terminais e fazem viagens pendulares diariamente;
- Terminal interurbano: são caracterizados por apresentarem itinerários com origem e destino em diferentes núcleos socioeconomicamente independentes. Os usuários dos terminais interurbanos passam um tempo maior nas instalações e tendem a transportar bagagens;
- Terminal interestadual: atende a regiões situadas em unidades da federação diferentes, com o perfil dos usuários semelhante ao do terminal interurbano;
- Terminal internacional: atende aos passageiros que desejam o deslocamento para outros países e se assemelham em suas características aos terminais interurbano e interestadual.

De acordo com essa classificação, o equipamento vai desempenhar um papel dentro do sistema de transporte, uma abrangência de atendimento e uma oferta de serviços distintas fazendo, assim, com que cada instalação seja analisada e estruturada de acordo com seu objetivo-fim.

2.2.3 Leiaute

Ao se elaborar o projeto arquitetônico de um terminal de passageiros, deve-se ter a premissa de que tal instalação cumpre o papel de infraestrutura para o sistema de transporte, considerando-se desde a necessidade de embarque/desembarque dos passageiros até o fornecimento de serviços. De acordo com DNER (1976), em sua configuração física, além de uma estrutura de iluminação, ventilação, acesso e circulação, um terminal de passageiros deve apresentar:

- Áreas e dependências para os setores de atividades;
- Sistema de sinalização e dispositivos visuais;
- Instalações e equipamentos para o funcionamento dos serviços operacionais e comerciais.

Com relação as áreas destinadas aos setores de atividades, DNER(1976), define:

- Áreas de uso público: designadas para o atendimento geral dos usuários, devendo possuir áreas de espera para a realização de embarque/desembarque, banheiros, estacionamento para carros particulares;
- Áreas de serviços públicos: áreas com a finalidade de atendimento ao público tanto por parte da administradora do terminal quanto por entidades públicas ou privadas. Nessas áreas estão presentes: o serviço de informação, depósito de objetos achados e perdidos, serviço de guarda-volume, serviços de telefones, posto do juizado de menores, posto de assistência social e socorros de urgência, postos dos órgãos concedentes dos serviços de transporte, instalações dos órgãos de policiamento;
- Áreas de operação: área onde são realizadas as atividades administrativas da transportadora, como a venda de passagens, espera, chegada e saída do ônibus, embarque/desembarque dos passageiros nos ônibus. Devem existir, portanto, áreas de embarque/desembarque e bilheterias;

- Áreas de comércio: áreas destinadas à venda de natureza comercial aos usuários dos terminais, é desejável que essas áreas não se destaquem em relação às demais, visto que o comércio não é uma atividade-fim das instalações;
- Áreas de administração: destinadas ao uso da administradora do terminal para o seu controle de operação, é recomendável que tais áreas não sejam de acesso ao público, ficando restritas à administradora, operadores e operários que exerçam atividades no terminal.

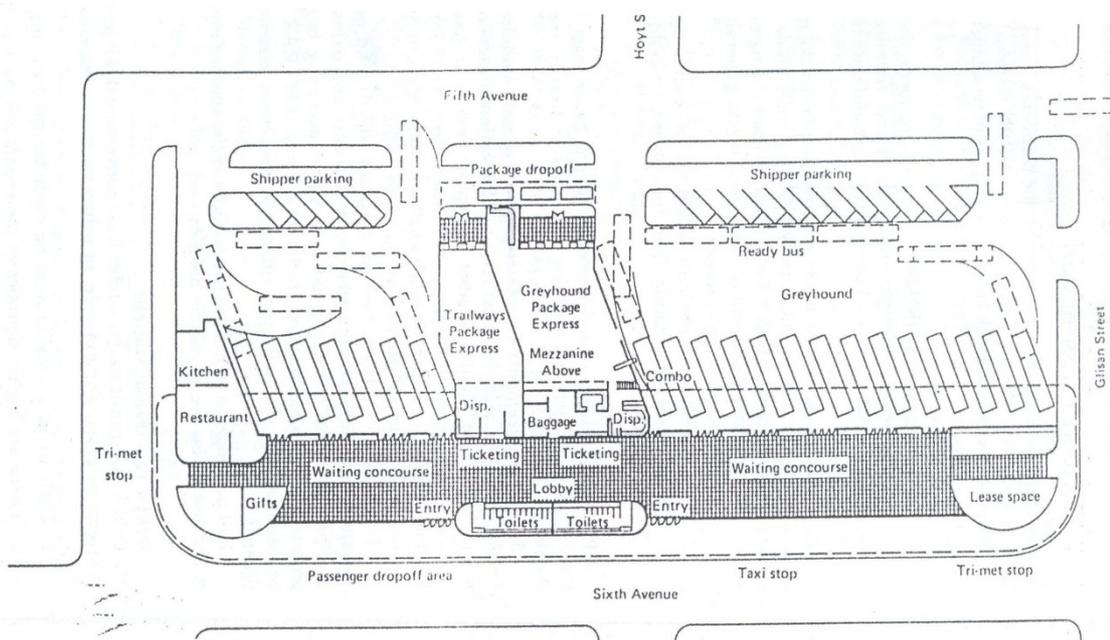


Figura 2.3: Leiaute típico de um terminal de passageiros.

Fonte: WRIGHT e ASHFORD, 1989.

O MITERP (DNER, 1976) apresenta algumas tabelas de dimensionamento, como, por exemplo o dimensionamento do setor de uso público e do setor de administração, de acordo com o nível de serviço requerido. No entanto, as áreas descritas e as atividades desempenhadas pelo terminal devem variar de acordo com a demanda atendida e os serviços prestados. Dessa forma, as funções principais exercidas por um determinado terminal devem ser consideradas para o correto dimensionamento dos dispositivos a serem projetados para este equipamento. A Figura 2.3 exibe um leiaute típico de um terminal de passageiros.

É importante destacar que dois elementos fundamentais no leiaute dos terminais rodoviários de passageiros são o conforto e a funcionalidade. Um projeto adequado de tal instalação deve considerar a organização dos elementos de forma funcional e proporcionar um conforto para usuário para fidelização do mesmo através do atendimento de suas necessidades no terminal e do seu bem-estar.

2.2.4 Acessos e aspectos locais

O acesso aos terminais deve ser cuidadosamente ponderado com a avaliação das alternativas possíveis para se atender à finalidade à qual a instalação se propõe. No sistema de transporte interurbano, deve-se contrabalançar entre a necessidade de uma instalação com localização acessível para satisfazer os anseios dos usuários e a operacionalidade do ônibus com o sistema urbano.

Rios (2007) afirma que um elevado número de acessos é adequado por influenciar na acessibilidade e na aceitabilidade por parte dos usuários, abrangendo, assim, uma maior área de serviço. Em contrapartida, quanto maior o número de acessos, maior o custo e menor a segurança da instalação.

Uma boa adequação dos acessos acarreta numa melhoria do serviço e na conseqüente satisfação dos usuários, visto que se trata da porta de entrada para o sistema de transporte. Ademais, a qualidade dos acessos aos terminais causa uma consolidação da eficiência do transporte de passageiros fazendo que alternativas de acesso ao sistema não regulamentadas não sejam utilizadas por parte dos usuários.

Soares (2006) destaca aspectos que devem ser considerados na localização dos terminais: proximidade aos acessos rodoviários; facilidade na integração com outros sistemas (urbano, metropolitano); possibilidade de proporcionar maior eficiência, atratividade e acessibilidade ao sistema de transporte.

A localização das facilidades deve ser estudada, de forma a não deixar o terminal ocioso, tentando atrair a maior demanda possível, proporcionando assim um sistema mais eficiente (GOUVÊA, 1980).

Feriancic *et al.* (2003) constatam que a localização e o dimensionamento dos terminais devem estar vinculados à acessibilidade satisfatória às localidades atendidas, sendo, portanto, evidente a necessidade de se localizar as instalações próximo ao acesso à malha rodoviária. Dessa maneira, o ganho de tempo em decorrência do alívio de

congestionamentos vai ocorrer de acordo com a proximidade da interseção entre os acessos rodoviários e as malhas urbanas.

No município de Fortaleza, existe a proximidade das instalações com os eixos rodoviários de acesso a entrada e saída do município. No entanto, nem todos os acessos rodoviários possuem terminais próximos e poderia ser verificado se existe a viabilidade da construção de mais terminais, para uma melhor cobertura do sistema.

Com relação à macrolocalização dos terminais rodoviários de passageiros, a literatura é bem escassa. Portanto, alguns dos conceitos que serão expostos adiante são oriundos do sistema de transporte de carga e se aplicam, com as devidas adequações, ao sistema de transporte de passageiros.

Soares (2006) considera que a análise espacial é relevante nos estudos atuais, principalmente em se tratando de infraestrutura de transporte. Bastos Luz (2003) expõe que a localização das instalações está diretamente relacionada à minimização de custos ou maximização de lucros e que, em se tratando de transporte de passageiros, o custo e o lucro se referem ao atendimento satisfatório aos usuários.

Considerando-se a função de concentração de tráfego em uma análise macro do sistema de transporte rodoviário, as instalações devem estar localizadas o mais perto possível dos pontos de maior demanda, ou seja, em municípios com grande geração de viagens. No entanto, este não deve ser o único aspecto a ser considerada na macrolocalização, pois de nada adianta ter um terminal próximo ao ponto de maior demanda se este não é acessível ou não produz a mobilidade necessária para a utilização do serviço de transporte de passageiros.

Dutra (1998) estabelece que, em relação à distribuição das facilidades, é imperativo o confronto entre os locais geográficos com máxima demanda existente, a capacidade disponibilizada e outros custos de transportes envolvidos.

Desse modo, a análise da localização das instalações não pode ser realizada de modo isolado, devendo ser considerado o desejo de deslocamento dos usuários e a eficiência na prestação dos serviços.

CAPÍTULO 3

MODELOS DE LOCALIZAÇÃO

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre as principais técnicas utilizadas para a resolução dos problemas de localização de instalações existentes e aborda a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) nos estudos de localização. Ademais, o capítulo é finalizado com a descrição do software utilizado no presente trabalho de dissertação.

3.1. TÉCNICAS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO

Segundo Morgado (2005), os estudos que abordam as técnicas de localização podem ser enquadrados em cinco grandes categorias; são elas: Teorias de Weber, Von Thünen e Lösch; Abordagem Matricial; Abordagem Contínua; Método de Análise Hierárquica e Métodos Quantitativos.

A seguir, tais categorias serão apresentadas com um breve resumo de cada método e com a abordagem utilizada nos estudos de localização realizados. Também é analisada a utilização dos SIGs nos estudos existentes. No item seguinte, através da análise das técnicas disponíveis, é realizada a escolha do método utilizado no presente estudo para o equacionamento do problema em questão.

3.1.1 Teorias de Weber, Von Thünen e Lösch

Com suas simplificações e limitações, os modelos de localização baseados nas teorias clássicas são de importante estudo, devido a representarem a base conceitual dos modelos hoje existentes (PRAÇA, 2003). A seguir, serão resumidas as principais teorias clássicas consideradas por Morgado (2005).

Em 1909, Alfred Weber desenvolveu o primeiro modelo de localização industrial. O mesmo considera que um produto é processado numa localidade com recebimento de matéria-prima de pontos geograficamente distintos e distribuídos em diferentes mercados (PRAÇA, 2003).

Ainda de acordo com o modelo de Weber, a localização da produção industrial pode ser próxima ao fornecimento da matéria-prima, próxima ao mercado consumidor

ou em qualquer ponto intermediário. A determinação da localização ótima é obtida em função, basicamente, da minimização dos custos de transporte, que são calculados pelo peso dos materiais de abastecimento e dos produtos finais em relação à distância a que os mesmo seriam transportados.

Na mesma linha de pensamento de Weber, Von Thünen considera a minimização dos custos de transportes. Sua formulação do modelo de localização é através da análise das regiões como zonas de produção com uniformidade de condições considerando que a produção agrícola se distribui em anéis concêntricos em torno das cidades (DONDA JÚNIOR, 2002).

Assim, as localidades mais próximas do centro possuem um maior rendimento, devido a sua menor distância do mercado, fazendo com que a distância ao centro fosse uma questão primordial para a seleção de culturas. Outro aspecto seria a produção de produtos perecíveis ou de difícil transporte, que deveria ocorrer próximo a produção dos produtos finais.

Na teoria de Lösch, o que determina a localização é a área de mercado que, por sua vez, é dada em função da demanda individual de um determinado produto. Outro fator considerado na localização é a competição entre os mercados (PRAÇA, 2003). Lösch define também que a demanda depende somente da distância entre a produção e o mercado consumidor e desconsidera a diferença espacial na distribuição de recursos, distribuição de renda e os gostos pessoais (MORGADO, 2005).

As teorias resumidas neste item são de difícil aplicação direta em estudos recentes, pela complexidade de tais estudos. No entanto, os modelos de localização atuais e alguns estudos se utilizam das principais idéias das teorias de localização clássica. Isso é mostrado por Donda Júnior (2002), quanto às teorias locacionais de Weber e Von Thünen, ao analisar a escolha da localização de uma agroindústria de aves no Estado do Paraná.

3.1.2 Abordagem Matricial

A utilização de operações com matrizes na localização de instalações é normalmente empregada no ramo industrial, com o enfoque da análise de fatores de localização necessários na escolha de uma região para a implantação de plantas industriais (COSENZA, 1995 *apud* MORGADO, 2005).

O modelo proposto por Cosenza (1981 *apud* RHEINGANTZ, 2001) foi criado com o objetivo de dinamizar os estudos de localização de empreendimentos industriais através de operações com matrizes que analisam os fatores locacionais de acordo com a oferta territorial.

Távora Junior *et al.* (1999) se utilizou da abordagem matricial para a identificação das localizações mais indicadas para um grupo de atividades industriais para a Região Nordeste do Brasil, analisando a indicação das atividades mais adequadas a determinada região e a região mais adequada para determinada atividade industrial.

Lima *et al.* (2009) apresentou uma metodologia de localização espacial com a utilização da abordagem de localização industrial e da lógica “fuzzy”, com a utilização de metodologia implementada em um Sistema de Informações Geográficas.

3.1.3 Abordagem Contínua

Os modelos contínuos são aqueles que representam as características de uma região de maneira linear, ao considerar que as diferenças entre zonas contíguas de uma certa cidade são insignificantes quando comparadas com a cidade como um todo (VAUGHAN, 1987 *apud* MORGADO, 2005).

Os modelos contínuos são baseados nas teorias clássicas de localização e consideram um número pequeno de variáveis com uma descrição pouco detalhada, e com baixo esforço computacional (MORGADO, 2005). Portanto, a aplicação de tais modelos se resume a problemas que não exijam uma representação detalhada das variáveis.

Como afirma Rocha (2008), normalmente os modelos contínuos são utilizados como ferramentas para se determinar as primeiras aproximações dos problemas reais, encontrando as regiões mais propícias a serem estudadas, para posteriormente se identificar os locais ótimos.

3.1.4 Método de Análise Hierárquica

Os modelos multicritérios surgiram na década de 70 como um método de auxílio ao processo de tomada de decisão. Enquanto os métodos que se utilizam da Pesquisa Operacional abordam uma visão racionalista tradicional, os métodos multicriteriais se baseiam no paradigma construtivista, considerando a estruturação de problemas no processo de aprendizagem (NETO *et al.*, 2007).

Dentro da aplicação da metodologia multicritério, Soares (2006) afirma que os métodos que se destacam na solução de problemas na área de transporte são o Método de Análise Hierárquica (MAH), o Tomada de Decisão Interativa e Multicritério (TODIM) e o *Elimination et Choix Traduissant la Réalité* (ELECTRE). Os dois primeiros são métodos multicritérios com a base fundamentada na objetividade e o último é baseado nos conceitos de construtivismo.

O autor destaca ainda que o MAH é superior qualitativamente em relação aos outros dois métodos, sendo o mais adequado para a utilização na localização de terminais de passageiros. O TODIM e o ELECTRE também deixam a desejar em relação à reduzida quantidade de aplicações e a consequente escassez de publicações.

O MAH destaca-se pela utilização da hierarquia, definição de prioridades e utilização da lógica em sua metodologia através da delimitação, julgamento e ponderação dos critérios. Neto *et al.* (2007) aplicaram a técnica de multicritério MAH para, juntamente com a estruturação do problema por meio de mapas cognitivos, determinar um local para a rodoviária de Campinas, no Estado de São Paulo.

Soares (2006) utilizou o MAH para elaborar uma metodologia de localização de terminais rodoviários de passageiros para ônibus interurbano, interestaduais e internacionais em cidades de grande porte através da hierarquização de alternativas de acordo com as opiniões dos especialistas consultados considerados os agentes de decisão e atores intervenientes.

Gouvêa (1980) e Rios (2007) aplicaram a análise hierárquica para o estudo da localização de terminais urbanos, enquanto Romero (2006) empregou o método na localização de plataformas logísticas.

O trabalho de Morgado (2005) julgou o enfoque multicritério juntamente com a utilização do SIG como método mais adequado para se localizar terminais rodoviários regionais coletivos de carga.

O MAH foi utilizado por Oliveira (2009) para a elaboração de um procedimento que permitisse a localização da rede de estações para a inspeção técnica veicular nos estados e municípios brasileiros.

A aplicação do MAH é bastante habitual nos estudos de localização. Juntamente com os métodos quantitativos, descritos no próximo item, os métodos de análise

hierárquica são os modelos mais utilizados na atualidade para a resolução de problemas de localização de instalações.

3.1.5 Métodos Quantitativos

A utilização de métodos quantitativos, com a popularização da matemática e a robustez dos computadores, fez que a avaliação de localização de instalações se tornasse mais matemática que conceitual (BALLOU, 2006).

Morgado (2005) aborda os métodos quantitativos, dividindo-os em métodos de centro de gravidade exato ou método centróide, modelos exatos, de simulação e heurísticos, explicitando que a aplicação de cada um depende das características do modelo e dos tipos de instalações que se deseja localizar.

O método centróide, baseado apenas na tarifa de transporte e no volume do ponto, é classificado como contínuo e estático. Sua limitação se deve ao fato de poder ser utilizado apenas para localizar uma única instalação (BALLOU, 2006).

Os modelos exatos, definidos por Ballou (2006), buscam a solução ótima do problema e podem ser utilizados de acordo com a abordagem de múltiplo centro de gravidade e com a programação linear inteira combinada. A abordagem de múltiplo centro de gravidade é uma aplicação do método centróide com multilocalizações. Em problemas reais, é inviável sua utilização em termos computacionais. A programação linear inteira combinada é aplicada em instalações complexas. No entanto, dependendo de como o problema for formulado, tempo e memória computacional podem ser um empecilho na resolução do mesmo.

Rocha (2008) e Praça (2003) utilizaram o *software* LINGO para resolver seus modelos de localização através da programação linear inteira. Rocha (2008) aplicou o modelo no problema de ecopontos no Estado do Ceará com o objetivo de otimizar o fluxo reverso dos pneus inservíveis e Praça (2003) utilizou a modelagem com o intuito de minimizar os custos de implantação de infraestruturas na distribuição de gás natural. Tsuchida (2008) propôs um modelo linear para a localização ótima de pólos de venda de derivados de petróleo aplicados a municípios da região sul do Brasil.

Segundo Ballou (2006), os modelos de simulação são aplicados pela representação matemática de uma rede por demonstrações algébricas e lógicas, com

dados manipuláveis no computador, e com a finalidade de se avaliar diversos cenários para a determinação da melhor configuração.

Morgado (2005) afirma que a técnica de simulação permite uma maneira mais detalhada de se descrever os problemas reais com um tempo de processamento e uma entrada de dados não tão exigente como a dos modelos exatos, apresentando, no entanto, soluções menos ótimas. Alves *et al.* (2004) utilizam simulação para avaliar e propor modificações que reduzam os custos do sistema de transporte de produção da Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. (EMBRAER), analisando vários fatores logísticos, como a localização.

Assim como nos modelos de simulação, os modelos heurísticos não garantem a solução ótima, no entanto, encurtam o tempo de processamento do problema, sendo métodos adequados para a resolução de problemas de grande complexidade, como nos casos de problemas de localização. Ballou (2006) explana que qualquer método que contribua para acelerar a solução de um problema é considerado heurístico.

Outros estudos (ARAKI, 2003 e SILVA, 2004), utilizam heurísticas para a localização de facilidades. Araki (2003) propôs uma nova heurística de localização-alocação para fornecer uma ferramenta para suporte a decisões espaciais com a integração de um SIG auxiliando nas funções de visualização e análise espacial. Silva (2004) estudou o problema de localização de terminais de consolidação no transporte de carga parcelada através da proposição de heurísticas.

3.1.6 Utilização dos SIGs

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm a função de representar dados geográficos através do tratamento dos mesmos e da armazenagem de dados georreferenciados. São constituídos pela interface com o usuário, a entrada e integração de dados, funções de processamento gráfico e de imagens, ferramentas de visualização e armazenamento de dados (DRUCK *et al.*, 2004).

Destarte, pode-se considerar os SIGs como importantes ferramentas de apoio e como ferramentas primordiais a todo processo de planejamento que envolva parâmetros geográficos, o que implica em uma vasta e multidisciplinar aplicação, destacando sua contribuição no planejamento de transporte.

Para a resolução de problemas de localização, em se tratando, na maioria das vezes, de problemas complexos, verifica-se a necessidade da utilização de SIGs, tanto para ferramenta de visualização como para análise espacial (PRAÇA, 2003). Essa necessidade se torna mais evidente quando se decide utilizar métodos quantitativos.

Menezes (2010) afirma que a integração dos métodos de localização com os SIGs tem obtido sucesso no apoio à decisão. Os estudos de Morgado (2005) e Rocha (2008) utilizaram o SIG como ferramenta de visualização em técnicas de localização e objetivos distintos. Enquanto Morgado (2005) utilizou a integração SIG e MAH para abordar a localização dos terminais rodoviários de carga, Rocha (2008) utilizou ferramenta para a visualização da aplicação de um método quantitativo na solução do problema de localização de um sistema para fluxo reverso de pneus inservíveis.

No trabalho desenvolvido por Carrara (2007), a utilização do SIG auxiliou na escolha de locais para implantação de terminais logísticos e na roteirização de veículos em áreas urbanas congestionadas. Menezes (2010) utilizou o ferramental para elaborar uma metodologia que auxiliasse na avaliação e realocação das Escolas Municipais de Guartiba, no Rio de Janeiro.

3.2. ESCOLHA DA TÉCNICA UTILIZADA

Uma vez apresentadas algumas das técnicas disponíveis para o estudo de localização de terminais, procede-se agora à seleção do método mais adequado à resolução do problema em estudo.

Tem-se considerado que há nas teorias clássicas idéias importantes para a construção de técnicas atuais, não sendo, entretanto, aplicadas diretamente em problemas recentes, devido à complexidade dos mesmos. Já a abordagem matricial foge ao objetivo do estudo, visto que a sua utilização é mais adequada em estudos de localização industrial, o que não é tratado no presente trabalho. Com relação à abordagem contínua, não é uma técnica recomendada para esta pesquisa pelo fato de, como afirma Morgado (2005), não considerar o problema de forma mais detalhada. Portanto, para problemas de localização atuais, é natural que a solução seja através da análise hierárquica ou dos métodos quantitativos.

Como particularidade do problema tratado nesta dissertação, a atenção aqui está direcionada para metodologias que apresentem simplicidade em sua aplicação e

interatividade do método. Buscou-se uma metodologia que, diante da dinamicidade inerente ao sistema de transporte estudado, apresentasse certa facilidade na aplicabilidade do método com mudanças nos parâmetros de deslocamento e nos decisores e um rápido tempo de processamento.

Considerando que a técnica multicritério está diretamente ligada aos juízos de valor dos decisores, que por sua vez são reflexo da situação atual do sistema, a dinâmica deste sistema exigiria uma constante atualização na estruturação dos modelos. Dessa forma, visando a uma estruturação do problema mais duradoura e uma aplicabilidade mais fácil, compatível com as necessidades dos técnicos no dia-a-dia, os métodos quantitativos se mostraram mais compatíveis com o objetivo da pesquisa.

Adiante, é apresentada a Tabela 3.1, que resume os aspectos analisados na escolha da técnica utilizada e a aplicabilidade, por parte dos modelos, dos aspectos em questão. Destaque-se que esta análise é baseada apenas na literatura estudada e que, com relação aos métodos quantitativos, procurou-se compará-los com os demais métodos de acordo com o método heurístico utilizado.

TÉCNICAS DE LOCALIZAÇÃO ASPECTOS ANALISADOS	Abordagem Matricial	Teorias Clássicas	Abordagem Contínua	MAH	Métodos Quantitativos (modelo heurístico utilizado)
Simplicidade da técnica					
Aplicável a localização de terminais rodoviários de passageiros					
Aplicável a localização de problemas complexos					
Facilidade na representação e modificação de parâmetros quantitativos e objetividade na aplicação do modelo					
Estruturação do modelo imutável com mudanças de decisores e cenários do sistema					

Boa adequação ao aspecto analisado

Figura 3.1: Aspectos analisados na escolha da técnica de localização e sua adequação nos modelos estudados

Além da escolha dos métodos quantitativos, optou-se também pela utilização de SIG, haja vista a necessidade de se considerar parâmetros de mobilidade, acessibilidade e espacialidade. SANTOS *et al.*, (2000) afirmam que um SIG-T (Sistema de Informações Geográficas para Transportes) apresenta maior agilidade no acesso às

informações com ferramentas de visualização, o que facilita a interpretação do problema. Os autores afirmam também que o *software* TransCAD (CALIPER, 2002) utilizado no estudo citado possui rotinas específicas para o auxílio no planejamento de transportes e grande armazenagem de informações. Logo, diante do que foi afirmado, foi escolhida a utilização do referido *software*.

Vale ressaltar que a utilização do SIG neste trabalho de dissertação vai além da utilização de suas ferramentas de visualização e também serão exploradas as rotinas existentes de localização de facilidades, implementando assim, a utilização dos métodos quantitativos através das heurísticas presentes no *software*. Além disso, com a disponibilidade de mais de um modelo no *software* escolhido, e com os objetivos expostos no trabalho, serão aplicadas e analisadas duas heurísticas, com objetivos distintos que serão abordadas nos itens que seguem.

Dessa forma, justifica-se a escolha do método e a ferramenta de implementação adotada para o problema em questão neste trabalho. No próximo item, serão estudados o *software* utilizado para melhor entendimento da metodologia e os modelos abordados que serão proveitosos no entendimento dos resultados.

3.3. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - TRANSCAD

No contexto do planejamento de transporte, o Sistema de Informações Geográficas para Transporte (SIG-T) vem se tornando uma poderosa ferramenta ganhando espaço como suporte na tomada de decisão espacial, englobando todas as funções de um SIG com rotinas específicas para problemas relacionados ao de transportes.

O *software* TransCAD (CALIPER, 2002) é um exemplo de programa pertencente ao grupo do SIG-T, que possui no seu módulo de logística uma rotina específica para a localização de instalações denominada *Facility Location*.

A rotina presente no TransCAD foi utilizada em estudos de dissertação (DUTRA, 1998 e CARRARA, 2007) para resolver questões de localização. Dutra (1998) abordou o problema do planejamento de uma rede escolar para a redução de custos de deslocamento, analisando cenários distintos e comparando-os, com a utilização da ferramenta *Facility Location* juntamente com as rotinas de Fluxo em Rede, Agrupamento e Particionamento encontradas no mesmo *software*. Carrara (2007)

objetivou implementar a utilização de uma alternativa operacional no estudo do problema de terminais logísticos em áreas urbanas congestionadas.

A seguir, é descrita a aplicação do Modelo de Localização de Instalações, ilustrada na Figura 3.2, contido no software TransCAD, de acordo com o manual *Routing and Logistics with TransCAD* versão 4.5 (CALIPER, 2002).

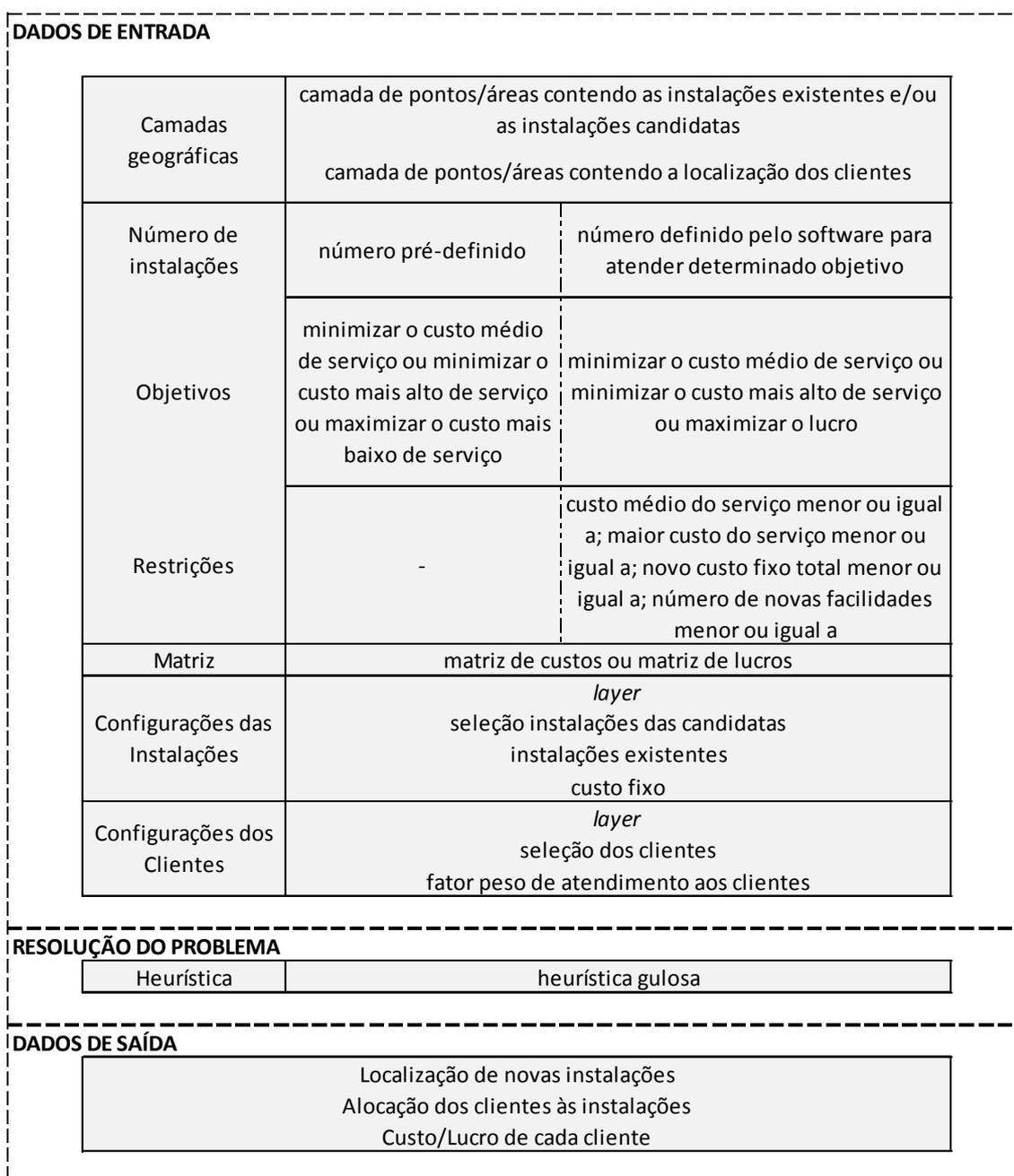


Figura 3.2: Utilização da Ferramenta *Facility Location* do TransCAD

Para a utilização da ferramenta, inicialmente é necessário a preparação dos dados geográficos que consistem de uma camada de pontos ou áreas contendo as

instalações existentes e as instalações candidatas e, uma camada de pontos ou áreas contendo a localização dos clientes.

Após a preparação das camadas geográficas, a aplicação do modelo é iniciada com a definição dos parâmetros inerentes ao problema a ser resolvido. Primeiramente, deve-se informar o número de instalações que se deseja localizar ou se deve optar pela determinação, pelo próprio modelo, do número de instalações necessárias ao melhor cenário de localização.

As camadas de instalações devem conter um campo para a identificação das instalações e um campo com o custo fixo, necessário apenas se o objetivo for a maximização dos lucros. Na camada de clientes, é necessário o preenchimento do campo de identificação dos clientes e do campo, opcional, que identifica o peso no custo ou lucro de cada cliente.

Após a preparação dos dados geográficos, é necessário fornecer os dados da questão a ser solucionada pela rotina presente no *software*, iniciando com o número de instalações desejadas que podem ser pré-determinadas de acordo com o problema, ou deixar que o programa defina o número de instalações necessárias para encontrar a solução ótima. No segundo caso, deve-se estabelecer restrições ao problema, exigidas pelo programa de acordo com o objetivo escolhido.

Então, deve ser definido o objetivo a ser alcançado. O *software* apresenta quatro objetivos como opção; são eles:

- Minimizar o custo médio do serviço: busca fornecer o melhor nível de serviço para o sistema como um todo, sem observar se o serviço de um certo cliente é muito pior que a média;
- Minimizar o custo mais alto do serviço: busca prestar o melhor serviço possível ao cliente mais afastado das instalações;
- Maximizar o custo mais baixo do serviço: procura localizar as instalações de modo que elas estejam o mais longe possível do cliente mais próximo; utilizado para instalações indesejáveis como aterros ou incineradores. Esse objetivo só pode ser utilizado quando o número de instalações é pré-determinado;

- Maximizar o lucro: procura a escolha de locais para aumentar a diferença entre as receitas e os custos. A opção de escolha por este objetivo apenas é habilitada quando o número de instalações é definido pelo software.

Adiante, procede-se à definição da matriz de custos, que deve incluir as instalações existentes e candidatas, assim como todos os clientes. A matriz é criada a partir do TransCAD, baseada na rede de trabalho ou na distância euclidiana, normalmente com dados de tempo de viagem ou distância entre cada instalação e o cliente. Quanto à matriz de custos, deve ser criada subtraindo-se os custos de uma matriz de receitas, devendo ser utilizada apenas quando o objetivo for a maximização do lucro.

São definidas, então, as configurações das instalações, representadas pela “*layer*” que contém as instalações, a seleção das instalações candidatas, o conjunto de instalações existentes e o custo fixo relacionado às instalações já existentes, que é definido somente se o objetivo for maximizar o lucro.

As configurações dos clientes são representadas pela camada geográfica que contém as informações dos clientes, a seleção dos clientes e um fator peso de atendimento aos clientes.

Determinados todos os dados do problema de localização, parte-se para a resolução do mesmo, onde o TransCAD se utiliza de uma heurística “gulosa”. Para se localizar um número pré-determinado de instalações, o *software* trabalha da seguinte forma:

- 1) Identifica um conjunto de instalações iniciais usando uma heurística “gulosa”;
- 2) Tenta melhorar o conjunto inicial de localização, ao trocar os candidatos já escolhidos por uma base pareada até que nenhuma melhora seja alcançada.

Em se tratando da utilização da rotina com a definição do número de instalações pelo programa, o TransCAD trabalha como elucidado a seguir:

- 1) Determina quando se deve adicionar uma instalação adicional. Caso nenhuma instalação seja adicionada, o algoritmo para;

2) Tenta melhorar o conjunto atual de localização permutando os candidatos com instalações escolhidas por uma base pareada até que nenhuma melhora seja alcançada;

3) Retorna ao primeiro passo e tenta localizar outra instalação.

Em alguns casos, a solução ótima não é encontrada. Mas é determinada a melhor solução possível.

Ao final da resolução do problema, o *software* apresenta como resultados: (i) a localização das novas instalações, sendo exibido automaticamente no mapa um subconjunto das instalações candidatas; (ii) a alocação dos clientes nas instalações e (iii) o custo de transporte do atendimento das instalações para cada cliente.

De acordo com as configurações do procedimento, também pode existir como dado de saída um arquivo chamado de LOCATION.REP, que apresenta informações resumidas sobre o problema, e um arquivo LOCATION.LOG com eventuais divergências encontradas nos dados de entrada.

CAPÍTULO 4

MÉTODO PROPOSTO

Este capítulo descreve o método proposto neste trabalho para o diagnóstico da macrolocalização dos terminais rodoviários de passageiros utilizando o estudo de caso do Estado do Ceará onde foram utilizados parâmetros de acessibilidade, mobilidade e espacialidade para a análise da função de concentração de tráfego de tais instalações. São apresentadas a fundamentação do desenvolvimento da metodologia e as etapas necessárias a serem cumpridas.

4.1. INTRODUÇÃO

O método proposto neste trabalho surgiu da necessidade de estabelecer procedimentos que contribuíssem para o diagnóstico da localização de terminais rodoviários de passageiros, considerando a função de concentração de tráfego, função esta considerada essencial na organização da rede de transporte.

Vale destacar que o sistema em avaliação é composto por dois serviços distintos: serviço regular e serviço regular complementar, que serão descritos no capítulo que segue e, por terem a característica de serem complementares, formam uma rede com a existência de pontos de concentração de viagens para o atendimento das necessidades de deslocamentos dos usuários.

Henrique (2004) destaca que o diagnóstico de um sistema de transporte público de passageiros deve ser fundamentado sobretudo na análise da mobilidade, acessibilidade e outros parâmetros relacionados à satisfação dos passageiros. Soares (2006) enfatiza a importância dos terminais de passageiros na mobilidade e acessibilidade de um sistema de transporte enquanto que ASTEF (2006b) destaca que a má localização das instalações podem comprometer a mobilidade e acessibilidade dos usuários.

Dutra (1998) afirma que, com a restrição de recursos para a construção e manutenção das instalações, uma melhor distribuição espacial deve ser considerada uma estratégia importante a ser seguida.

Dessa forma, foi definido pela utilização de parâmetros de acessibilidade, mobilidade e espacialidade para a avaliação da concentração de tráfego da rede de terminais em estudo.

Para se entender o comportamento desses parâmetros na localização dos terminais, faz-se necessária a utilização de um modelo de localização que interprete os dados disponíveis e apresente um resultado de acordo com os objetivos desejados. Como o problema de facilidades é bastante estudado, diversos modelos existem para a resolução do mesmo.

Portanto, para se traçar um diagnóstico da macrolocalização dos terminais rodoviários do Estado do Ceará em função da concentração de tráfego, com os parâmetros supracitados, será utilizado o Sistema de Informações Geográficas TransCAD, que apresenta uma heurística de localização de facilidades com enfoques de maximização de lucros e minimização de custos.

Como restrição do método proposto está o fato de os parâmetros e as ferramentas utilizadas nesta proposta metodológica não serem suficientes para realizar uma ampla avaliação da localização das instalações estudadas, visto que na abordagem utilizada existem limitações como a não consideração da rede operacional de transportes. Entretanto, tomando como objetivo o diagnóstico da localização atual da rede de terminais, o método proposto permitirá analisar algumas funções destes equipamentos na rede de transporte.

4.2. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

A estrutura metodológica é apresentada na Figura 4.1 e é descrita a seguir.

A primeira etapa desta metodologia está dividida em duas fases: a identificação das variáveis necessárias para a representação da espacialidade, mobilidade e acessibilidade e a identificação dos atributos necessários à aplicação do modelo pelo *software* utilizado.

A identificação das variáveis é baseada nos dados disponíveis e na necessidade de representar os parâmetros que devem ser consideradas nos estudos de localização de terminais rodoviários de passageiros, formatando, assim, os dados de entrada do modelo. A identificação dos atributos é necessária para se determinar quais são os elementos geográficos que serão necessários para a utilização do TransCAD.

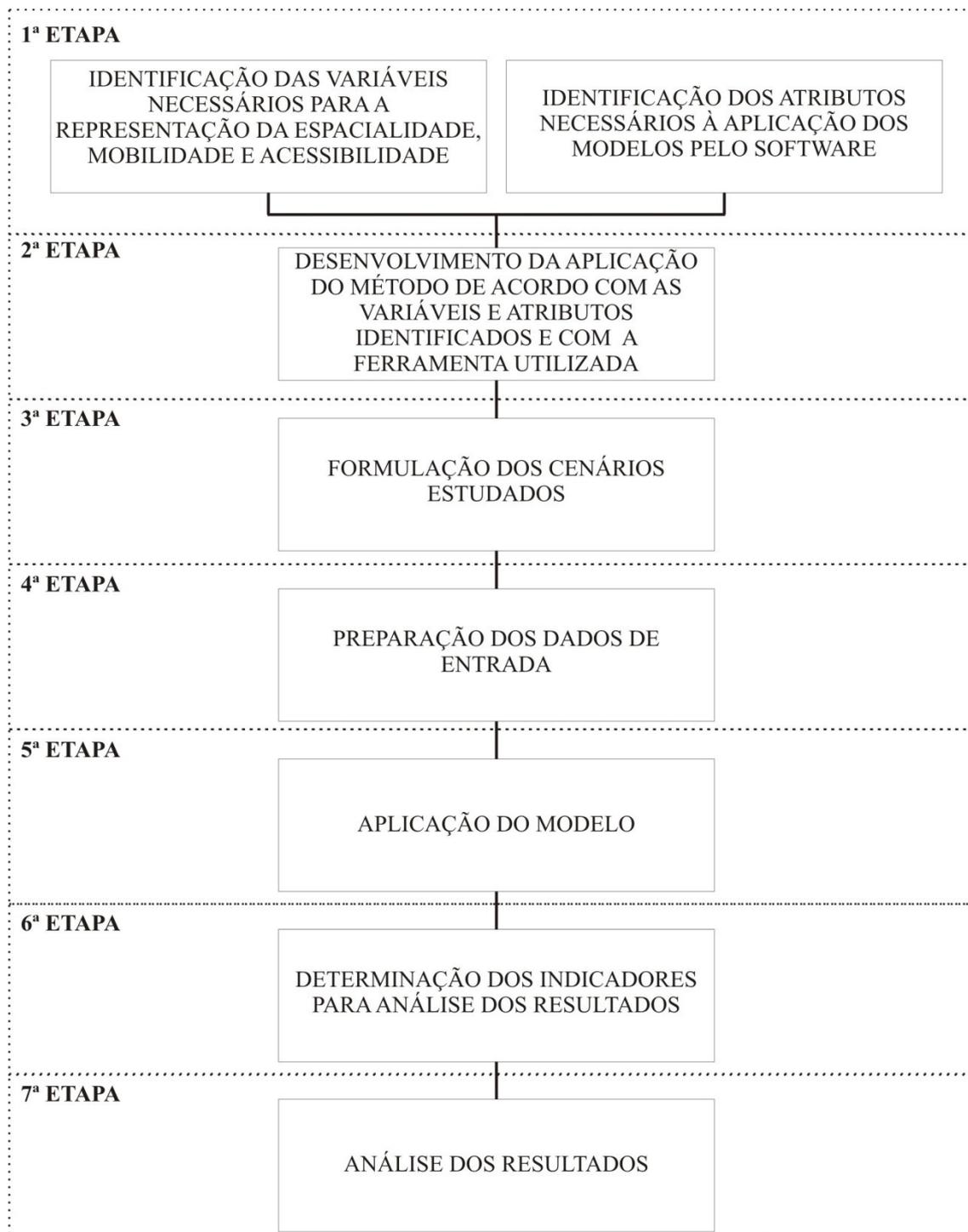


Figura 4.1: Fluxograma da Metodologia Proposta para Diagnóstico da Macrolocalização de Terminais Rodoviários de Passageiros.

Finalizada a identificação das variáveis e atributos, a segunda etapa consiste em determinar os dados identificados na etapa anterior através de um método lógico e que atenda aos requisitos da ferramenta computacional utilizada.

A terceira etapa define a formulação dos cenários estudados, aqui identificados e diferenciados de acordo com os objetivos disponíveis no software e estudados no presente trabalho, assim como as variáveis empregadas para a representação da acessibilidade, espacialidade e mobilidade.

A quarta etapa consiste na preparação dos dados de entrada para utilização do modelo de localização de instalações do TransCAD. Os referidos dados são divididos nas camadas geográficas e nas variáveis necessárias à localização de terminais definida em função da primeira etapa.

Na quinta etapa, o modelo é aplicado. Os dados de entrada são recebidos pelo pacote computacional e a heurística de localização de facilidades gera uma seleção de municípios como resultado dos locais nos quais devem ser implantadas as instalações.

A sexta etapa é realizada definindo-se os indicadores para a representação da avaliação no sistema estudado no papel desempenhado na função de concentração de tráfego. Assim, esta etapa subsidiará a análise dos resultados de acordo com os dados de saída obtidos em virtude da aplicação do modelo.

Por fim, com os resultados obtidos e os indicadores definidos, é realizado um diagnóstico dos terminais rodoviários do Estado do Ceará de acordo com a função desempenhada pelos mesmos e as variáveis aqui consideradas.

No capítulo que segue, será detalhada a realização de todas as etapas supracitadas, assim como a caracterização do estudo de caso utilizado neste trabalho de dissertação.

CAPÍTULO 5

ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta a caracterização do Sistema de Transporte Rodoviário Intermunicipal Interurbano de Passageiros do Estado do Ceará (STIP-CE), sendo abordados os aspectos julgados relevantes para o entendimento do sistema e sua aplicação na metodologia proposta neste estudo. Primeiramente, é realizado um breve histórico, abordando aspectos institucionais e regulatórios e prosseguindo com a explanação sobre aspectos operacionais do sistema de transporte de passageiros licitado pelo Governo do Estado do Ceará no ano de 2009. Isto posto, será apresentada a aplicação, no STIP-CE, do método abordado no Capítulo 4, com as respectivas premissas utilizadas nos modelos de acordo com o objetivo estudado.

5.1. O SISTEMA DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO INTERMUNICIPAL INTERURBANO DE PASSAGEIROS DO ESTADO DO CEARÁ

O Sistema Regular de Transporte Rodoviário Intermunicipal Interurbano de Passageiros do Estado do Ceará (STIP-CE), assim como o setor de transporte intermunicipal de passageiros em diversas outras regiões do Brasil, passou por uma crise em meados dos anos 2000, desencadeada pelo crescimento do transporte não regulamentado e agravada por falhas operacionais e pela falta de incentivo por parte de políticas públicas.

O diagnóstico realizado pelos órgãos gestores e reguladores do STIP-CE, no ano de 2004 (ASTEFA, 2004), apresentava uma gama de problemas operacionais, destacando-se:

- Conjunto de linhas que não se caracterizavam como um sistema estruturado, apresentando uma elevada quantidade de linhas paralisadas;
- Ocorrências frequentes de cancelamento de viagens em linhas operantes;
- Regiões descobertas pelo atendimento do sistema ou com limitada liberdade de escolha por parte do usuário;
- Oferta das linhas não adequada à demanda existente.

Além disto, foram identificados problemas regulatórios e institucionais como:

- Existência de permissões antigas delegadas sem licitação;
- Atribuições dos órgãos apresentadas com uma regulamentação confusa;
- Grande diversidade no porte das empresas operadoras e da heterogeneidade de seus modelos de gestão, coexistindo tanto empresas de gestão familiar, como aquelas com elevado nível de profissionalização.

Diante desse cenário, foram realizados estudos deste sistema, com destaque para o Plano Diretor e Operacional do Transporte Intermunicipal de Passageiros do Estado do Ceará – PDOTIP-CE (ASTEFA, 2004) visando seu diagnóstico e a identificação de proposições que permitissem um planejamento abrangente de ações a curto, médio e longo prazo para o atendimento das necessidades de deslocamento da população e dos anseios do Poder Público e dos operadores regulamentados.

No ano de 2009, por meio do Edital de Concorrência Pública Nº 002/2009/DETRAN/CCC (CEARÁ, 2009a), que tinha por objeto a outorga da concessão para o serviço regular interurbano, e do Edital de Concorrência Pública Nº 003/2009/DETRAN/CCC (CEARÁ, 2009b), que tinha por objeto a outorga de permissão para o serviço regular complementar interurbano, todo o serviço de transporte interurbano que compete ao Estado do Ceará foi licitado iniciando sua operação no mês de novembro do mesmo ano.

Adiante, será apresentada a caracterização do sistema de transporte licitado, considerando os aspectos institucionais, regulatórios e operacionais. Vale ressaltar que o sistema descrito encontra-se operando de forma parcial, devido à ocorrência de questões jurídicas que provocaram a prorrogação do julgamento das propostas dos concorrentes de algumas regiões, e que se encontram ainda em andamento.

Apesar de o Estado ser responsável pela delegação de todo o serviço de transporte intermunicipal, esta pesquisa de mestrado terá como abrangência apenas os serviços regulares de transporte interurbano, não tratando dos serviços de fretamento e de transporte regular da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), conforme mostrado na Figura 5.1.

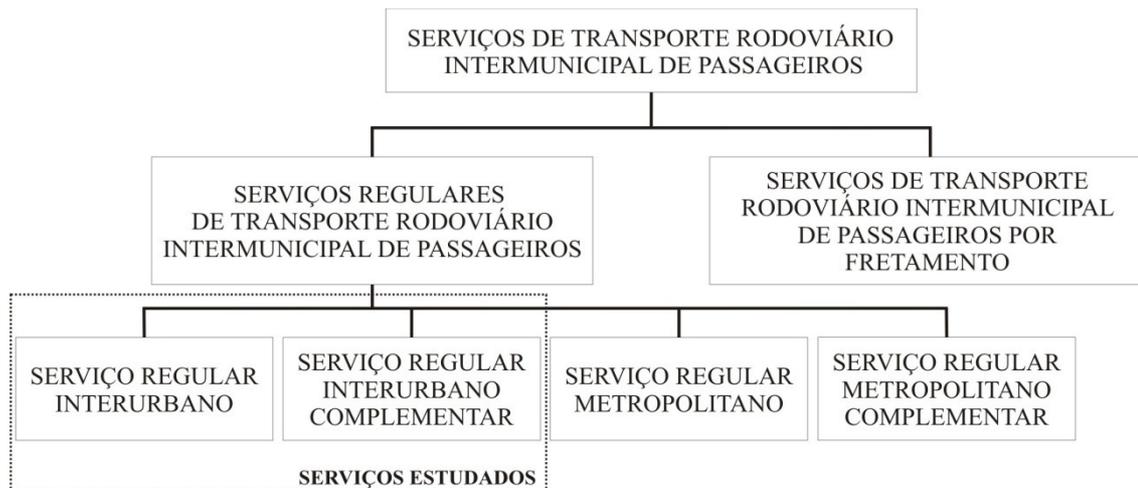


Figura 5.1: Classificação dos Serviços de Transporte Rodoviário Intermunicipal de Passageiros do Estado do Ceará

O Estado do Ceará possui 184 municípios, sendo 15 desses pertencentes à Região Metropolitana de Fortaleza. Dessa forma, os serviços regulares interurbanos são responsáveis pelo atendimento dos 169 municípios restantes, como visualizado na Figura 5.2.

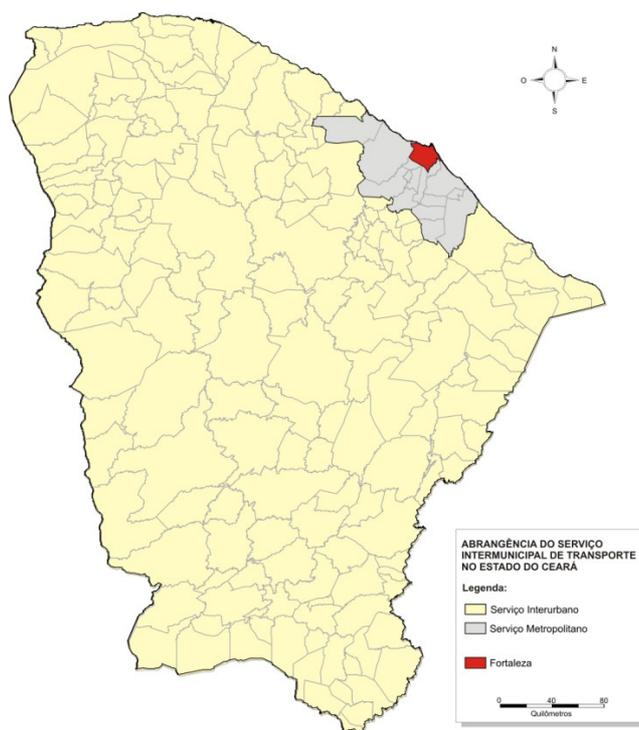


Figura 5.2: Abrangência do Serviço Intermunicipal do Transporte de Passageiros do Estado do Ceará

Considerando a função administrativa que compete ao Estado, destacam-se agora as principais atribuições e competências dos órgãos públicos responsáveis pela gestão e regulação do transporte de passageiros:

Secretaria da Infra-Estrutura (SEINFRA): órgão pertencente à Administração Direta do Governo do Estado do Ceará, criado pela Lei Estadual Nº. 12.961, de 03 de novembro de 1999, responsável por toda a implantação da infraestrutura no Estado assim como o planejamento estratégico e tático do sistema de transporte rodoviário intermunicipal de passageiros;

Departamento Estadual de Trânsito do Estado do Ceará (DETRAN/CE): autarquia vinculada à SEINFRA, órgão gestor do sistema de transporte rodoviário intermunicipal de passageiros com competência para controlar a toda operação do sistema, promover licitações para concessões e permissões dos serviços de transporte e administrar os terminais rodoviários;

Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará (ARCE): autarquia vinculada à Procuradoria Geral do Estado com a competência de regular e fiscalizar os serviços delegados, sendo assim, o ente regulador do serviço de transporte rodoviário de passageiros.

Na seara regulatória, o STIP-CE faz uso dos principais aspectos regulatórios definidos por ocasião da elaboração da licitação realizada e da legislação pertinente, de acordo com os serviços existentes:

a) Delegação da Outorga

No serviço regular interurbano, o regime de delegação é através de concessão, com prazo definido de 10 (dez) anos, prorrogável uma única vez por até igual período. O serviço regular interurbano complementar tem o regime de delegação por permissão, com prazo de 06(seis) anos, prorrogável uma única vez por até igual período.

b) Organização dos Serviços

Em relação ao serviço regular, os operadores são pessoas jurídicas, admitindo-se a prestação dos serviços por parte de consórcio de empresas. As linhas radiais e regionais são operadas por ônibus.

Já no serviço regular complementar, devido à pessoalidade exigida em sua prestação, os operadores devem estar organizados, na condição de associado, em sociedade cooperativa. As linhas radiais e regionais devem ser operadas por veículos utilitários de passageiros – VUPs.

c) Condições de Entrada e Saída do Mercado

A concessão do serviço regular é realizada mediante contrato resultado da licitação ocorrida no ano de 2009, na modalidade de concorrência do tipo melhor proposta por lote, julgados conforme os critérios de menor valor da tarifa com o de melhor técnica e com valor fixo de outorga. A concessão é extinta por: advento do termo contratual, encampação, caducidade, rescisão, anulação ou falência/extinção da transportadora.

A permissão do serviço regular complementar é formalizada através de termo de permissão elaborado por ocasião da licitação na modalidade concorrência do tipo melhor proposta técnica com preços fixados no edital ocorrida em 2009. A permissão é extinta por: advento do termo de permissão, encampação, caducidade, rescisão, anulação ou falência/extinção da permissionária.

d) Remuneração pelo Serviço Prestado

Os concessionários e os permissionários são remunerados pelo serviço prestado de acordo com as seguintes receitas: tarifa paga pelos usuários; decorrente da exploração da publicidade autorizada nos veículos; decorrentes dos transportes de encomendas; outras fontes de receita alternativa. O valor da tarifa paga pelos passageiros pode ser alterado pelo reajuste, realizado pelo DETRAN/CE uma vez por ano e homologado pela ARCE; pela Revisão Ordinária, realizada pela ARCE a cada três anos; e, pela Revisão Extraordinária, realizada pelo DETRAN/CE e homologada pela ARCE.

5.1.1 Aspectos Operacionais

A caracterização operacional do sistema contempla a organização da rede, a rede de transporte mínima definida pela licitação, a tecnologia veicular utilizada e a infraestrutura rodoviária. Será realizada a caracterização de forma conceitual baseada na determinação das áreas de influência, corredores viários e lotes de delegação,

considerando a operação de acordo com as duas espécies de serviço interurbano em que o STIP-CE está dividido: serviço regular e serviço regular complementar.

a) Organização da Rede

A agregação dos conceitos de área de influência de municípios pólos socioeconômicos do Estado, denominadas de área de operação, e corredores viários de acesso – CEs e BRs - foram os princípios norteadores para a estruturação da nova rede do STIP-CE.

A definição das áreas de operação foi realizada a partir da análise das linhas de desejo para os polos socioeconômicos do Estado determinados nas etapas de diagnóstico e avaliação do PDOTIP (ASTEF, 2006a), listados com suas respectivas áreas de operação:

Área 1: Aracati, Limoeiro do Norte, Morada Nova, Russas;

Área 2: Baturité, Quixadá;

Área 3: Canindé, Crateús, Tauá;

Área 4: Sobral;

Área 5: Itapipoca;

Área 6: Iguatu;

Área 7: Crato, Juazeiro do Norte;

Área 8: CRAJUBAR (aglomerado urbano formado pelos municípios de Crato, Barbalha, Juazeiro do Norte e Missão Velha).

Para a operacionalização e delegação dos serviços interurbanos, as áreas de operação com as suas respectivas linhas foram agrupadas em lotes de delegação. A influência do município-polo e dos corredores viários de cada área e a distribuição dos itinerários das linhas determinaram, especialmente, a formação de cada lote.

Vale ressaltar que os lotes mencionados não são delimitações, mas sim agrupamentos de regiões com características semelhantes, o que implica na presença de alguns municípios em mais de um lote.

No serviço regular, o Estado foi agrupado em oito lotes distintos, possuindo cada lote linhas radiais e linhas regionais ligando municípios polos de áreas distintas. A

Figura 5.3 ilustra a divisão de lotes do serviço regular, não representando a realidade por completo devido a alguns municípios pertencerem a mais de um lote e estarem mostrados em apenas um lote.

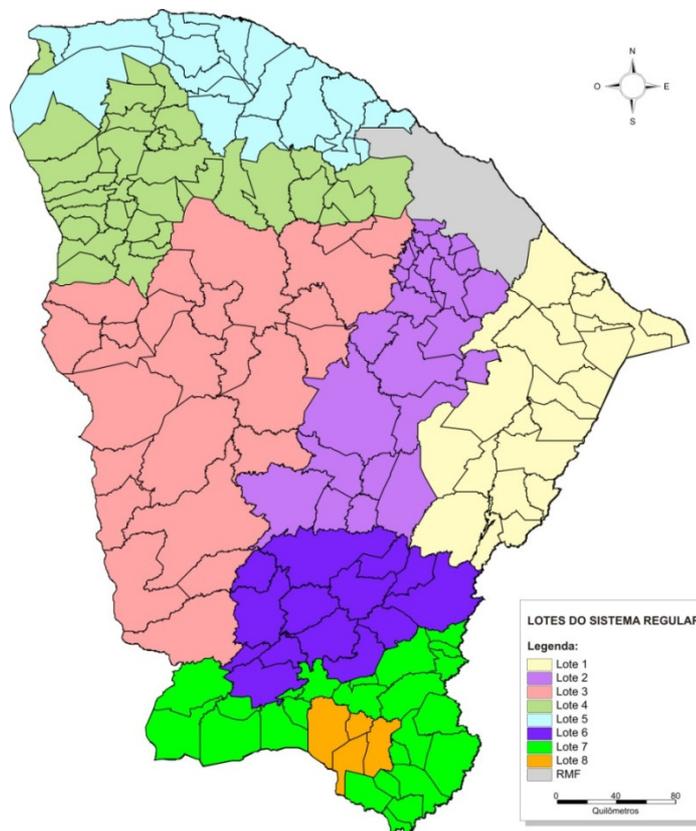


Figura 5.3: Lotes do Serviço Regular do STIP-CE

No caso do sistema regular complementar, os lotes definidos no sistema regular foram subdivididos em áreas menores, formando 35 lotes abrangendo todo o Estado. Desses, quatro lotes englobam as linhas radiais de até 165 km distantes de Fortaleza e, os outros 31 operam somente linhas regionais ligando o interior do Estado.

Em virtude da grande quantidade de lotes no sistema regular complementar e da impossibilidade de representá-los em apenas um mapa, a Figura 5.4 exhibe a região do município de Iguatu, considerado polo socioeconômico da região, como exemplo da divisão em áreas do sistema regular complementar.

Verifica-se, portanto, que no sistema regular a região exibida na figura supracitada pertence a um único lote, o Lote 6, enquanto no sistema regular complementar a região está dividida em quatro lotes distintos.

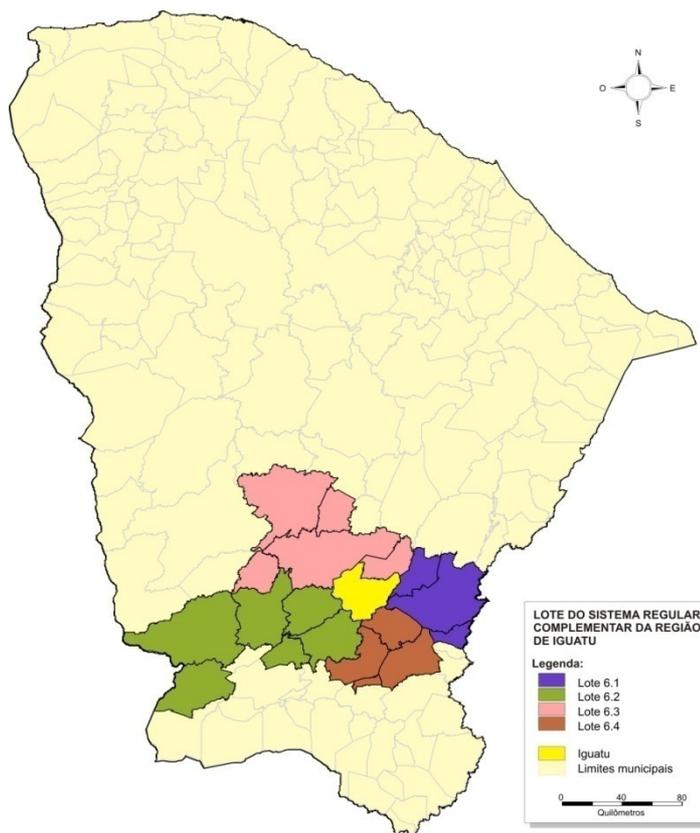


Figura 5.4: Lotes do Serviço Regular Complementar do STIP-CE

Em consequência da organização do serviço em áreas, o serviço é prestado e gerido de forma abrangente, determinando uma maior suscetibilidade na determinação de demandas surgidas e modificadas ao longo do tempo, resultando em alterações e expansões da oferta para uma maior adequabilidade à demanda.

b) Rede de Transportes

As linhas que atendem os passageiros no deslocamento entre os municípios do Estado são classificadas em radiais, que ligam determinada localidade do Estado ao município de Fortaleza, e regionais, que fazem as ligações de regiões sem passar por Fortaleza.

O serviço regular possui ligações radiais entre as áreas de operação para Fortaleza e ligações regionais entre pólos e municípios de áreas distintas. O serviço regular complementar é composto por ligações radiais de menor extensão que atendem regiões com até 165 km distantes de Fortaleza e ligações regionais entre municípios e deles para os polos socioeconômicos do Estado.

No sistema licitado, foi definida uma rede mínima nos editais que, como mencionado anteriormente, pode ser alterada por parte dos operadores com a devida autorização do órgão gestor. Destarte, no presente trabalho, será exibida a rede mínima licitada.

A rede mínima proposta para o STIP-CE é formada por 310 ligações, sendo 100 radiais e 210 regionais, e são mostradas, respectivamente, nas Figuras 5.5 e 5.6.

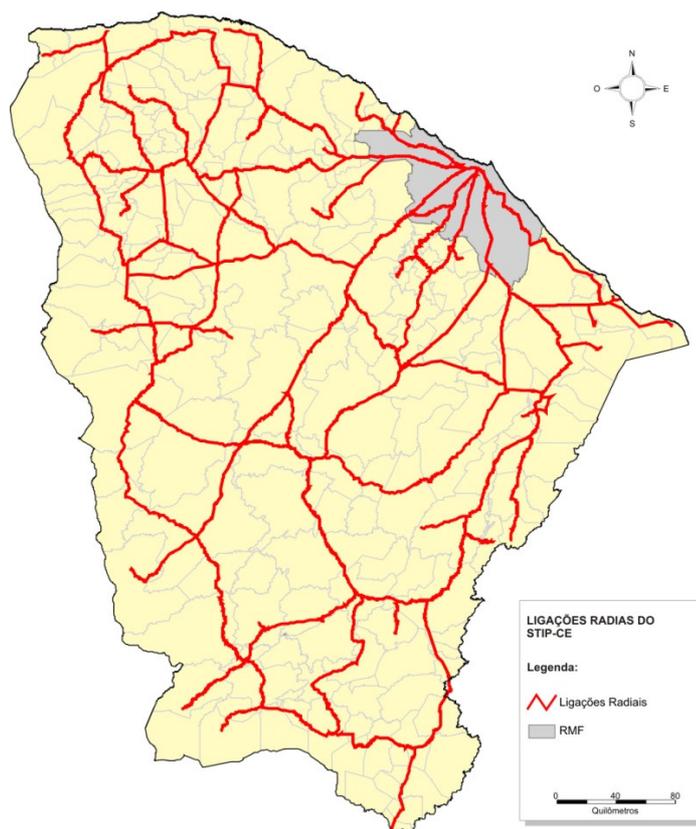


Figura 5.5: Ligações Radiais do STIP-CE

Devido à dinamicidade imposta na oferta da rede operacional e à impossibilidade de representá-la no modelo estudado, a mesma não será utilizada, fazendo-se, portanto, uso da rede viária.

Com a organização da rede e a exposição das ligações existentes, percebe-se a existência de uma complementaridade entre os serviços existentes com o atendimento regional complementando as ligações radiais e vice-versa, causando, assim, a necessidade da migração de serviços em alguns deslocamentos.

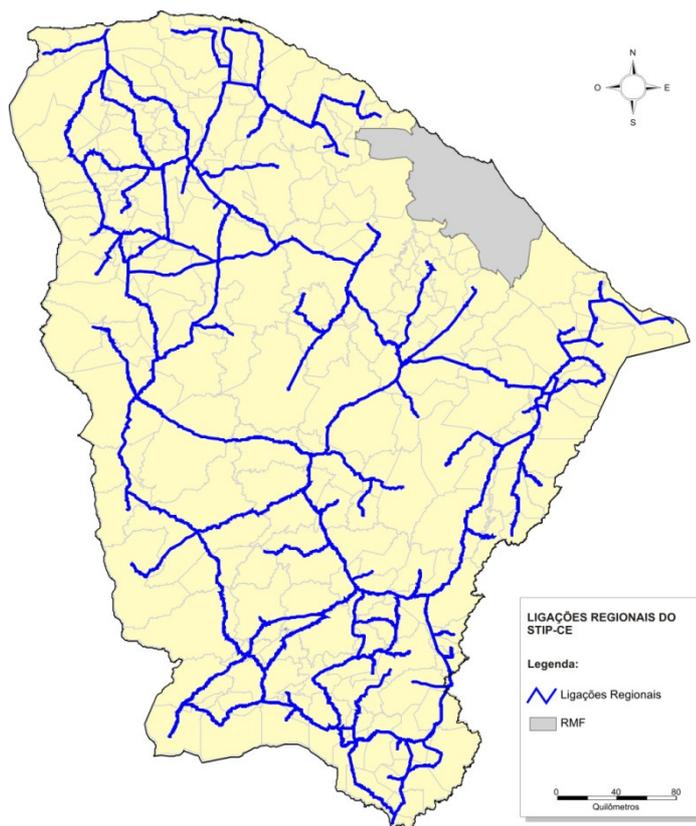


Figura 5.6: Ligações Regionais do STIP-CE

c) Tecnologia Veicular

A tecnologia veicular utilizada é especificada em dois tipos de veículos: ônibus, com capacidade acima de 28 passageiros; e o veículo utilitário de passageiros – VUP com capacidade mínima de 07 passageiros e máxima de 19 passageiros, mais a tripulação.

O sistema regular utiliza o ônibus como tecnologia veicular e toda a operação das linhas radiais e regionais do sistema regular complementar é realizada por VUPs. Na rede mínima exposta, são utilizados 333 ônibus e 924 VUPs.

d) Infraestrutura Rodoviária

De acordo com dados do Departamento de Edificações e Rodovias do Ceará – DER (2009), o Estado conta com 11.762,78 km de extensão em sua rede rodoviária e, desses, 5.919,03 km são de rodovias pavimentadas; 5.009,85 km são de rodovias não pavimentadas e 833,90 km são de rodovias planejadas.

Com relação aos terminais rodoviários, o Estado do Ceará possui 62 instalações localizadas conforme disposto na Figura 5.7. Desses, quatro estão localizados na capital

Fortaleza e mais outros sete na RMF. São, portanto, objeto do estudo os 51 terminais localizados pelo interior do Estado.

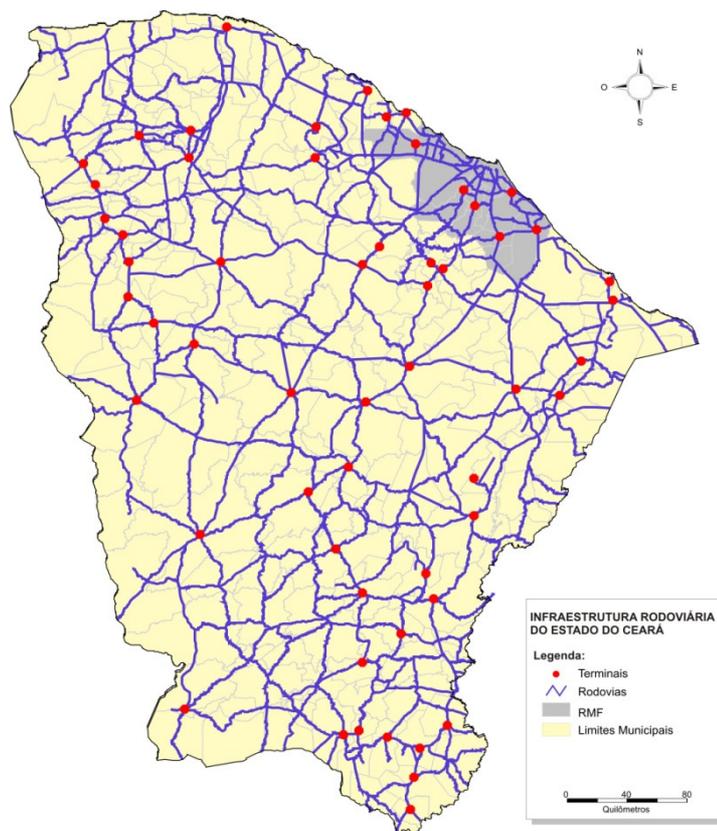


Figura 5.7: Infraestrutura Rodoviária do Estado do Ceará.

Na Tabela 5.1 encontram-se algumas das principais características dos terminais rodoviários em estudo na presente dissertação. Observa-se que a maioria dos terminais localiza-se em zona urbana e possui lanchonetes e banheiros. Em contrapartida, só a minoria das instalações possui postos de atendimento que dispõem de informações. O DETRAN/CE, por exemplo, órgão gestor do transporte no Estado, possui posto de atendimento em menos da metade dos terminais.

Pelas características do sistema descrito anteriormente, o terminal desempenha um papel fundamental de concentração de tráfego devido à organização da rede operacional ser feita através da complementaridade dos serviços. No entanto, para a implantação do STIP-CE, os terminais rodoviários não tiveram a atenção devida. Entre os anos de 2003 e 2010, apenas três terminais foram construídos, localizados nos municípios de Fortaleza, Milagres e Senador Pompeu, sendo este último construído desde o ano de 2006 e ainda não inaugurado.

Tabela 5.1: Características dos Terminais Rodoviários Interurbanos de Passageiros do Estado do Ceará

Fonte: Adaptado de ASTEF, 2005.

Município	Terminal Rodoviário	Administração	Nº Baías	Nº Boxes	Nº Lojas	Zona de Localização do Terminal	Setor do DNIT (S/N)	Setor do DETRAN (S/N)	Setor da PRF (S/N)	Setor da Polícia (S/N)	Correios (S/N)	Lanchonetes ou Restaurantes (S/N)	Banheiros (S/N)
Acarauá	Dep. Amadeu Ferreira Gomes	Prefeitura	6	3	0	R	N	N	N	N	N	S	S
Acopiara	Gov. Gonzaga Mota	Prefeitura	5	4	0	R	N	S	N	S	N	S	S
Aracati	Assis Nogueira	Prefeitura	7	4	6	U	N	N	N	N	N	S	S
Aracoiaba	Cel.Roberto C. Mendonça	Prefeitura	8	0	2	R	N	S	N	N	N	S	S
Barro	Raimundo Inácio de Souza	Prefeitura/DETRAN	8	22	0	R	S	S	N	S	N	S	S
Baturité	Baturité	Prefeitura/DETRAN	8	8	6	R	S	S	N	S	N	S	S
Boa Viagem	Samuel Alves	Prefeitura	15	12	1	R	S	N	N	N	N	S	S
Brejão Santo	Napoleão de Araújo Lima	Prefeitura	6	5	0	R	N	N	N	N	N	S	S
Campos Sales	Campos Sales	Prefeitura	7	8	8	U	S	S	N	N	N	S	S
Canindé	Pref. Joaquim Magalhães Filho	Prefeitura	8	45	0	R	N	S	N	S	S	S	S
Capistrano	Dep. Furtado Leite	Prefeitura	2	3	0	R	N	N	N	N	N	S	S
Caridade	Caridade	Prefeitura	2	4	0	R	N	N	N	N	N	S	S
Cedro	Antonio Heilo Marques Juca	Prefeitura	4	7	-	U	N	N	N	N	N	S	S
Coreaú	Alfres Raimundo Leopoldo	Prefeitura	4	0	2	R	N	N	N	N	N	S	S
Crato	Leônidas Bezerra de Melo	Prefeitura	7	9	0	R	N	S	N	N	S	S	S
Crato	Wilson Roriz	Prefeitura	13	6	0	R	S	S	N	N	N	S	S
Fortim	Conceição Chianca	São Benedito	4	1	12	R	N	N	N	N	S	S	S
Guaraciaba do Norte	José Wellington F. Melo	Prefeitura	8	1	6	R	N	N	N	N	N	S	S
Iço	Terminal Virgílio Távora	Prefeitura	10	13	0	U	S	N	N	S	N	S	S
Iguatu	Sen. Fernandes Távora	Prefeitura	9	4	1	R	S	S	N	S	S	S	S
Ipú	Ipú	Prefeitura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ipueiras	Manuel Cavalcante Dias	Prefeitura	6	2	16	R	N	S	N	N	N	S	S
Itapagé	Pref. Luiz Forte da Silva	Prefeitura	10	22	0	R	S	S	N	N	N	S	N
Itapipoca	dep. Danúcio Barroso	Prefeitura	6	6	0	R	N	S	N	S	N	S	S
Jaguaribara	Jaguaribara	Prefeitura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jaguaribe	Raimundo Nonato Pinheiro	Prefeitura	8	4	0	R	N	N	N	S	N	S	S
Jati	Dr. Francisco A. Macedo	Prefeitura	4	2	5	R	N	N	N	N	N	S	S
Juazeiro do Norte	Interestadual	Prefeitura	9	4	1	R	S	S	N	S	S	S	S
Limoeiro do Norte	Manoel Castro Filho	Prefeitura	4	11	0	U	N	S	N	S	N	S	S
Massapê	Amadeu Albuquerque	Prefeitura	2	6	0	R	N	N	N	N	N	S	S
Milagres	Milagres	Prefeitura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Missão Velha	Dr. Jose Lima Ribeiro	Prefeitura	3	3	0	R	N	N	N	N	N	S	S
Mombaça	Nelson Castelo Teixeira	Prefeitura	6	8	1	U	N	S	N	S	N	S	S
Morada Nova	Morada Nova	Prefeitura	6			U	N	N	N	N	N	S	S
Nova Russas	José Santos Mourão	Prefeitura	5	6	0	R	N	N	N	S	N	S	S
Orós	Orós	Prefeitura	0	0	9	R	N	S	N	N	N	N	S
Paracuru	Hermano José M. Alves	Prefeitura	2	6	4	R	N	N	N	N	N	S	S
Paraipaba	Paraipaba	Prefeitura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Quixadá	Abraão Baquit	Prefeitura/DETRAN	5	3	7	U	N	N	N	S	N	S	S
Quixeramobim	Prof.Osvaldo Martins	Prefeitura	8	9	0	R	N	N	N	N	N	N	S
Russas	José Martins Santiago	Prefeitura	13	11	0	U	N	S	N	S	N	S	S
Santa Quitéria	Santa Quitéria	Prefeitura	9	8	6	R	S	S	N	S	N	S	S
São Benedito	Gov. Gonzaga Mota	Prefeitura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Senador Pompeu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sobral	Dep. Manoel R.dos Santos	Prefeitura	6	8	0	R	S	S	N	S	S	S	S
Tamboril	Tamboril	Prefeitura	4	0	5	R	N	N	N	N	N	N	S
Tauá	Raimundo Luiz C. Mota	Prefeitura/DETRAN	6	10	7	M	N	N	N	S	N	S	S
Tianguá	Tianguá	Prefeitura	8	5	15	M	N	N	N	N	N	S	S
Trairi	Trairi	Prefeitura	2	2	0	R	N	N	N	N	N	S	S
Ubajara	Ubajara	Prefeitura	5	14	0	R	S	S	S	S	S	S	S
Várzea Alegre	José Iran Costa	Prefeitura	6	9	0	R	S	S	N	N	N	S	S

Logo, a rede de terminais aqui descrita é originária do sistema anteriormente operante, sem nenhuma modificação para a adequação ao sistema implantado. Além disso, não se tem conhecimento de estudos definindo a melhor localização para os terminais já implantados, o que indica a ausência de critérios técnicos para a implantação dos mesmos.

Alguns desses terminais não estão em operação ou operam parcialmente, o que faz que, mesmo em municípios com a existência de tais instalações, se criem pontos de apoio alternativos não regulamentados como restaurantes e praças.

5.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

A seguir, serão descritas as etapas realizadas na aplicação do método proposto, de acordo com a exposição realizada no capítulo anterior e com a caracterização do sistema estudado.

5.2.1 Etapas iniciais

Iniciando a aplicação do método proposto, foram identificadas as variáveis para a representação dos parâmetros utilizados aqui para a avaliação da macrolocalização das instalações em estudo em função da concentração de viagens.

A escolha dessas variáveis foi fundamentada nos dados disponíveis e na necessidade de analisar os aspectos espaciais, as necessidades de deslocamento e a infraestrutura rodoviária, julgados essenciais para a localização de tais instalações e representados, respectivamente, pelas variáveis de distância, viagens e conectividade à rede rodoviária.

A distância foi adotada como forma de se melhor dispor as instalações espacialmente. Tal variável se refere à extensão, pela malha rodoviária, entre cada município da área de estudo medida em quilômetros. As viagens representam o desejo de deslocamentos dos usuários entre os municípios, determinadas pela matriz origem/destino. Por fim, a conectividade diz respeito ao nível de ligação entre os municípios levando em conta a malha rodoviária. Definida pelo PDOTIP (ASTEF, 2005), esta variável é calculada para cada município em relação a todos os demais municípios através da razão média da distância euclidiana pela distância percorrida na malha viária entre a sede do município e as sedes dos demais municípios. O índice pode

variar de 0 a 1, sendo os valores próximos de 1 representando valores desejáveis de acessibilidade.

Paralelamente à identificação de tais variáveis, foram estudados os atributos requisitados pelo *software* utilizado e que serão necessários para a aplicação do modelo. Como explanado no capítulo 3, para o uso da ferramenta de localização de facilidades, o TransCAD necessita de uma camada de pontos/áreas contendo as instalações existentes e/ou as instalações candidatas, uma camada de pontos/áreas contendo a localização dos clientes e uma matriz de custos.

A camada de instalações candidatas, a camada de localização dos clientes e a camada das instalações existentes estão inseridas na camada de limites municipais do Estado do Ceará, obtida através da base geográfica do PDOTIP (ASTEF, 2006a).

Como já mencionado, o Estado do Ceará possui 184 municípios, sendo 15 desses pertencentes à RMF, resultando, então, em 169 municípios a área de estudo delimitada nesta pesquisa. Em relação aos terminais rodoviários, somam um total de 51 instalações distribuídas entre os municípios da área de estudo.

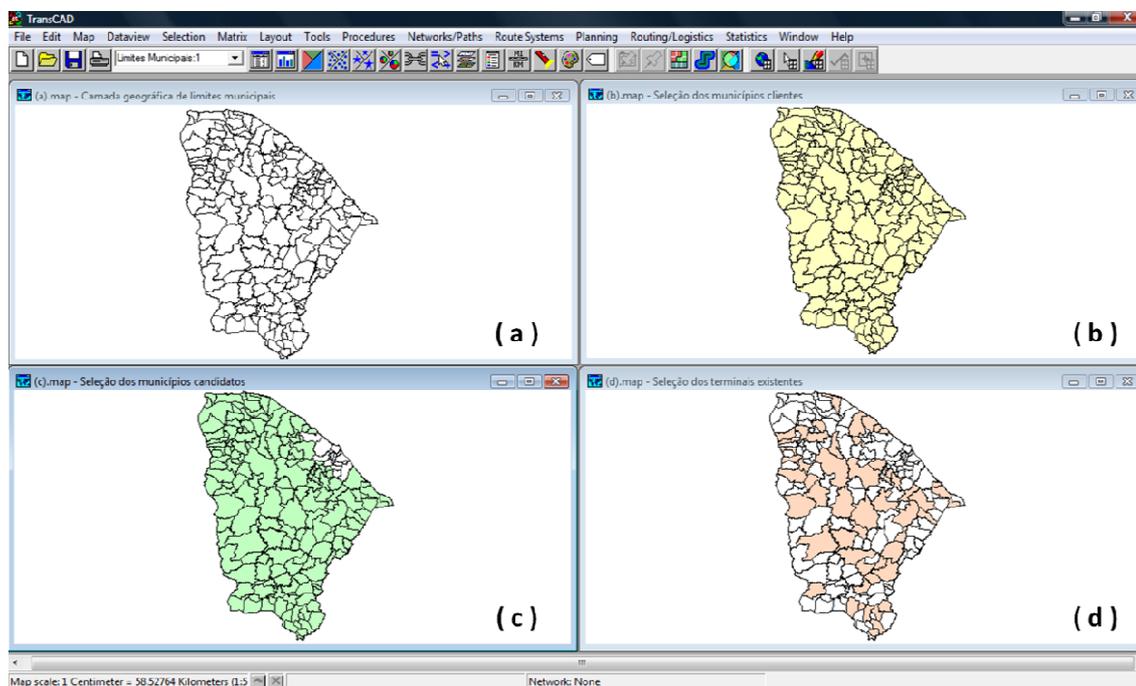


Figura 5.8: Tela do TransCAD com camada geográfica e seleções necessárias para a aplicação do modelo: (a) Camada geográfica de limites municipais; (b) Seleção dos municípios clientes; (c) Seleção dos municípios candidatos; (d) Seleção dos terminais existentes

Destarte, foi realizada uma seleção com os 184 municípios representando os clientes, ou seja, representando os municípios que serão atendidos pelas instalações localizadas, uma seleção com 169 municípios com instalações candidatas e uma seleção com os 51 municípios que possuem terminal rodoviário. As seleções, assim como a base geográfica dos limites municipais, podem ser visualizadas na Figura 5.8.

A matriz de custo, também necessária para a utilização da ferramenta de localização, será explicitada posteriormente de acordo com os cenários formulados.

Assim sendo, foi formatado o desenvolvimento da aplicação do método proposto, com as variáveis utilizadas para a representação dos parâmetros estudados, a preparação da ferramenta de estudo aplicada, e, a posterior estruturação das matrizes de custos.

5.2.2 Formulação dos cenários estudados

Com a combinação dos objetivos disponíveis no modelo utilizado, conforme definido no capítulo 3, e as variáveis estudadas, foram definidos primariamente 24 cenários a serem estudados, utilizando duas funções-objetivo de minimização e uma função de maximização.

No entanto, para uma análise mais aprofundada dos mesmos, foi delimitado um universo de 12 cenários, mostrados abaixo. Tal delimitação foi estabelecida com a escolha de uma das funções-objetivo de minimização que mais se adequava ao problema estudado e, com a escolha da utilização de apenas uma função, minimização ou maximização, em cada cenário, de acordo com as variáveis utilizadas.

Inicialmente, foram estruturados os cenários de acordo com as variáveis escolhidas e suas combinações, resultando nos seis cenários expostos na Tabela 5.2, onde:

- d_{ij} se refere à distância entre os municípios de acordo com a malha rodoviária;
- V_{ij} é o número de viagens entre os municípios;
- I_{ci} é índice de conectividade médio do município aos demais municípios pela malha rodoviária.

Tabela 5.2: Cenários formulados de acordo com as variáveis estudadas

CENÁRIO	VARIÁVEL	PARÂMETROS REPRESENTADOS
0	\bar{d}_{ij}	Espacialidade
1	V_{ij}	Mobilidade
2	$\frac{V_{ij}}{\bar{d}_{ij}}$	Mobilidade e Espacialidade
3	$\frac{\bar{d}_{ij}}{lc_i}$	Espacialidade e Acessibilidade
4	$V_{ij} \times lc_i$	Mobilidade e Acessibilidade
5	$(V_{ij} \times lc_i) \times \left(\frac{1}{\bar{d}_{ij}}\right)$	Mobilidade, Acessibilidade e Espacialidade

Como etapa inicial procurou-se utilizar as variáveis isoladamente e posteriormente houve a combinação entre as mesmas. No caso do índice de conectividade, não foi possível utilizá-lo separadamente pelo fato do mesmo se tratar de uma variável adimensional.

Então, foram definidos os objetivos, dentre os disponíveis pelo TransCAD, que se aplicavam as características do problema estudado e se verificou que em alguns cenários tornava-se imperativa uma função de minimização, enquanto outros exigiam a utilização de uma função de maximização. Assim, foi estabelecida a aplicação da função de minimização do custo médio do serviço e maximização do lucro.

Verificou-se, então, a necessidade de obter os dados de saída do *software* também para a realidade de localização atual em cada cenário supracitado, obtendo-se, assim, uma ferramenta de comparação entre as localizações atuais e as localizações resultantes da aplicação do modelo. Diante desta condição, foram, então, estudados os 12 cenários expostos na Tabela 5.3, sendo os cenários com índice b os correspondentes à situação atual.

5.2.3 Preparação dos dados de entrada

Como as camadas geográficas já foram identificadas e preparadas para a aplicação do modelo, neste item será descrita a estruturação das matrizes de custos baseadas nos cenários formatados.

Tabela 5.3: Cenários estruturados para aplicação do modelo

CENÁRIO	VARIÁVEL	OBJETIVO	OBSERVAÇÕES
0a	d_{ij}	minimizar o custo médio do serviço	
0b	d_{ij}	minimizar o custo médio do serviço	localização atual
1 ^a	V_{ij}	maximizar o lucro	
1b	V_{ij}	maximizar o lucro	localização atual
2 ^a	$\frac{V_{ij}}{d_{ij}}$	maximizar o lucro	
2b	$\frac{V_{ij}}{d_{ij}}$	maximizar o lucro	localização atual
3 ^a	$\frac{d_{ij}}{lc_i}$	minimizar o custo médio do serviço	
3b	$\frac{d_{ij}}{lc_i}$	minimizar o custo médio do serviço	localização atual
4 ^a	$V_{ij} \times lc_i$	maximizar o lucro	
4b	$V_{ij} \times lc_i$	maximizar o lucro	localização atual
5 ^a	$(V_{ij} \times lc_i) \times \left(\frac{1}{d_{ij}}\right)$	maximizar o lucro	
5b	$(V_{ij} \times lc_i) \times \left(\frac{1}{d_{ij}}\right)$	maximizar o lucro	localização atual

As matrizes de custos foram construídas, como já expostas na Tabela 5.3, de acordo com as variáveis de distância, volume de viagens e índice de conectividade. A distância e o índice de conectividade foram obtidos através da ferramenta *Cost Matrix* do TransCAD que calcula a distância entre os municípios. O volume de viagens foi

obtido através da matriz de demanda O/D semanal estimada pelo PDOTIP (ASTEF, 2006c) para o ano de 2010.

Um aspecto importante a ser considerado é que as matrizes formuladas devem conter a ordem de acordo com o número de locais candidatos pelo número de clientes atendidos pelas facilidades. Portanto, as matrizes devem ter uma ordem de 169 linhas por 184 colunas, representando, respectivamente, os municípios candidatos a receber uma instalação e, os municípios atendidos por tais instalações.

No caso dos cenários que representam a situação atual, era de se supor que a matriz utilizada fosse de 51 linhas por 184 colunas. No entanto, o conjunto de locais candidatos deve ser menor que o conjunto de instalações a se localizar. Portanto, como o objetivo neste caso era o de fazer com que o modelo localizasse as instalações atuais para se obter os dados de saída das mesmas, foram construídas matrizes de ordem 52 x 184 com o conjunto de locais candidatos representados pelos 51 terminais rodoviários já existentes e um local candidato com o custo modificado de acordo com a função-objetivo. Por exemplo: no caso da utilização da função de minimização, foi acrescentado o município 52, com um custo modificado para um valor bastante elevado, de forma que esse município não fosse escolhido pelo modelo, obrigando o modelo a localizar exatamente os 51 terminais já existentes.

Nos cenários onde é utilizada a função de minimização de custos, a diagonal principal das matrizes foi alterada para o valor nulo, para que o modelo alocasse o atendimento dos municípios nos quais se localizam instalações. Procedimento parecido foi realizado nos cenários de maximização, com a diferença de que a diagonal principal foi preenchida com um valor elevado para se conseguir o mesmo objetivo.

5.2.4 Aplicação do modelo

A aplicação do modelo, sintetizada na Figura 5.9, foi realizada com a compilação das camadas geográficas, das matrizes de custo e das premissas utilizadas para a execução do modelo.

As camadas geográficas e as matrizes de custo já foram anteriormente explicadas. A função-objetivo foi definida de acordo com os cenários, sendo utilizada a minimização da média dos custos e a maximização do lucro. Em relação ao número de instalações foi determinado como sendo de 51, que é o total de instalações existentes

atualmente. Por fim, o conjunto de seleções foi estruturado de acordo com os locais candidatos e os clientes de cada cenário.

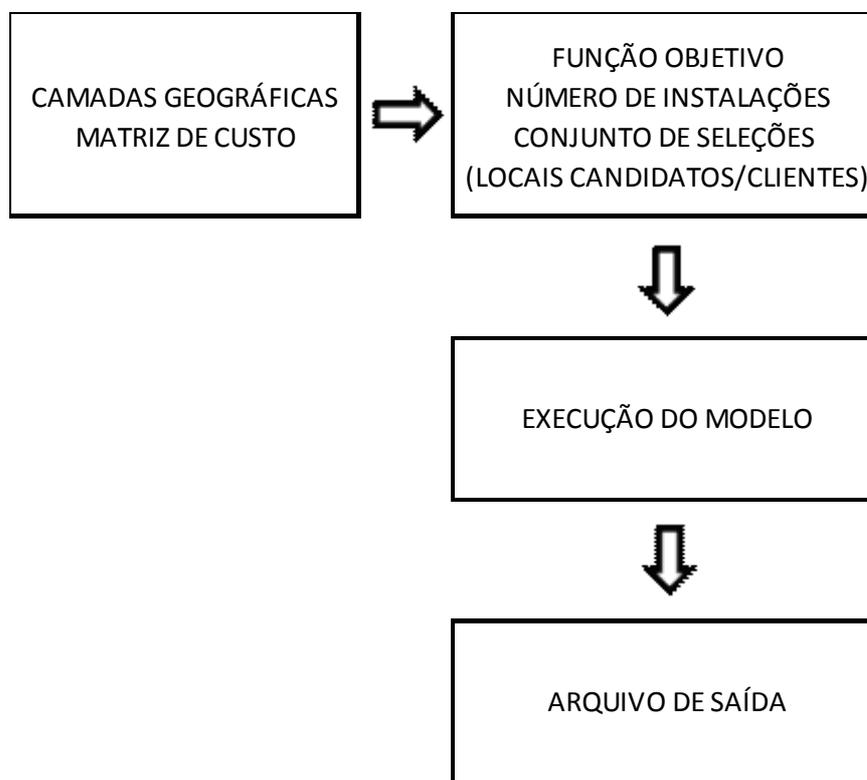


Figura 5.9: Resumo das etapas necessárias para a aplicação do modelo

Definidas e estruturadas estas etapas, a ferramenta *Facility Location* é executada e o *software* TransCAD exibe o arquivo de saída com os resultados. O arquivo é composto de três colunas como o exemplo exibido na Figura 5.10 e os arquivos de saída dos resultados dos cenários estudados. A primeira coluna se refere aos municípios atendidos pelas instalações, a segunda coluna representa as instalações localizadas e, a terceira coluna diz respeito aos custos de atendimento de cada instalação ao seu cliente. A análise da primeira com a segunda coluna permite a visualização da alocação que o programa realiza determinando qual instalação atende cada município.

5.2.5 Determinação dos indicadores

Para servir de instrumento para a análise dos resultados, foram definidos indicadores de acordo com os dados de saída fornecidos pelo programa. No entanto, para o objetivo de se analisar a função de concentração de tráfego das instalações, foi utilizada apenas a distância de atendimento e as viagens atendidas por serem parâmetros que tem uma boa representatividade para este tipo de função.

[Client ID]	[Facility ID]	[Min Cost]
153	2	3.10
128	2	29.20
127	2	32.02
105	2	46.18
104	2	43.28
86	2	55.42
71	2	42.52
67	2	22.58
59	2	59.70
56	2	57.09
48	2	30.52
44	2	61.62
24	2	13.98
2	2	0.00
98	3	42.62
90	3	23.62
53	3	9.22
3	3	0.00
156	5	28.27
18	5	32.59
5	5	0.00
147	8	33.34
8	8	0.00

Figura 5.10: Tela do TransCAD com arquivo de saída da ferramenta *Facility Location*

Vale ressaltar que alguns dos indicadores foram calculados sob diferentes focos, sendo denominados análise primária e análise secundária. A análise primária é realizada de forma microscópica, definindo a polarização regional do terminal dentro de uma área de abrangência definida pela alocação do TransCAD através dos dados de entrada da rotina presente no programa. Em relação à forma secundária, é analisada sob o enfoque macroscópico no qual se determina a influência da facilidade em todo o Estado considerando apenas os municípios que tenham desejos de deslocamento para tal facilidade detectados pela matriz origem/destino utilizada. Segue, então, uma breve explicação sobre cada parâmetro calculado.

a) Quantidade de municípios atendidos

A quantidade de municípios atendidos se refere à quantidade de localidades atendidas em cada instalação. Tal variável representa se o atendimento dos terminais está bem distribuído, ou seja, cada instalação está atendendo um número de municípios equivalente ou se existem terminais atendendo uma grande quantidade de municípios e outros atendendo uma pequena parcela de municípios. Foi analisada a quantidade de municípios atendidos de forma primária e de forma secundária.

Na análise primária, verifica-se a quantidade de municípios atendida por cada instalação no âmbito regional. A determinação desta variável se dá pela alocação do *software* utilizado. Além de localizar as instalações, o TransCAD aloca quais

municípios serão atendidos por cada terminal. Logo, o cálculo de tal variável foi através do agrupamento, isto é, soma dos municípios atendidos por cada facilidade.

Em relação à análise secundária, contata-se a quantidade de municípios atendida por cada instalação em todo o Estado, evidenciando, assim, a importância de tal instalação no sistema como um todo. A determinação de tal índice é realizada de acordo com a matriz de viagens utilizada no estudo. Primeiramente é verificado em que municípios as instalações foram localizadas. Então, com a matriz de deslocamentos, são detectados os deslocamentos existentes para cada instalação, ignorando, assim, os pares de origem/destino com valor nulo. Por fim, são quantificados os municípios com existência de desejo de deslocamento para cada facilidade.

Em função de tal variável não representar bem o objetivo pretendido nesta pesquisa, optou-se pela sua não utilização na análise dos resultados.

b) Custo de atendimento

O custo de atendimento representa o custo de cada instalação atender aos seus respectivos clientes, no caso, municípios. O custo é uma das variáveis fundamentais para a aplicação do modelo devido representar o dado de entrada e ser o determinante para a localização e alocação resultantes do modelo.

O programa exhibe como dado de saída o custo de cada atendimento instalação/município. Portanto, o cálculo do custo foi realizado através do agrupamento dos custos por cada instalação, determinando, assim, a média, o mínimo e o máximo dos custos de atendimento de cada terminal.

Devido às alterações na matriz de custos necessárias no problema estudado em alguns cenários, trazendo consequências nos resultados dos custos de atendimento, a variável custo de atendimento não será analisada no presente estudo.

c) Distância de atendimento

Na variável distância de atendimento, também foram realizadas as análises primária e secundária. A distância de atendimento primária representa o raio de atuação de cada instalação, determinando, assim, o poder de concentração do sistema em cada terminal.

Para o cálculo da distância de atendimento primária, foi inicialmente verificado a localização de cada instalação e os municípios alocados para o atendimento de cada uma. Então, de acordo com a matriz de distância entre os municípios pela malha rodoviária, foi determinada a distância de cada atendimento. E, por fim, foram calculados a média, o mínimo e o máximo da distância de atendimento de cada instalação.

A distância de atendimento secundária representa a extensão de atuação de cada instalação. Para o seu cálculo, foi observada primeiramente a localização exibida pelos dados de saída do programa e então, com a matriz de deslocamentos utilizada na presente pesquisa, verificado os pares origem/destino com deslocamento diferente de zero. Após a obtenção dos municípios com desejo de deslocamento para cada instalação, foi verificada a distância de cada município a cada facilidade pela matriz de distância entre os municípios pela malha rodoviária. E então, foram calculados, para cada terminal localizado, a média, o mínimo e o máximo de tal variável.

Compatível com o objetivo do presente trabalho de dissertação, apenas a distância de atendimento sob a forma de análise primária foi utilizada para a análise dos resultados.

d) Índice de conectividade

O índice de conectividade representa a intensidade da conectividade das instalações localizadas com os municípios alocados em cada instalação através da malha rodoviária, quanto maior o valor deste índice, maior a acessibilidade dos terminais.

Tal variável foi calculada através da determinação dos municípios em que foram localizados os terminais e, com a determinação da conectividade do terminal através da matriz do índice de conectividade utilizada nos dados de entrada.

Como este índice não é representativo para a análise realizada, o mesmo não foi utilizado no diagnóstico proposto neste trabalho.

e) Viagens atendidas

Entre as variáveis aqui estudadas, as viagens atendidas representam mais claramente o objetivo de se analisar a concentração de tráfego dos terminais. Tal variável também foi examinada de forma primária e secundária.

As viagens com atendimento primário significam o atendimento de viagens regionais dos terminais, representando, assim, a concentração de viagens regionais pelas instalações localizadas. O cálculo da mesma foi realizado através da verificação das instalações e os respectivos municípios alocados. Assim, de acordo com matriz de deslocamentos utilizada, foram analisados os desejos de viagens entre os municípios e as instalações localizadas resultando na soma dos deslocamentos atendidos por cada terminal. Ademais, também foi calculada a porcentagem desse atendimento através da divisão da soma de deslocamentos atendidos pelos terminais localizados em cada cenário pela quantidade de deslocamentos totais no Estado, gerando o indicador “percentual de viagens do Estado atendidas por terminais”.

As viagens analisadas pelo atendimento secundário indicam a capacidade de concentração de viagens da facilidade considerando os deslocamentos em todo o Estado do Ceará. A determinação desta variável foi realizada por meio da constatação dos municípios em que foram localizados os terminais para, então, verificar na matriz de deslocamentos a quantidade de viagens atendidas por cada terminal e estabelecer a porcentagem desse atendimento através da divisão pela quantidade de deslocamentos totais no Estado.

Desta forma, a determinação dos indicadores supracitados foi estruturada de acordo com os resultados do modelo e a necessidade de se analisar os parâmetros de acessibilidade, mobilidade e espacialidade. No entanto, nem todos os indicadores representam bem o objetivo de se analisar a concentração de viagens. Com isso, foi resolvido que essa função seria diagnosticada através das variáveis distância de atendimento primária, viagens atendidas primárias e viagens atendidas secundárias.

Tais indicadores se adequam à necessidade de se diagnosticar a concentração de tráfego em função da atual organização do sistema de transporte estudado exposta no início deste capítulo. No entanto, a apreciação dos resultados não contempla a representação por completo dos transbordos inerentes a complementaridade do sistema de transporte em estudo. Esta análise é limitada pela verificação da distância primária de atendimento que traduz o raio de atendimento da instalação num nível regional, sendo os valores mais baixos para esta variável, os mais desejados significando a proximidade do terminal aos seus pontos de atendimento e, conseqüentemente, uma

maior utilização do terminal para a migração do transporte regional para o transporte radial, ou complementação entre os dois serviços, quando isto se faz necessário.

Com relação às viagens atendidas, essa variável está relacionada com a concentração de viagens na entrada e saída do usuário no sistema, não contemplando os transbordos. Nas viagens atendidas primariamente, a análise se verifica pelos atendimentos dos deslocamentos em um âmbito regional enquanto que nas viagens atendidas secundariamente, é verificado o atendimento aos usuários na origem ou destino do deslocamento em todo o sistema. Atendendo, assim, a função de concentração de tráfego na entrada ou saída dos usuários no sistema de transporte estudado.

5.2.6 Análise dos resultados

A análise dos resultados está demonstrada adiante, de acordo com os indicadores selecionados no item anterior e com os mapas exibidos como resultado do modelo em cada cenário. A análise é realizada com cada par de cenários, formado pelo cenário com a localização e alocação resultante do proposto pelo modelo e pelo cenário com a localização atual e a alocação realizada pelo modelo. É apresentado um mapa para cada cenário, com a localização dos terminais e a alocação dos municípios nos mesmos, ilustrando assim, a área de influência para cada terminal. Ademais, também é exibido o número de terminais coincidentes entre os pares de cenários para se verificar a proximidade entre os cenários.

a) Cenários 0a e 0b

Como já explanado, os cenários 0a e 0b utilizam como matriz de custo a variável de distância na malha. Na Tabela 5.4 e nas Figuras 5.11 e 5.12 são exibidos os resultados obtidos para estes cenários.

Verifica-se que o cenário 0a apresenta valores mais baixos para a distância de atendimento, significando uma maior proximidade do terminal aos seus pontos de atendimento, facilitando, assim, a concentração de viagens.

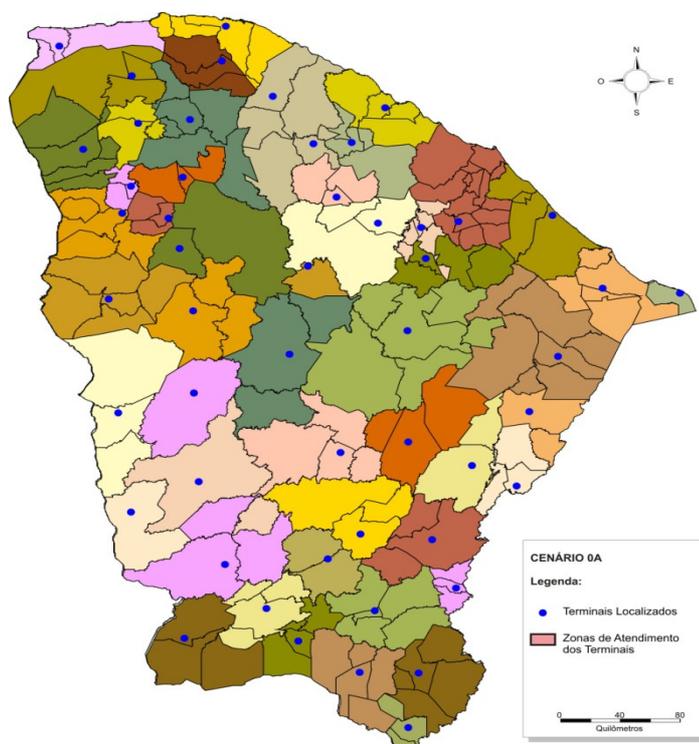
Com relação às viagens atendidas de forma primária, a localização proposta pelo modelo também apresenta resultados melhores, não sendo, no entanto, muito distante do cenário atual, representando somente um acréscimo de 2% de atendimentos dos deslocamentos.

Tabela 5.4: Cenário 0a x Cenário 0b

Indicadores		Cenário 0a	Cenário 0b
Distância Primária	Média	16,86	23,63
	Mínimo	3,10	8,63
	Máximo	61,62	106,95
Viagens atendidas	Primária	22%	20%
	Secundária	46%	84%
% Terminais coincidentes		39%	

Já na análise das viagens atendidas sob forma secundária, o cenário atual apresentou uma cobertura nos deslocamentos bem maior, sendo 46% a cobertura para o cenário proposto e 84% do cenário atual de atendimento das viagens. A localização de menos da metade (39%) dos terminais foram coincidentes entre os dois cenários.

Como já era esperado, devido à utilização do objetivo de minimizar a média das distâncias de atendimento, a organização espacial do cenário proposto se apresentou mais distribuída, diferente do cenário atual, que apresenta áreas com concentração de terminais e áreas com “vazios”.

**Figura 5.11:** Resultado do Cenário 0a

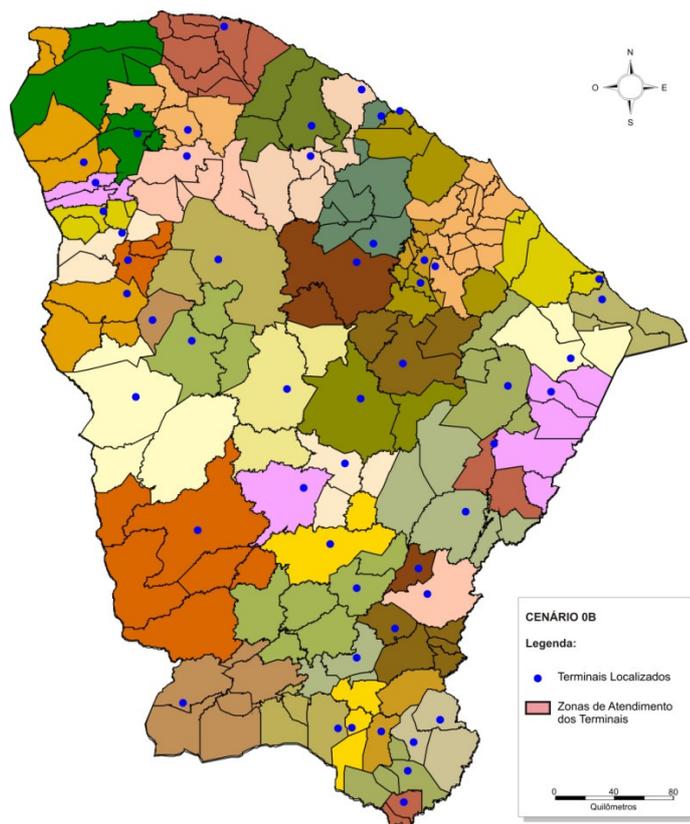


Figura 5.12: Resultado do Cenário 0b

b) Cenários 1a e 1b

Os cenários 1a e 1b utilizam a variável de viagem como dado de entrada. Os resultados destes cenários estão apresentados na Tabela 5.5 e nas Figuras 5.13 e 5.14.

Tabela 5.5: Cenário 1a x Cenário 1b

Indicadores		Cenário 1a	Cenário 1b
Distância Primária	Média	17,57	22,63
	Mínimo	7,92	9,22
	Máximo	432,81	445,45
Viagens atendidas	Primária	52%	31%
	Secundária	73%	84%
% Terminais coincidentes		37%	

Observando os dados da distância primária, o cenário com localização proposta pelo modelo, cenário 1a, apresenta valores menores que o cenário atual, estando, portanto, os terminais mais próximos aos municípios atendidos.

Nas viagens primárias, a porcentagem de atendimento do cenário 1a também se apresentou de forma mais satisfatória, sendo 52% o atendimento da localização

proposta pelo sistema e 31% o atendimentos dos terminais localizados conforme o cenário atual.

Nas viagens atendidas secundariamente, o cenário atual apresentou 84% de atendimento e o proposto 73%. Os terminais que coincidiram a localização nos dois cenários são apenas 37% dos 51 terminais existentes.

A organização espacial do cenário 1a mostrou concentrações de terminais em algumas regiões e alguns terminais atendendo a uma grande quantidade de municípios como no caso da região sul do Estado que tem 1 terminal atendendo a 34 municípios. No cenário atual, a alocação dos municípios atendidos por cada terminal não se mostrou adequada pelo fato de alguns municípios atendidos não estarem alocados no seu terminal mais próximo, mas no terminal cujos municípios têm um desejo de deslocamento mais forte.

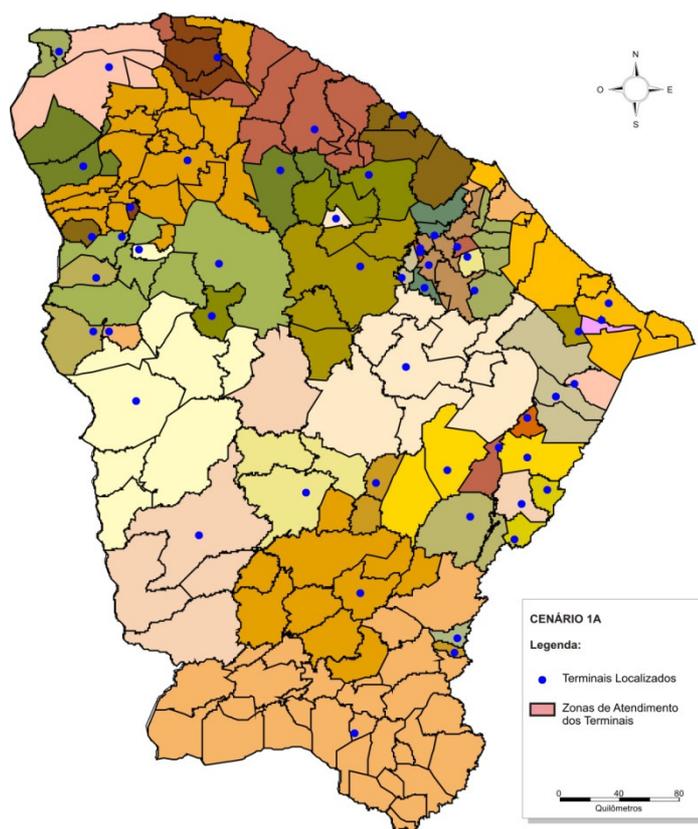


Figura 5.13: Resultado do Cenário 1a

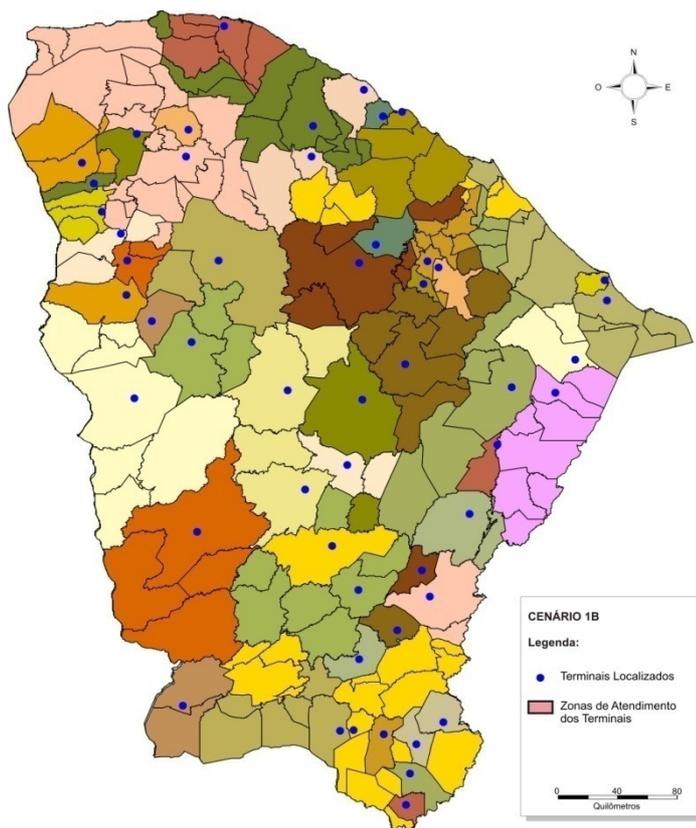


Figura 5.14: Resultado do Cenário 1b

c) Cenários 2a e 2b

Os cenários 2a e 2b representam a maximização da relação das viagens pela distância na malha sendo, portanto, uma relação de divisão entre os dois cenários já analisados. Seus resultados estão exibidos na Tabela 5.6 e nas Figuras 5.15 e 5.16.

Tabela 5.6: Cenário 2a x Cenário 2b

Indicadores		Cenário 2a	Cenário 2b
Distância Primária	Média	19,73	22,27
	Mínimo	3,10	8,63
	Máximo	432,81	445,45
Viagens atendidas	Primária	50%	30%
	Secundária	78%	84%
% Terminais coincidentes		53%	

Os resultados dos dados obtidos nas análises primárias se mostraram melhores para o cenário proposto, sendo a diferença de menos de 3km na média da distância primária e de 20% de atendimento das viagens primárias quando é comparado o cenário proposto com o atual.

Na análise secundária, as viagens cobertas pelo atendimento dos terminais representam 78% no cenário proposto pelo modelo utilizado e 84% no cenário atual. Com relação aos terminais coincidentes, para este par de cenários foi de 53% a porcentagem de terminais localizados nos mesmos municípios.

A organização espacial e a alocação dos terminais estão melhor distribuídas do que os cenários 1a e 1b que utilizam apenas a variável viagens como dado de entrada. No entanto, ainda se encontram pontos com concentração de terminais e alguns terminais atendendo a uma grande quantidade de municípios. Na alocação, tanto no cenário 2a, como no cenário 2b, também é verificada a alocação de municípios que não são próximos aos terminais alocados, mas que apresentam fortes desejos de deslocamentos para os terminais. No entanto, a ocorrência deste fato é menor do que a verificada nos cenários 1a e 1b.

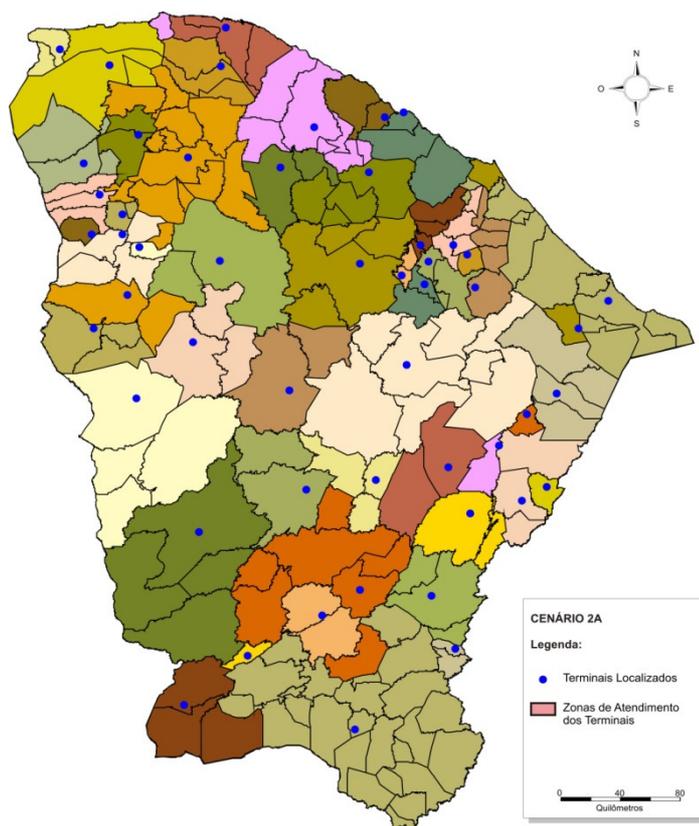


Figura 5.15: Resultado do Cenário 2a

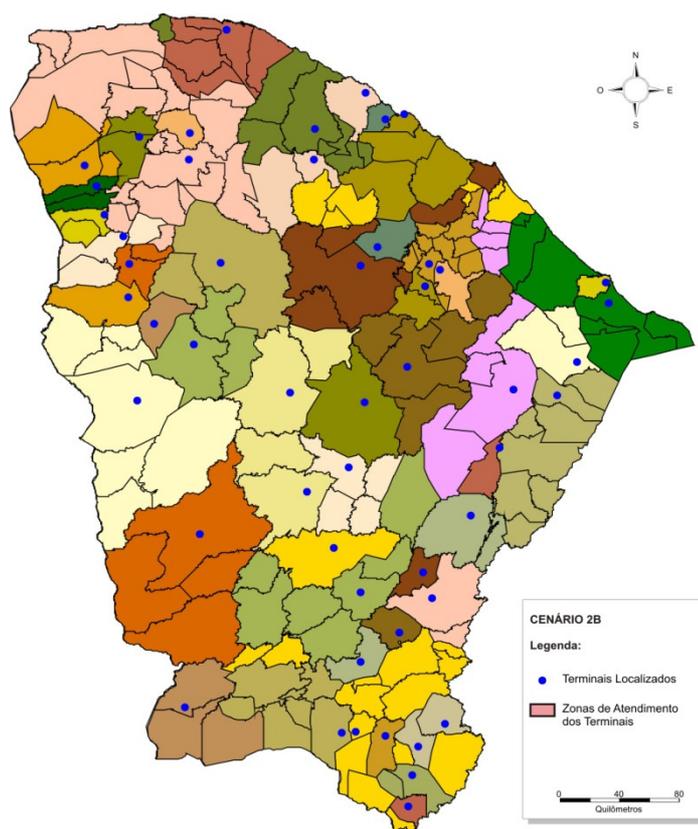


Figura 5.16: Resultado do Cenário 2b

d) Cenários 3a e 3b

Os cenários 3a e 3b têm como objetivo a minimização da relação entre a distância entre os municípios e o índice de conectividade. A Tabela 5.7 e as Figuras 5.17 e 5.18 exibem os resultados destes cenários.

Tabela 5.7: Cenário 3a x Cenário 3b

Indicadores		Cenário 3a	Cenário 3b
Distância Primária	Média	16,57	23,62
	Mínimo	3,10	8,63
	Máximo	61,62	106,95
Viagens atendidas	Primária	33%	20%
	Secundária	69%	84%
% Terminais coincidentes		39%	

Os cenários 3a e 3b apresentaram resultados para a distância primária e para os terminais coincidentes semelhantes aos dos cenários 0a e 0b que utilizam apenas a

distância como variável, sendo os valores mais desejáveis no cenário com a localização proposta pelo modelo.

Nas viagens, o cenário proposto pelo modelo apresenta um resultado melhor com 13% de diferença em relação ao cenário atual no atendimento primário. No atendimento secundário, o cenário atual apresenta 15% de viagens atendidas a mais do que no cenário proposto.

A organização da localização se apresentou bem semelhante a do cenário 0a com uma espacialidade bem distribuída. A alocação, tanto no cenário proposto, como no cenário atual, se mostrou coerente pelo fato de não se ter verificado ocorrência de municípios alocados em terminais distantes como visto nos cenários com a variável de viagens.

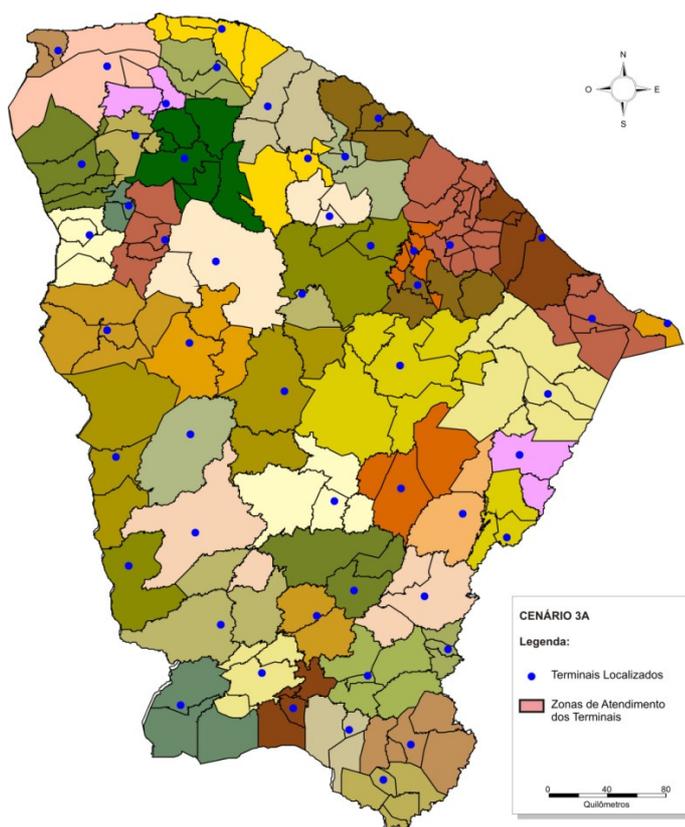


Figura 5.17: Resultado do Cenário 3a

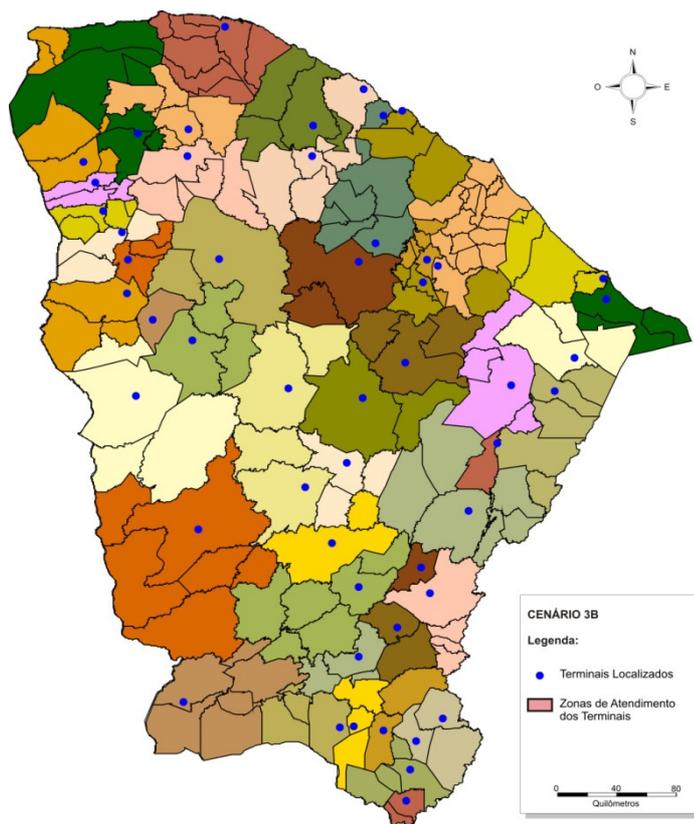


Figura 5.18: Resultado do Cenário 3b

e) Cenários 4a e 4b

O produto das variáveis viagem e índice de conectividade com a função objetivo de minimização compõem os cenários 4a e 4b. Os resultados dos cenários estão apresentados na Tabela 5.8 e nas Figuras 5.19 e 5.20.

Tabela 5.8: Cenário 4a x Cenário 4b

Indicadores		Cenário 4a	Cenário 4b
Distância Primária	Média	20,71	23,30
	Mínimo	7,92	9,22
	Máximo	432,81	445,45
Viagens atendidas	Primária	49%	31%
	Secundária	74%	84%
% Terminais coincidentes		41%	

Os resultados para distância primária e das viagens atendidas exibidos na Tabela 5.8 são semelhantes aos da Tabela 5.5 que exibem os resultados do cenário que utiliza como variável somente as viagens, sendo os valores mais desejáveis de distância de atendimento e viagens primárias apresentados pelo cenário proposto e o cenário atual com melhores valores das viagens secundárias.

A distribuição espacial e a alocação apresentaram as mesmas características observadas nos cenários 1a e 1b: os terminais não estão bem distribuídos espacialmente e são alocados pelo desejo de viagens, o que prejudica a distância de atendimento primária.

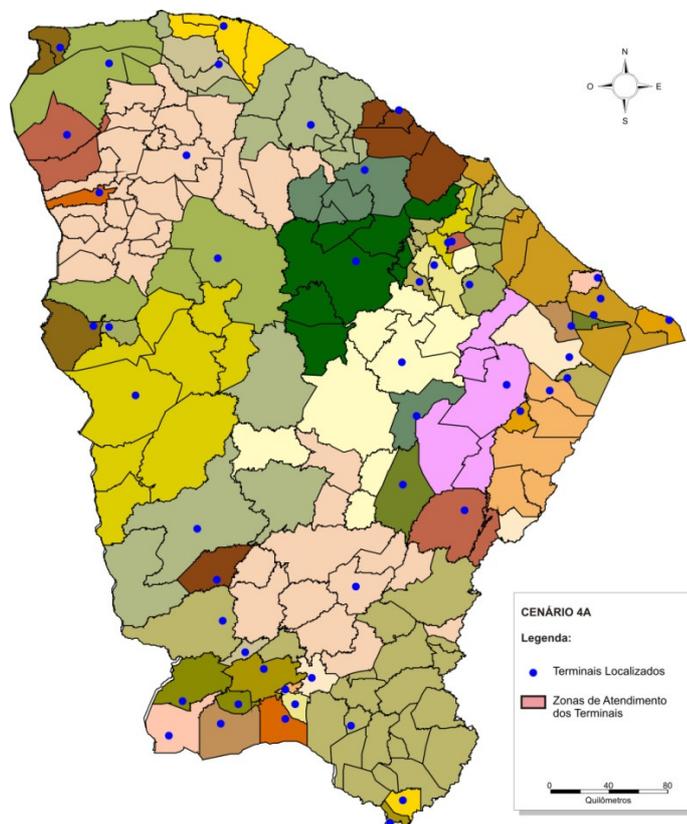


Figura 5.19: Resultado do Cenário 4a

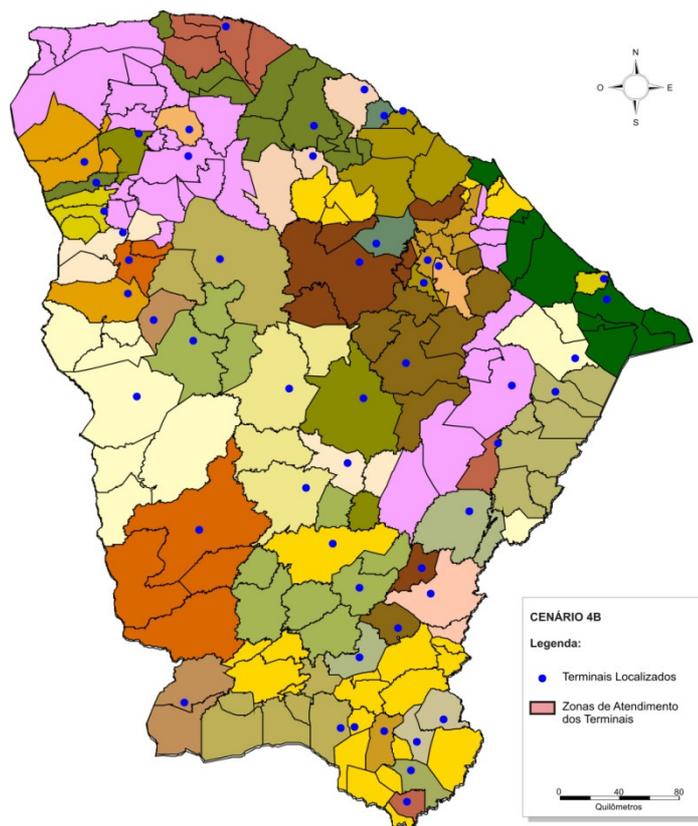


Figura 5.20: Resultado do Cenário 4b

f) Cenários 5a e 5b

Os cenários 5a e 5b englobam a utilização das três variáveis estudadas: distância, índice de conectividade e viagens. Os resultados destes cenários encontram-se na Tabela 5.9 e nas Figuras 5.21 e 5.22.

Tabela 5.9: Cenário 5a x Cenário 5b

Indicadores		Cenário 5a	Cenário 5b
Distância Primária	Média	20,11	22,27
	Mínimo	3,10	8,63
	Máximo	519,71	445,45
Viagens atendidas	Primária	40%	30%
	Secundária	69%	84%
% Terminais coincidentes		37%	

Os valores da distância primária exibidos na Tabela 5.9 se assemelham aos resultantes dos cenários 2a e 2b, que têm como variáveis utilizadas as viagens e a distância.

Com relação às viagens primárias, o cenário proposto apresentou 40% de atendimento por parte dos terminais aos desejos de deslocamentos do sistema, enquanto o cenário atual apresentou 30% de atendimento. No atendimento secundário, o cenário atual se mostrou melhor do que o cenário proposto com uma diferença de 15%. Foram detectados 37% de terminais coincidentes entre os dois cenários.

A distribuição espacial se mostrou com áreas com concentração de terminais e áreas com a existência de terminais atendendo a um número elevado de municípios. A alocação foi realizada em alguns pontos com o atendimento dos terminais em áreas não contíguas.

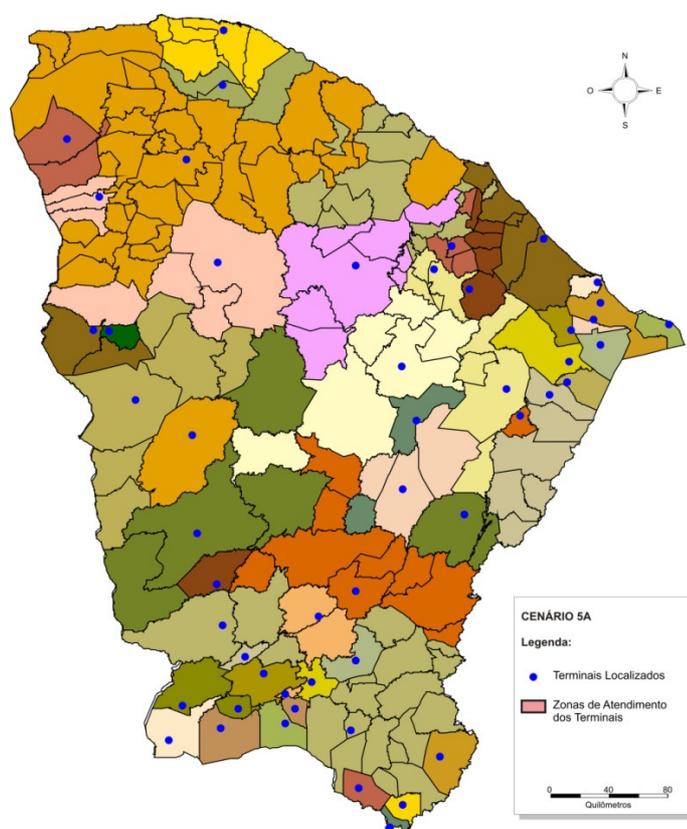


Figura 5.21: Resultado do Cenário 5a

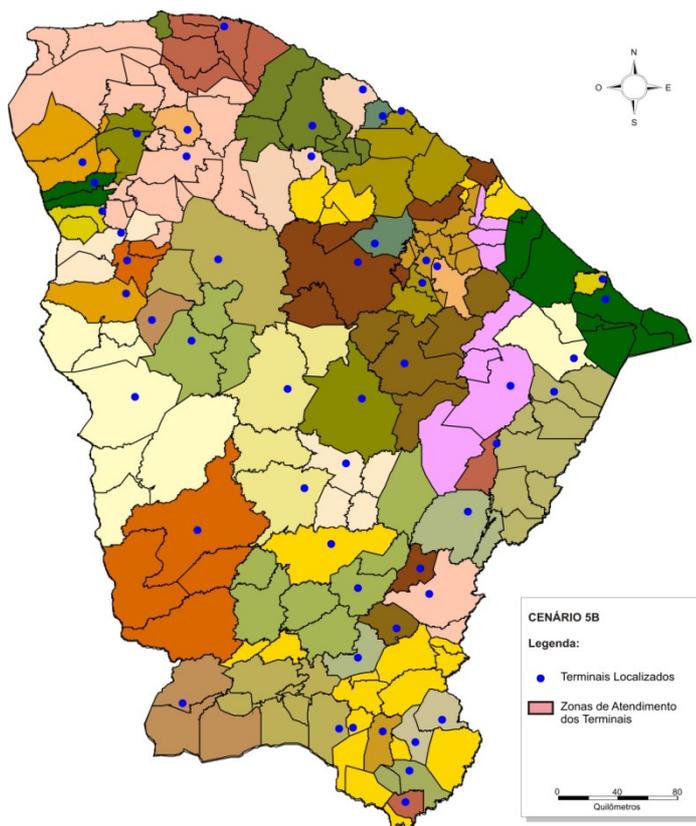


Figura 5.22: Resultado do Cenário 5b

5.2.7 Tópicos Conclusivos

De acordo com as análises realizadas, verifica-se que os cenários com localização atingida pelo *software* utilizado apresentaram valores mais desejáveis em relação aos cenários com a localização atual, com exceção das viagens com atendimento secundário.

Tal exceção pode ser explicada a partir de duas constatações. Primeiramente, a rotina utilizada, disponível nos modelos do TransCAD, não trabalha com alocações múltiplas ou hierárquicas, o que faz com que cada município seja alocado a um terminal formando áreas de influência do terminal com uma única alocação para cada município. Desta forma, a análise secundária do atendimento dos deslocamentos não condiz com o modelo utilizado.

Em segundo lugar, o fato de 84% das viagens secundárias serem atendidas com a disposição atual dos terminais significa que a localização atual dos terminais contempla os municípios com maiores volumes de viagens.

Observa-se também que, nos cenários onde a variável viagem é utilizada, existe uma frequência de terminais com área de influência limitada ao próprio município que possui a instalação e terminais atendendo a um número elevado de municípios. Estas verificações podem ser explicadas por dois fatores:

1) Como foi evidenciado na explanação sobre a preparação dos dados de entrada deste mesmo capítulo, a diagonal principal foi alterada para melhor adequação do modelo ao estudo de caso. Um custo mais elevado do que o máximo dos deslocamentos foi preenchido na diagonal principal, refletindo, assim, na frequente ocorrência de casos onde o terminal só atende ao próprio município onde este está localizado;

2) Como os valores presentes na matriz de viagens são de uma grandeza bem maior do que os valores presentes na distância e no índice de conectividade, mesmo em cenários onde a variável viagem não foi considerada isolada, esta tem uma predominância sobre as outras, sendo mais ponderada do que as demais variáveis na aplicação do modelo. Dessa forma, onde existem terminais em que os municípios têm grandes desejos de viagens, o modelo tende a alocar vários municípios para este terminal.

Ademais, foi observado que a variável de índice de conectividade não teve grande influência, devido ao fato de que os cenários que apresentam esta variável, cenários 3a, 3b, 4a, 4b, 5a e 5b, tiveram resultados semelhantes aos que não utilizaram a variável de conectividade, cenários 0a, 0b, 1a, 1b, 2a e 2b. Portanto, não é possível se obter um diagnóstico consistente para a função acessibilidade.

Então, considerando os cenários que não apresentam o índice de conectividade como uma variável nos dados de entrada:

- Com relação à espacialidade, verificada essencialmente nos cenários 0a e 0b, tem-se que a distância de atendimento primária e as viagens atendidas de forma primária apresentam no cenário atual valores inferiores ao cenário do modelo. No entanto, essa diferença é de um pouco menos de 7 km na distância primária e apenas 2% na quantidade de viagens atendidas;
- Já na mobilidade, verificada através dos cenários 1a e 1b, a diferença entre as distâncias de atendimento é de 5 km e, a quantidade de viagens atendidas

tem uma diferença de 20%, observando, assim, um atendimento de 269.000 deslocamentos a menos atendidos pelos terminais por semana devido à disposição atual dos terminais;

- Verificando, ainda, os cenários 2a e 2b, que utilizam das variáveis de espacialidade e mobilidade, a distância de atendimento primária média se reduz para menos de 3 km quando se compara a diferença entre o cenário atual e o cenário proposto. No entanto, a diferença de 20% entre o atendimento das viagens primárias continua da mesma forma como nos cenários 1a e 1b.

Desta forma, considerando a metodologia empregada e suas limitações, verifica-se que a macrolocalização dos terminais rodoviários de passageiros no Estado do Ceará está comprometendo principalmente a função de mobilidade dos usuários na concentração de tráfego.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo, será finalizado o trabalho desenvolvido nesta dissertação de mestrado através da explanação das conclusões obtidas com a aplicação do método utilizado no estudo de caso. Outrossim, serão feitas algumas recomendações e propostas para futuros trabalhos.

6.1. CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento desta dissertação de mestrado, foi possível elencar as seguintes conclusões:

- Com a pesquisa bibliográfica realizada na literatura, foi possível verificar uma lacuna existente em relação a modelos de localização que considerem a rede operacional. Tal fato repercute na limitação da utilização dos modelos de localização existentes para a localização de terminais rodoviários de passageiros;
- Sem a hierarquização e/ou ponderação das variáveis utilizadas, a representação das mesmas pode não se tornar coerente fazendo com que as variáveis com valores mais elevados sejam sobrepostas às outras com valores mais baixos. Ademais, se torna difícil verificar a influência de variáveis que estejam representadas com valores baixos em relação às demais variáveis como ocorreu com a utilização dos índices de conectividade entre os municípios do Estado do Ceará;
- A utilização de indicadores que não representem a maneira com que o modelo localiza e aloca os atendimentos não deve ser considerada, em virtude de poder causar prejuízo nas análises dos dados;
- A restrição de capacidade deve ser considerada, para não se obter terminais com grande atendimento de municípios trazendo comprometimento da distância de atendimento entre o terminal e as localidades atendidas;

- O modelo utilizado não leva em consideração alocações múltiplas ou hierárquicas, o que limita o atendimento de um município para somente um terminal, afastando-se, assim, da realidade observada.

6.2. RECOMENDAÇÕES

De acordo com as limitações encontradas no desenvolvimento deste trabalho, fazem-se as seguintes recomendações para trabalhos futuros:

- É preciso que haja uma abordagem crítica sobre a determinação do número de terminais necessários para se atender as funções de um terminal de transporte rodoviário de passageiros numa rede operacional buscando, assim, se determinar um método que consiga subsidiar a determinação do número de instalações ótimo para atendimento dos anseios dos usuários do sistema de transporte;
- O método de localização de facilidades aqui estudado não leva em consideração o porte das mesmas. Portanto, sugere-se o estudo de localização agregado com uma restrição no porte dos terminais em função da demanda a ser atendida haja vista a influência da capacidade dos terminais na localização dos mesmos;
- Devem ser consideradas outras variáveis relativas à mobilidade, acessibilidade e espacialidade no diagnóstico da macrolocalização dos terminais rodoviários de passageiros assim como a utilização de outros recursos que a ferramenta Facility Location do software TransCAD dispõe;
- Recomenda-se o estudo de um método que consiga representar a rede operacional para uma melhor determinação da localização dos terminais de passageiros em função da operacionalização da rede de transportes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRATI. Relatório ABRATI Versão Final. **ABRATI - Associação Brasileira das Empresas de Transporte Terrestre de Passageiros**, 2007. Disponível em: <http://www.atontecnologia.com.br/clientes/abrati/banco/arquivos/arquivos2008/PM100%2007_Relatorio%20ABRATI_Versao%20Final.pdf>. Acesso em: 29 Maio 2010.

ALVES, J. M.; OJIMA, R. K.; FILHO, M. R. Logística de produção: estudo de caso na Embraer. **XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Florianópolis, 2004.

ARAKI, R. G. I. **Heurística de Localização-Alocação para Problemas de Localização de Facilidades**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, p. 79. 2003.

ASTEF. **1º Relatório Parcial de Andamento - Plano de Trabalho e Programação dos Levantamentos de Campo**. Associação Técnico-Científica Engenheiro Paulo de Frontin. Fortaleza. 2004.

ASTEF. **2º Relatório - Caracterização Territorial, Socioeconômica, Institucional, Regulatória e Operacional do STRIP-CE**. Associação Técnico-Científica Engenheiro Paulo Frontin. Fortaleza. 2005.

ASTEF. **3º Relatório Técnico - Base de Dados Georeferenciados e Modelagem da Oferta e Demanda do STRIP-CE**. Associação Técnico-Científica Engenheiro Paulo Frontin. Fortaleza. 2006a.

ASTEF. **4º Relatório Técnico - Diagnóstico Operacional, Regulatório e Institucional do STRIP-CE (Tomo II -Anexos)**. Associação Técnico-Científica Engenheiro Paulo Frontin. Fortaleza. 2006b.

ASTEF. **6º Relatório Técnico - Tomo II - Anexos do Detalhamento do Modelo Proposto para o STRIP-CE**. Associação Técnico-Científica Engenheiro Paulo Frontin. Fortaleza. 2006c.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. [S.l.]: Bookman, 2006.

BÁRBARA, V. EmCrise - Terminal Rodoviário Tietê. **Andre Deak**, 2003. Disponível em: <<http://www.andredeak.com.br/emcrise/reportagem/reporthistoriatrt.htm>>. Acesso em: 27 Maio 2010.

BASTOS LUZ, A. Transportes, localização e aglomeração: uma introdução informal. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 13, n. 2, p. 285-303, Setembro 2003.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Senado. Brasília. 1988.

CALIPER. **Routing and Logistics with TransCAD 4.5**. Caliper Corporation. USA. 2002.

CARRARA, C. M. **Uma Aplicação do SIG para Localização e Alocação de Terminais Logísticos em Áreas Urbanas Congestionadas**. Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 224. 2007.

CEARÁ. **Edital de Concorrência Pública Nº 002/2009/DETRAN/CCC**. Dispõe sobre a Licitação para Outorga da Concessão para Exploração do Serviço Público Regular Interurbano de Transporte Rodoviário Intermunicipal de Passageiros do Estado do Ceará. Diário Oficial do Estado, Ceará. 2009a.

CEARÁ. **Edital de Concorrência Pública Nº 003/2009/DETRAN/CCC**. Dispõe sobre a Licitação para Outorga da Permissão para Exploração do Serviço Público Regular Interurbano Complementar de Transporte Rodoviário Intermunicipal de Passageiros do Estado do Ceará. Diário Oficial do Estado, Ceará. 2009b.

CNT. Atlas do Transporte 2006. **Portal CNT**, 2006. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/informacoes/pesquisas/atlas/2006/>>. Acesso em: 20 Maio 2010.

DER. <http://portal.der.ce.gov.br/categoria2/2009-SRE.pdf>. **DER Departamento de Edificações e Rodovias**, 2009. Disponível em: <<http://portal.der.ce.gov.br/categoria2/2009-SRE.pdf>>. Acesso em: 4 Junho 2010.

DNER. **Manual de Implantação de Terminais Rodoviários de Passageiros - MITERP**. Brasil: Ministério dos Transportes, 1976.

DONDA JÚNIOR, A. **Fatores Influentes no Processo de Escolha da Localização Agroindustrial no Paraná: Estudo de Caso de uma Agroindústria de Aves**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 141. 2002.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004.

DUNHAM, J. A. **SIMTERP - Simulador para Terminais Rodoviários de Passageiros Intermunicipais: Contribuição para a Avaliação de Desempenho de Terminais Rodoviários no Estado do Rio de Janeiro**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 167. 2008.

DUTRA, N. G. D. S. **Planejando uma Rede Escolar Municipal para Reduzir Custos de Deslocamentos**. Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 95. 1998.

FERIANCIC, S.; VERRONI, J. H. Z.; FERIANCIC, G. Artigo Terminais. **ETTL - Engenharia de Transporte, Tráfego e Logística**, 13 Outubro 2003. Disponível em: <http://www.ettl.com.br/downloads/Artigo_terminais.pdf>. Acesso em: 05 Setembro 2010.

FERRAZ, A. C. C. P.; TORRES, I. G. E. **Transporte Público Urbano**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2004.

GOUVÊA, V. B. **Contribuição ao Estudo de Implantação de Terminais Urbanos de Passageiros**. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, p. 100. 1980.

HENRIQUE, C. S. **Diagnóstico Espacial da Mobilidade e da Acessibilidade dos Usuários do Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, p. 165. 2004.

LIMA, F. R.; COSENZA, C. A. N.; NEVES, C. D. Modelos de Localização em Engenharia Urbana. **II SIMPGEU**, Maringá, 2009.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Relatório de Gestão**. Secretaria de Política Nacional de Transportes. Brasília. 2007.

MENEZES, R. C. **O Uso do SIG - Sistema de Informação Geográfico - para o Apoio a Decisão no Planejamento da Localização das Escolas Municipais em Guaratiba**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 111. 2010.

MORGADO, A. V. **Contribuição Metodológica ao Estudo de Localização de Terminais Rodoviários Regionais Coletivos de Carga**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 330. 2005.

MORLOK, E. K. **Introduction to Transportation Engineering and Planning**. New York: McGraw Hill, 1978.

NETO, A. G. L. P.; PAULUCCI, F. S. F.; QUAGLIATO, G. B.; GALVES, M. L. et al. Estruturação de um Problema por meio de Mapas Cognitivos: Escolha do Local da Rodoviária de Campinas. **XXI ANPET - CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES**, Rio de Janeiro, 2007.

OLIVEIRA, R. D. S. **Procedimento para Definição de uma Rede de Estações de Inspecção Técnica Veicular**. Universidade de Brasília. Brasília, p. 104. 2009.

PRAÇA, E. R. **Distribuição de Gás Natural no Brasil: Um Enfoque Crítico e de Minimização de Custos**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, p. 159. 2003.

RHEINGANTZ, P. A. Modelo de Análise Hierárquica Coppetec-Cosenza na Avaliação do Desempenho dos Edifícios de Escritórios. **Novas Visões: fundamentando o espaço arquitetônico e urbano**, Rio de Janeiro, p. 233-258, 2001.

RIOS, M. F. **Metodologia para Localização de Terminais do Sistema de Transporte Público Coletivo Urbano**. Universidade de Brasília. Brasília, p. 105. 2007.

ROCHA, B. D. O. **Utilização de Modelos de Localização para Dinamização do Fluxo Reverso de Pneus Inservíveis**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, p. 126. 2008.

ROMERO, B. D. C. **Análise da Localização de Plataformas Logísticas: Aplicação ao Caso do ETSP - Entrepósito Terminal São Paulo - da CEAGESP.** Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 143. 2006.

SANTOS, C. M. et al. **Avaliando a Localização dos Postos de Saúde em uma Cidade Média Brasileira com o Auxílio de um SIG-T,** 2000.

SILVA, M. R. **Uma Contribuição ao Problema de Localização de Terminais de Consolidação no Transporte de Carga Parcelada.** Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 85. 2004.

SOARES, U. P. **Procedimento para a Localização de Terminais Rodoviários Interurbanos, Interestaduais e Internacionais de Passageiros.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 343. 2006.

TÁVORA JUNIOR, J. L.; RAMOS, F. D. S. Localização Industrial no Nordeste do Brasil - Uma Perspectiva em Termos de Oferta e Demanda por Fatores Locacionais. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 30, n. Especial, p. 686-699, Dezembro 1999.

TSUCHIDA, T. D. C. **Modelagem da Localização de Pólos de Venda de Derivado de Petróleo.** Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 118. 2008.

WRIGHT, P. H.; ASHFORD, N. **Transportation Engineering.** 3rd. ed. New York: John Wiley & Sons, 1989.