

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
Departamento de Transportes

UMA ANÁLISE DE ACESSIBILIDADE
SOB A ÓTICA DA EQUIDADE

– O CASO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM –

Massa Goto

Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil – Área de Concentração: Transportes.

ORIENTADOR: Prof. Assoc. Antônio Néilson Rodrigues da Silva

São Carlos
2000

DEDICATÓRIA

À minha filha Renata

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Associado Antônio Néelson Rodrigues da Silva, pela excelente orientação, pela dedicação e pela paciência dispensadas na realização deste trabalho;

Ao Prof. Associado José Mendes, da Universidade de Minho, pela participação nas discussões sobre o direcionamento do trabalho;

Aos professores do Departamento de Transportes da EESC - Escola de Engenharia de São Carlos;

Aos colegas do curso de Mestrado Interinstitucional;

Ao Departamento de Transportes da UFPA - Universidade Federal do Pará;

Aos colegas da COHAB/PA – Companhia de Habitação do Estado do Pará – Paulo Ribeiro, Simaia Mercês e Dário Lisboa, pela compreensão nos momentos da necessidade de ausência ao trabalho;

Aos colegas da CTBel – Companhia de Transportes do Município de Belém – Gilberto Barbosa Júnior e Raimundo Costa, pelo fornecimento de informações sobre a rede de transporte coletivo da RMB;

Aos professores da UNAMA – Universidade da Amazônia – Antônio José Lamarão Corrêa, Maria Helena Tourinho e Marco Aurélio Arbage Lobo, pelo fornecimento de informações básicas para o desenvolvimento do trabalho;

Às funcionárias do Departamento de Transportes da EESC, Heloísa e Angélica, que me apoiaram nos serviços de Secretaria, e em especial, a Angélica, pela amizade e pela companhia no período de estágio em São Carlos;

Enfim, agradeço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1 INTRODUÇÃO	01
1.1 Caracterização do problema	01
1.2 Justificativa do trabalho	03
1.3 Objetivo do trabalho	04
1.4 Estrutura do trabalho	04
2 ASPECTOS GERAIS DE BELÉM E DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM	06
2.1 Área de estudo	06
2.2 A formação da RMB	09
2.3 A distribuição da população na RMB	11
3 CONCEITUAÇÃO TEÓRICA	14
3.1 Conceitos de acessibilidade	14
3.2 Conceitos de equidade	19
3.3 Alguns índices de acessibilidade	21
3.4 Sistema de Informações Geográficas e acessibilidade	24
4 METODOLOGIA.....	26
4.1 Abordagem adotada	26

4.2	Obtenção de dados básicos	27
4.3	Atividades desenvolvidas	32
5	ESTUDO DE CASO	35
5.1	Índice de acessibilidade do tipo separação espacial média	35
5.2	Índice de acessibilidade do tipo gravitacional	39
5.2.1	Cenários para avaliação de índice de acessibilidade	45
5.2.1.1	Cenário: ATUAL	46
5.2.1.2	Cenário: SUB-CENTRO.....	48
5.2.1.3	Cenário: PDTU 1991.....	51
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS	54
6.1	Acessibilidade do tipo separação espacial média	54
6.2	Acessibilidade do tipo gravitacional	55
6.2.1	Variação de população nas faixas de acessibilidade	55
6.2.2	Variação da acessibilidade ponderada pela população	58
6.2.2.1	Uma análise sob a ótica da igualdade	58
6.2.2.2	Uma análise sob a ótica da equidade	62
6.2.2.3	Identificação de áreas ainda carentes de acessibilidade	65
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	70
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - Região Metropolitana de Belém – RMB	07
FIGURA 2.2 - Fases de crescimento da cidade de Belém.....	09
FIGURA 2.3 - Renda média domiciliar de setores censitários da RMB	13
FIGURA 2.4 - Renda média domiciliar de setores censitários da RMB – DETALHE.....	13
FIGURA 4.1 - Rede viária da Região Metropolitana de Belém	29
FIGURA 4.2 - Rede viária da Região Metropolitana de Belém – DETALHE.....	30
FIGURA 4.3 - Rede de transporte coletivo da RMB.....	31
FIGURA 5.1 - Índice de acessibilidade do tipo separação espacial média	36
FIGURA 5.2 - Percentual de população por faixa de acessibilidade do tipo separação espacial média.....	37
FIGURA 5.3 - Relação entre renda e acessibilidade calculada com índice do tipo separação espacial média.....	38
FIGURA 5.4 - Limites de zonas de tráfego (GEIPOT, 1980).....	40
FIGURA 5.5 - Zona de tráfego hipotética.....	41
FIGURA 5.6 - Número de viagens atraídas por setor censitário	43
FIGURA 5.7 - Relação entre renda e acessibilidade calculada com índice do tipo gravitacional	44
FIGURA 5.8 - Índice de acessibilidade do tipo gravitacional – Cenário: ATUAL	46
FIGURA 5.9 - Percentual de população por faixa de acessibilidade do tipo gravitacional – Cenário: ATUAL.....	47
FIGURA 5.10 - Índice de acessibilidade do tipo gravitacional – Cenário: SUB-CENTRO.....	49

FIGURA 5.11 – Percentual de população por faixa de acessibilidade do tipo gravitacional – Cenário: SUB-CENTRO	50
FIGURA 5.12 - Índice de acessibilidade do tipo gravitacional – Cenário: PDTU 1991	52
FIGURA 5.13 - Percentual de população por faixa de acessibilidade do tipo gravitacional: PDTU 1991.....	53
FIGURA 6.1 - População por faixa de acessibilidade em 3 cenários	57
FIGURA 6.2 - Variação de acessibilidade por faixa de renda em relação ao cenário atual.....	59
FIGURA 6.3 - Variação detalhada de acessibilidade por faixa de renda em relação ao cenário atual – Cenário: SUB-CENTRO	60
FIGURA 6.4 - Variação detalhada de acessibilidade por faixa de renda em relação ao cenário atual – Cenário: PDTU 1991.....	61
FIGURA 6.5 - Variação de acessibilidade sob a ótica da equidade	63
FIGURA 6.6 - Variação de acessibilidade por faixa de renda sob a ótica da equidade – Cenário: SUB-CENTRO	64
FIGURA 6.7 - Variação de acessibilidade por faixa de renda sob a ótica da equidade – Cenário: PDTU 1991	65
FIGURA 6.8 - Percentual de população por classe de equidade	68
FIGURA 6.9 - Classes de equidade da RMB	69
FIGURA 6.10 - Classes de equidade da RMB - DETALHE	69

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1- Distribuição de população da RMB, em 1991.....	08
TABELA 2.2- Distribuição de população da RMB por faixa de renda	12
TABELA 2.3- Distribuição percentual de população da RMB por faixa de renda.....	12
TABELA 5.1- População por faixa de renda e acessibilidade do tipo separação espacial média.....	37
TABELA 5.2 - Renda média domiciliar <i>versus</i> modo de transporte utilizado	39
TABELA 5.3 - Exemplo do cálculo de viagens atraídas.....	42
TABELA 5.4 - População por faixa de acessibilidade do tipo gravitacional - Cenário: ATUAL.....	47
TABELA 5.5 - População por faixa de acessibilidade do tipo gravitacional - Cenário: SUB-CENTRO	49
TABELA 5.6 - População por faixa de acessibilidade do tipo gravitacional - Cenário: PDTU 1991	52
TABELA 6.1- Variação de população por faixa de acessibilidade entre os cenários SUB-CENTRO e ATUAL.....	56
TABELA 6.2 - Variação de população por faixa de acessibilidade entre os cenários PDTU 1991 e ATUAL	56
TABELA 6.3 - População por faixa de acessibilidade	56
TABELA 6.4 - Variação de acessibilidade por faixa de renda em relação ao cenário atual.....	59
TABELA 6.5 - Variação detalhada de acessibilidade por faixa de renda em relação ao cenário atual – Cenário: SUB-CENTRO	60
TABELA 6.6 - Variação detalhada de acessibilidade por faixa de renda em relação ao cenário atual – Cenário: PDTU 1991	61

TABELA 6.7- Pesos atribuídos por faixa de renda	62
TABELA 6.8 - Variação de acessibilidade por faixa de renda sob a ótica da equidade.....	62
TABELA 6.9 - Variação de acessibilidade por faixa de renda sob a ótica da equidade – Cenário: SUB-CENTRO.....	63
TABELA 6.10 - Variação de acessibilidade por faixa de renda sob a ótica da equidade – Cenário: PDTU 1991	64
TABELA 6.11 - Classes de equidade	67
TABELA 6.12 - População e quantidade de setores censitários por classe de equidade.....	67

RESUMO

GOTO, Massa (2000). *Uma análise de acessibilidade sob a ótica da equidade - o caso da Região Metropolitana de Belém*. São Carlos, 2000. 77p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Belém sofreu processo semelhante a diversas cidades brasileiras, com a expulsão de parte da população para áreas de expansão com carência de infra-estrutura viária e, em geral, prejudicadas em termos de acessibilidade. Considerando que este processo atingiu de forma desigual aos diferentes segmentos da população, o objetivo deste trabalho é avaliar como se dá a distribuição de acessibilidade ao transporte para indivíduos de diferentes classes de renda e, a partir daí, analisar estratégias para assegurar a equidade na sua distribuição na Região Metropolitana de Belém (RMB). Com este fim, dois índices de acessibilidade foram calculados neste estudo a partir da aplicação de um Sistema de Informações Geográficas para transportes: um do tipo separação espacial média e outro do tipo gravitacional. Os valores de atratividade do índice do tipo gravitacional foram posteriormente alterados de forma a compor dois cenários de localização de pólos de comércio e serviços diferentes do atual. O estudo mostra que os cenários alternativos promoveram uma melhor distribuição da acessibilidade na RMB e que a seleção do melhor deles pode ser feita através de critérios de equidade. Além disto, demonstrou-se ainda que, após a seleção do melhor cenário, outros recursos do SIG podem ser utilizados para priorizar, também segundo a ótica da equidade, as zonas que ainda carecem de melhorias na acessibilidade aos transportes.

Palavras-chave: acessibilidade; equidade, Sistema de Informações Geográficas.

ABSTRACT

GOTO, Massa (2000). *Assessing equity in transportation accessibility distribution: the case of Belém Metropolitan Region*. São Carlos, 2000. 77p. Dissertation (Master's Degree) – São Carlos School of Engineering, University of São Paulo.

The growth process of Belém, similarly to what happened to other Brazilian cities, was characterized by the location of part of its population in areas with insufficient road infrastructure. As a consequence, these were in general low accessibility areas. Considering that the impacts of the growth process were not evenly distributed to all population groups, the aim of this work is to evaluate the distribution patterns of transportation accessibility to different income groups in the Metropolitan Region of Belém. This is an important step towards the formulation of strategies to reestablish equity in the accessibility distribution. Two indexes have been used to estimate accessibility values in a Geographic Information System environment: a Mean Separation Index and a Gravity-type Index. The attractiveness values of the Gravity-type Index were subsequently changed to create alternative scenarios in which the location of the retail and service areas was different from the current conditions. The results found in this study showed that: a) the alternative scenarios had a better transportation accessibility distribution than the present one; and b) the selection of the best alternative scenario could be based on equity criteria. Next, once again oriented by an equity criterion, other GIS tools were applied to select the areas in the chosen scenario in which transportation accessibility could be further improved.

Keywords: accessibility; equity, Geographic Information Systems.

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo descreve, de maneira sintética, a caracterização do problema da distribuição da acessibilidade ao transporte da Região Metropolitana de Belém (RMB), a justificativa, o objetivo e a estrutura do trabalho.

1.1 Caracterização do problema

Os núcleos urbanos são formados, geralmente, a partir de concentração de algumas atividades e são naturalmente ampliados com o estabelecimento de residências em seu entorno. Na maioria dos núcleos urbanos, esse processo de centralização deu origem a formação da chamada Área Central que, segundo CORRÊA (1995), é o espaço onde se concentram as principais atividades comerciais, de serviços, da gestão pública e privada e que, com terminais de transportes públicos nela instalados pode garantir ainda a diminuição dos custos de transbordo. A área central, portanto, caracteriza-se como uma área de maior acessibilidade dentro da grande cidade.

CORRÊA (1995) comenta ainda que a elevada acessibilidade da área central atraiu a instalação de lojas de departamento e de outros gêneros de comércio varejista, porém esse processo de centralização resultou num espaço segmentado, com a formação de um núcleo central e de uma zona periférica do centro. O núcleo central é caracterizado pelo uso intensivo do solo com atividades não-residenciais e a zona periférica, pelo uso semi-intensivo do solo, composto principalmente por áreas residenciais de baixo *status* social.

Segundo CORRÊA (1995), já na década de 1930 COLBY¹ (1959) mencionava como fatores que levaram à ocupação das zonas periféricas: o “aumento constante do preço da terra; congestionamento e alto custo do sistema de transporte e comunicações, que dificulta e onera as interações entre firmas; dificuldade de obtenção de espaço para a expansão, que afeta particularmente as indústrias em crescimento; restrições legais implicando a ausência de controle do espaço, limitando, portanto, a ação das firmas; e ausência ou perda de amenidades”.

Assim, a descentralização que está também associada ao crescimento da cidade, tanto em termos demográficos como espaciais, amplia as distâncias entre a Área Central e as novas áreas residenciais, diminuindo, cada vez mais, a acessibilidade dos residentes das áreas periféricas.

O município de Belém teve seu crescimento demográfico e espacial de maneira semelhante a que CORRÊA (1995) descreveu, com a formação de um núcleo central e posterior expansão para áreas periféricas. Mais próximo ao núcleo central estão as áreas que se desenvolveram em altitudes mais elevadas da cidade, onde não são atingidas por enchentes e dispõem de uma malha viária mais densa com condições satisfatórias para a circulação, oferecendo à população uma alta acessibilidade ao transporte.

A ocupação das áreas periféricas de Belém, que foi ocorrendo de maneira rápida e desordenada, sem um planejamento sistematizado, tem como grande consequência a carência de uma infra-estrutura viária que garanta uma boa acessibilidade ao transporte à população ali residente. E ainda, com a manutenção do núcleo de comércio e de serviços centralizado na área central de Belém, as distâncias entre as residências e os locais de grandes pólos de atração tornam-se cada vez maiores, o que resulta em baixas acessibilidades.

Belém é portanto uma cidade composta por áreas alagadiças e não alagadiças, de altas e baixas acessibilidades, ocupadas por pessoas de altas e baixas rendas, todas com necessidade de locomoção, mas com desigualdades no acesso para alcançar os destinos desejados.

¹ COLBY, C. C. (1959). *Centrifugal and centripetal forces in urban geography*. In: MAYER, H. & KOHN, C. F., orgs. *Readings in urban geography*. University of Chicago Press, Chicago.

O processo de crescimento ultrapassou ainda os limites do município e a conurbação entre os municípios de Belém e de Ananindeua resultou na instituição da Região Metropolitana de Belém (RMB), que foi posteriormente ampliada com os municípios de Marituba, Benevides e Santa Bárbara do Pará.

1.2 Justificativa do trabalho

A acessibilidade e a disponibilidade dos serviços públicos, segundo VILLAÇA (1989), “determinam o preço dos terrenos que, por sua vez, determinam a conhecida distribuição espacial não só das classes sociais (a chamada segregação urbana) mas também a de seu comércio, serviços e indústrias. Os terrenos melhores (melhor localizados e equipados), ficam com os que podem pagar mais e os piores (os mais afastados e desequipados), ficam para os pobres”.

VILLAÇA (1989) comenta, ainda, da importância do deslocamento da população entre os locais de moradia e de trabalho, que são os principais lugares onde o cidadão urbano de hoje se “ancora” territorialmente. Segundo ele, para sobreviver na cidade, principalmente as do Terceiro Mundo, a população urbana, especialmente aquela pertencente a camadas de mais baixa renda, é obrigada a fazer uma infinidade de deslocamentos, em geral penosos, para atingir aos destinos desejados.

As diversas possibilidades de deslocamento são muito importantes para o homem urbano. Em função de diferentes condições de transporte para distintas classes sociais, cada ponto do espaço oferece possibilidades diferenciadas de deslocamento para os demais pontos da cidade, afirma VILLAÇA (1989).

O quadro de contrastes presente na cidade de Belém e na RMB produz algumas distorções na distribuição de serviços públicos. Observa-se que, com o crescimento populacional e a valorização do solo urbano na área central, as zonas periféricas da RMB estão sendo ocupadas por população de baixa renda. Essas áreas apresentam um baixo nível de acessibilidade, por insuficiência de infra-estrutura viária e de transporte e, portanto, os residentes realizam seus deslocamentos diários com muitas dificuldades. Este fato, embora visível mesmo em uma análise apenas

superficial, carece de uma avaliação mais precisa, tanto qualitativa como quantitativamente. Só assim seria possível identificar os problemas críticos e as regiões onde eles ocorrem, para em seguida buscar medidas mitigadoras para os mesmos. É nessa perspectiva que se insere esta pesquisa, mais especificamente no que diz respeito à acessibilidade aos transportes. Estudos como este podem oferecer orientações ao poder público na priorização de ações com vistas a melhorar a acessibilidade ao transporte e, portanto, melhorar a qualidade de vida dos residentes.

1.3 Objetivo do trabalho

O objetivo deste trabalho é avaliar de que forma a acessibilidade ao transporte se distribui para as diferentes camadas da sociedade no caso específico da Região Metropolitana de Belém e, a partir daí, apresentar estratégias para assegurar a equidade na sua distribuição.

1.4 Estrutura do trabalho

O trabalho é composto por 8 capítulos, incluindo este. O capítulo 2 contém uma descrição sucinta dos aspectos gerais da Região Metropolitana de Belém no que se refere à população, área, distribuição de renda média da população e a formação da cidade. O capítulo 3 apresenta uma conceituação teórica de acessibilidade e de equidade, assim como alguns índices de acessibilidade ao transporte encontrados na literatura. Trata ainda da aplicação de Sistema de Informações Geográficas–SIG na estimativa desses índices.

No capítulo 4 apresenta-se a metodologia do trabalho, com um resumo da abordagem adotada na avaliação dos níveis de acessibilidade para a RMB, os dados básicos usados para este propósito, e um roteiro das etapas necessárias para a realização deste trabalho.

O capítulo 5 abrange o estudo de caso com a metodologia aplicada à Região Metropolitana de Belém. São apresentadas as diversas etapas da aplicação

realizada, que se inicia com o cálculo de um índice de acessibilidade do tipo separação espacial média. Esta é, na realidade, uma etapa intermediária para o cálculo do índice efetivamente usado nas análises, o do tipo gravitacional. Este, por sua vez, é utilizado para a avaliação da distribuição de acessibilidade na situação atual de uso de comércio e serviços e cenários futuros de pólos de atração de viagens propostos no PDTU, de 1991.

No capítulo 6 são comentados os resultados do cálculo dos índices de acessibilidade dos tipos separação espacial média e gravitacional na RMB, nos três cenários analisados: ATUAL, SUB-CENTRO e PDTU 1991. A análise de distribuição compreende uma primeira avaliação da variação da população nas faixas de acessibilidade, complementada por uma verificação da variação da acessibilidade ponderada pela população para seleção do cenário que promove a distribuição mais equitativa da acessibilidade. Em seguida realiza-se uma análise complementar para identificar os setores que ainda apresentam condições injustas de acessibilidade em relação aos demais.

As conclusões e recomendações são referidas no capítulo 7 e, finalmente, as referências bibliográficas são apresentadas no capítulo 8.

2 ASPECTOS GERAIS DE BELÉM E DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM

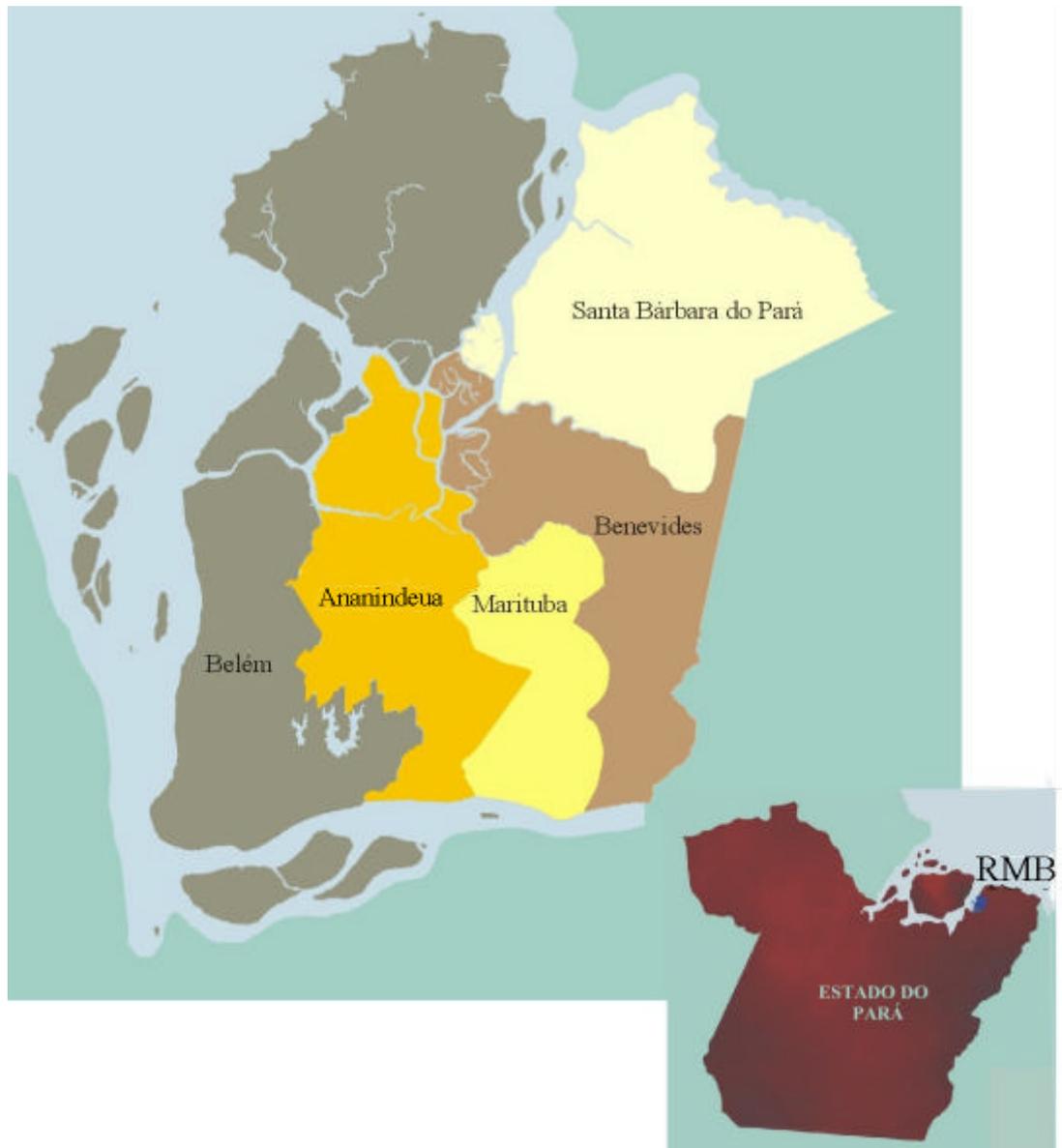
Este capítulo contém uma descrição sucinta de informações referentes à população, área, distribuição de renda média da população e a evolução na ocupação da RMB.

2.1 A área de estudo

A Região Metropolitana de Belém, área de estudo desta pesquisa, situa-se na região Norte do Estado do Pará (FIGURA 2.1). Localizado na Região Norte do Brasil, o estado abrange uma área de 1.248.042 km² de extensão territorial e possui 4.949.210 habitantes (IBGE, 1991) distribuídos em 143 municípios.

Os municípios que compõem a RMB² são: Ananindeua, Belém, Benevides, Marituba e Santa Bárbara do Pará (FIGURA 2.1) que formam uma área de 1.827,70 km² e possuem um total de 1.401.305 habitantes (IBGE, 1991) correspondentes a 28,31% do total da população do estado. O município de Belém, o maior do estado em termos de população, representa 88,82% do total da RMB (TABELA 2.1).

² A RMB, constituída por 5 municípios, foi instituída pela Lei Complementar n.º 027 de 19/10/95.



Fonte: COHAB/PA

FIGURA 2.1- Região Metropolitana de Belém – RMB

TABELA 2.1 – Distribuição de população da RMB, em 1991

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO (hab.)	
	QUANTIDADE	%
Ananindeua	88.151	6,29
Belém	1.244.689	88,82
Marituba ⁽¹⁾		
Benevides	68.465	4,89
Santa Bárbara do Pará ⁽²⁾		
Total	1.401.305	100,00

Fonte: IBGE, Censo demográfico, 1991

⁽¹⁾ município criado em 1994 e instalado em jan./97.

⁽²⁾ distrito de Benevides, emancipado em 1991 e instalado em 1993.

2.2 A formação da RMB

Belém foi fundada em 12 de janeiro de 1616 com o marco inicial no Forte do Presépio, atual Forte do Castelo, construído no extremo sul da área continental do atual município. A FIGURA 2.2 mostra a evolução de ocupação da RMB, por período, desde sua fundação até os anos 80.

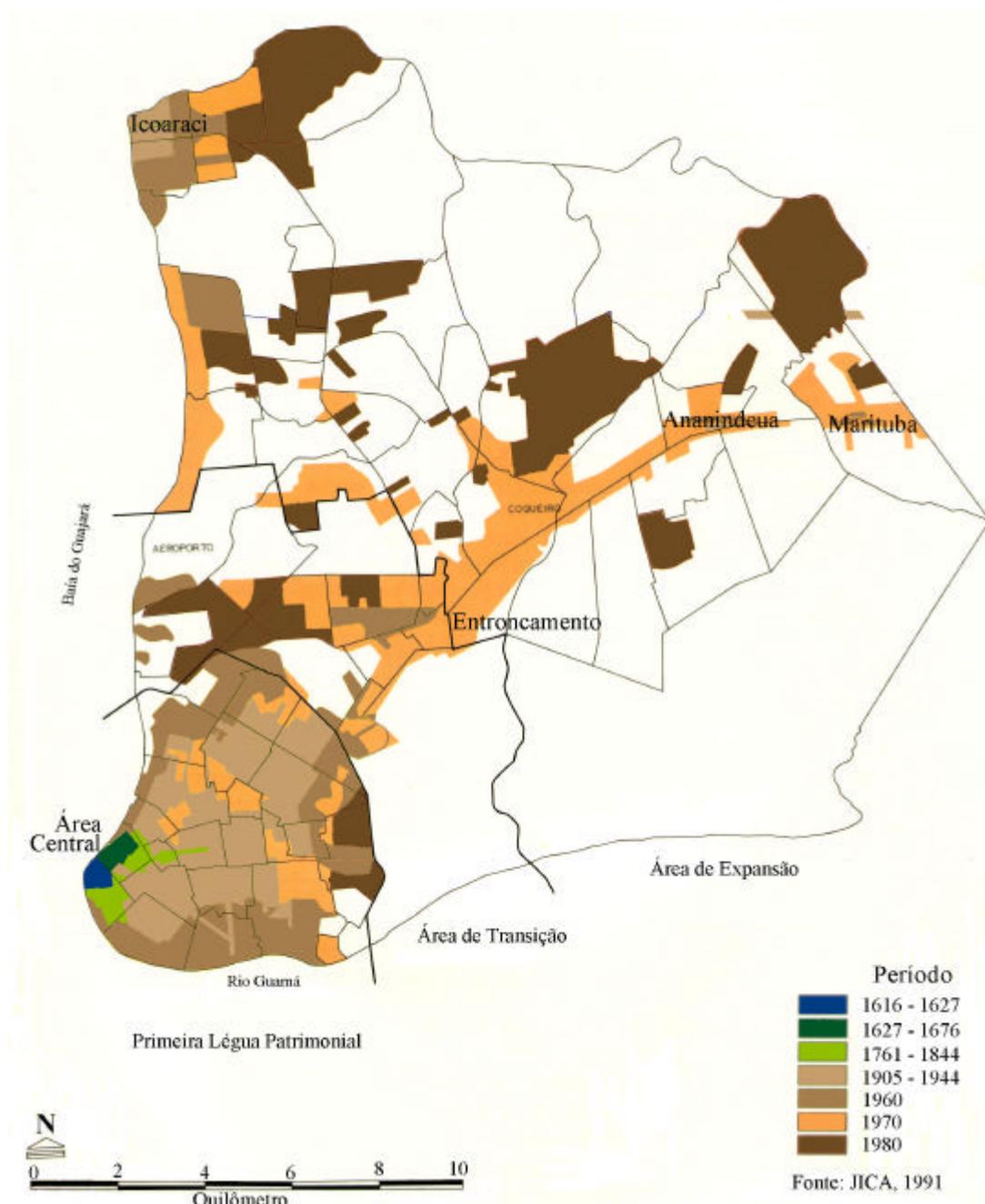


FIGURA 2.2 – Fases de crescimento da cidade de Belém

A cidade cresceu a partir do Forte em direção ao sul do mesmo, com a definição de três ruas e de quatro travessas, formando o núcleo pioneiro que corresponde aproximadamente ao atual bairro da Cidade Velha, caracterizando uma primeira fase da ocupação de Belém, de 1616 a 1627. Esta área ficava praticamente isolada do continente por um vasto alagado denominado de “Piri” e por um igarapé que ligava este alagado à Baía do Guajará.

Na segunda fase, que ocorreu até 1676, a ocupação ultrapassou o limite do igarapé do Piri e estendeu-se em direção à Baía do Guajará até o limite do atual bairro do Reduto com a abertura de duas vias formando o atual bairro do Comércio.

Naquela época, a acessibilidade a qualquer ponto da cidade era bastante fácil, pois as atividades de serviços se encontravam próximas às residências, embora praticamente não houvesse serviços ou infra-estrutura viária.

Posteriormente a cidade se expandiu para o leste acompanhando o Rio Guamá, estabelecendo um eixo em direção ao interior, atualmente Av. Nazaré, que seguia o espigão central da cidade formado por terras altas, livres de inundação, e teve o prolongamento natural na atual Av. Almirante Barroso. Nessa época, a população utilizava, para realizar seus deslocamentos, os trens urbanos e os bondes, que circulavam apenas nas áreas de cotas mais altas, nos eixos centrais de seus sistemas de circulação, as avenidas Nazaré e Governador José Malcher.

Na primeira metade do século XX a cidade já tangenciava os limites da 1.^a Léguas Patrimonial, área delimitada a uma légua (unidade de distância comum em Portugal, igual a 6,6km) do Forte do Castelo, que coincide com a atual Av. Dr. Freitas. Nos primeiros anos da década de 40 ocorreu a apropriação de grandes extensões de terras por parte de bases militares e de outras instituições públicas nas áreas que ultrapassavam a 1.^a Léguas Patrimonial, constituindo assim, nas décadas seguintes, um obstáculo conhecido como o “cinturão institucional” que dificultaria bastante o crescimento da malha urbana.

Nos anos 50, em conseqüência do estabelecimento do “cinturão institucional” a cidade encontrava-se diante de um empecilho em seu crescimento e a ocupação se deu através de retalhamento de áreas internas de quadras, originando uma série de vilas e passagens que foram ocupadas por população de classe média de baixo poder aquisitivo.

O crescimento da cidade, nos anos 60, é marcado pela ocupação em áreas alagáveis e ao longo do eixo da Av. Almirante Barroso, rumo ao interior, com o início do processo de verticalização na área central e em suas áreas periféricas.

Na década de 70, com o limite natural imposto pelo Rio Guamá e pela Baía do Guajará, a área de crescimento na parte continental ficou restrita ao interior, ao longo de dois principais eixos rodoviários: Augusto Montenegro e BR-316, que ligam o município de Belém ao distrito de Icoaraci e aos demais municípios da Região Metropolitana de Belém–RMB, respectivamente. Ainda, houve um significativo adensamento na ocupação ao longo da Rodovia BR-316, resultando em conurbação entre os municípios de Belém e Ananindeua.

Na década de 80 e até o momento atual, as áreas situadas ao longo desses dois eixos expandiram-se com ocupações espontâneas e com a implantação de diversos conjuntos habitacionais. No entanto, nas áreas da 1.^a Léguas Patrimonial continuou ocorrendo a ocupação de grandes áreas de “baixadas”, onde a população ocupa as margens de igarapés e áreas alagadas.

Com o crescimento da cidade a população se ressentiu da dificuldade de deslocamento, dada a escassez de infra-estrutura viária e de um planejamento mais efetivo, pois as possibilidades de acesso ao transporte são sempre em função de eixos principais de vias, na maioria das vezes tendo que percorrer, a pé, distâncias longas. Essa situação agrava-se nas áreas de “baixadas”, cuja acessibilidade ao transporte motorizado é baixa, pois os acessos são realizados através de estivas, pontes precárias que na sua grande maioria são construídas de madeira.

De maneira geral, o que se percebe naturalmente é que a população de renda mais baixa têm um acesso mais restrito à infra-estrutura de transporte. Isto pode ser constatado através de um mapeamento da região destacando-se as diferentes camadas de renda, com será visto a seguir.

2.3 A distribuição da população na RMB

A distribuição da população, tanto em números absolutos quanto em percentual por faixa de renda está apresentada nas TABELAS 2.2 e 2.3, onde se

verifica que o distrito de Belém concentra aproximadamente 65% da população da RMB e também as maiores rendas médias domiciliares. Assim, destaca-se o município de Belém dentro da RMB tanto em relação à população quanto à renda domiciliar. Ainda, os distritos mais representativos dentro do município de Belém são os de Belém e de Icoaraci, que juntos reúnem mais de 85% da população da RMB.

TABELA 2.2 – Distribuição de população da RMB por faixa de renda

FAIXA DE RENDA (SM)	ANANIN-DEUA	BENEVIDES	BELÉM					MARI-TUBA	STA. BÁR-BARA	TOTAL
			BELÉM	ICOARACI	MOS-QUEIRO	OUTEIRO	VAL DE CÃES			
< 2	4.618	6.020	19.181	14.821	0	0	0	6.762	6.209	57.611
2 A 4	56.943	5.826	325.311	123.539	15.544	2.296	20.833	34.958	2.572	587.822
4 A 6	8.410	755	242.611	77.532	2.108	1.223	726	4.679	0	338.044
6 A 10	16.565	0	138.999	66.622	691	0	1.226	907	0	225.010
> 10	770	0	190.008	8.465	0	0	3.473	0	0	202.716
TOTAL	87.306	12.601	916.110	290.979	18.343	3.519	26.258	47.306	8.781	1.411.203

Fonte: IBGE, 1991

TABELA 2.3 - Distribuição percentual de população da RMB por faixa de renda

FAIXA DE RENDA (SM)	ANANIN-DEUA	BENEVIDES	BELÉM					MARI-TUBA	STA. BÁR-BARA	TOTAL
			BELÉM	ICOARACI	MOS-QUEIRO	OUTEIRO	VAL DE CÃES			
< 2	0,33	0,43	1,36	1,05	0,00	0,00	0,00	0,48	0,44	4,08
2 A 4	4,04	0,41	23,05	8,75	1,10	0,16	1,48	2,48	0,18	41,65
4 A 6	0,60	0,05	17,19	5,49	0,15	0,09	0,05	0,33	0,00	23,95
6 A 10	1,17	0,00	9,85	4,72	0,05	0,00	0,09	0,06	0,00	15,94
> 10	0,05	0,00	13,46	0,60	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	14,36
TOTAL	6,19	0,89	64,92	20,62	1,30	0,25	1,86	3,35	0,62	100,00

Fonte: IBGE, 1991

As FIGURAS 2.3 e 2.4 representam graficamente a distribuição de faixas de renda domiciliar de cada setor censitário da RMB correspondente ao valor de salário mínimo de setembro de 1991.

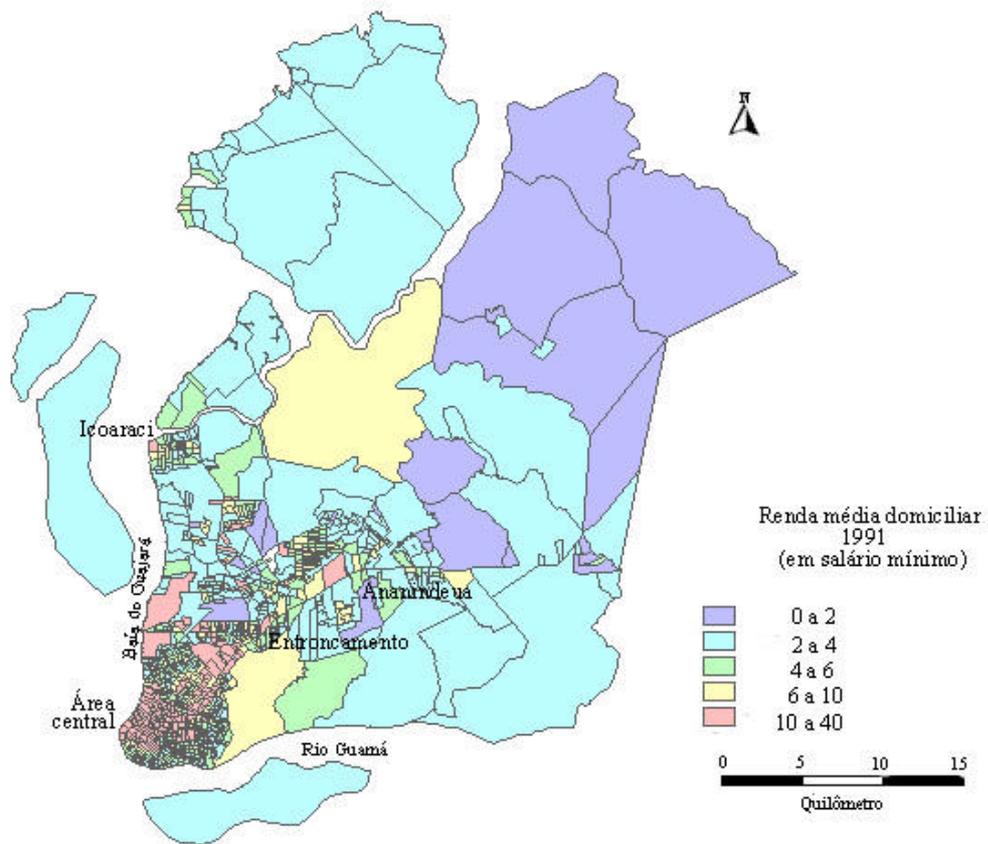


FIGURA 2.3 – Renda média domiciliar de setores censitários da RMB

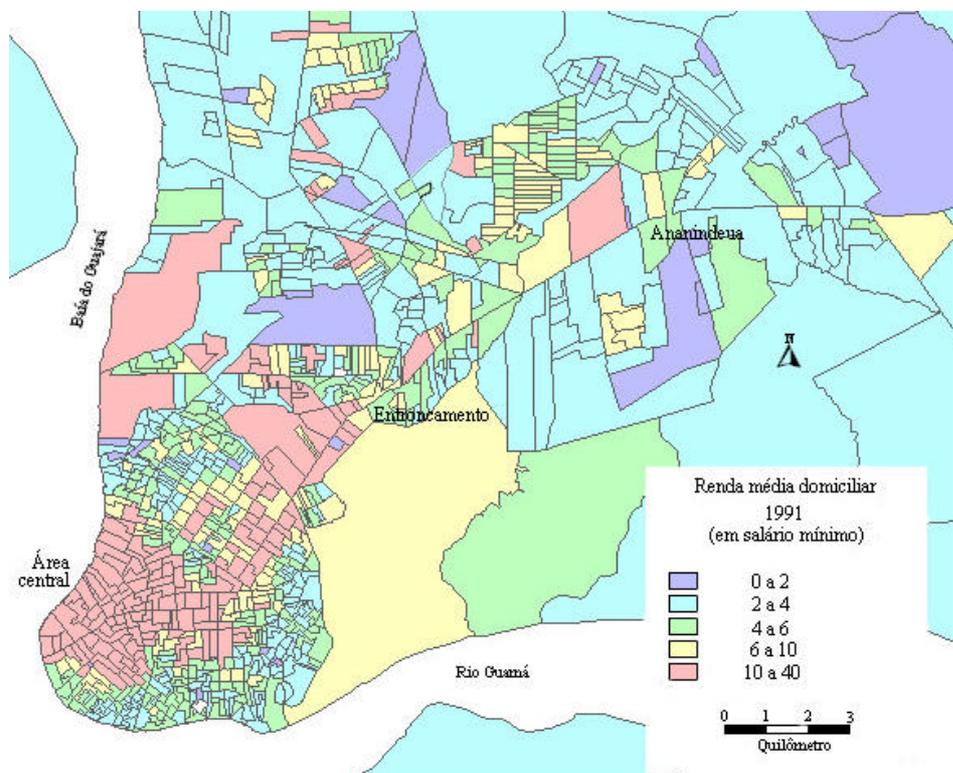


FIGURA 2.4 - Renda média domiciliar de setores censitários da RMB – DETALHE

3 CONCEITUAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, os conceitos de acessibilidade e os de equidade, assim como alguns índices de acessibilidade, são apresentados e extraídos de uma revisão bibliográfica. Comenta-se ainda o papel que os Sistemas de Informações Geográficas podem desempenhar em estudos dessa natureza.

3.1 Conceitos de acessibilidade

Acessibilidade é um tema que, apesar de estar sendo discutido desde o século XIX, foi retomado como um assunto de suma importância para o planejamento urbano, por ser um instrumento que possibilita identificar áreas com desigualdades na oferta de infra-estrutura básica.

INGRAM (1971) definiu a acessibilidade como uma forma de superar um obstáculo espacial (por exemplo, tempo e/ou distância) e que é uma característica inerente de um determinado local. Introduziu, também, duas subdivisões para a acessibilidade: a) acessibilidade relativa – grau de conexão ente dois lugares (ou pontos) de uma mesma área; b) acessibilidade integral – grau de conexão entre um ponto e todos os outros pontos de uma mesma área.

VICKERMAN (1974) diz que não é fácil definir acessibilidade em termos precisos e quantitativos. E ainda, afirma que, numa maneira mais abstrata, a acessibilidade envolve uma combinação de dois elementos: a localização de superfície relativa para destinações satisfatórias e as características de rede de transporte ou ligações de pontos daquela superfície.

Para o desenvolvimento do Estudo de Transportes da área de Sydney, Austrália, BLACK & CONROY (1977) consideraram a acessibilidade da zona de origem i como a facilidade ou a dificuldade em atingir as atividades daquela zona e de outras zonas j através de sistema de transportes e utilizaram quatro maneiras de quantificar as propriedades de acessibilidade: indicadores gráficos de acessibilidade física; índices de acessibilidade física; acessibilidade de residentes avaliada pela disponibilidade de transporte; e acessibilidade relacionada a características de viagem de residentes.

DAVIDSON (1977) conceituou a acessibilidade levando em conta os modos de transporte e os movimentos intrazonais. Segundo o autor, as oportunidades de viagem aumentam se for introduzido um outro modo de transporte sem causar um transtorno nos modos existentes e os cálculos de acessibilidade são freqüentemente submetidos a variações significativas com o tamanho de zona.

Segundo MORRIS *et al.* (1978) os índices de acessibilidades são baseados na premissa de que a separação (seja ela tempo ou distância) limita o número de oportunidades disponíveis. Existe uma considerável variação de outros elementos que podem ser incluídos e as formas como são medidos e combinados. Os autores comentam, também, que a acessibilidade pode ser interpretada como uma adequação de pessoas e de espaço, o qual é independente da realização de viagens reais, e que este espaço mede o potencial ou oportunidade para deslocamentos a atividades selecionadas. Afirmam ainda que os indicadores de acessibilidade podem ser usados como variáveis de entrada para seleção de modelos de viagens.

DALVI (1978) diz que a acessibilidade indica o conforto com o qual um local de determinada atividade pode ser alcançado a partir de um determinado lugar, através da utilização de um sistema de transporte específico. E que essa definição sugere a existência de dois termos: localidade de atividades ou oportunidades desejadas e oferta de serviços de transporte para chegar ao destino desejado. O autor, ainda cita que, em geral, a acessibilidade recebe duas formas de medições: (a) oportunidades ponderadas por uma função decrescente de interação de custos em tempo ou dinheiro em atingir essas oportunidades; (b) funções cumulativas de oportunidades que podem ser alcançadas dentro de um tempo de viagem específico.

PIRIE (1979) tenta esclarecer algumas dúvidas existentes sobre a noção de acessibilidade, examinando as limitações, as resistências, as bases conceituais de distância e os indicadores de acessibilidade topológicas, gravitacionais e de oportunidades-cumulativas. O autor afirma que essa desagregação de indicadores possibilita que a acessibilidade seja medida, particularmente, com base em duas hipóteses limitadas: que todos os nós de uma dada rede são destinos em potencial e que as origens são conhecidas.

KOENIG (1980), baseado numa definição proposta por DALVI (1978), diz que a acessibilidade significa a facilidade com a qual alguma atividade possa ser alcançada de um determinado lugar, usando um sistema de transporte particular. Dividiu os indicadores de acessibilidade em dois tipos mais comumente usados: a) oportunidades ponderadas por uma impedância (função decrescente de custo ou tempo de viagem para alcançar aquelas oportunidades) e b) definição isocrônica (número de oportunidades que poderiam ser atingidas dentro de um determinado tempo "x"). O autor comenta, ainda, que a noção de acessibilidade associa dois aspectos de satisfação resultantes de uma realização de viagem: de um lado, a realização de oportunidades desejadas e, de outro lado, o serviço de transporte ofertado.

HANDY (1992) faz a distinção entre a acessibilidade local e regional para atividades que não sejam o trabalho. A acessibilidade local é definida como sendo primariamente determinada por atividades vizinhas, do tipo supermercados, farmácias e pequenos centros comerciais e a acessibilidade regional é definida com relação a grandes *shoppings centers* regionais, os quais tendem a se localizar mais distantes e oferecem uma grande variedade de mercadorias.

ALLEN *et al.* (1993) revisaram os conceitos de INGRAM (1971) que se referiam a níveis de acessibilidade relativa entre pontos dentro de uma determinada área, não possibilitando análises comparativas entre diversas áreas e estenderam o conceito para um indicador que permitisse ou tornasse possível a obtenção de acessibilidade de uma determinada área inteira e que permitisse comparações entre diversas áreas.

DAVIDSON (1995) definiu a acessibilidade como a facilidade com que pessoas podem adquirir acesso, por meio de um sistema de transporte (ou qualquer

modo ou subsistemas), para todas as outras localidades de uma determinada área. Introduziu uma nova forma de medir acessibilidade: o isolamento - uma função inversa da acessibilidade que é uma medida negativa diretamente aplicável para avaliação de sistemas de transporte/uso do solo. Ele afirma que estes dois índices são características de um determinado lugar definidas pelo sistema de transporte e pela distribuição de atividades.

POOLER (1995) questionou o trabalho de ALLEN *et al.* (1993) e argumentou que os índices de acessibilidade não têm somente uma história de 30 anos, mas que no estágio atual de investigação, alcançavam 50 ou 60 anos; que o índice desenvolvido a partir da equação do INGRAM (1971) reproduz a separação média entre o conjunto de pontos ou localidades considerados, portanto não é necessário demonstrar ou provar que é o tempo médio de viagem; e finalmente critica os resultados da análise de regressão do documento em questão.

VASCONCELLOS (1996b) diz que a definição de acessibilidade como sendo a facilidade de atingir os destinos desejados por uma determinada pessoa é o indicador mais direto dos efeitos de um sistema de transporte. E, ainda, VASCONCELLOS (1996a e 1996b) subdivide a acessibilidade em dois tipos: macroacessibilidade, que define como a facilidade de cruzar o espaço e ter acesso a equipamentos e construções; e microacessibilidade, como a facilidade de ter acesso direto aos veículos ou aos destinos finais desejados.

SILVA (1998) faz menção à dificuldade de selecionar informações específicas sobre a acessibilidade ao transporte, pois o tema é abordado em diversas áreas distintas de conhecimento, e também porque existe uma grande variedade de definições e usos existentes dentro da própria área de transportes. O autor faz, ainda, uma revisão dos conceitos e de estudos de acessibilidade existentes desde os anos 70.

Após a revisão apresentada por SILVA (1998), outros trabalhos foram realizados. TALEN & ANSELIN (1998) desenvolveram um estudo de caso de parques da cidade de Tulsa – Oklahoma e consideraram como indicador de acessibilidade apenas a distância métrica, ignorando os fatores complicadores para análise, tais como mobilidade residencial e rede de interação de serviços.

BRUINSMA & RIETVELD (1998) analisaram os conceitos já existentes de acessibilidade como potencial de oportunidades para interação, facilidade de

interação espacial, contatos com atividades em potencial, etc., mas essas descrições ainda são um tanto vagas. Comentam que, ao comparar as definições existentes, parece que para a maioria, a informação exigida é referente somente a dados espaciais, tais como a localização de nós, o comprimento de segmentos e dados de custos de transporte (tempo de viagem, preço de passagem, etc.). Entretanto, para outros, precisa-se de informações adicionais sobre a maioria dos nós. Ainda, apresentam diversas definições com respectivas observações e exemplos.

SCHOON *et al.* (1999) desenvolveram um estudo piloto em Northeast Hampshire onde a acessibilidade foi definida simplesmente como “o conforto e a conveniência para alcançar um determinado destino”. Os autores ainda ponderam que a acessibilidade para os destinos desejados é comprometida com as atividades de trabalho, recreação, viagens pessoais e sociais e pode ser medida de diferentes modos, considerando-se o tempo e custo de viagem, localização do destino, frequência de serviço ofertado, segurança e conforto de viagem, confiança e disponibilidade de serviço durante todos os dias e o dia todo. Também consideram a acessibilidade para pessoas com deficiências físicas, como a habilidade de usar fisicamente as facilidades fornecidas.

VAN DER WAERDEN *et al.* (1999) realizaram um estudo na cidade de Eindhoven, Holanda, para verificar a correlação entre medições objetivas e avaliações subjetivas de acessibilidade. A acessibilidade objetiva foi calculada a partir de um índice médio de separação e de índice do tipo gravitacional, aplicados a redes de transporte motorizado e de bicicletas; a avaliação subjetiva foi obtida através de questionários aplicados a uma amostra da população da cidade em questão (cerca de 18.750 domicílios) em 1995.

Mais recentemente, TURRÓ *et al.* (2000) apresentam o Indicador de Conexão (ICON), que já vem sendo desenvolvido desde finais dos anos 80 para corrigir as limitações dos indicadores de acessibilidade convencionais, com objetivo de avaliar o impacto territorial das redes de transporte. Este indicador leva em consideração o conceito de conexão relativa de cada um dos pontos às redes básicas, em lugar de sua distância geográfica e, proporciona o valor da conexão de um determinado ponto às redes de transporte medindo, dentre outros aspectos, o tempo de acesso da origem ao ponto mais próximo da rede.

E ainda, ORDOSGOITIA *et al.* (2000) realizaram uma análise de acessibilidade de vias na região do ocidente colombiano, mediante o cálculo de indicadores absolutos e de indicadores relativos. Os indicadores absolutos levam em consideração a somatória de tempos entre um ponto i a todos os demais pontos j e as curvas isócronas e os indicadores relativos; a relação entre as distâncias reais e as distâncias em linha reta de um ponto i a todos os demais pontos j ; e a relação entre os tempos reais e os tempos ideais por linhas retas que unem dois extremos de cada par de origem-destino.

Pode-se conceituar, de uma maneira geral, que a acessibilidade é o indicador de facilidade ou dificuldade para alcançar um determinado lugar. No entanto, o modelo a ser utilizado para cada caso deverá levar em conta o grau de detalhamento necessário à obtenção de índices mais representativos para a realidade local.

3.2 Conceitos de equidade

A preocupação, entre os planejadores urbanos, em relação a desigualdades na distribuição espacial é bastante antiga e vêm sendo estudados métodos que possibilitem quantificá-la.

GAILE (1977) propõe estabelecer um critério quantitativo que possibilite comparar alternativas de distribuições espaciais discretas no que diz respeito à igualdade. Propõe também demonstrar um método pelo qual os indicadores de eficiência estabelecidas possam ser comparadas e combinadas com um indicador entrópica de igualdade. Segundo o autor, a eficiência e a igualdade são geralmente reconhecidas como duas importantes metas para políticas regionais. Define a eficiência como indicador agregado do crescimento de um fenômeno ou de quantidade de utilidade consumida ou produzida num determinado tempo considerado em alguma escala específica. Define a igualdade como um indicador de distribuição ou diferença de fenômenos dentro de uma determinada escala específica, isto é, é desagregada quando comparada com o indicador de eficiência.

Ainda, GAILE (1977) comenta que muitas vezes os termos equidade e igualdade são utilizados como sinônimos, no entanto, BRONFENBRENNER³ faz a distinção entre esses termos: a igualdade é um conceito quantitativo e equidade um conceito qualitativo. Equidade é concebido de acordo com a justiça comutativa – satisfação de necessidades.

Em geral os planejadores consideram de extrema importância a efetivação de distribuição justa de escassos recursos públicos no intuito de atingir a equidade social, porém, pode-se dizer, concretamente, que a equidade pode ser alcançada somente com o consenso, entre a sociedade, sobre o que é justo (TALEN, 1998).

TALEN (1998) evidenciou quatro categorias de distribuição equitativa apresentadas a seguir:

- A distribuição equitativa é definida pela equidade com que todos recebem o mesmo benefício público, indiferentemente de *status* sócio-econômico, vontade ou capacidade para pagar e de necessidade do serviço;
- A distribuição de benefícios públicos pode ser feita de acordo com a necessidade chamada de equidade "compensatória", definida por CROMPTON & WICKS⁴;
- A distribuição equitativa de serviços ou facilidades é feita de acordo com a demanda; e
- A distribuição equitativa pode ser definida por critério de mercado, de acordo com a intensidade de uso de serviço particular por parte da população.

“A equidade é um conceito complexo, que admite vários conteúdos. Ela se distingue da igualdade, que representa a mera equalização de uma oferta ou de um direito. A equidade, ao contrário, pressupõe a consideração de características específicas das pessoas, que as tornam diferentes entre si. A consideração dessas diferenças é que permite definir as formas de atendimento de necessidades

³ BRONFENBRENNER, N. (1973). *Equality and equity, income inequality*. The Annals of the American Academy of Political and Social Sciences, 409, p. 9-23.

⁴ CROMPTON, John L; WICKS, B.E. (1988). Implementing a preferred equity model for the delivery of leisure services in the U.S. context. *Leisure Studies*. 7: 287-403.

diferentes, para não permitir que as diferenças coloquem uns acima (ou abaixo) dos outros” (VASCONCELLOS, 1996b, p.157).

A análise de equidade pode ser realizada através de mapeamentos, como foi aplicado na cidade de Pueblo – Colorado por TALEN (1998), onde o método utilizado para a elaboração de mapa de equidade foi o de confrontar espacialmente os índices de acessibilidade com os dados sócio-econômicos, de maneira que a variação espacial pudesse ser examinada. Segundo a autora, o mais antigo exemplo de como os modelos de acessibilidade mapeados poderiam ser usados na distribuição equitativa de recursos talvez fosse o estudo de KNOX (1978).

KNOX (1978) examinou, em quatro cidades da Escócia, padrões de acessibilidade intraurbana para atendimento básico de saúde, confrontando a política pública existente e a prática do bem-estar da comunidade. Para tanto, foram plotados em mapas, para cada cidade, os locais de consultórios médicos, o número de médicos em exercício nessas cidades e respectivos horários de atendimento, obtendo-se a distribuição espacial de atendimento.

3.3 Alguns índices de acessibilidade

Conforme INGRAM (1971), a acessibilidade integral é calculada segundo a expressão:

$$A_i = \sum_{j=i}^n a_{ij}, \text{ onde}$$

A_i = acessibilidade integral de cada ponto

a_{ij} = acessibilidade relativa do ponto i até j

Levando em conta as oportunidades de transportes e a acessibilidade intrazonal, DAVIDSON (1977) definiu a acessibilidade como sendo:

$$X_i = X_i^I + \gamma X_i^T + (1 - \gamma) \cdot X_i^C, \text{ onde}$$

X_i = acessibilidade da zona i

X_i^I = acessibilidade intrazonal

X_i^T = acessibilidade interzonal por transporte público

X_i^C = acessibilidade interzonal por transporte privado

γ = parâmetro a ser determinado

Segundo KOENIG (1980) não há ainda um consenso entre os teóricos e os planejadores sobre o valor exato e o significado de seus indicadores. Ele definiu uma expressão para os dois tipos mais utilizados de indicadores de acessibilidade:

a) oportunidades ponderadas por uma impedância:

$$A_i = \sum_j O_j \times f(C_{ij}), \text{ onde}$$

A_i = acessibilidade da zona i para o tipo relevante de oportunidades

O_j = oportunidades existentes na zona j (loais de emprego, lojas, etc.)

C_{ij} = tempo ou custo geral (ou real) para uma viagem de i para j

$f(C_{ij})$ = função de impedância – geralmente é utilizada uma função exponencial ou uma função potência.

b) definição isocrônica (número de oportunidades que poderiam ser atingidas dentro de um determinado tempo x):

Para este indicador de acessibilidade, considerou a mesma expressão do tipo anterior, com uma impedância igual a um (para $C_{ij} < x$) ou zero (para $C_{ij} > x$), onde C_{ij} é o tempo ou custo geral (ou real) para uma viagem de i para j .

ALLEN *et al.* (1993) desenvolveram o índice de acessibilidade segundo a expressão:

$$A_i = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N a_{ij}, i = 1, 2, \dots, N, \text{ onde}$$

A_i = acessibilidade da zona i

N = número de localidades (ou pontos) usado no cálculo

a_{ij} = tempo de viagem entre as zonas i e j

DAVIDSON (1995) sugere a seguinte expressão matemática para calcular acessibilidade:

$$X_i = \sum_j S_j \times f(C_{ij}), \text{ onde}$$

X_i = acessibilidade da zona i

S_j = um indicador de atratividade na zona j

C_{ij} = o custo percebido por usuário de viagem entre as zonas i e j

f = uma função de impedância do tipo usado em modelos gravitacionais (potência inversa ou exponencial negativa)

O isolamento, função inversa de acessibilidade, é expresso por:

$$Y_i = f^{-1}\left(\frac{X_i}{S_T}\right), \text{ onde}$$

Y_i = isolamento da zona i

X_i = acessibilidade da zona i

S_T = total de atividades na área de estudo

No Brasil, existem alguns autores trabalhando com o tema acessibilidade, tais como SANCHES (1996), ARRUDA (1997), RAIA Jr. *et al.* (1997), SALES FILHO (1998) e SILVA *et al.* (1998). SILVA *et al.* (1998), por exemplo, utilizaram diversos indicadores de acessibilidade de diversas maneiras, aplicadas na cidade de Araraquara:

- Distância ao centro da cidade;
- Distância ao transporte coletivo;
- Relação entre linhas de ônibus e sistema viário;
- Pavimentação do sistema viário; e
- Isolamento.

Para a medição de acessibilidade de distância ao centro foram considerados os centróides dos bairros e o centro comercial da cidade de Araraquara. A distância ao transporte coletivo foi obtida como sendo a distância do centróide do bairro selecionado até o ponto em que o usuário embarca no transporte coletivo. Outro indicador de acessibilidade – relação entre linhas de ônibus e sistema viário – foi obtido através da relação entre o comprimento das linhas de ônibus dentro do bairro em questão e a extensão do sistema viário desse bairro.

O indicador – pavimentação do sistema viário – foi considerado como a relação entre a extensão de vias pavimentadas e não pavimentadas do bairro selecionado. Esse indicador é bastante importante, pois a pavimentação contribui para a melhoria da trafegabilidade de uma região. O último indicador – isolamento – foi calculado com base nos conceitos de DAVIDSON (1995), conforme equação apresentada no item 3.3, adaptando-os aos dados disponíveis para a cidade de Araraquara.

3.4 Sistema de Informações Geográficas e acessibilidade

CÂMARA *et al.* (1996) definiram que os *Sistemas de Informação Geográfica* – SIGs são sistemas de informação construídos especialmente para armazenar, analisar e manipular dados geográficos que são coletados a partir de diversas fontes e que são armazenados, em geral, em *bancos de dados geográficos*. E ainda, referem-se à amplitude de tipos de dados e de áreas de aplicação, tais como em: otimização de tráfego, controle cadastral, gerenciamento de serviços de utilidade pública, demografia, cartografia, administração de recursos naturais, monitoramento costeiro, controle de epidemias e planejamento urbano.

Segundo BUZAI & DURÁN (1997), a tecnologia geoinformática destina-se a gestão e administração de dados geográficos e tem se convertido, durante a década dos anos 90, em um importantíssimo auxiliar que possibilita a geração de respostas e soluções a problemas sócio-espaciais e de meio-ambiente.

Os Sistemas de Informações Geográficas - SIGs, conforme ASSAD & SANO (1998) são instrumentos computacionais do geoprocessamento que permitem realizar análises complexas à medida que haja uma integração de dados complexos e criação de dados georreferenciados. Segundo os autores, o Geoprocessamento tem influenciado de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional.

CALIJURI & RÖHM (1994) conceituam um Sistema de Informações Geográficas como mapeador automatizado ou um sistema de mapeamento temático.

As tentativas de automatização de dados georreferenciados ocorreram nos anos 50, na Grã Bretanha e nos Estados Unidos da América, com a finalidade de diminuir os custos de produção e atualização de mapas, porém, segundo CÂMARA *et al.* (1996), os primeiros SIGs propriamente ditos datam dos anos 60. Foram desenvolvidos no Canadá, como um plano estratégico governamental de longo prazo para criar um inventário automatizado de recursos naturais. Durante os anos 70, surgiu a topologia com o desenvolvimento de fundamentos matemáticos voltados para a Cartografia, que permitiam análises espaciais entre elementos cartográficos. E ainda, segundo o autor, “atualmente, as aplicações de SIGs variam na extensão da área geográfica considerada (que pode abranger desde um quarteirão em uma cidade até o globo terrestre); equipamento utilizado (desde um computador pessoal até super-computadores); e abrangência (de interesse particular até patrocínio de agências governamentais abrangendo diferentes países)”.

Os SIGs vêm sendo utilizados em administrações municipais, regionais e nacionais como uma ferramenta importante no auxílio à tomada de decisões, tanto para a definição de novas políticas de planejamento quanto para a avaliação de decisões tomadas e também para o planejamento ambiental ou urbano, conforme afirma CÂMARA *et al.* (1996).

Ainda, segundo CALIJURI & RÖHM (1994) os SIGs possibilitam realizar uma série de análises, tais como “otimizar o sistema de transporte coletivo, avaliar a tendência preferencial de crescimento dos bairros; definir a forma como se deve proceder ao avanço das redes de infra-estrutura urbana (água, esgoto, pavimentação, iluminação, telefonia, etc.); definir os locais estratégicos para a instalação de postos de saúde, hospitais, creches, escolas, áreas de lazer, áreas potenciais de ocupação residencial e industrial; avaliar a percentagem de cobertura vegetal natural e cultivada pelo homem; determinar a extensão de áreas industriais, residenciais, agrícolas, etc.”

Dentre os recursos disponíveis nos SIGs para a utilização em planejamento de transportes (SIG-T), está a capacidade de realizar análises espaciais sobre diversos aspectos, tais como: matriz de distância entre pontos, matriz de origem e destino de viagens, caminho mínimo entre pontos, e, ainda aplicar modelos de acessibilidade ao transporte, objeto deste trabalho.

4 METODOLOGIA

Apresenta-se neste capítulo um resumo da abordagem adotada na avaliação dos níveis de acessibilidade para a RMB, os dados básicos usados para este propósito, e um roteiro das etapas necessárias para a realização deste trabalho.

4.1 Abordagem adotada

Em linhas gerais, procura-se identificar aqui como se dá a distribuição da acessibilidade ao sistema de transporte para diversos segmentos da população e, em seguida, busca-se examinar algumas alternativas teoricamente capazes de minimizar as desigualdades nesta distribuição.

Para a avaliação de acessibilidade ao transporte na RMB são calculados dois dos índices referenciados no capítulo 3 – o do tipo separação espacial média (ALLEN *et al.*, 1993) e o do tipo gravitacional (DAVIDSON, 1995).

Inicialmente, o cálculo do modelo do tipo separação espacial média segue os passos indicados por RAIA Jr. & SILVA (1998). O cálculo de um índice do tipo separação espacial média é, na realidade, uma etapa intermediária pois o cálculo do índice do tipo gravitacional, que considera, além de distância, a atratividade de unidades espaciais de análise.

Assim, de posse de alguns dados básicos comentados no próximo item deste capítulo, os índices de acessibilidade ao transporte das unidades espaciais de estudo podem ser determinados através de aplicação de um Sistema de Informações Geográficas–SIG e, em seguida, esses valores podem ser confrontados com aqueles relativos à renda média domiciliar.

Este tipo de avaliação pode ser realizado nas condições vigentes da área em estudo e também em condições definidas pelo planejador urbano e de transportes, através do que se convencionou chamar de cenários. Esta é exatamente a abordagem que será aqui adotada. Além do cenário "atual", serão analisados dois outros cenários que visam melhorar as condições de transportes da RMB, concebidos no início da década de 90 dentro do Plano Diretor de Transportes Urbanos (JICA, 1991).

A avaliação da distribuição da acessibilidade será conduzida de duas formas. A primeira, mais próxima da abordagem convencional, considera a variação da população nas faixas de acessibilidade. A segunda, dentro do que se imagina ser uma abordagem mais justa do ponto de vista social, leva em conta a variação da acessibilidade ponderada pela população para a seleção do melhor cenário alternativo, buscando introduzir na análise o conceito de equidade. Em seguida são utilizados recursos de um SIG para identificar as zonas mais pobres e ainda carentes de acessibilidade no cenário selecionado.

Assim como TALEN (1998), que propõe um mapa de equidade baseado em uma técnica de visualização com a utilização de SIG, no qual consta o acesso às facilidades e características sócio-econômicas, os resultados aqui obtidos são apresentados em mapas temáticos com a utilização do SIG. A autora utilizou para este propósito o *software* ArcView (versão 3.0) para construir mapas de equidade, mas afirma que é possível utilizar qualquer outro tipo de *software* para o SIG.

Neste trabalho é aplicado o *software* TransCAD (versão 3.2 *for Windows*) com o qual são produzidos mapas com os resultados de índices de acessibilidade, o sistema viário e a renda média domiciliar. Assim, os resultados obtidos podem ser espacialmente visualizados e analisados simultaneamente para avaliação das propostas de melhoria apresentadas nos diferentes cenários.

4.2 Obtenção de dados básicos

O material básico necessário para dar início ao desenvolvimento deste trabalho, que inclui o mapa digitalizado da RMB, os limites de setores censitários

(1991) e os dados de renda média de chefe de domicílio por setor censitário (1991), foi fornecido pela Universidade da Amazônia–UNAMA.

O mapa digitalizado e os limites de setores censitários foram entregues pela UNAMA em formato de arquivo de intercâmbio usado pelo *software* AUTOCAD, que por sua vez havia sido gerado originalmente no *software* ArcView. Apesar de se encontrar em um formato próprio para transferências entre *software*, o arquivo não foi lido diretamente pelo *software* TransCAD. Foi necessário efetuar a cópia dos dados para o *software* MapInfo para depois transferi-lo ao TransCAD. Os dados de renda média se encontravam em uma planilha eletrônica gerada no programa EXCEL. A tabela constava de três colunas: código do distrito, código dos setores censitários e a renda média do chefe de domicílio. Foi necessária a recodificação dos setores, pois a numeração destes iniciava com o número 1 (um) sempre que iniciasse um distrito ou um município. Os setores foram recodificados com 5 dígitos, sendo que os dois à esquerda do número representam o distrito, no caso de Belém, e os municípios de Ananindeua, Benevides, Marituba e Santa Bárbara do Pará. No município de Belém os distritos foram codificados da seguinte maneira: 50 – Belém; 60 – Icoaraci; 65 – Mosqueiro, 67 – Outeiro; e 70 – Val-de-Cães. Os municípios de Ananindeua, Benevides, Marituba e Santa Bárbara do Pará tiveram a codificação com os dois primeiros dígitos: 80, 15, 16 e 17, respectivamente.

Na preparação do material básico foi ainda necessário digitalizar os eixos viários de toda a área da RMB, pois no arquivo recebido constavam somente os contornos das quadras, o que não constitui uma rede para análises de transporte. Esses eixos foram desenhados seguindo as direções das vias do mapa original, seccionados a cada interseção e/ou início de via, resultando em 14.696 nós e 23.404 segmentos (FIGURA 4.1). Para a elaboração deste mapa foram gastas cerca de 50 horas de trabalho, ao longo de 5 dias.

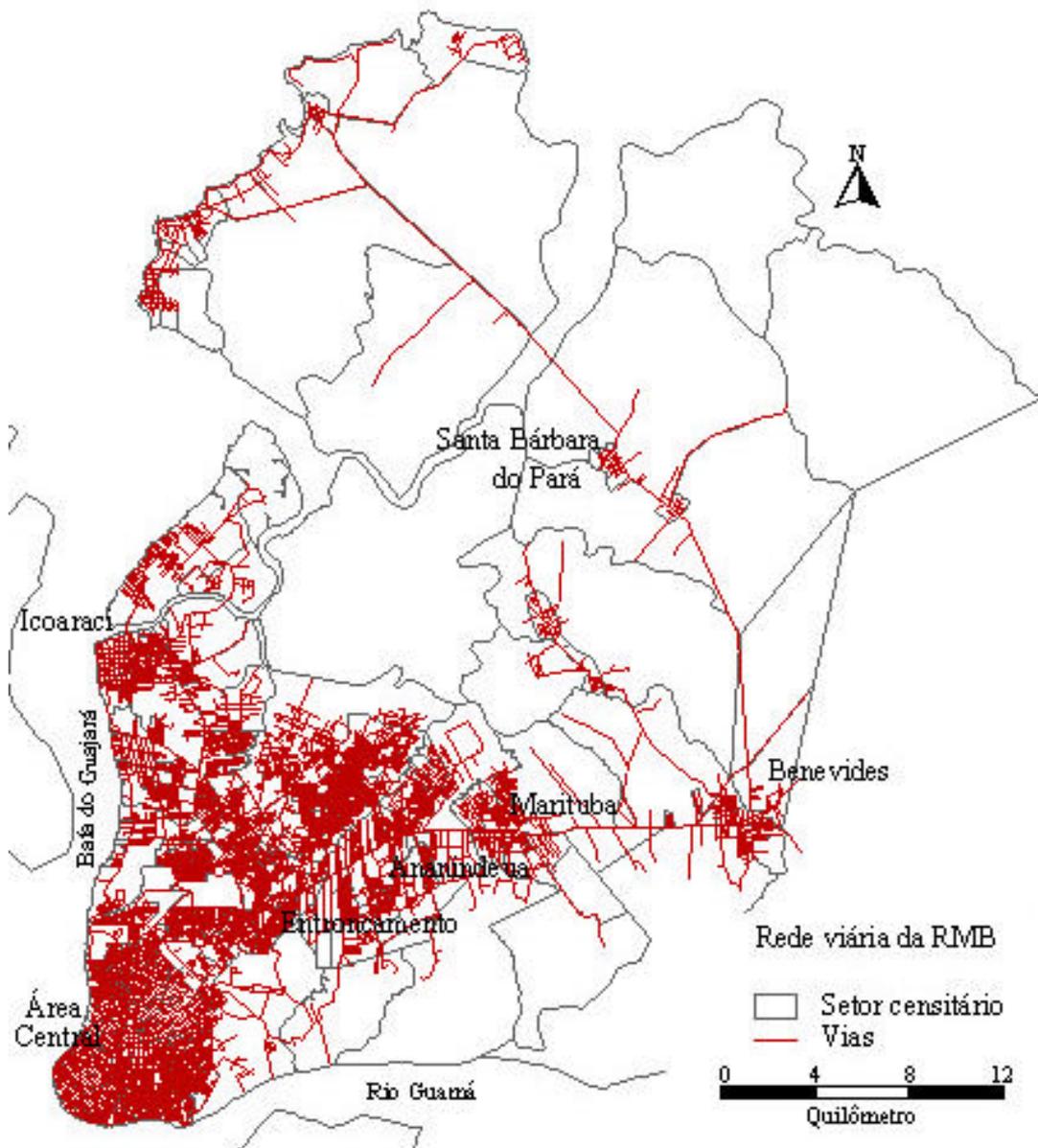


FIGURA 4.1 – Rede viária da Região Metropolitana de Belém

Como a FIGURA 4.1 não permite uma visualização muito clara da rede viária na região onde a malha se torna mais densa, um detalhe da mesma é apresentado na FIGURA 4.2.

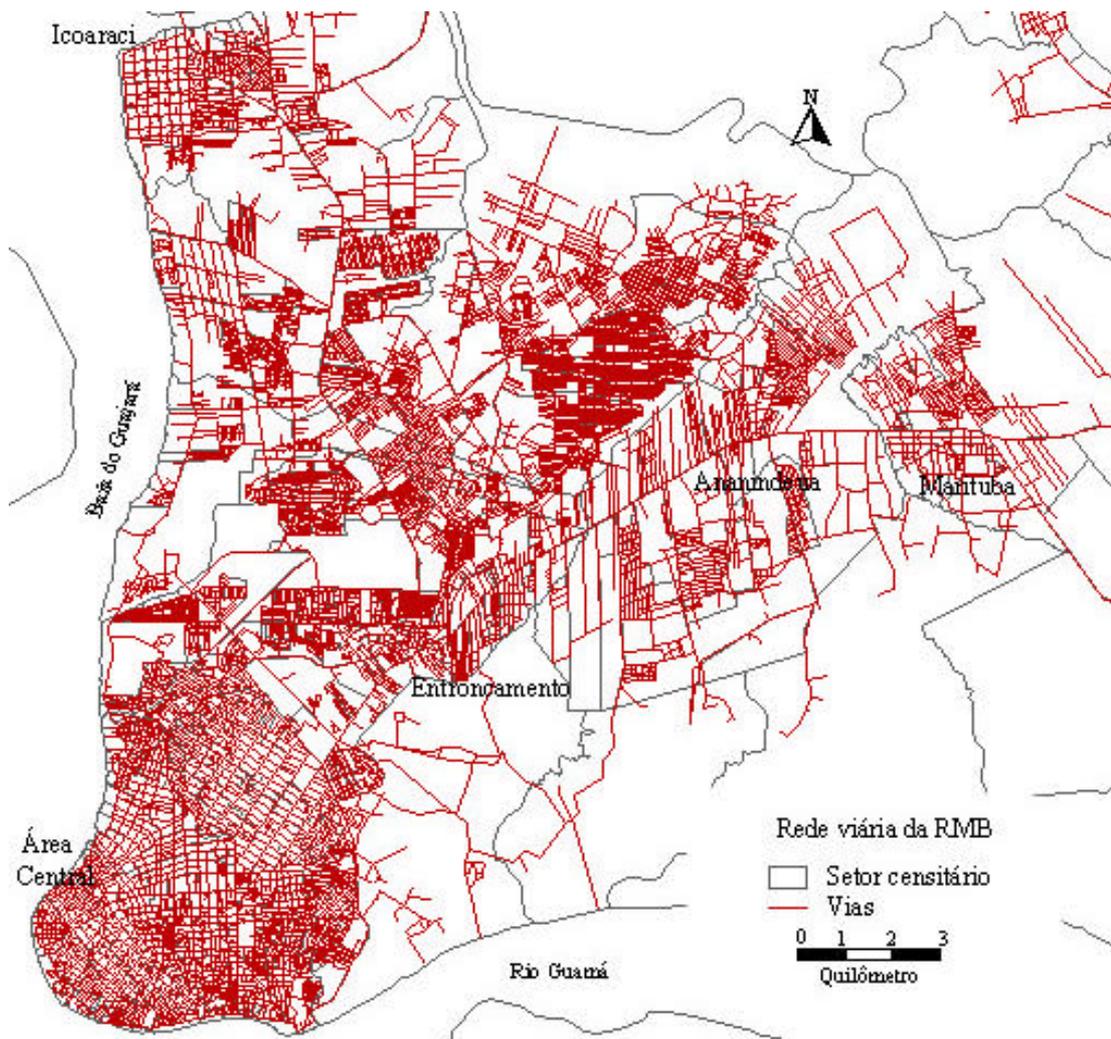


FIGURA 4.2 - Rede viária da Região Metropolitana de Belém - DETALHE

A rede de transporte coletivo foi também digitalizada, com base no mapa apresentado na FIGURA 4.1, utilizando a ferramenta “selection” do *software* TransCAD, resultando em uma seleção de trechos da rede onde circula o transporte coletivo (FIGURA 4.3). Essa atividade foi realizada em 20 horas de trabalho ao longo de 3 dias, resultando em 2.804 nós e 2.994 segmentos.

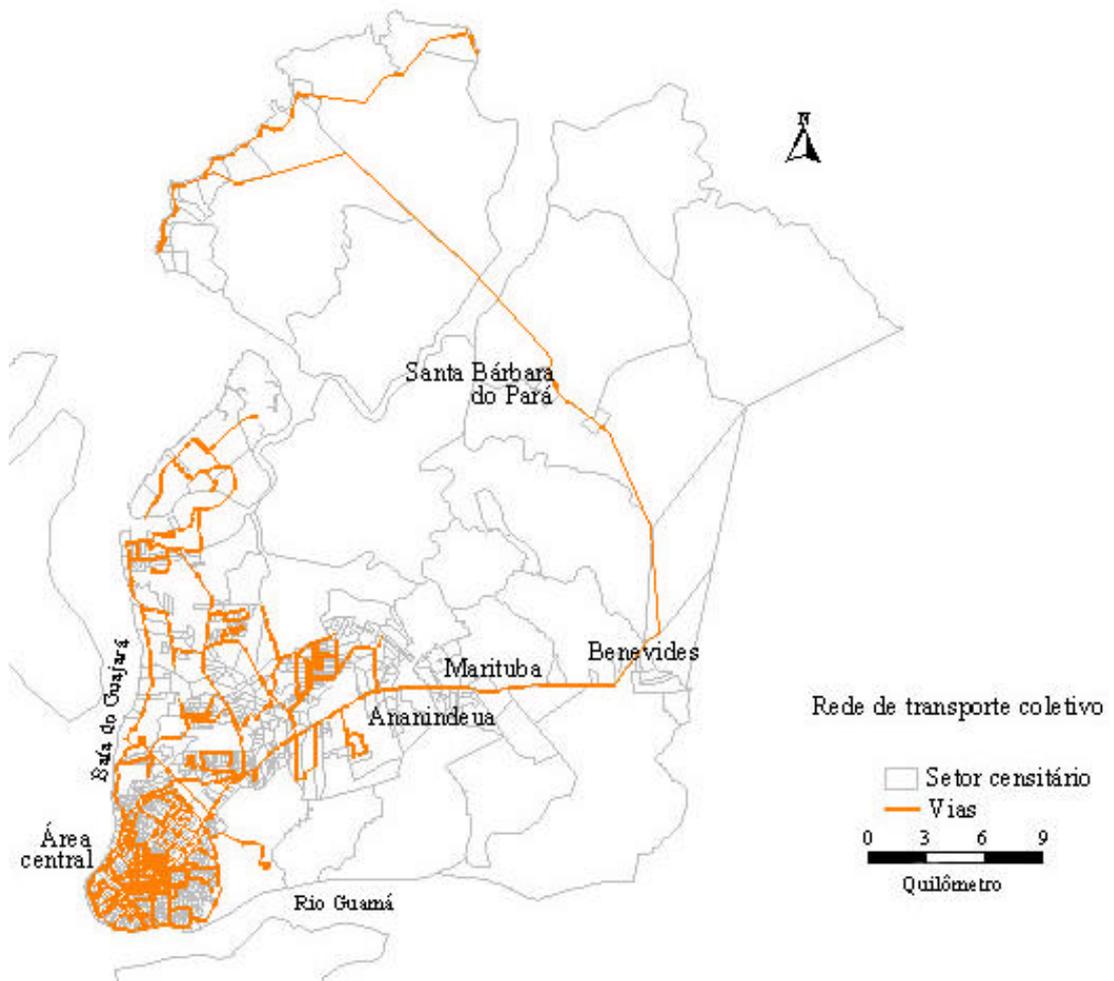


FIGURA 4.3 – Rede de transporte coletivo da RMB

Ainda com relação aos setores censitários da RMB (já mostrados na FIGURA 2.3), os limites plotados estavam definidos apenas como linhas, sendo que para o desenvolvimento deste trabalho seria necessário que eles estivessem definidos como áreas. Portanto, as 994 áreas foram refeitas, digitalizando-as seguindo as linhas dos limites originais. Esse trabalho envolveu cerca de 80 horas, num período de 9 dias, incluindo a codificação dos setores, as correções na numeração constante do mapa original e do mapa final de setores no *software* TransCAD.

A tabela de setores censitários recodificados com as respectivas rendas médias domiciliares, que se encontrava em arquivo de planilha eletrônica, foi exportada para o *software* TransCAD, adotando-se o formato de arquivo dBase IV, comum aos dois programas.

Os dados referentes à renda fornecidos pelo IBGE – censo demográfico de 1991 – foram aqueles correspondentes aos de chefes de domicílio, posteriormente transformados em renda média domiciliar, com base em renda média domiciliar paraense. Em estudos já realizados pela UNAMA, verificou-se que a renda média mensal dos chefes de domicílios paraenses de Cr\$91.121,69⁵ corresponde a 62,3% da renda média mensal domiciliar do Estado, Cr\$146.307,00⁶.

Portanto, a renda média domiciliar dos setores censitários da RMB foi estimada através da multiplicação da renda média de chefes de domicílio (IBGE/1991) pelo coeficiente 1,605 (resultado da divisão: $1/0,623$). Posteriormente esse resultado foi dividido por Cr\$36.161,60, valor de salário mínimo de setembro de 1991, época do recenseamento, obtendo-se a renda média domiciliar em salários mínimos.

4.3 Atividades desenvolvidas

Para a realização deste trabalho foi necessário planejar uma seqüência de atividades cuja finalidade foi a de direcionar o estudo e de alcançar o objetivo proposto. Estão descritas, a seguir, essas atividades, para uma melhor compreensão do desenvolvimento do estudo de caso apresentado no próximo capítulo.

1. Obtenção de mapa atualizado, em formato digital, da rede viária da RMB;
2. Obtenção de limites de setores censitários da RMB, em formato digital, referentes ao censo de 1991;
3. Obtenção de dados de renda média de chefes de domicílio, referentes ao censo de 1991;
4. Transformação de renda média de chefes de domicílio para a renda média domiciliar em quantidade de salários mínimos;

⁵ IBGE, 1991

⁶ idem

5. Transferência do mapa da rede viária atualizado, obtido em arquivo gerado no *software* AUTOCAD, para o *software* TransCAD, georreferenciado;
6. Digitalização das áreas dos setores censitários de 1991 no *software* TransCAD;
7. Digitalização dos eixos viários da RMB no *software* TransCAD;
8. Digitalização de eixos das vias de transporte coletivo da RMB no *software* TransCAD;
9. Cálculo do índice de acessibilidade do tipo separação média espacial no *software* TransCAD;
10. Análise da distribuição de acessibilidade do item 9 para os diferentes segmentos de renda média domiciliar;
11. Cálculo do índice de acessibilidade do tipo gravitacional
 - 11.1 Cálculo de atratividade de setores censitários no *software* TransCAD:
 - a) Digitalização dos limites de zonas de tráfego considerados no estudo TRANSCOL (GEIPOT, 1980);
 - b) Digitação da matriz de origem e destino de viagens (24 horas) - modo ônibus para as zonas do item a;
 - c) Obtenção de total de viagens atraídas por zona de tráfego;
 - d) Obtenção de número de nós da rede viária existente no interior de cada setor censitário;
 - e) Cálculo do percentual de número de nós da rede viária de cada setor em relação ao total de nós da zona de tráfego pertencente;
 - f) Cálculo de viagens atraídas por setor censitário, multiplicando-se o número de viagens atraídas da zona de tráfego pelo percentual do nós de cada setor.
 - 11.2 Obtenção de matriz de distância entre setores censitários, com base na rede de transporte coletivo, no *software* TransCAD;
 - 11.3 Calibração de α para o cálculo de índice de acessibilidade do tipo gravitacional, a partir da matriz do item 11.2;

- 11.4 Montagem das matrizes de distância e de atratividade por setor censitário no *software* TransCAD para o cálculo da acessibilidade;
12. Produção de mapas temáticos por setor censitário no *software* TransCAD: renda média domiciliar; índice de acessibilidade do tipo separação espacial média e índice de acessibilidade do tipo gravitacional;
13. Montagem de diversos cenários a partir do incremento de atratividade em áreas propostas no PDTU (JICA, 1991) como pólos de atração de viagens;
14. Análise dos valores de acessibilidade (do tipo gravitacional) resultantes em cada um dos cenários em relação à renda média domiciliar dos setores censitários e população envolvida, para seleção do melhor cenário sob a ótica da equidade; e
15. Utilização de recursos de um SIG para identificação das setores que, embora apresentem diferentes condições de acessibilidade e renda, podem ser agrupados em classes comuns, sob a ótica da equidade, para fins de priorização de investimentos em transportes.

5 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo são apresentadas as diversas etapas da aplicação realizada, que se inicia com o cálculo de um índice de acessibilidade do tipo separação espacial média. Esta é, na realidade, uma etapa intermediária para o cálculo do índice efetivamente usado nas análises, o do tipo gravitacional. Este, por sua vez, é utilizado para a avaliação da distribuição de acessibilidade na situação atual de uso de comércio e serviços e cenários futuros de pólos de atração de viagens propostos no PDTU, de 1991.

5.1 Índice de acessibilidade do tipo separação espacial média

A avaliação de acessibilidade ao transporte inicia-se com o cálculo de um índice do tipo separação espacial média, utilizando a rede viária atual da RMB. Por esse modelo levar em consideração somente os parâmetros físicos de separação entre pontos, os resultados obtidos foram aqueles previamente esperados, com a localização de áreas de maiores acessibilidades na parte central da RMB e com o afastamento gradativo dos pontos de menores acessibilidades em torno dessa área (FIGURA 5.1).

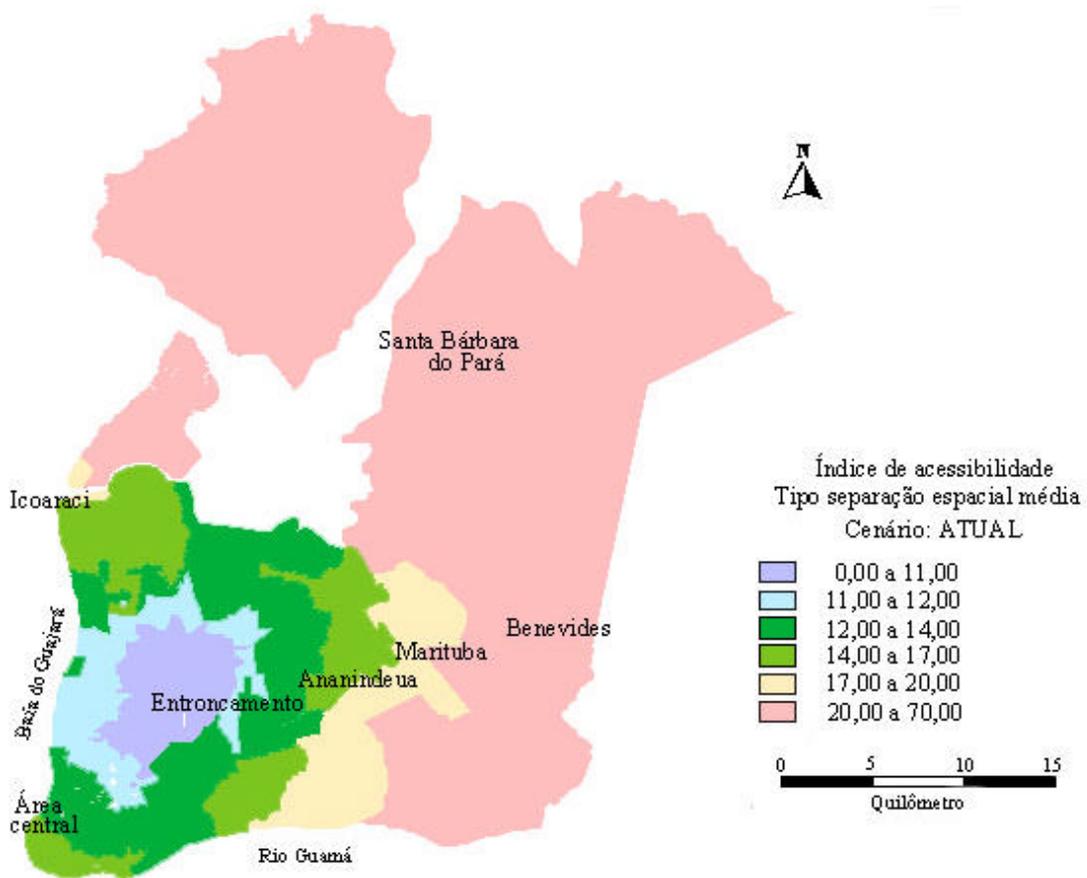


FIGURA 5.1– Índice de acessibilidade do tipo separação espacial média
Cenário: ATUAL

Embora se tratasse apenas de uma etapa intermediária no cálculo do índice efetivamente usado nas análises, verificou-se como se distribui a acessibilidade para as diferentes camadas de renda da população a partir dos valores deste índice. Para tal, foi elaborada uma tabela contendo código de setores, código de nós da rede viária e rendas médias domiciliares correspondentes aos setores censitários. Para o cálculo de acessibilidade de cada setor censitário, existem duas possibilidades: a) atribuir para cada nó, com os respectivos índices de acessibilidade, o valor da renda média; e b) calcular a média das acessibilidades dos nós internos a cada setor e associá-la à respectiva renda. Optou-se pela segunda alternativa para confrontar os valores de renda e de acessibilidade. A TABELA 5.1 apresenta a população por cada faixa de acessibilidade do tipo separação espacial média em 6 faixas definidas, com as células contendo os maiores valores, por faixa de acessibilidade, em destaque.

TABELA 5.1 – População por faixa de renda e acessibilidade do tipo separação espacial média

FAIXA DE RENDA	FAIXA DE ACESSIBILIDADE						TOTAL
	0 A 11	11 A 12	12 A 14	14 A 17	17 A 20	20 A 70	
< 2 SM	11.269 (0,8 %)	7.565 (0,5 %)	14.201 (1,0 %)	7.264 (0,5 %)	5.870 (0,4 %)	11.442 (0,8 %)	57.611 (4,1 %)
2 A 4 SM	136.507 (9,7 %)	85.365 (6,0 %)	162.934 (11,5 %)	155.232 (11,0 %)	13.228 (0,9 %)	34.556 (2,4 %)	587.822 (41,7 %)
4 A 6 SM	63.093 (4,5 %)	87.300 (6,2 %)	80.202 (5,7 %)	97.681 (6,9 %)	4.851 (0,3 %)	4.917 (0,3 %)	338.044 (24,0 %)
6 A 10 SM	57.659 (4,1 %)	63.001 (4,5 %)	80.280 (5,7 %)	23.226 (1,6 %)	153 (0,0 %)	691 (0,0 %)	225.010 (15,9 %)
> 10 SM	37.087 (2,6 %)	33.391 (2,4 %)	95.163 (6,7 %)	37.075 (2,6 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	202.716 (14,4 %)
TOTAL	305.615 (21,7 %)	276.622 (19,6 %)	432.780 (30,7 %)	320.478 (22,7 %)	24.102 (1,7 %)	51.606 (3,7 %)	1.411.203 (100,0 %)

A FIGURA 5.2 mostra graficamente os valores percentuais acumulados de população por faixa de acessibilidade contidos na TABELA 5.1.

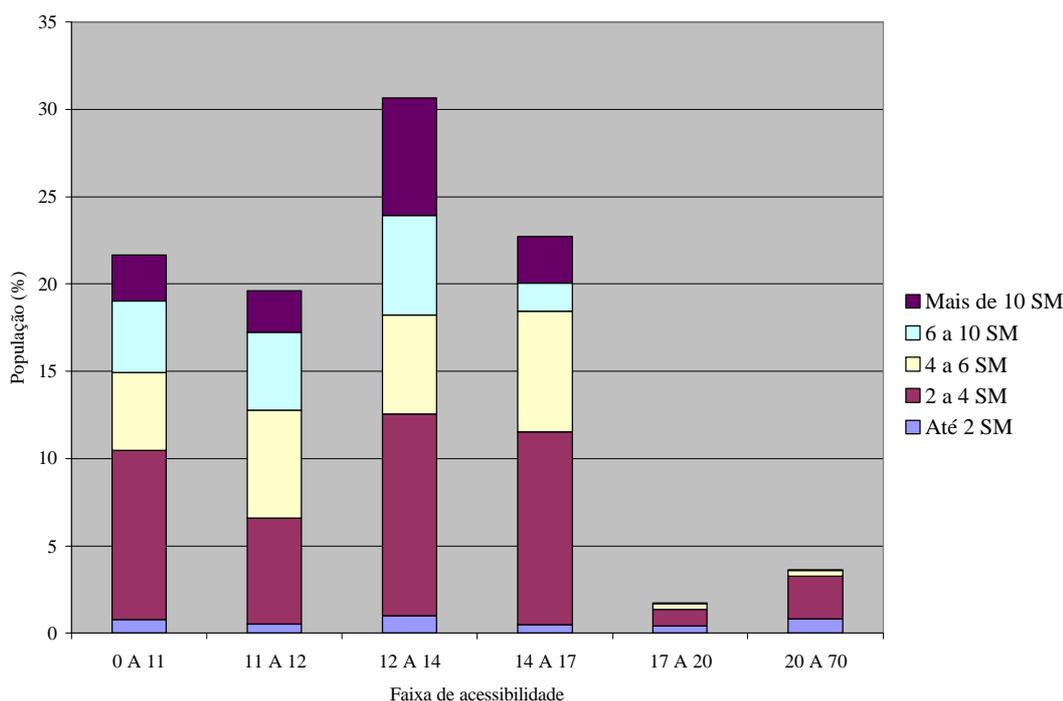


FIGURA 5.2 – Percentual de população por faixa de acessibilidade do tipo separação espacial média

Na FIGURA 5.3 está representado o resultado de uma comparação direta, que evidencia a existência de baixa correlação entre a acessibilidade medida e a renda média domiciliar ($R = 0,1153$), como já se poderia esperar. O baixo coeficiente

de correlação encontrado entre a acessibilidade e a renda média neste caso, no entanto, não significa que no espaço físico da RMB não ocorra uma ocupação de população de renda mais baixa nas áreas onde a infra-estrutura viária é mais deficiente, independente da área ser ou não próxima ao centro de Belém.

A acessibilidade medida com a separação espacial média apresenta, no caso de Belém e de outras cidades com restrições de crescimento em alguma direção e zona "central" deslocada do centro geométrico, uma aplicação muito limitada.

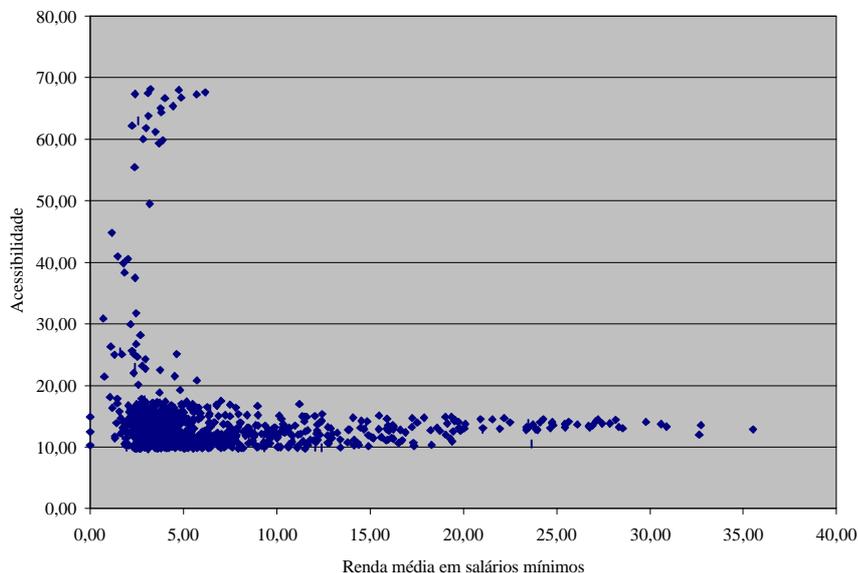


FIGURA 5.3 – Relação entre renda e acessibilidade calculada com índice do tipo separação espacial média

Além disso, considerando que o índice de acessibilidade do tipo separação espacial média leva em consideração somente a distância ou tempo de viagem entre pontos da rede, ele não se adequa para análises de diferentes cenários. Neste caso, os diferentes cenários em nada afetariam o valor da acessibilidade, por se tratarem de alterações na localização de pólos de atração de viagens. Para este propósito, a aplicação de índices de acessibilidade do tipo gravitacional parece mais adequada, com será visto a seguir.

5.2 Índice de acessibilidade do tipo gravitacional

Além da rede viária, através da qual são calculadas as distâncias de deslocamento, outro dado necessário para o cálculo do índice de acessibilidade do tipo gravitacional é a atratividade. Para tanto, dentre os diversos parâmetros possíveis de serem considerados, considerou-se neste estudo, o número de viagens atraídas por modo ônibus.

Essa opção deveu-se à constatação da predominância na utilização do modo ônibus nos deslocamentos da população através de pesquisa domiciliar realizada no TRANSCOL (GEIPOT, 1980) e no PDTU (JICA, 1991), que correspondiam respectivamente a 53,5% e a 56,7% do total de deslocamentos diários incluindo todos os modos. Na TABELA 5.2 observa-se que essa predominância se dá em quase todas as faixas de renda.

TABELA 5.2 – Renda média domiciliar *versus* modo de transporte utilizado

RENDA MÉDIA DOMICILIAR		MODO DE TRANSPORTE UTILIZADO (%)			
NCz\$	(S.M.) ⁽¹⁾	ÔNIBUS	VEÍCULO PARTICULAR	A PÉ	OUTROS
2.500,00	1,23	50	4	46	0
5.000,00	2,46	48	3	48	1
7.500,00	3,69	50	4	41	5
10.000,00	4,91	51	4	38	7
15.000,00	7,37	59	6	34	1
20.000,00	9,83	59	6	30	5
30.000,00	14,7	58	10	24	6
40.000,00	19,66	60	14	22	4
50.000,00	24,6	56	18	20	6
60.000,00	29,49	52	23	18	7
70.000,00	34,4	51	26	18	5
80.000,00	39,32	46	28	19	7
100.000,00	49,15	46	36	16	2
150.000,00	73,73	37	42	18	3
200.000,00	98,31	28	48	14	10

Fonte: JICA (1991, p.159)

⁽¹⁾ Salário mínimo considerado foi de NCz\$2.034,37 (Ministério do Trabalho/IDESP/CEE/IPC)

NOTA: Para o cálculo de salários mínimos correspondentes à renda média domiciliar foi considerado o valor de salário mínimo de março/1990, apesar da pesquisa domiciliar ter sido realizada em abril e maio/1990, pois as informações obtidas, em domicílios, foram referentes a valores de março.

O total de viagens atraídas por cada uma das 47 zonas de tráfego (FIGURA 5.4) do TRANSCOL (GEIPOT, 1980) foi obtido da matriz de origem–destino por modo ônibus – 24 horas.

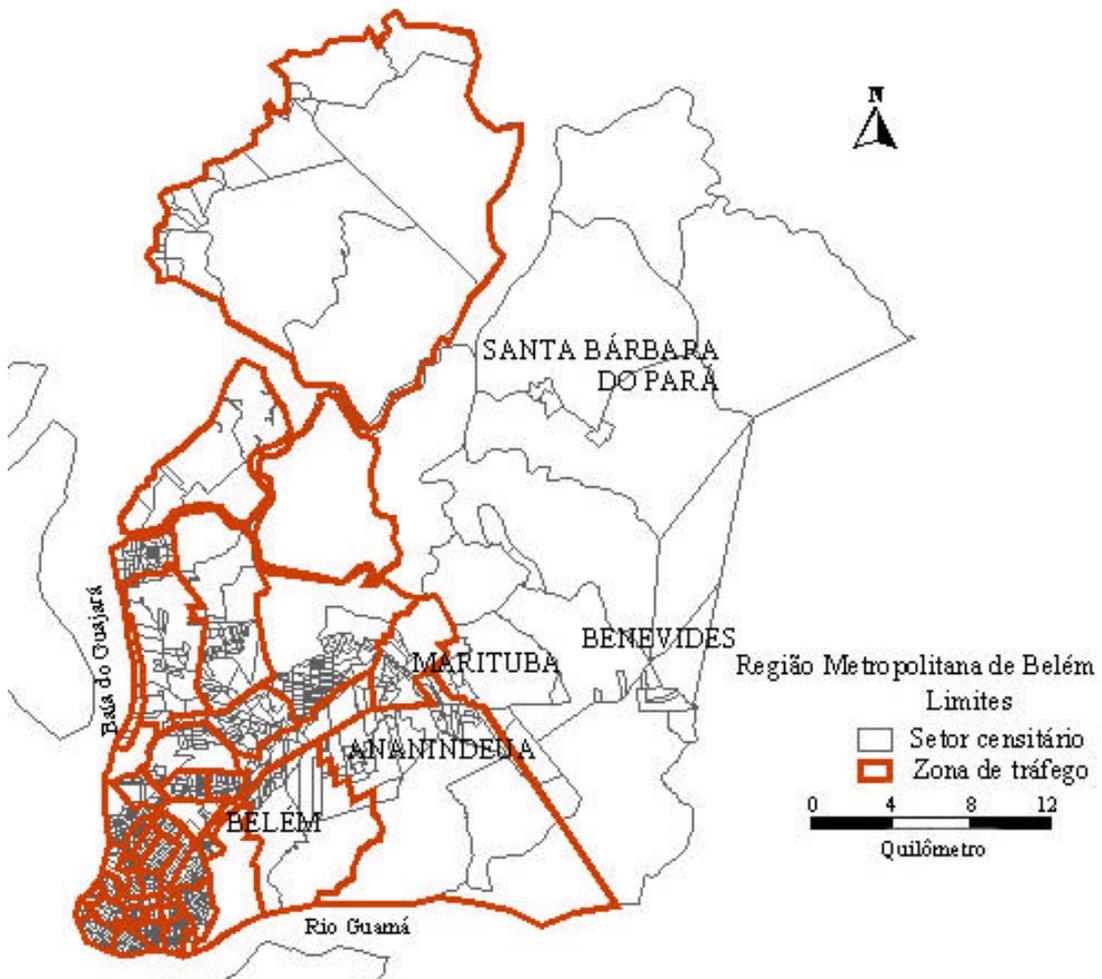


FIGURA 5.4 – Limites de zonas de tráfego (GEIPOT, 1980)

Observa-se na FIGURA 5.4 que a área abrangida pelas 47 zonas de tráfego é menor que aquela coberta pelos setores censitários. Isto deve-se ao fato de que à época da elaboração do TRANSCOL (GEIPOT, 1980) a RMB era composta por somente dois municípios, Belém e Ananindeua, o que resultou em duas formas distintas para o cálculo de atratividade: a) para áreas cobertas pelas 47 zonas; e b) para o restante da RMB.

Para os setores censitários coincidentes espacialmente com as 47 zonas de tráfego do TRANSCOL (GEIPOT, 1980) admitiu-se que as áreas mais

densamente ocupadas têm maior atratividade. A forma de avaliar a ocupação foi baseada na própria rede viária, de maneira direta: maior densidade da rede, maior atratividade.

Assim, para o cálculo de atratividade de cada setor censitário foi considerado que a proporcionalidade de número de nós da rede viária existentes em cada setor era mantida em relação ao total de viagens atraídas por uma determinada zona de tráfego.

O cálculo da atratividade efetuado no *software* TransCAD para os setores abrangidos pelas 47 zonas de tráfego obedeceu as seguintes etapas:

- a) Foi obtida a quantidade de nós existentes no interior de cada setor censitário;
- b) Foi calculado o percentual do número de nós em relação ao total existente na zona de tráfego correspondente; e
- c) Foi multiplicado o número de viagens atraídas da zona de tráfego pelo percentual de nós de cada setor censitário.

Para melhor compreensão deste procedimento está mostrado na FIGURA 5.5 um exemplo do cálculo de atratividade para uma zona de tráfego hipotética composta por 3 setores censitários 1, 2 e 3, com 3, 1 e 4 nós, respectivamente.

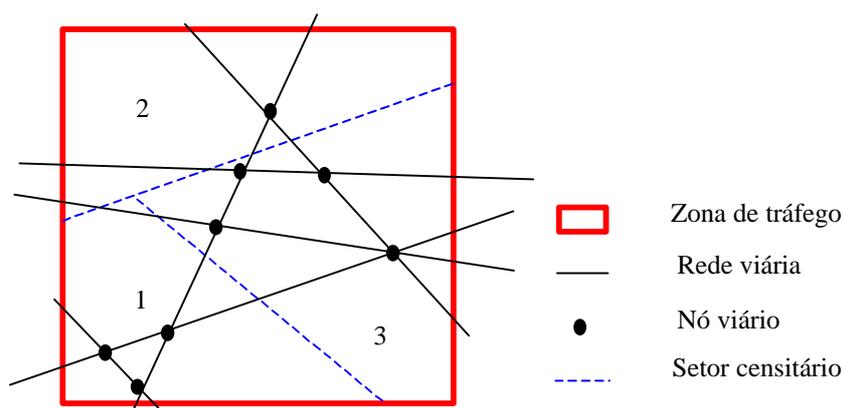


FIGURA 5.5 – Zona de tráfego hipotética

Considerando que a zona de tráfego atrai 200 viagens, a TABELA 5.3 mostra o cálculo de viagens atraídas pelos 3 setores considerados no exemplo.

TABELA 5.3 – Exemplo do cálculo de viagens atraídas

SETOR CENSITÁRIO	QUANTIDADE DE NÓS	% DE NÓS	VIAGENS ATRAÍDAS
1	3	37,5	$0,375 \times 200 = 75$
2	1	12,5	$0,125 \times 200 = 25$
3	4	50,0	$0,500 \times 200 = 100$
TOTAL	8	100,00	200

Para os setores não abrangidos pelas 47 zonas de tráfego, a atratividade foi calculada com base na taxa de viagens atraídas por população residente nos setores censitários periféricos, isto é, aqueles localizados no limite da antiga RMB, (embora ainda internos às zonas de tráfego). Assim:

- a) Foram considerados 17 setores censitários periféricos;
- b) Dividiu-se o total de viagens atraídas pela população total dos 17 setores censitários, obtendo-se assim, a taxa de atratividade por habitante:
 Total de viagens atraídas (17 setores censitários) = 746
 Total de população residente: 28.304
 Taxa = $746/28.304 = 0,026357$ viagens/população residente; e
- c) Foi obtida a atratividade de cada setor censitário através da multiplicação de população de setor censitário pela taxa de 0,026357.

O resultado do cálculo de viagens atraídas por setor censitário está representado na FIGURA 5.6.

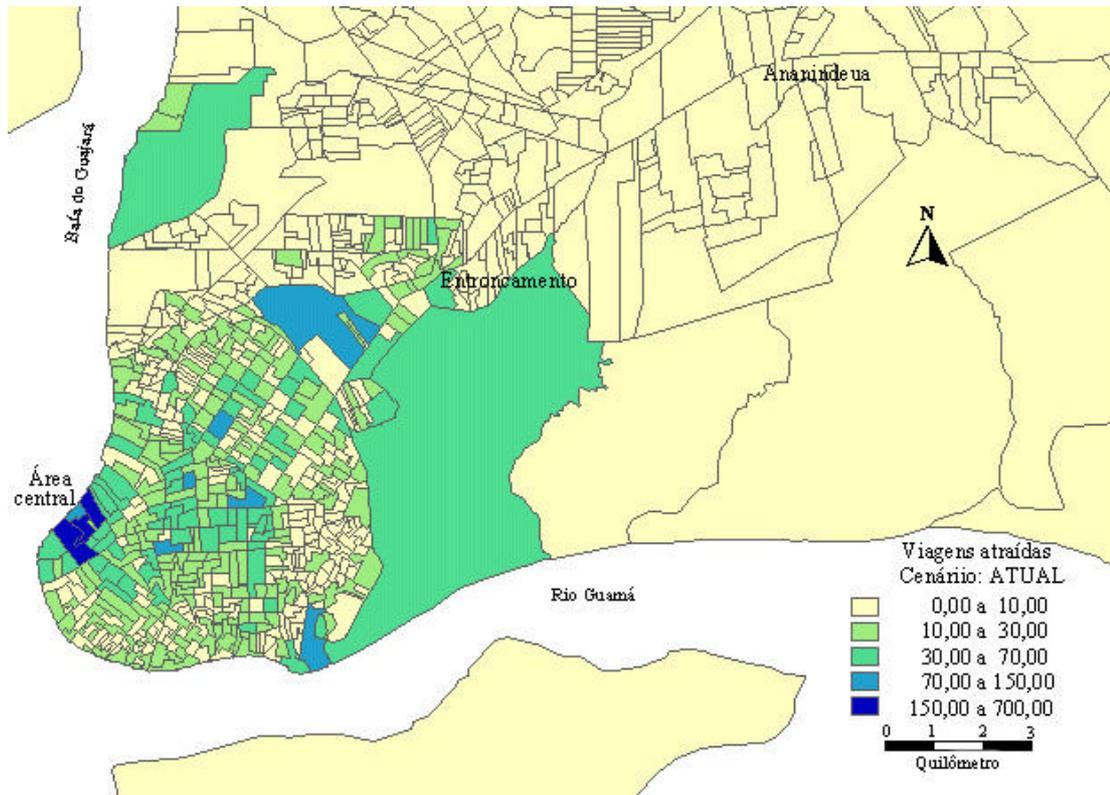


FIGURA 5.6 – Número de viagens atraídas por setor censitário

Para o cálculo de índices de acessibilidade do tipo gravitacional foi utilizada a equação $X_i = \sum_j S_j \times f(C_{ij})$, que neste estudo assumiu a seguinte forma:

$$A_i = \sum_j V_j \times D_{ij}^{-\alpha}, \text{ onde}$$

A_i = acessibilidade da zona i

V_j = viagens atraídas por modo ônibus na zona j

D_{ij} = distância entre as zonas i e j

$\alpha = 0,7277$

A partir dos dados de viagens da matriz de origem-destino do TRANSCOL (GEIPOT, 1980), calculou-se no *software* TransCAD o valor de α para uma função potência inversa, a mesma utilizada no PDTU (JICA, 1991).

As distâncias entre os setores foram aquelas entre os centróides dos setores censitários baseadas na rede viária, efetuando ligações entre os centróides e o

segmento mais próximo, resultando em matrizes de distância mínima no *software* TransCAD.

As células que se situam na diagonal dessas matrizes de distância, que representam as distâncias intrazonais, são calculadas pelo *software* como distâncias iguais a zero, mas para possibilitar a aplicação do modelo do tipo gravitacional, foram consideradas aquelas propostas pelo SMEED⁷, conforme a equação a seguir:

$$d_{ii} = 0,87 \times \sqrt{A_i}, \text{ onde}$$

d_{ii} = distância média das viagens internas à zona i

A_i = área da zona i

Foi encontrado um coeficiente de correlação entre a renda média domiciliar e o índice do tipo gravitacional, $R = 0,4387$, o que mostra uma relativamente baixa correlação linear entre esses parâmetros (FIGURA 5.7). Esse valor é razoável, no entanto, se comparado com aquele encontrado com o índice do tipo separação espacial média.

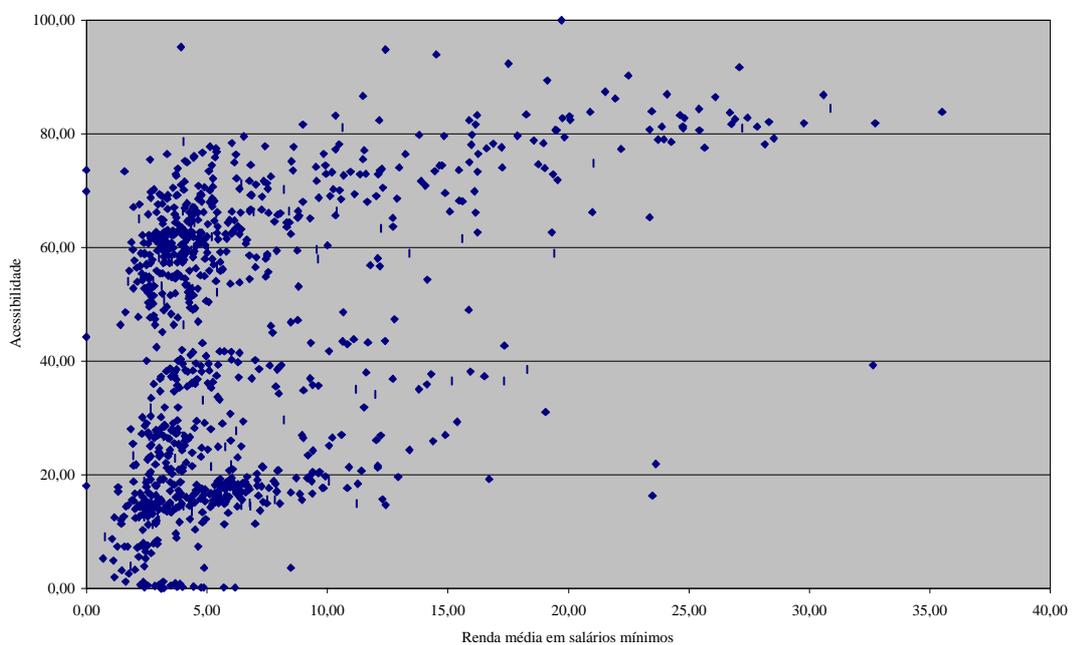


FIGURA 5.7 - Relação entre renda e acessibilidade calculada com índice do tipo gravitacional

⁷ SMEED, R. J. (1967). *The road capacity of city centers*. Highway Research Record, Washington D.C., 169: 22-29.

Apesar da baixa correlação entre a acessibilidade e a renda, verifica-se, neste gráfico, que existe uma tendência do aumento de acessibilidade à medida que aumenta a renda. Neste modelo, os índices de valores maiores representam as melhores acessibilidades, ao contrário do que é considerado no modelo de índice de acessibilidade do tipo separação espacial média.

5.2.1 Cenários para avaliação de índice de acessibilidade

Para avaliação de distribuição de acessibilidade foram considerados, neste trabalho, três cenários, dois dos quais apresentados no PDTU (JICA, 1991), onde são propostos novos pólos de comércio e serviços, embora mantendo a atual área central:

- a) Cenário 1: ATUAL - situação atual;
- b) Cenário 2: SUB-CENTRO – implantação de um sub-centro metropolitano no município de Ananindeua; e
- c) Cenário 3: PDTU 1991 – implantação de um sub-centro metropolitano no município de Ananindeua e dois centros locais, um em Entroncamento e outro em Icoaraci.

Com o objetivo de possibilitar uma análise da variação da acessibilidade entre esses cenários, a atratividade dos setores censitários foi transformada em percentuais em relação ao total de atratividade da RMB e, por serem valores muito pequenos, multiplicados por 10.000 para facilitar a interpretação.

Assim, os cálculos de índices de acessibilidade do tipo gravitacional foram baseados na atratividade proporcional de cada SC multiplicada por 10.000, portanto, os mapas temáticos de acessibilidade aqui apresentados (FIGURAS 5.8, 5.10 e 5.12) resultam desses valores. Os valores de acessibilidade apresentados nas figuras foram normalizados entre 0 e 100 e divididos em 5 faixas, de forma a permitir comparações entre os cenários.

5.2.1.1 Cenário: ATUAL

Para a obtenção de índice de acessibilidade neste cenário foram considerados os dados de atratividade obtidos através do número de deslocamentos por modo ônibus, seguindo a metodologia descrita no item 5.2. A FIGURA 5.8 é o mapa temático onde pode-se observar a distribuição de acessibilidade no cenário atual, com maiores índices de acessibilidade nas áreas próximas àquelas com maiores níveis de atividade.

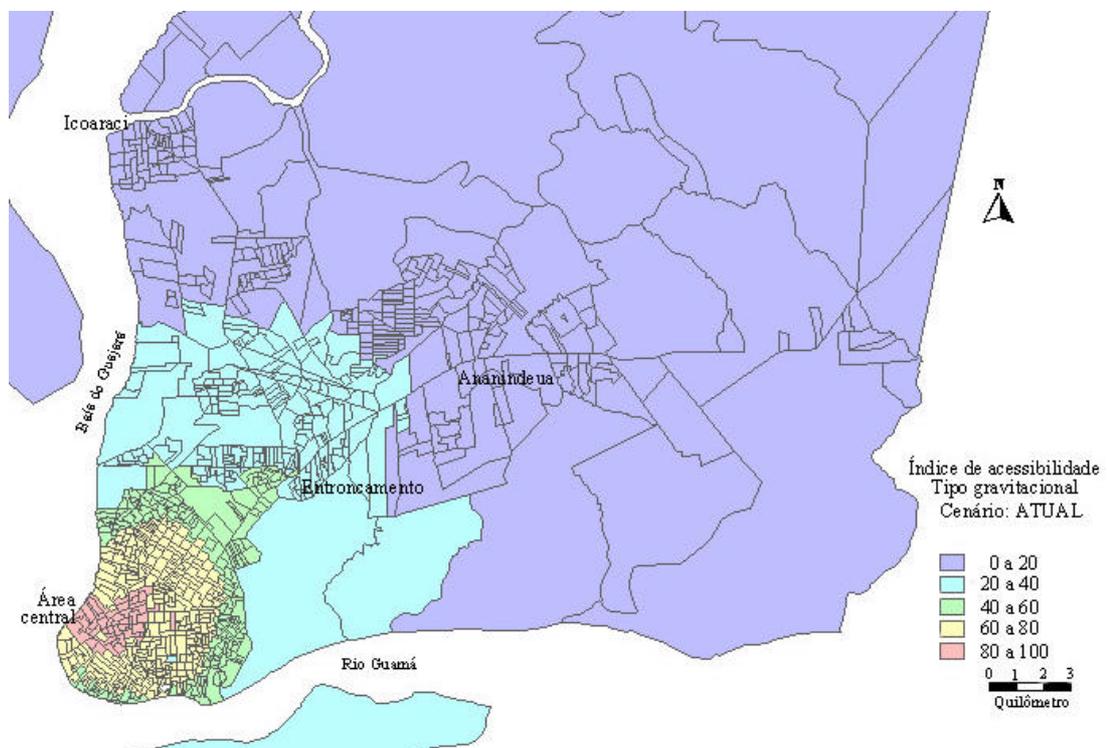


FIGURA 5.8 – Índice de acessibilidade do tipo gravitacional – Cenário: ATUAL

A TABELA 5.4 contém os resultados da distribuição de índice de acessibilidade do tipo gravitacional neste cenário, com destaque nas células contendo maiores valores por faixa de acessibilidade. Observa-se que nas três faixas de acessibilidade mais baixas há uma concentração maior de pessoas na faixa de 2 a 4 salários mínimos. Já para as duas faixas mais altas de acessibilidade a incidência maior de população ocorre nas faixas de nível de renda mais elevadas (de 4 a 6 e

acima de 10 salários mínimos). Além disso, a maior parcela da população (28,7%) encontra-se na faixa de menor acessibilidade (de 0 a 20).

TABELA 5.4 – População por faixa de acessibilidade do tipo gravitacional
Cenário: ATUAL

FAIXA DE RENDA	FAIXA DE ACESSIBILIDADE					TOTAL
	0 A 20	20 A 40	40 A 60	60 A 80	80 A 100	
Até 2 SM	32.787 (2,3 %)	8.252 (0,6 %)	11.703 (0,8 %)	4.869 (0,3 %)	0 (0,0 %)	57.611 (4,1 %)
2 A 4 SM	209.854 (14,9 %)	134.675 (9,5 %)	141.998 (10,1 %)	100.164 (7,1 %)	1.131 (0,1 %)	587.822 (41,7 %)
4 A 6 SM	86.780 (6,1 %)	58.557 (4,1 %)	73.790 (5,2 %)	118.917 (8,4 %)	0 (0,0 %)	338.044 (24,0 %)
6 A 10 SM	68.554 (4,9 %)	41.533 (2,9 %)	34.858 (2,5 %)	78.843 (5,6 %)	1.222 (0,1 %)	225.010 (15,9 %)
> 10 SM	6.532 (0,5 %)	27.881 (2,0 %)	19.044 (1,3 %)	99.378 (7,0 %)	49.881 (3,5 %)	202.716 (14,4 %)
TOTAL	404.507 (28,7 %)	270.898 (19,2 %)	281.393 (19,9%)	402.171 (28,5 %)	52.234 (3,7 %)	1.411.203 (100,0 %)

Na FIGURA 5.9 estão representados os percentuais acumulados de população por faixa de renda nas 5 faixas de acessibilidade do tipo gravitacional no Cenário: ATUAL

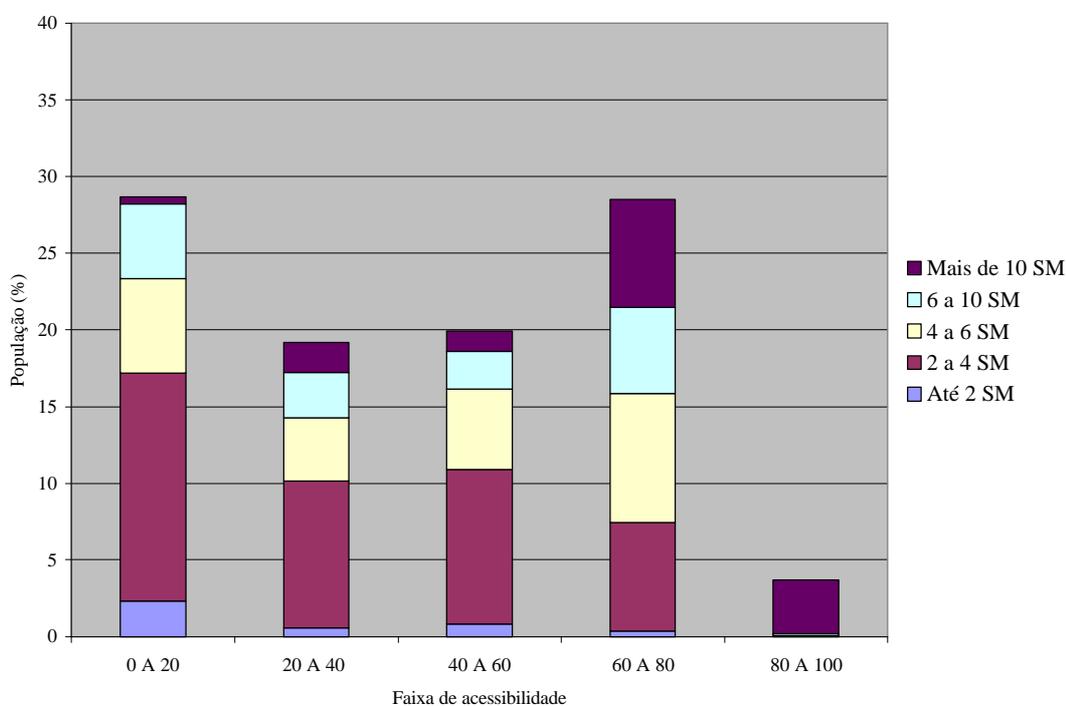


FIGURA 5.9 – Percentual de população por faixa de acessibilidade do tipo gravitacional – Cenário: ATUAL

5.2.1.2 Cenário: SUB-CENTRO

Para a montagem do primeiro cenário alternativo considerou-se somente a implantação do sub-centro metropolitano. Para tal, foram feitas alterações nas atratividades referentes aos setores censitários pertencentes ao centro do município de Ananindeua:

- a) foram mantidas as atratividades da área central;
- b) foi atribuído o valor total de atratividade da área central (1.343,87) aos oito setores censitários do centro de Ananindeua, ou seja, o valor atribuído para cada setor do centro de Ananindeua foi obtido do valor total da área central dividido por oito, número de setores que compõem o sub-centro metropolitano (168,00).
- c) As atratividades dos setores censitários restantes foram subtraídos proporcionalmente, para manter o total de 10.000; e
- d) Com esses novos valores a acessibilidade do tipo gravitacional foi novamente calculada e os resultados podem ser vistos na FIGURA 5.10.

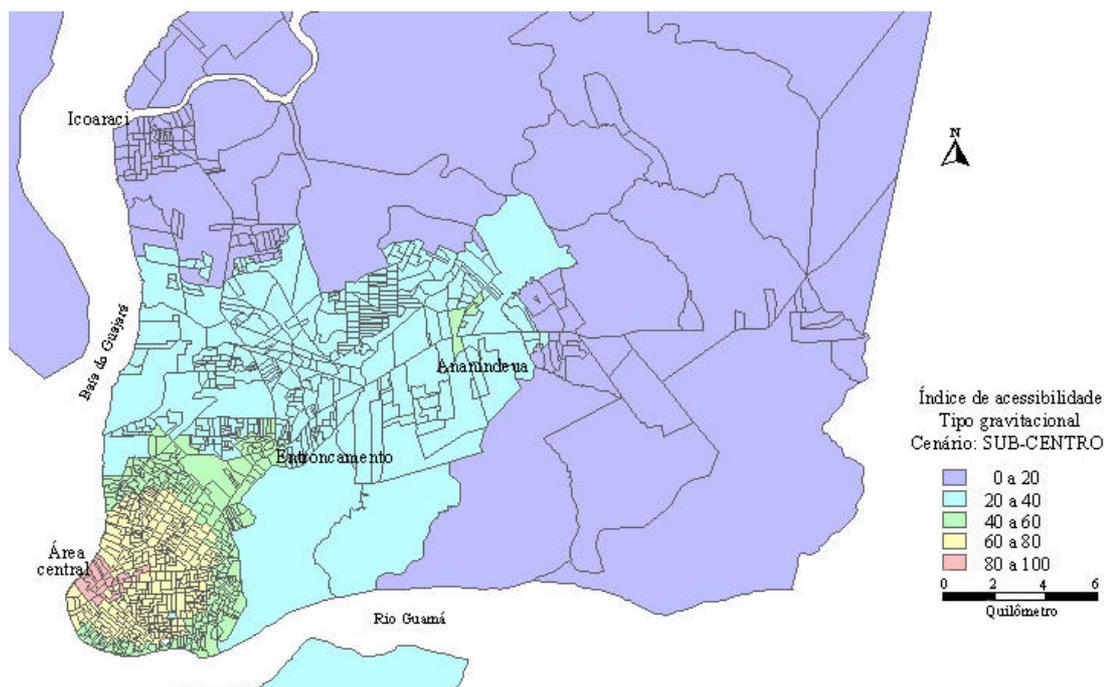


FIGURA 5.10 – Índice de acessibilidade do tipo gravitacional
Cenário: SUB-CENTRO

A TABELA 5.5 contém os dados resultantes da distribuição de acessibilidade por faixa de renda, levando em consideração a população em cada faixa. As células com maiores valores estão em destaque, para cada faixa de acessibilidade.

TABELA 5.5 – População por faixa de acessibilidade do tipo gravitacional
Cenário: SUB-CENTRO

FAIXA DE RENDA	FAIXA DE ACESSIBILIDADE					TOTAL
	0 A 20	20 A 40	40 A 60	60 A 80	80 A 100	
Até 2 SM	19.687 (1,4 %)	21.352 (1,5 %)	13.409 (1,0 %)	3.163 (0,2 %)	0 (0,0 %)	57.611 (4,1 %)
2 A 4 SM	127.672 (9,0 %)	214.841 (15,2 %)	171.838 (12,2 %)	72.340 (5,1 %)	1.131 (0,1 %)	587.822 (41,7 %)
4 A 6 SM	38.091 (2,7 %)	102.714 (7,3 %)	98.283 (7,0 %)	98.956 (7,0 %)	0 (0,0 %)	338.044 (24,0 %)
6 A 10 SM	22.395 (1,6 %)	80.158 (5,7 %)	45.182 (3,2 %)	77.275 (5,5 %)	0 (0,0 %)	225.010 (15,9 %)
> 10 SM	2.440 (0,2 %)	31.973 (2,3 %)	21.680 (1,5 %)	126.470 (9,0 %)	20.153 (1,4 %)	202.716 (14,4 %)
TOTAL	210.285 (14,9 %)	451.038 (32,0 %)	350.392 (24,8 %)	378.204 (26,8 %)	21.284 (1,5 %)	1.411.203 (100,0 %)

No cenário SUB-CENTRO (TABELA 5.5) observa-se, como na TABELA 5.4, que a maior concentração de população ocorre na faixa de renda de 2 a 4 salários mínimos, mas há uma melhora significativa na acessibilidade em relação ao cenário ATUAL, pois a parcela maior de população (que corresponde a 32,0% da população total da RMB) se encontra na segunda melhor faixa de acessibilidade (de 20 a 40).

Os dados percentuais contidos na TABELA 5.5 estão representados cumulativamente na FIGURA 5.11 por faixa de renda e por faixa de acessibilidade do tipo gravitacional.

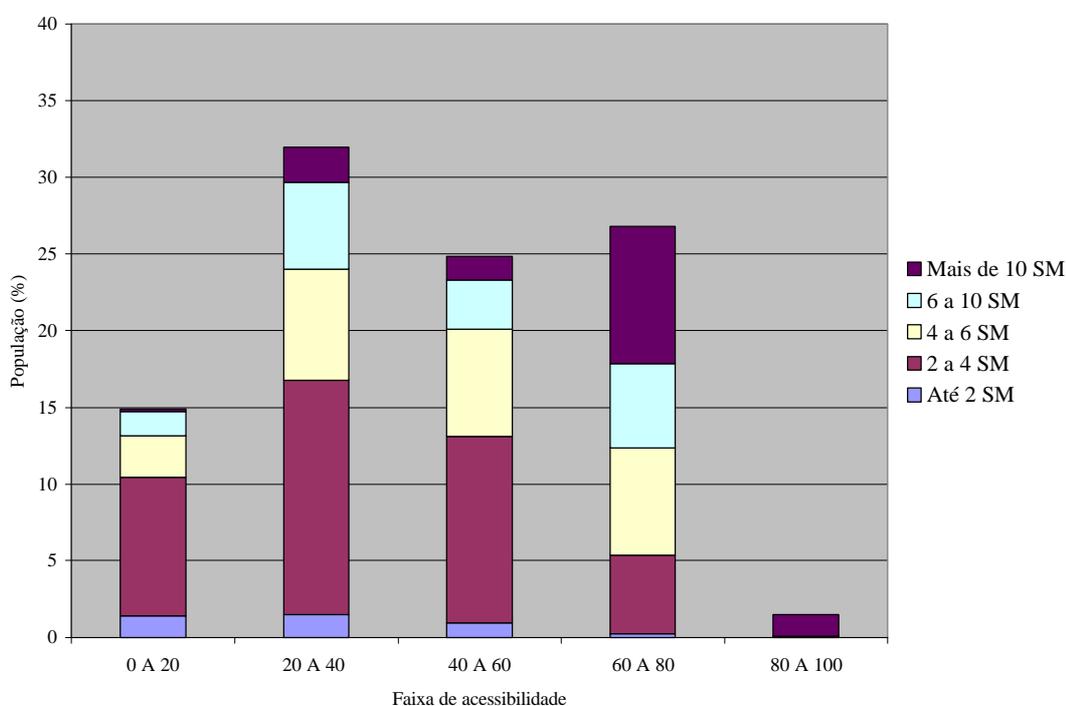


FIGURA 5.11 – Percentual de população por faixa de acessibilidade do tipo gravitacional – Cenário: SUB-CENTRO

5.2.1.3 Cenário: PDTU 1991

No segundo cenário alternativo foi considerada a proposta de localização de pólos de comércio e serviços constantes do PDTU (JICA, 1991), ou seja, a área central, o sub-centro metropolitano e os dois centros locais.

Os cálculos dos índices de acessibilidade do tipo gravitacional seguiram praticamente os mesmos passos do sub-item anterior “Cenário: SUB-CENTRO”, alterando ao valores de atratividades nos centros locais de Entroncamento e de Icoaraci. Os valores de atratividade da área central e do sub-centro metropolitano atribuídos no cenário anterior foram mantidos.

A seleção de setores para a localização de centro local em Entroncamento e Icoaraci leva em consideração a tendência atual do crescimento de comércio e serviços, resultando em nove setores para o Entroncamento e oito para Icoaraci.

Nesse cenário, admitiu-se que a atratividade dos centros locais seria a metade daquela considerada para a área central e o sub-centro metropolitano, $(1.344,00/2)$, ou seja, 672,00. Foram, portanto, atribuídos para cada setor de Entroncamento, 75,00 $(672,00/9)$ e para os de Icoaraci, 84,00 $(672,00/8)$.

Em seguida, procedeu-se uma vez mais ao cálculo para a obtenção do índice de acessibilidade do tipo gravitacional. Na FIGURA 5.12 está apresentado o resultado de cálculos de índices considerando a proposta do PDTU 1991, com o sub-centro metropolitano e os dois centros locais em Entroncamento e em Icoaraci.

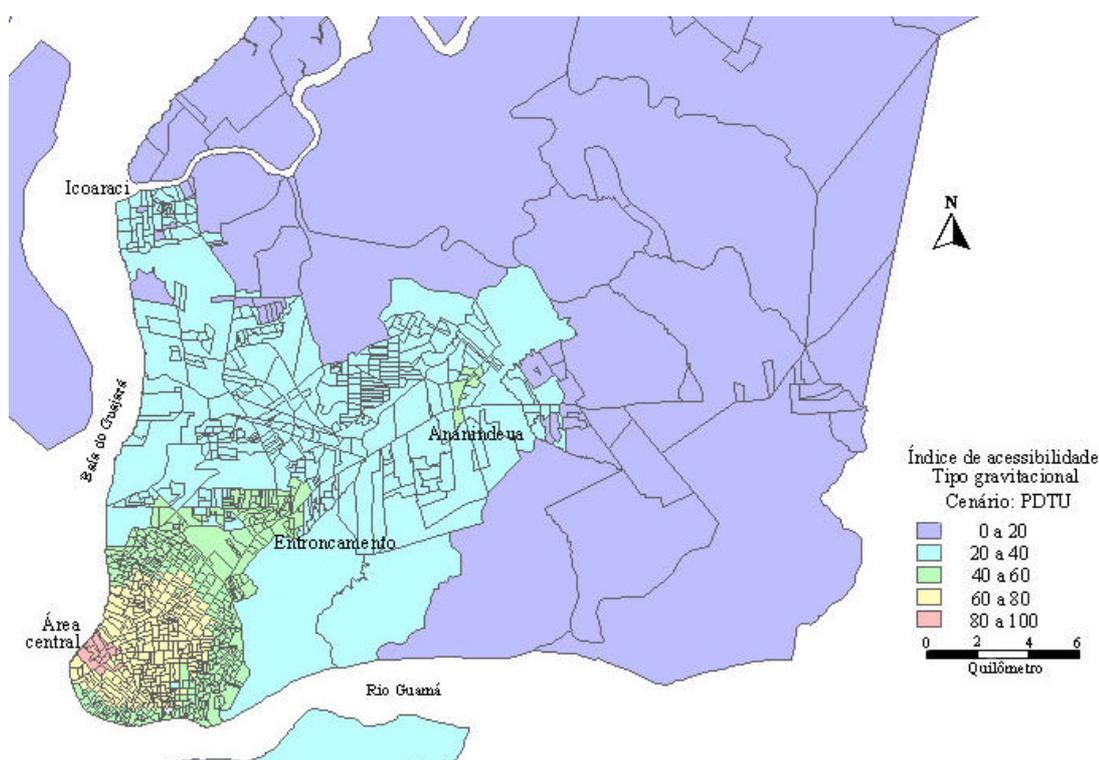


FIGURA 5.12 – Índice de acessibilidade do tipo gravitacional
– Cenário: PDTU 1991

A TABELA 5.6 mostra a distribuição da população dentro das faixas de acessibilidade e de renda do Cenário PDTU 1991.

TABELA 5.6 – População por faixa de acessibilidade do tipo gravitacional
Cenário: PDTU 1991

FAIXA DE RENDA	FAIXA DE ACESSIBILIDADE					TOTAL
	0 A 20	20 A 40	40 A 60	60 A 80	80 A 100	
ATÉ 2 SM	18.991 (1,3 %)	22.048 (1,6 %)	13.409 (1,0 %)	3.163 (0,2 %)	0 (0,0 %)	57.611 (4,1 %)
2 A 4 SM	69.764 (4,9 %)	254.235 (18,0 %)	218.646 (15,5 %)	44.046 (3,1 %)	1.131 (0,1 %)	587.822 (41,7 %)
4 A 6 SM	16.683 (1,2 %)	109.597 (7,8 %)	141.719 (10,0 %)	70.045 (5,0 %)	0 (0,0 %)	338.044 (24,0 %)
6 A 10 SM	4.181 (0,3 %)	91.003 (6,4 %)	64.817 (4,6 %)	65.009 (4,6 %)	0 (0,0 %)	225.010 (15,9 %)
> 10 SM	501 (0,0 %)	28.229 (2,0 %)	33.096 (2,3 %)	130.119 (9,2 %)	10.771 (0,8 %)	202.716 (14,4 %)
TOTAL	110.120 (7,8 %)	505.112 (35,8 %)	471.687 (33,4 %)	312.382 (22,1 %)	11.902 (0,8 %)	1.411.203 (100,0 %)

Nesse cenário obteve-se um quadro bastante semelhante ao cenário SUB-CENTRO, com a parcela maior da população concentrada na faixa de acessibilidade de 20 a 40, porém com o percentual superior igual a 35,8% do total da população da RMB.

Observa-se na FIGURA 5.13 os percentuais cumulativas de população constantes da TABELA 5.6

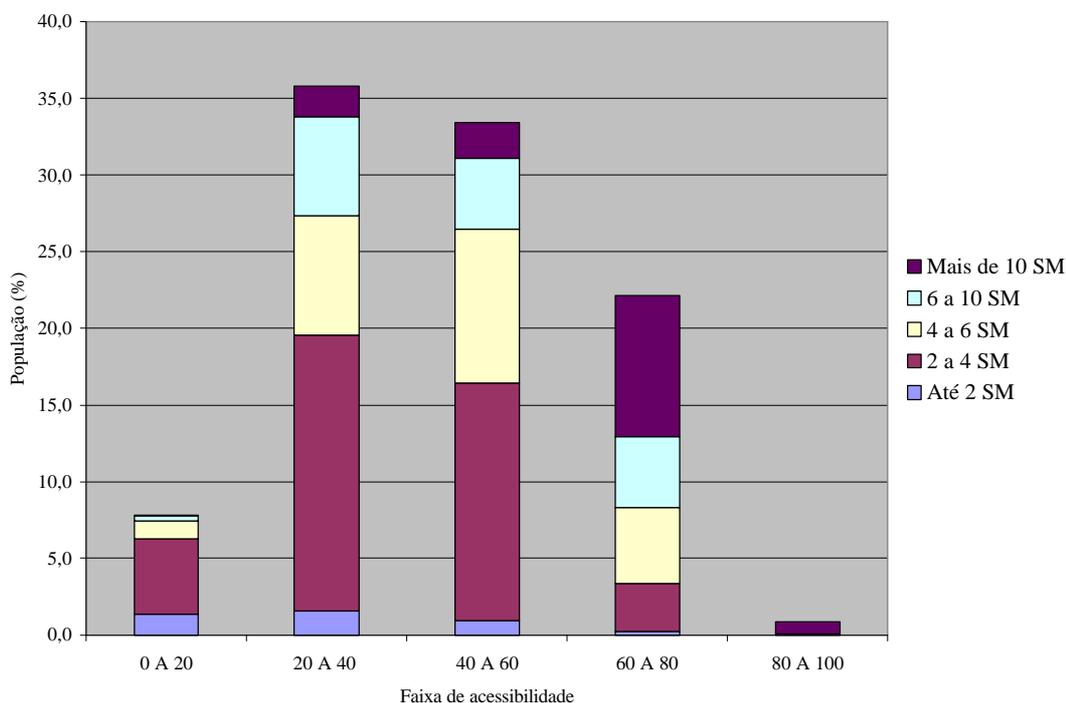


FIGURA 5.13 – Percentual de população por faixa de acessibilidade do tipo gravitacional – Cenário: PDTU 1991

Os resultados aqui apresentados serão analisados no capítulo seguinte, em duas etapas: a) seleção do cenário que promove a distribuição mais equitativa de acessibilidade; e b) uma vez selecionado o melhor cenário, identificação das zonas ainda carentes de acessibilidade para fins de priorização de investimentos em transportes.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo serão comentados os resultados do cálculo dos índices de acessibilidade dos tipos separação espacial média e gravitacional na RMB, nos três cenários: ATUAL, SUB-CENTRO e PDTU 1991. A análise de distribuição compreende uma primeira avaliação da variação da população nas faixas de acessibilidade. Em seguida, verifica-se a variação da acessibilidade ponderada pela população para selecionar o melhor cenário, sob o enfoque da equidade. A análise termina com a identificação dos setores mais carentes de acessibilidade no cenário selecionado.

6.1 Acessibilidade do tipo separação espacial média

Os índices foram divididos em 6 faixas de acessibilidade (TABELA 5.1), sendo os valores mais baixos referentes a acessibilidades mais altas. Isto porque o índice nada mais é do que a média das distâncias de cada ponto para todos os outros, dada em quilômetros. Assim, quanto menor a distância média, melhor situado está o ponto em relação aos demais. Na TABELA 5.1 observa-se que a maioria de população da RMB está concentrada na faixa de renda de 2 a 4 salários mínimos (41,7%) e que 94,7% está distribuída nas quatro melhores faixas de acessibilidades (0 a 11, 11 a 12, 12 a 14 e 14 a 17), onde 30,7% da população está localizada na faixa de 12 a 14.

No entanto, como são resultados obtidos da separação espacial média entre os setores censitários, ou seja, neste caso os pontos de melhor acessibilidade não coincidem com o centro de negócios, que é deslocado do centro geométrico, não

se pode esperar uma forte correlação entre esses índices e a renda média da população (como já pôde ser constatado através da FIGURA 5.3).

6.2 Acessibilidade do tipo gravitacional

Neste item apresenta-se uma análise levando em conta a distribuição de população nas faixas de acessibilidade e a variação da acessibilidade ponderada pela população para seleção do melhor cenário, do ponto de vista da equidade.

6.2.1 Variação de população nas faixas de acessibilidade

As TABELAS 6.1 e 6.2, que são resultado da comparação entre as TABELAS 5.4 e 5.5 (cenários ATUAL e SUB-CENTRO) e entre as TABELAS 5.4 e 5.6 (cenários ATUAL e PDTU 1991), mostram a variação de acessibilidade do cenário SUB-CENTRO em relação ao ATUAL e do cenário PDTU 1991 em relação ao ATUAL, respectivamente.

Considerando as TABELAS 6.1 e 6.2, pode-se dizer que houve uma distribuição de população dentro das diversas classes de renda em faixas de acessibilidade diferentes. Houve uma diminuição do número de habitantes nas faixas mais baixas e mais altas de acessibilidade, ou seja, de 0 a 20 e de 60 a 100, e um aumento nas faixas intermediárias, de 20 a 60. Esses resultados mostram que houve uma redistribuição de população dentro de faixas de acessibilidade nos dois cenários alternativos, sendo que o cenário PDTU 1991 apresenta uma redução de população maior na faixa de acessibilidade menor, de 21,86%, e de 9,22% na faixa de acessibilidade maior (60 a 100).

TABELA 6.1– Variação de população por faixa de acessibilidade entre os cenários SUB-CENTRO e ATUAL

FAIXA DE RENDA	FAIXA DE ACESSIBILIDADE									
	0 A 20		20 A 40		40 A 60		60 A 80		80 A 100	
	POP.	%	POP.	%	POP.	%	POP.	%	POP.	%
Até 2 SM	-13.100	-0,93	13.100	0,93	1.706	0,12	-1.706	-0,12	0	0,00
2 A 4 SM	-82.182	-5,82	80.166	5,68	29.840	2,11	-27.824	-1,97	0	0,00
4 A 6 SM	-48.689	-3,45	44.157	3,13	24.493	1,74	-19.961	-1,41	0	0,00
6 A 10 SM	-46.159	-3,27	38.625	2,74	10.324	0,73	-1.568	-0,11	-1.222	-0,09
> 10 SM	-4.092	-0,29	4.092	0,29	2.636	0,19	27.092	1,92	-29.728	-2,11
TOTAL	-194.222	-13,76	180.140	12,76	68.999	4,89	-23.967	-1,70	-30.950	-2,19

TABELA 6.2 – Variação de população por faixa de acessibilidade entre os cenários PDTU 1991 e ATUAL

FAIXA DE RENDA	FAIXA DE ACESSIBILIDADE									
	0 A 20		20 A 40		40 A 60		60 A 80		80 A 100	
	POP.	%	POP.	%	POP.	%	POP.	%	POP.	%
Até 2 SM	-13.796	-0,98	13.796	0,98	1.706	0,12	-1.706	-0,12	0	0,00
2 A 4 SM	-140.090	-9,93	119.560	8,47	76.648	5,43	-56.118	-3,98	0	0,00
4 A 6 SM	-70.097	-4,97	51.040	3,62	67.929	4,81	-48.872	-3,46	0	0,00
6 A 10 SM	-64.373	-4,56	49.470	3,51	29.959	2,12	-13.834	-0,98	-1.222	-0,09
> 10 SM	-6.031	-0,43	348	0,02	14.052	1,00	30.741	2,18	-39.110	-2,77
TOTAL	-294.387	-20,86	234.214	16,60	190.294	13,48	-89.789	-6,36	-40.332	-2,86

A TABELA 6.3 é um resumo dos totais de população por faixa de acessibilidade, obtido das TABELAS 5.4, 5.5 e 5.6.

TABELA 6.3 – População por faixa de acessibilidade

FAIXA DE ACESSIBILIDADE	CENÁRIO					
	ATUAL		SUB-CENTRO		PDTU 1991	
	POP.	%	POP.	%	POP.	%
0 A 20	404.507	28,66	210.285	14,90	110.120	7,81
20 A 40	270.898	19,20	451.038	31,96	505.112	35,79
40 A 60	281.393	19,94	350.392	24,83	471.687	33,42
60 A 80	402.171	28,50	378.204	26,80	312.382	22,14
80 A 100	52.234	3,70	21.284	1,51	11.902	0,84
TOTAL	1.411.203	100,00	1.411.203	100,00	1.411.203	100,00

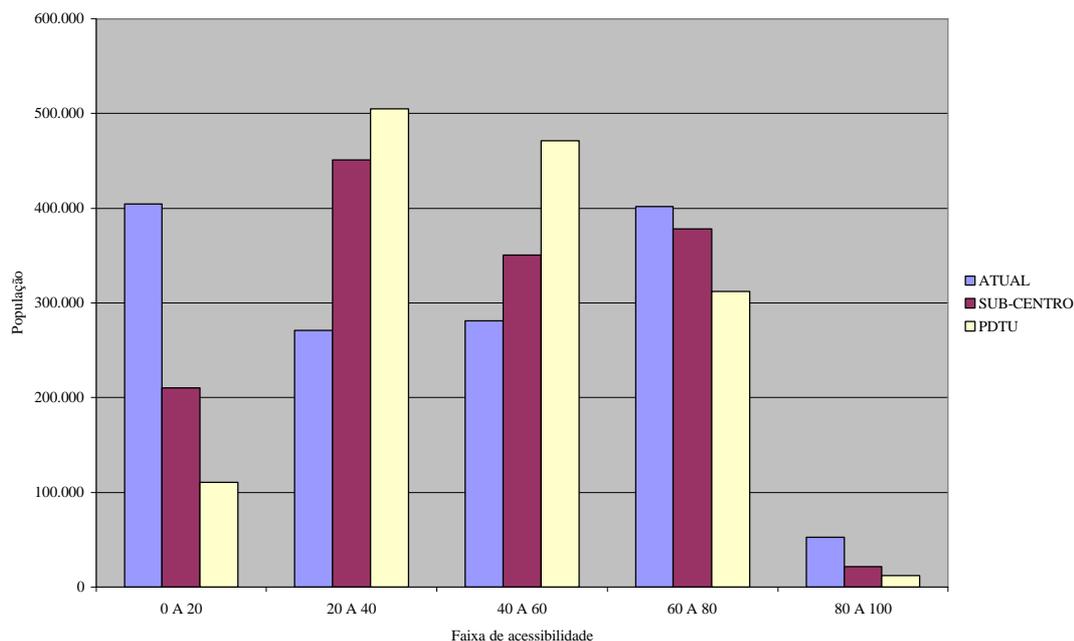


FIGURA 6.1 - População por faixa de acessibilidade em 3 cenários

A FIGURA 6.1 é a representação gráfica da TABELA 6.3 e mostra a população que se encontra em cada faixa de acessibilidade. A redistribuição da população ocorreu em todas as faixas, podendo ser observada a redução significativa da população que se encontra na faixa de 0 a 20, passando de 28,66% para 14,90% e 7,81% do total nos cenários SUB-CENTRO e PDTU 1991, respectivamente. As reduções ocorridas nas faixas de 60 a 80 e de 80 a 100 foram menores: de 28,50% para 26,80% e 22,14% e de 3,70% para 1,51% e 0,84%, respectivamente, comparando-se os cenários alternativos considerados.

Nas faixas de acessibilidade intermediárias, de 20 a 60, observa-se um aumento bastante significativa de população nos dois cenários, sendo que o cenário PDTU 1991 mostra um aumento maior na faixa de 40 a 60: de 19,94% para 33,42%. Assim, de maneira geral, a acessibilidade nos cenários alternativos, particularmente o PDTU 1991, apresenta-se melhor distribuída, com uma maior concentração nos valores intermediários de acessibilidade. No entanto, como há um certo equilíbrio entre perdas e ganhos de acessibilidade, é difícil afirmar que os cenários alternativos são melhores que a situação atual. Há que se considerar algo mais, como será visto a seguir.

6.2.2 Variação da acessibilidade ponderada pela população

A análise realizada no item 6.2.1 é limitada, pois indica apenas quantas pessoas ganharam ou perderam acessibilidade. É importante saber ainda quanto cada segmento da população ganhou ou perdeu e aí sim, comparar os resultados para seleção do melhor cenário. Nesta análise podem ser consideradas duas situações:

- a) Distribuição de acessibilidade tratando os habitantes de forma homogênea (análise sob a ótica da igualdade); e
- b) Distribuição da acessibilidade considerando os segmentos da população de forma diferenciada, com a atribuição de pesos diferenciados para as camadas de renda (análise sob a ótica da equidade).

Estas duas abordagens, no entanto, só produzem diferenças efetivas e que fazem sentido quando se está utilizando a variação observada como indicador do benefício em análises que comparam custos e benefícios, o que não é o caso deste estudo. No presente estudo os resultados são forçosamente idênticos, em termos relativos, mas permitem em ambos os casos selecionar o melhor cenário. Ainda assim far-se-á uma análise tanto de um caso como do outro, apenas para fins de ilustração de como poderia ser medido o benefício decorrente da melhoria de acessibilidade com base em princípios de equidade.

6.2.2.1 Uma análise sob a ótica da igualdade

Para uma análise considerando a média do aumento ou da redução de acessibilidade nos cenários propostos, os valores obtidos de variação dos índices foram ponderados pela população em cada faixa de renda, considerando a variação em cada setor censitário e posteriormente calculada a média.

O resultado dessas médias está apresentado na TABELA 6.4 onde pode-se constatar um aumento na acessibilidade nos dois cenários alternativos, tendo como resultados globais, cerca de 10,0% e de 17,0% no SUB-CENTRO e no PDTU 1991,

respectivamente, o que mostra a melhoria de acessibilidade com o incremento de pólos de comércio e serviços na RMB. Ocorreu uma variação maior de acessibilidade nas faixas mais baixas de renda e uma redução mínima na faixa mais alta de renda.

TABELA 6.4 – Variação de acessibilidade por faixa de renda em relação ao cenário atual

FAIXA DE RENDA	CENÁRIO	
	SUB-CENTRO (%)	PDTU 1991 (%)
Até 2 SM	19,62	25,99
2 A 4 SM	14,27	22,44
4 A 6 SM	7,36	14,82
6 A 10 SM	11,19	19,75
> 10 SM	-1,38	-1,31
VARIAÇÃO GERAL	10,09	16,92

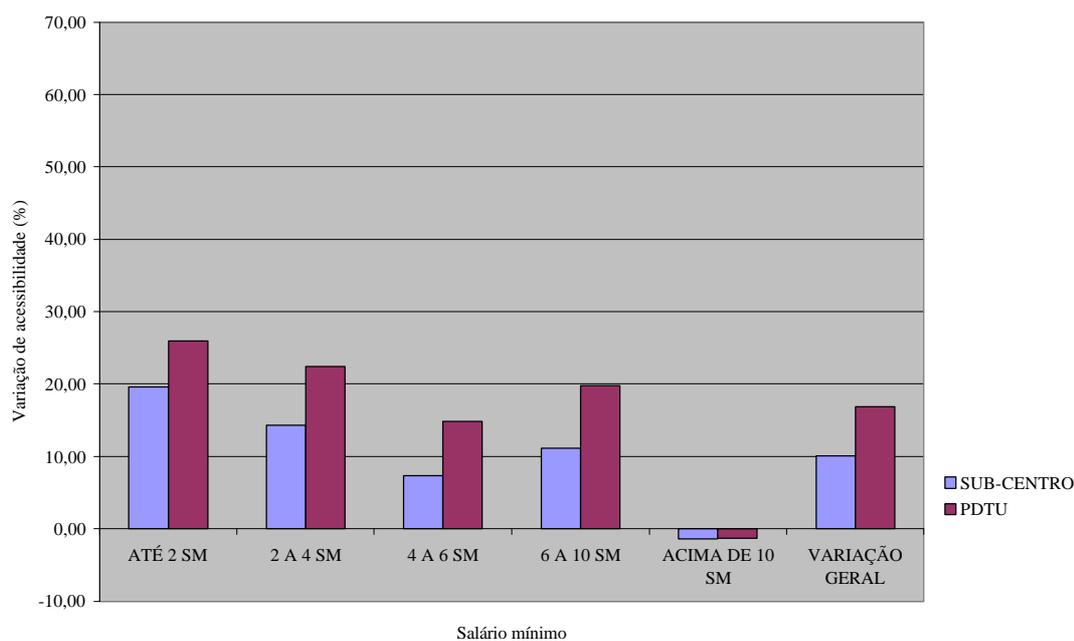


FIGURA 6.2 - Variação de acessibilidade por faixa de renda em relação ao cenário atual

Pode-se observar na FIGURA 6.2 a melhora na acessibilidade nos dois cenários alternativos, exceto na camada de renda mais elevada, sendo que no cenário PDTU a variação é superior ao SUB-CENTRO.

Nas TABELAS 6.5 e 6.6 estão mostradas as variações de acessibilidade por faixa de renda nos cenários SUB-CENTRO e PDTU 1991, respectivamente com as representações gráficas apresentadas nas FIGURAS 6.3 e 6.4.

TABELA 6.5 – Variação detalhada de acessibilidade por faixa de renda em relação ao cenário atual – Cenário: SUB-CENTRO

FAIXA DE RENDA	FAIXA DE ACESSIBILIDADE (%)				
	0 A 20 (%)	20 A 40 (%)	40 A 60 (%)	60 A 80 (%)	80 A 100 (%)
Até 2 SM	33,52	9,29	-2,31	-3,77	0
2 A 4 SM	37,90	8,36	-2,36	-3,47	-5,36
4 A 6 SM	30,59	6,91	-2,06	-3,52	0
6 A 10 SM	35,38	10,13	-1,37	-3,50	-4,08
> 10 SM	12,80	5,08	-0,78	-3,41	-3,06

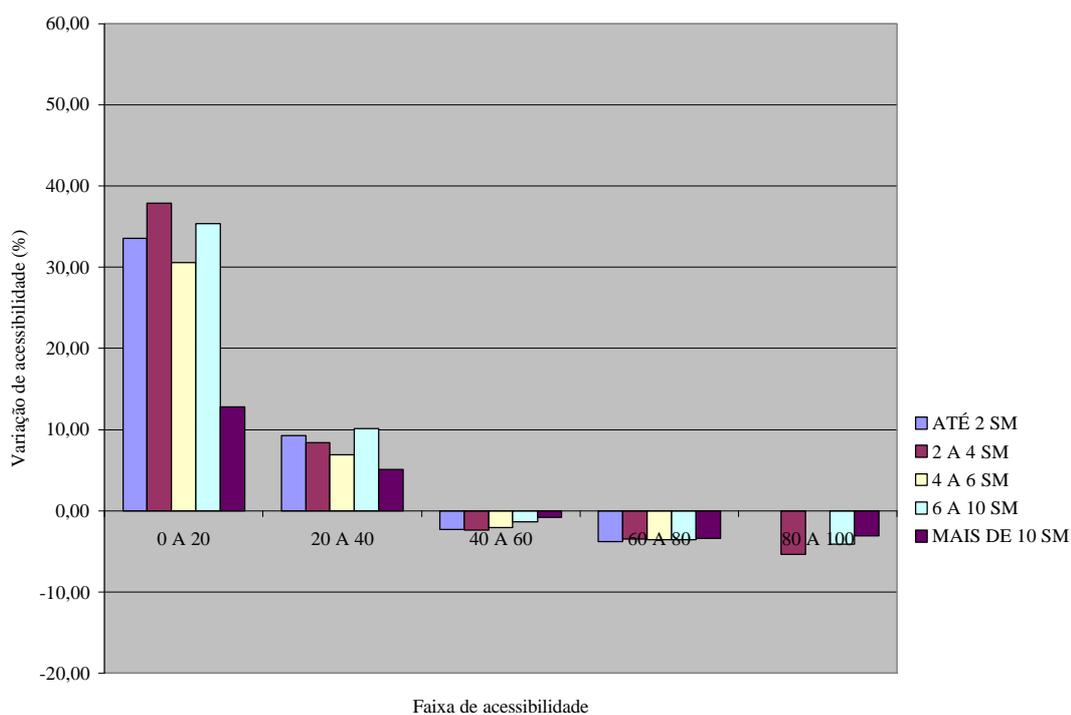


FIGURA 6.3 – Variação detalhada de acessibilidade por faixa de renda em relação ao cenário atual - Cenário: SUB-CENTRO

TABELA 6.6 – Variação detalhada de acessibilidade por faixa de renda em relação ao cenário atual – Cenário: PDTU 1991

FAIXA DE RENDA	FAIXA DE ACESSIBILIDADE				
	0 A 20 (%)	20 A 40 (%)	40 A 60 (%)	60 A 80 (%)	80 A 100 (%)
ATÉ 2 SM	43,03	20,56	-3,94	-7,53	0
2 A 4 SM	55,55	20,65	-3,64	-6,77	-11,39
4 A 6 SM	55,13	19,59	-1,80	-6,98	0
6 A 10 SM	56,64	25,09	1,93	-6,83	-8,36
> 10 SM	38,49	14,42	3,00	-6,70	-6,20

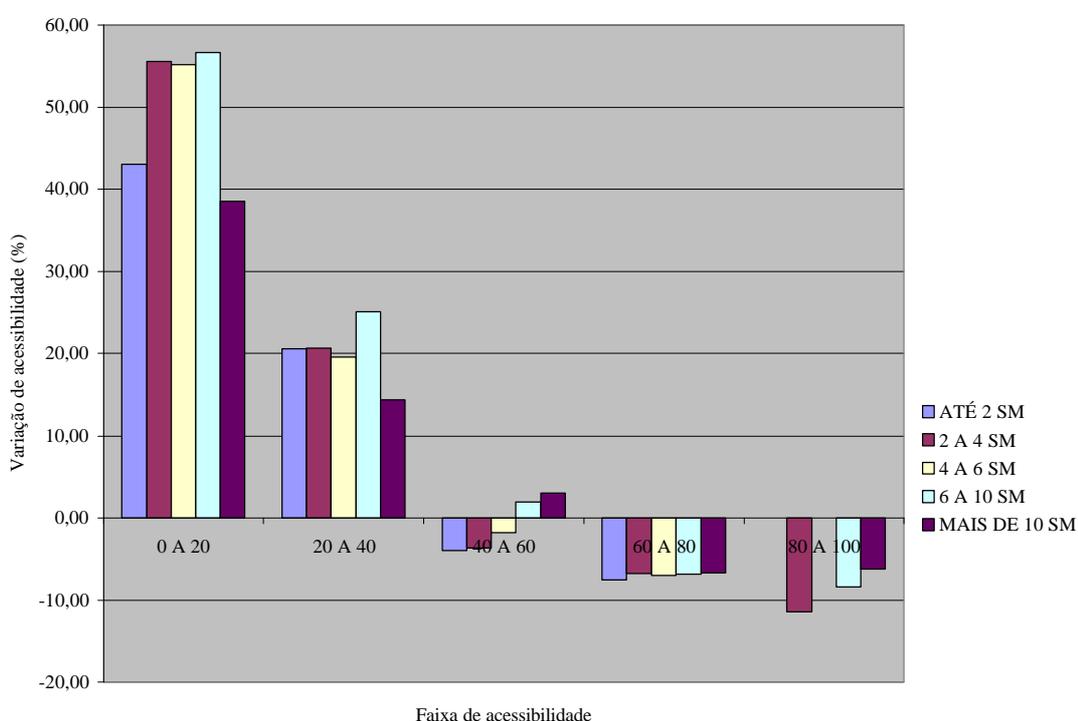


FIGURA 6.4 – Variação detalhada de acessibilidade por faixa de renda em relação ao cenário atual - Cenário: PDTU 1991

Os pólos de comércio e serviços propostos nos cenários alternativos localizam-se em áreas que hoje apresentam baixas acessibilidades, o que levou à melhoria da acessibilidade no seu entorno. Isso está mostrado nas FIGURAS 6.3 e 6.4, onde se pode observar um aumento significativo de acessibilidade nas faixas de 0 a 20 e de 20 a 40.

6.2.2.2 Uma análise sob a ótica da equidade

Para a introdução da acessibilidade como indicador de benefício em avaliações custo-benefício, sob a ótica da equidade, podem ser atribuídos pesos para cada faixa de renda (TABELA 6.7), considerando que as camadas de população com rendas mais baixas têm maiores impactos na variação de acessibilidade com a implantação de quaisquer intervenções realizadas em torno da sua área de residência. Assim, a atribuição de pesos é inversamente proporcional aos valores das faixas de renda.

TABELA 6.7 – Pesos atribuídos por faixa de renda

FAIXA DE RENDA	PESOS ATRIBUÍDOS
Até 2 SM	2,5
2 a 4 SM	2,0
4 a 6 SM	1,5
6 a 10 SM	1,0
> 10 SM	1,0

A TABELA 6.8 apresenta a variação de acessibilidade do tipo gravitacional tendo como resultado, neste caso, uma melhora nos dois cenários alternativos, com uma variação geral de 18,12% e 29,63% nos cenários SUB-CENTRO e PDTU 1991, respectivamente, com uma redução bastante pequena de cerca de 1,3% em ambos os cenários. Como não podia deixar de ser, os aumentos de acessibilidade ocorreram, tal como no caso anterior, basicamente nas faixas de renda mais baixas, de 0 a 4 salários mínimos.

TABELA 6.8 – Variação de acessibilidade por faixa de renda sob a ótica da equidade

FAIXA DE RENDA	CENÁRIO	
	SUB-CENTRO (%)	PDTU 1991 (%)
Até 2 SM	49,05	64,99
2 A 4 SM	28,55	44,87
4 A 6 SM	11,04	22,23
6 A 10 SM	11,19	19,75
> 10 SM	-1,38	-1,31
VARIAÇÃO GERAL	18,12	29,63

A FIGURA 6.5 mostra graficamente as variações de acessibilidade constantes da TABELA 6.8 onde pode se observar mais claramente os aumentos na maioria das camadas da população, com exceção do segmento de renda mais alta.

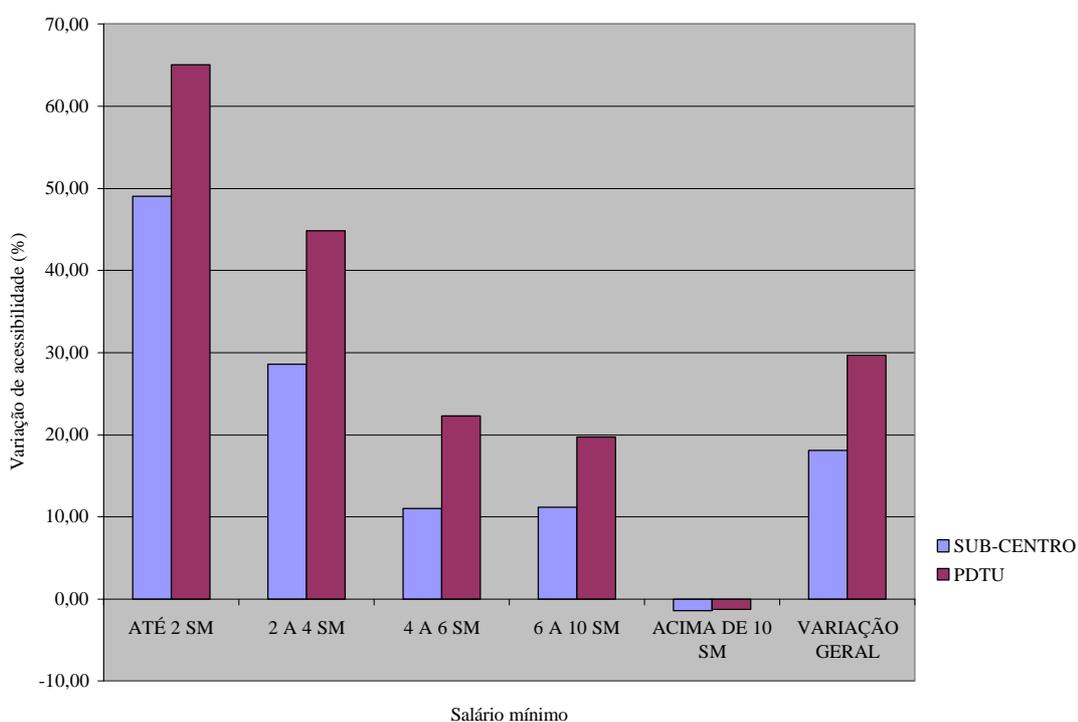


FIGURA 6.5 - Variação de acessibilidade sob a ótica da equidade

As variações de acessibilidade por faixa de renda ocorridas nos cenários SUB-CENTRO e PDTU 1991 estão apresentadas nas TABELAS 6.9 e 6.10, respectivamente, cujas representações gráficas estão nas FIGURAS 6.6 e 6.7.

TABELA 6.9 – Variação de acessibilidade por faixa de renda sob a ótica da equidade
Cenário: SUB-CENTRO

FAIXA DE RENDA	FAIXA DE ACESSIBILIDADE				
	0 A 20 (%)	20 A 40 (%)	40 A 60 (%)	60 A 80 (%)	80 A 100 (%)
Até 2 SM	83,81	23,23	-5,77	-9,43	0
2 A 4 SM	75,80	16,72	0,30	-6,94	-10,72
4 A 6 SM	45,88	10,36	-3,09	-6,94	0
6 A 10 SM	35,61	10,53	-1,37	-3,50	-4,08
> 10 SM	33,59	5,08	-0,78	-3,41	-3,06

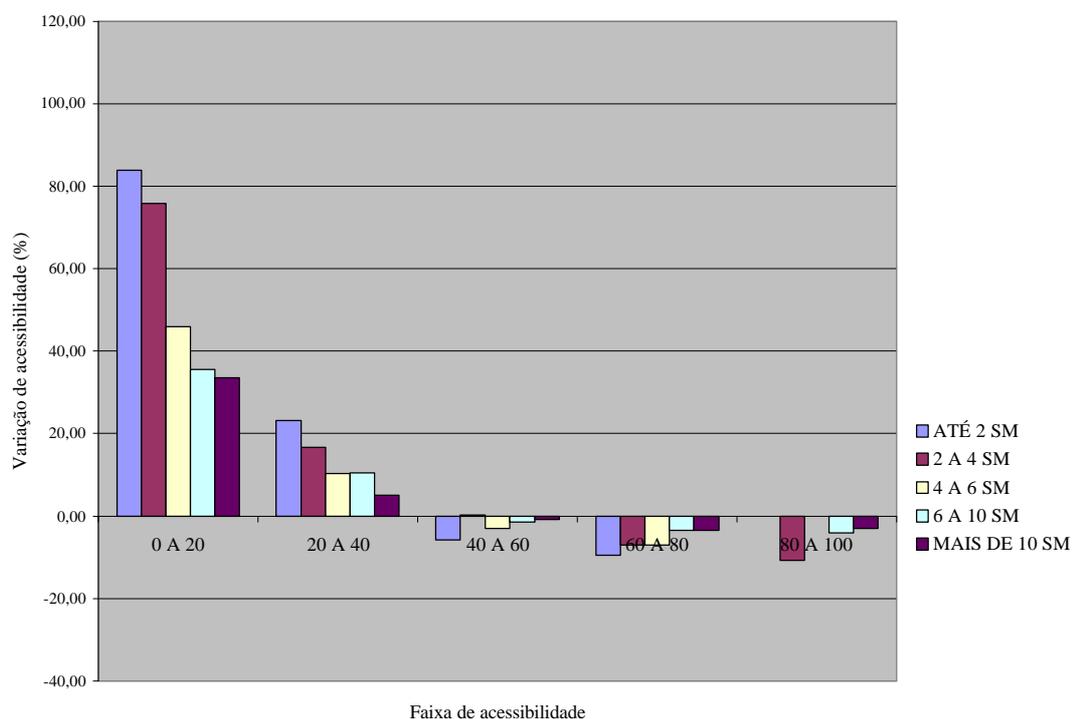


FIGURA 6.6 – Variação de acessibilidade por faixa de renda sob a ótica da equidade
Cenário: SUB-CENTRO

O mesmo comportamento de variação de acessibilidade do cenário SUB-CENTRO ocorre no cenário PDTU 1991, com aumento da acessibilidade nas faixas mais baixas de acessibilidade em proporções maiores, como pode-se observar na TABELA 6.10 e na FIGURA 6.7.

TABELA 6.10 – Variação de acessibilidade por faixa de renda sob a ótica da equidade – Cenário: PDTU 1991

FAIXA DE RENDA	FAIXA DE ACESSIBILIDADE				
	0 A 20 (%)	20 A 40 (%)	40 A 60 (%)	60 A 80 (%)	80 A 100 (%)
Até 2 SM	107,57	51,39	-9,85	-18,83	0
2 A 4 SM	110,69	41,30	-7,29	-13,53	-22,79
4 A 6 SM	83,44	29,39	-2,71	-10,48	0
6 A 10 SM	56,64	25,09	1,93	-6,83	-8,36
> 10 SM	55,06	14,42	3,00	-6,70	-6,20

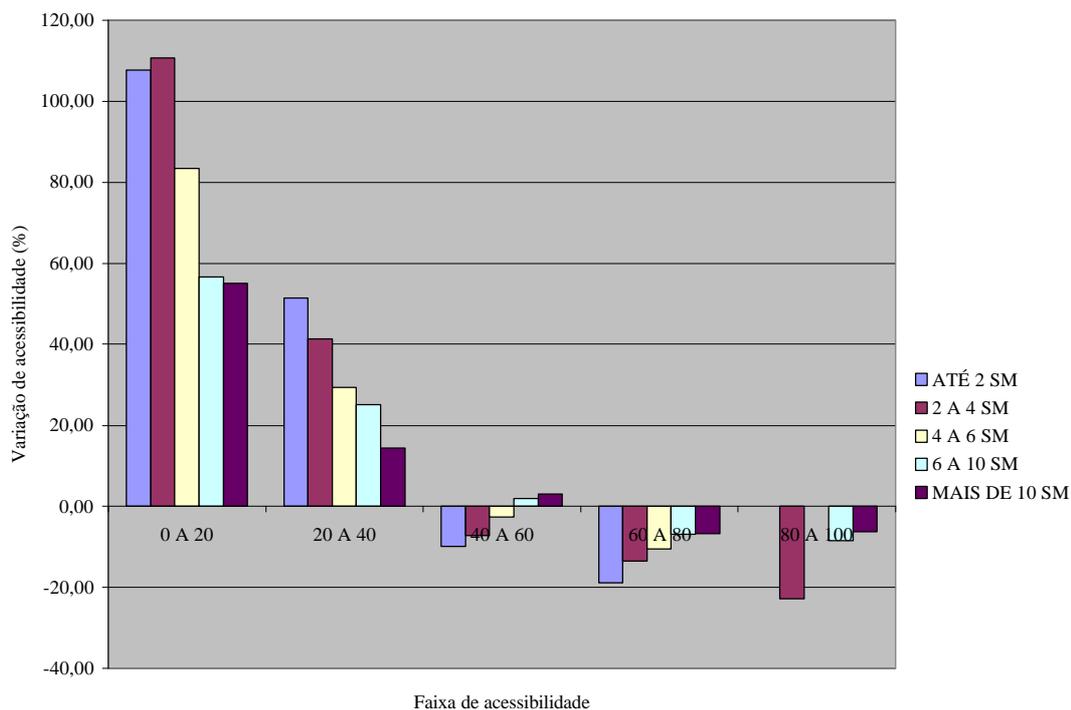


FIGURA 6.7 – Variação de acessibilidade por faixa de renda sob a ótica da equidade
Cenário: PDTU 1991

As variações positivas significativas ocorreram nas duas faixas mais baixas de acessibilidade e uma diminuição nas demais faixas, de modo semelhante à variação ocorrida na análise do item 6.2.2.1. Isso deve-se, também, ao motivo já observado no item anterior, ou seja, os pólos de comércio e serviços propostos estão localizados mais próximos das áreas hoje com baixas acessibilidades. A simples mudança de cenário, no entanto, não foi capaz de prover de acessibilidade todas aquelas que mais necessitavam. Em virtude disto, faz-se necessária uma avaliação complementar para identificação de desequilíbrios na distribuição de acessibilidade e renda no cenário selecionado, como será discutido a seguir.

6.2.2.3 Identificação de áreas ainda carentes de acessibilidade

Em todas as análises até aqui conduzidas, a descentralização de pólos de comércio e serviços resultou em cenários alternativos onde foi observada uma

melhora na acessibilidade. A análise da distribuição de acessibilidade nesses cenários foi realizada levando em consideração a variação da população nas faixas de acessibilidade, complementada por uma verificação da variação da acessibilidade ponderada pela população para seleção do cenário que promove a distribuição mais equitativa da acessibilidade.

Nos resultados encontrados o cenário PDTU 1991 mostrou-se, sob o ponto de vista da equidade, melhor que o cenário SUB-CENTRO.

Ao considerar a equidade, atribuindo pesos diferenciados para cada faixa de renda, obtém-se variações bastante superiores nas três faixas mais baixas de renda, refletindo assim uma maior aproximação da realidade, onde os benefícios implantados em áreas de baixa renda devem ser vistos como indicadores capazes de produzir maiores impactos. O grande desafio deste tipo de abordagem, no entanto, está na definição dos pesos a serem adotados para assegurar a equidade na distribuição do benefícios para todas as classes de renda.

Além disto, apesar de ter havido melhora em termos globais, há setores de renda mais baixa que ainda permanecem com baixa acessibilidade e alguns que chegaram mesmo a ter uma piora neste aspecto com a mudança para aquele considerado o melhor cenário (ver FIGURA 6.7, por exemplo). Para estes casos é preciso realizar uma análise complementar para identificar os setores que ainda apresentam condições injustas de acessibilidade em relação aos demais.

Para atender a estes setores mais carentes, seria necessário definir estratégias de priorização de investimentos em transportes, atendendo primeiro aqueles setores em piores condições, tanto de renda como de acessibilidade. Isto foi feito aqui com ferramentas do SIG para as condições do cenário selecionado criando-se 9 classes de equidade, que levam em consideração as faixas de renda e as variações de acessibilidade nas 5 faixas definidas neste estudo. A TABELA 6.11 mostra a composição das 9 classes de equidade, onde a Classe 1 é aquela em que apresenta a pior condição de acessibilidade com as menores faixa de renda e faixa de acessibilidade em oposição à Classe 9 com as maiores faixa de renda e faixa de acessibilidade.

TABELA 6.11 – Classes de equidade

FAIXA DE RENDA	FAIXA DE ACESSIBILIDADE				
	0 A 20	20 A 40	40 A 60	60 A 80	80 A 100
Até 2 SM	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
2 A 4 SM	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
4 A 6 SM	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6	Classe 7
6 A 10 SM	Classe 4	Classe 5	Classe 6	Classe 7	Classe 8
> 10 SM	Classe 5	Classe 6	Classe 7	Classe 8	Classe 9

A distribuição de população resultante por classe de equidade é apresentada na TABELA 6.12 com os respectivos percentuais e quantidade de setores censitários pertencentes a cada classe. Cabe observar que estes valores refletem os índices obtidos no cenário PDTU 1991.

TABELA 6.12 – População e quantidade de setores censitários por classe de equidade

CLASSE DE EQUIDADE	POPULAÇÃO		SETOR CENSITÁRIO	
	Quantidade	%	Quantidade	%
Classe 1	18.991	1,35	34	3,42
Classe 2	91.812	6,51	71	7,14
Classe 3	284.327	20,15	185	18,61
Classe 4	335.587	23,78	248	24,95
Classe 5	277.269	19,65	175	17,61
Classe 6	164.222	11,64	103	10,36
Classe 7	98.105	6,95	72	7,24
Classe 8	130.119	9,22	93	9,36
Classe 9	10.771	0,76	13	1,31
TOTAL	1.411.203	100,00	994	100,00

Observa-se que o maior percentual de população se encontra na classe 4 representando 23,78%, seguido pelas classes 3 e 5 com 20,15% e 19,65%, respectivamente. A FIGURA 6.8 mostra graficamente esses resultados em percentuais.

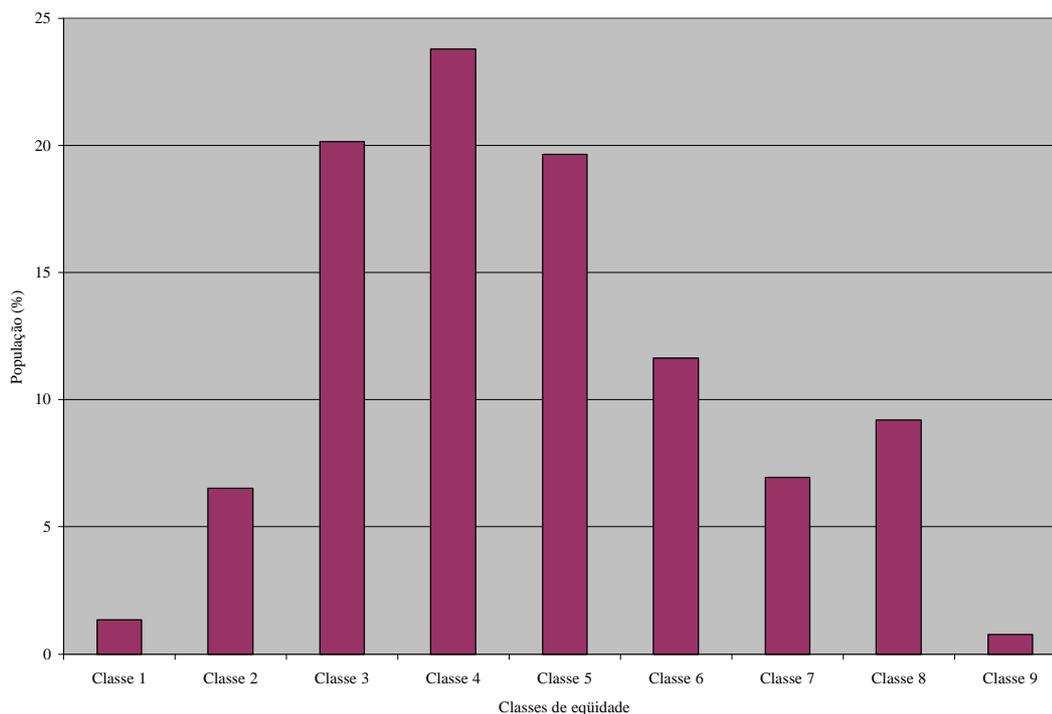


FIGURA 6.8 – Percentual de população por classe de equidade

Para melhor visualização desses resultados são apresentadas nas FIGURAS 6.9 e 6.10 as áreas com as respectivas classes de equidade, podendo-se observar as áreas com maiores necessidades de melhoria em infra-estrutura viária no intuito de atingir uma acessibilidade melhor. As áreas com as classes mais baixas se encontram na periferia, mantendo-se, ainda, melhores acessibilidades próximas à área central. Observa-se porém a presença de classes 5 e 6 em torno de Ananindeua e de Icoaraci, áreas estas que tiveram implantação de pólos de comércio e serviços e desfrutam, portanto, de melhor acessibilidade no novo cenário.

Em uma análise global, pode-se observar que os setores censitários localizados próximos à área central apresentam as classes menos carentes de renda e acessibilidade, porém observa-se alguns setores isolados com as classes mais carentes localizados próximos à área central, necessitando, portanto, de análise e ação pontuais.

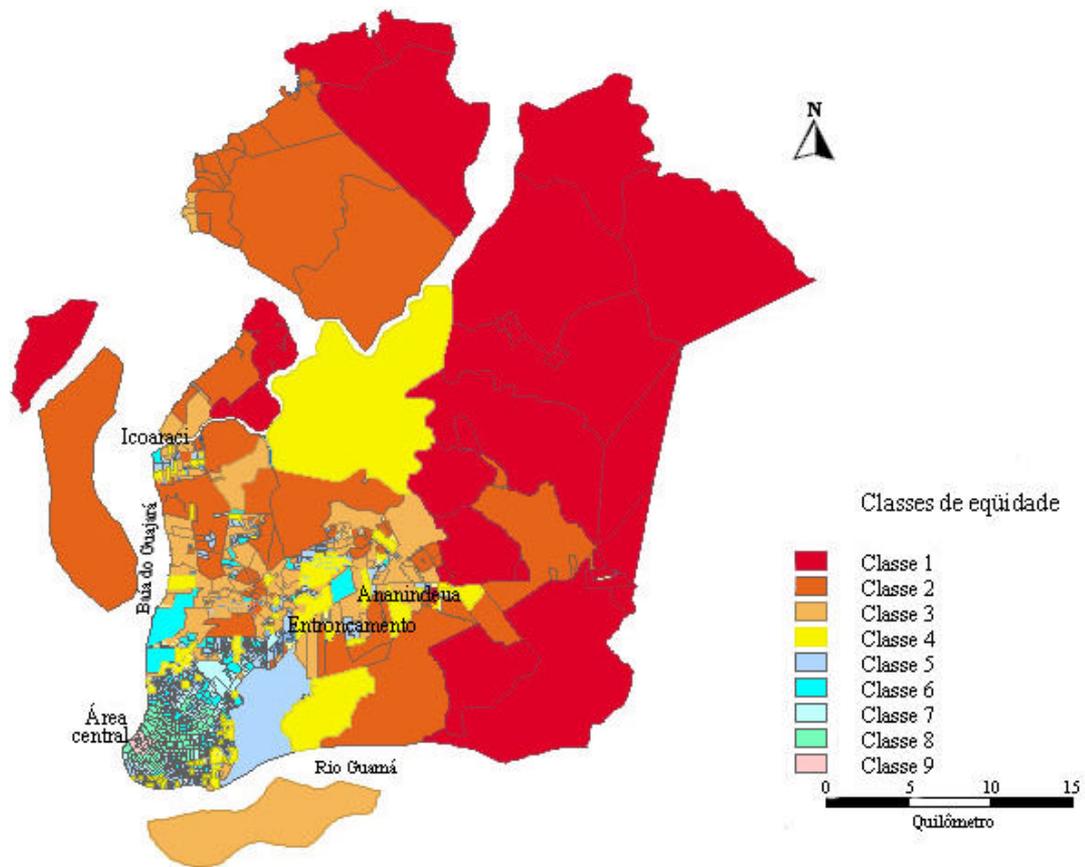


FIGURA 6.9 – Classes de equidade da RMB

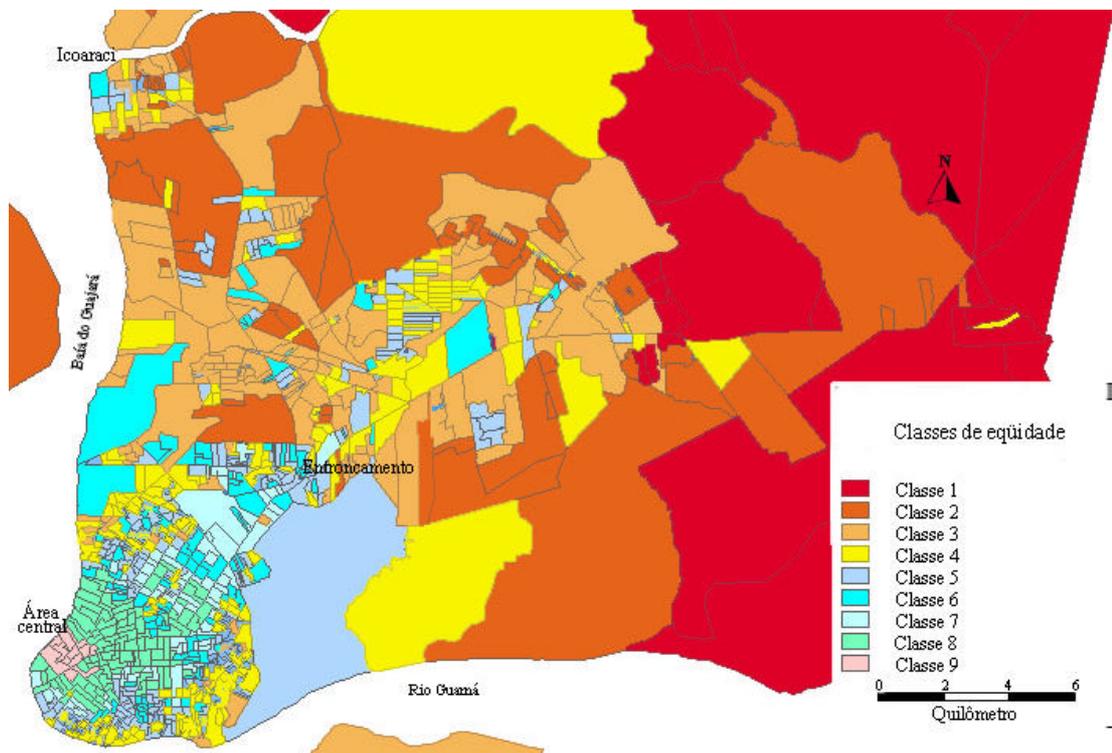


FIGURA 6.10 – Classes de equidade da RMB – DETALHE

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste estudo foram desenvolvidas diversas análises de acessibilidade com o objetivo de avaliar sua distribuição para diferentes camadas da sociedade da RMB. A primeira conclusão importante é que em todos os métodos aqui aplicados para este fim, mesmo observando-se uma baixa correlação linear entre renda e acessibilidade, constatou-se que há uma tendência de ocorrência de maiores acessibilidades para camadas de rendas mais altas.

A metodologia aqui aplicada demonstrou que os índices de acessibilidade do tipo gravitacional alteram de acordo com a localização de pólos de comércio e serviços e que as intenções de reduzir congestionamentos, de perda de tempo e diminuição de desconforto em deslocamentos diários da população podem ser concretizadas através de descentralização de pólos geradores de viagens. E, ainda, a utilização deste índice permite realizar uma avaliação de áreas com necessidades maiores de intervenções de melhoria na infra-estrutura.

O grau de variação de acessibilidade pode mudar de acordo com a importância que se quer dar a diferentes camadas da população, podendo-se priorizar ações diferenciadas com objetivos específicos para cada uma delas. Nesse sentido, a administração pública tem o poder de interferir na organização espacial da cidade, amenizando a segregação espacial a que se refere CORRÊA (1995): “o Estado capitalista cria mecanismos que levam à segregação residencial e à sua ratificação”.

Os métodos aqui utilizados foram baseados na acessibilidade em relação à rede viária básica da RMB e na atratividade medida através de deslocamentos efetivamente realizados pelo modo ônibus. A análise pode ser refinada levando-se em consideração todos os modos de transporte, além de incluir dados relativos à oferta de serviços e tempos de viagem, para melhor avaliar a equidade ao transporte.

Assim, poder-se-ia avaliar os índices de acordo com os modos mais utilizados por diferentes camadas de população. Como comenta TURRÓ (2000) existe uma necessidade de pensar no novo significado de “distância”, pois a definição convencional de “distância entre lugares” não mais parece suficiente. As inovações tecnológicas de transporte levam a considerar a distância física cada vez menos importante, tendo que relevar as condições de acesso ao ponto mais próximo da rede como um dos aspectos mais importantes para análise de acessibilidade. E, também, porque as redes de transporte influem nas decisões de localização e induzem o desenvolvimento espacial, nos contextos sócio-econômicos e tecnológico atuais.

A estratégia adotada para identificar os setores ainda carentes de acessibilidade mesmo após a adoção de um cenário em que acessibilidade já era melhor distribuída deve ser objeto de estudos complementares, já que os critérios adotados na definição das classes de mesma equidade foram estabelecidos por apenas uma pessoa, a autora da pesquisa. Esta estratégia, se bem formulada, de forma a refletir as necessidades e anseios da maioria da população, pode ser usada inclusive antes da criação dos cenários alternativos, servindo de referência para a definição das zonas em que se deveriam concentrar os pólos de maior atratividade.

Outro aspecto que merece pesquisas complementares é a definição dos pesos a serem considerados na avaliação dos benefícios decorrentes da alteração de cenários, no caso da variação de acessibilidade, cujos valores foram também aqui definidos pela autora. Neste caso, seria interessante ainda introduzir esta avaliação de fato em análises de custo e benefício, de forma a se poder avaliar o impacto dos pesos adotados.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, W. Bruce; LIU, Dong; SINGER, Scott. (1993). Accessibility measures of U.S. metropolitan areas. *Transportation Research*, v. 27B, n. 6, p. 439-449.

ARRUDA, J. B. F. (1997). *Determinação do impacto de projetos de transportes na acessibilidade do trabalhador às principais zonas de emprego urbano*. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 11, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, v. II, p. 975-984.

ASSAD, E. Delgado; SANO, E. Eyji. (1998). *Sistema de Informações Geográficas. Aplicações na agricultura*. 2.^a ed. Brasília. Embrapa/SPI.

BLACK, J; CONROY, M. (1977). Accessibility measures and the social evaluation of urban structure. *Environment and Planning A*, v.9, n.9, p. 1013-1031.

BRUINSMA, F.; RIETVELD, P. (1998). The accessibility of European cities: theoretical framework and comparison of approaches. *Environment and Planning A*, v.30, p. 499-521.

BUZAI, Gustavo D.; DURÁN, Diana. (1997). *Enseñar e investigar con Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.)*. 1^a ed. Buenos Aires. Troquel.

CALIJURI, Maria Lúcia; RÖHM, Sergio Antonio. (1994). *Sistemas de Informações Geográficas*. Viçosa. Imprensa Universitária – Universidade Federal de Viçosa.

- CÂMARA, Gilberto *et al.* (1996). *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica*. Campinas. Instituto de Computação, UNICAMP.
- CORRÊA, Antônio José Lamarão. (1989). *O espaço das ilusões: planos compreensivos e planejamento urbano na Região Metropolitana de Belém*. Belém. 339 p. Dissertação (Mestrado). Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará.
- CORRÊA, Roberto Lobato. (1995). *O espaço urbano*. 3^a ed. São Paulo. Ática.
- DALVI, M. Quasim. (1978). *Behavioural modelling accessibility, mobility and need: concepts and measurement*. In: Hensher, D. A. & Stopher, P. R. (eds). *Behavioural Travel Modelling*. London: Croom Helm.
- DAVIDSON, Kenneth Bell. (1977). Accessibility in transport/land use modelling and assessment. *Environment and Planning A*, v.9, n.12, p.1410-1416.
- DAVIDSON, Kenneth Bell. (1995). *Accessibility and isolation in transport network evaluation*. Trabalho apresentado na 7th World Conference on Transporte Research. The University of New South Wales, Sydney, Austrália.
- GAILE, Gary L. (1977). Efficiency: a comparison of a measure of efficiency with an entropic measure of the equality of discrete spatial distributions. *Economic Geography*, v. 53, n. 3, p. 265-282.
- GEIPOT (1980). *Estudo de transportes urbanos da Região Metropolitana de Belém; estudo de transportes coletivos –TRANSCOL*. Tomo I. Brasília.
- HANDY, Susan L. (1992). Regional versus local accessibility. Neo-tradicional development and its implications for non-work travel. *Built Environment*, v. 18, n.4, p. 253-267.

- IBGE (1991). *Censo demográfico 1991, famílias e domicílios, resultados da amostra*, n.6, p. 29.
- INGRAM, D. R. (1971). The concept of accessibility: a search for an operational form. *Regional Studies*, v.5, n.2, p. 101-107.
- JICA (1991). *Plano diretor de transportes urbanos da Região Metropolitana de Belém*. Relatório final. Brasília.
- KNOX, Paul L. (1978). The intraurban ecology of primary medical care: patterns of accessibility and their policy implications. *Environment and Planning A*, v10, p. 415-435.
- KOENIG, J. G. (1980). Indicators of urban accessibility: theory and application. *Transportation Research*, v.9, n.2, p. 145 - 172.
- LIMA, Renato da Silva. (1998). *Expansão urbana e acessibilidade – O caso das cidades médias brasileiras*. São Carlos. 81 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- MORRIS, J. M; DUMBLE, P. L.; WIGAN, M. R. (1978). Accessibility indicators for transport planning. *Transportation Research*, v.13A, n.2, p. 91-109.
- ORDOSGOITIA, I. S; RIOS, J. D. M; SOTO, C. A. ÁNGEL. (2000). *Análisis de la accesibilidad vial em la región del occidente colombiano*. In: Congreso de Ingeniería del Transport, 4, Valencia - Espanha, p. 5–12.
- PIRIE, G. H. (1979). Measuring accessibility: a review and proposal. *Environment and Planning A*, v.11, n.3, p. 299-312.

- POOLER, James A. (1995). The use of spatial separation in the measurement of transportation accessibility. *Transportation Research*, v. 29A, n.6, p. 421-427.
- RAIA Jr., A. A.; SILVA, A. N. R. e N. C. M. BRONDINO. (1997) *Comparação entre medidas de acessibilidade para aplicação em cidades brasileiras de porte médio*. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 11, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, v. II, p. 997-1008.
- RAIA Jr., A. A.; SILVA, A. N. R. (1998). *Um método expedito para verificação da consistência de redes para uso em um SIG-T*. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 12, Fortaleza Anais... Fortaleza, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, v.2, p. 10-17.
- SALES FILHO, L. H. (1998) *The accessibility matrix – a new approach for evaluating urban transportation networks*. Trabalho apresentado na 8th World Conference on Transportation Research, Antwerp, Belgium.
- SANCHES, S. P. (1996). *Acessibilidade: um indicador de desempenho dos sistemas de transporte nas cidades*. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 10, Brasília. Anais... Brasília, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, v. I, p. 199-208.
- SCHOON, John. G.; MacDONALD, Michael; LEE, Adrian. (1999). Accessibility indices: pilot study and potential use in strategic planning. 26p. *Transportation Research Board*. 78th Annual meeting, Washington, DC.
- SILVA, A. N. R. (1993). *O custo do solo urbano ocioso e uma nova sistemática de tributação da propriedade*. 137 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- SILVA, A. N. R. (1998). *Sistema de Informações Geográficas para o planejamento de transportes*. São Carlos.112p. (Tese de Livre-docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SILVA, A. N. R.; LIMA R. S., RAIA Jr., A.A.; VAN DER WAERDEN, P. (1998). *Urban transportation accessibility and social equity in a developing country*. In: Feedman, P. & Jamet, C. (ed.) *Urban transport policy – A sustainable development tool*. CODATU – World Conference of the Cooperation for the Continuing Development of Urban and Suburban Transportation, 8, Cidade do Cabo – África do Sul. Proceedings.Rotterdam, Balkema, p. 709 - 714.
- TALLEN, Emily. (1998). Visualizing fairness - Equity maps for planners. *Journal of the American Planning Association*, v. 64, n. 1. p. 22-38.
- TALLEN, Emily; ANSELIN, Luc. (1998). Assessing spatial equity: an evaluation of measures of accessibility to public playgrounds. *Environment and Planning A*, v.30, p. 595-613.
- TURRÓ, Mateu; ULIED, Andreu; ESQUIUS, Andreu; CAÑAS, Enric. (2000). *Definición del Indicador de Conectividad: ICON*. In: Congreso de Ingeniería del Transport, 4, Valencia - Espanha, p. 21–29.
- VAN DER WAERDEN, P.; BORGERS, A.; TIMMERMANS, H.; SMEETS, J.; SILVA, A.N.R. (1999). *The validity of conventional accessibility measures: objective scores versus subjective evaluations*. In: Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 13, São Carlos. Anais... São Carlos, Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, v.1, p. 40–49.
- VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara. (1996a). *Transporte urbano, espaço e equidade. Análise das políticas públicas*. 2ª ed. São Paulo: NetPress.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara. (1996b). *Transporte urbano nos países em desenvolvimento*. 1ª ed. São Paulo. Editoras Unidas.

VICKERMAN, R.W. (1974). Accessibility, attraction, and potential: a review of some concepts and their use in determining mobility. *Environment Planning A*, v.6, n.6, p. 675-691.

VILLAÇA, Flávio. (1989). O que todo cidadão precisa saber sobre habitação. São Paulo. Ed. Global.