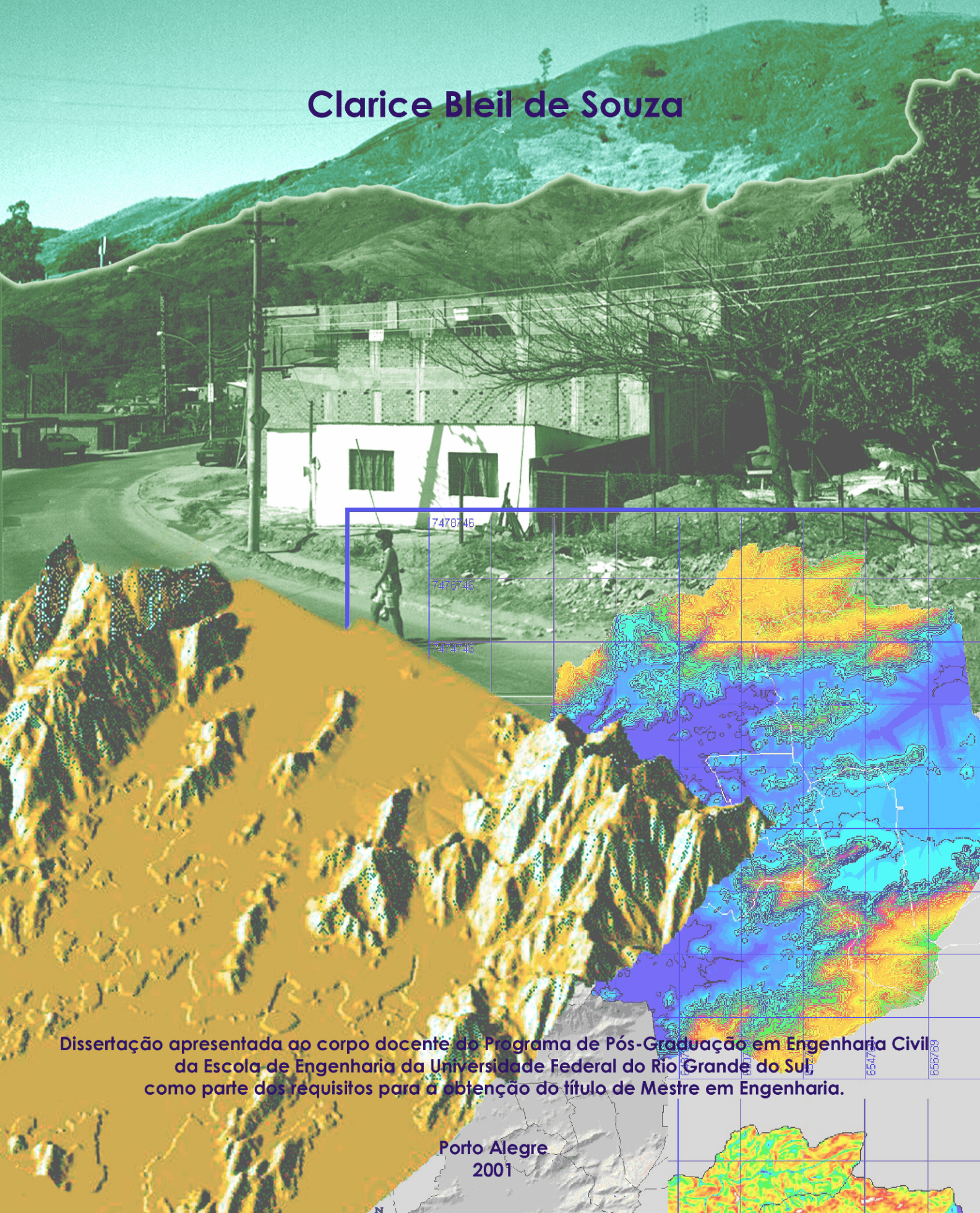


# METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE DIRETRIZES DE OCUPAÇÃO DE ENCOSTAS URBANAS

Clarice Bleil de Souza



Dissertação apresentada ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Porto Alegre  
2001



Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelos orientadores e pelo Programa de Pós-Graduação.

---

Prof<sup>a</sup>. Anna Laura L.S. Nunes  
Orientadora

---

Prof. Willy A. Lacerda  
Orientador

---

Prof. Francisco de Paula S. L. Gastal  
Coordenador do PPGEC

### **BANCA EXAMINADORA**

Prof. Alberto Sampaio F. J. Sayão  
PhD – University of British Columbia, Canadá  
PUC-Rio

Prof. Rinaldo J. B. Pinheiro  
Dr. – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PPGEC  
Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Eliseu J. Weber  
MSc – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Centro de Recursos IDRISI - UFRGS

Prof. Nilo C. Consoli  
PhD – Concordia University, Canadá  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PPGEC

Ao Carlos Eduardo  
Paulo, Susana e Maritza

*Há mundos onde a vida nunca surgiu. Há mundos que foram reduzidos a carvão e arruinados por catástrofes cósmicas. Somos afortunados: estamos vivos; somos poderosos; o bem estar da nossa civilização e da nossa espécie está em nossas mãos. Se não nos responsabilizarmos pela terra, quem o fará? Se não nos comprometermos pela nossa responsabilidade, quem o fará?*

(Carl Sagan, 1984)



## **AGRADECIMENTOS**

A todos aqueles órgãos e instituições governamentais que colaboraram fornecendo dados para realização deste trabalho:

- Secretaria Municipal do Meio Ambiente do Município do Rio de Janeiro (SMAC), especialmente à Maria do Carmo Bueno;
- Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro (Fundação GeoRio);
- Companhia Brasileira de Prospecção e Recursos Minerais (CPRM);
- Instituto Pereira Passos (IPP);
- Secretaria Municipal de Urbanismo do Município do Rio de Janeiro (SMU);
- Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro (SEMA), especialmente à Elena Benegas.

Às instituições que auxiliaram com financiamento:

- PRONEX / UFRJ;
- CNPq.

A todos aqueles que auxiliaram na realização no trabalho, inclusive nos momentos mais críticos:

- Centro de Recursos IDRISI – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CRIDRISI – UFRGS), especialmente a Eliseu Weber e William Wazlawic;
- Ao Prof. Alfonso Risso do Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH / UFRGS;
- Aos amigos Flávia e Sérgio de Bem.

As duas pessoas que tornaram possível a realização deste trabalho:

- Prof. Anna Laura L. S. Nunes;
- Prof. Willy A. Lacerda.

<b><u>LISTA DE FIGURAS</u></b>	viii
<b><u>LISTA DE TABELAS</u></b>	xii
<b><u>RESUMO E ABSTRACT</u></b>	xiii
<b><u>1. INTRODUÇÃO</u></b>	001
1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA	001
1.2 OBJETIVOS	002
1.3 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO	003
<b><u>2. A PROBLEMÁTICA DA OCUPAÇÃO DE ÁREAS DE ENCOSTA E UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO</u></b>	005
2.1 O CONTEXTO E O ESTUDO DE CASO	006
2.1.1 O contexto	007
2.1.1.1 O estado da arte	007
2.1.2 O estudo de caso	009
2.1.2.1 A metrópole	009
2.1.2.2 A periferia intermediária	010
2.2 O MÉTODO E A FERRAMENTA	012
2.2.1 O método	014
2.2.1.1 Uma abordagem ambiental	014
2.2.2 A ferramenta	019
2.2.1.2 O projeto IDRISI	019
<b><u>3. AS INFORMAÇÕES COLETADAS E A SÍNTESE DOS DADOS RELEVANTES</u></b>	020
3.1 O BANCO DE DADOS	023
3.1.1 Os processos naturais	025
3.1.1.1 Coleção de temas referentes ao ambiente natural	027
3.1.2 Os aspectos históricos e sócio-econômicos	034
3.1.2.1 A evolução urbana	034
3.1.2.2 A análise sócio-econômica	040
3.1.3 As políticas públicas	050

3.1.3.1 A legislação	051
3.2 SÍNTESE DAS INFORMAÇÕES COLETADAS	055
<b>3.2.1 Informações sobre o meio ambiente contidas na legislação</b>	<b>057</b>
3.2.1.1 Espacialização de dados referentes ao meio ambiente contemplados pela legislação	058
<b>3.2.2 Informações sobre as formas de apropriação do solo contidas no estudo histórico e sócio-econômico</b>	<b>062</b>
3.2.2.1 Espacialização de dados referentes às formas de apropriação do solo com base em estudos históricos e sócio-econômicos	062
<b>3.2.3 Complementação de conjunto de dados referentes ao ambiente natural mediante pesquisa bibliográfica extra</b>	<b>067</b>
3.2.3.1 Espacialização de dados referentes ao ambiente natural complementados por pesquisas bibliográficas extra	067
<b>3.2.4 Identificação da parcela regional destinada ao crescimento</b>	<b>079</b>
3.2.4.1 Tabulação das informações referentes à parcela regional destinada ao crescimento	080
<b><u>4. OS DIVERSOS CENÁRIOS PREPARADOS E SEUS ELEMENTOS</u></b>	<b>082</b>
4.1 ELEMENTOS DAS SIMULAÇÕES	085
<b>4.1.1 Restrições</b>	<b>086</b>
4.1.1.1 Geração do conjunto de mapas booleanos	087
<b>4.1.2 Fatores</b>	<b>089</b>
4.1.2.1 Padronização dos fatores e montagem das matrizes	090
<b>4.1.3 Critérios de ponderação</b>	<b>094</b>
4.1.3.1 Ponderação dos fatores	095
4.2 SIMULAÇÕES	100
<b>4.2.1 Organização e análise das hipóteses de simulação do grupo vermelho A</b>	<b>104</b>
4.2.1.1 Apresentação dos resultados do grupo vermelho A	106
<b>4.2.2 Organização e análise das hipóteses de simulação do grupo amarelo A</b>	<b>115</b>
4.2.2.1 Apresentação dos resultados do grupo amarelo A	119
<b>4.2.3 Organização e análise das hipóteses de simulação do grupo amarelo B</b>	<b>133</b>
4.2.3.1 Apresentação dos resultados do grupo amarelo B	134
<b>4.2.4 Organização e análise das hipóteses de simulação do grupo verde B</b>	<b>141</b>
4.2.4.1 Apresentação dos resultados do grupo verde B	143



<b>4.2.5 Análise do conjunto de resultados obtidos</b>	151
4.2.5.1 Conseqüências das alterações dos conjuntos de restrições na área total disponível para expansão	152
4.2.5.2 Conseqüências das alterações dos conjuntos de restrições, fatores e critérios de ponderação na área destinada a absorver o crescimento previsto para o ano de 2005	154
<b><u>5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS</u></b>	158
5.1 CONCLUSÕES GENÉRICAS	158
5.2 CONCLUSÕES ESPECÍFICAS	160
5.3 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	163
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	164
<u>ANEXO A</u>	171
<u>ANEXO B</u>	176
<u>ANEXO C</u>	181

## LISTA DE FIGURAS

### 2. A PROBLEMÁTICA DA OCUPAÇÃO DE ÁREAS DE ENCOSTA E UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO

2.1 - Mapa do município do Rio de Janeiro com situação do estudo de caso (IPLAN/RIO, 1999). _____	011
2.2 - Desmatamento de parte das encostas do maciço da Pedra Branca. _____	012
2.3 - Pequenos morros das zonas de baixada, ocupação precária e degradação ambiental. _	013
2.4 - Diagrama ilustrativo da metodologia utilizada. _____	018

### 3. AS INFORMAÇÕES COLETADAS E A SÍNTESE DOS DADOS RELEVANTES

3.1 - Relevo da área de estudo: (a) Altimetria; (b) Sombreamento analítico; (c) Declividades. _____	028
3.2 - Hidrografia da área de estudo. _____	029
3.3 - Solos da área de estudo: (a) Mapa pedológico adquirido; (b) Classes pedológicas agrupadas; (c) Materiais de origem. _____	031
3.4 - Vegetação e usos do solo da área de estudo: (a) Uso e cobertura do solo; (b) Áreas urbanas e sistema viário. _____	033
3.5 - Evolução urbana da Zona Oeste: (a) Primeira fase de ocupação. _____	035
3.5 - Evolução urbana da Zona Oeste: (b) Segunda fase de ocupação. _____	036
3.5 - Evolução urbana da Zona Oeste: (c) Terceira fase de ocupação (Depto. Geral do Patrimônio Cultural, 1992). _____	036
3.6 - Vila Kennedy em 1960 (Abreu, 1997). _____	039
3.7 - Conjuntos Habitacionais de Padre Miguel na Zona Oeste. _____	039
3.8 - Tipologias habitacionais menos modestas próximas à via férrea. _____	048
3.9 - Tipologias habitacionais mais modestas próximas à via férrea. _____	049
3.10 - Tipologias habitacionais menos modestas próximas à Avenida Brasil. _____	049
3.11 - Conjuntos habitacionais, próximos à Avenida Brasil. _____	050
3.12 - Avaliação de áreas restritas à ocupação de acordo com a declividade: (a) áreas acima de 30% de declividade; (b) Ampliação de trecho do mapa. _____	059
3.13 - Avaliação de áreas restritas à ocupação de acordo com a altimetria: (a) áreas acima da cota 100m; (b) áreas acima da cota 50m; (c) Ampliação de trecho do mapa. _____	060
3.14 - Avaliação de áreas restritas à ocupação de acordo as leis de proteção ambiental. ____	062

3.15 - Avaliação da acessibilidade nas formas de apropriação do solo em relação à: (a) Av. Brasil; (b) Estações de trem; (c) Duas conexões. _____	064
3.16 - Avaliação da infra-estrutura instalada e da urbanização nas formas de apropriação do solo: (a) Distância em relação às vias existentes; (b) Distância em relação a área urbana consolidada. _____	066
Figura 3.17 – Problemas relacionados à geomorfologia da região. _____	073
Figura 3.18 – Perfis típicos de colúvios da região sudeste do Brasil: (a) Perfil longitudinal do processo de formação de um colúvio (modificado de Lacerda e Sandroni, 1985); (b) Perfil transversal do processo de formação de um colúvio (adaptado de Deere e Patton, 1971); (c) Perfil típico de um colúvio da região sudeste do Brasil (adaptado de Deere e Patton, 1971). _____	076
Figura 3.19 – Localização das possíveis áreas de colúvio presentes na região: (a) Espacialização das informações em toda a área de estudo; (b) Ampliação de trecho do mapa; (c) Ampliação para mostrar resolução. _____	078

#### **4. OS DIVERSOS CENÁRIOS PREPARADOS E SEUS ELEMENTOS**

4.1 - Estrutura de uma matriz de combinação pareada. _____	086
4.2 - Matrizes de combinação pareada utilizadas. _____	094
4.3 - Aplicação do critério de ponderação que segue a legislação vigente (2). _____	097
4.4 - Aplicação do critério de ponderação que segue a tendência observada (3). _____	098
4.5 - Aplicação do critério de ponderação que segue a estratégia de planejamento do “determinismo fisiográfico” (4). _____	100
4.6 - Diagrama geral das hipóteses de simulação propostas. _____	102
4.7 - Diagrama detalhado do primeiro conjunto de hipóteses – Grupo vermelho A. _____	106
4.8 - Histograma e quadro de áreas de toda a área disponível para ocupação - Cenários vermelhos A. _____	107
4.9 - Mapas ilustrativos do cenário vermelho A-1: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005. _____	109
4.10 - Mapas ilustrativos do cenário vermelho A-2: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005. _____	111
4.11 - Mapas ilustrativos do cenário vermelho A-3: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005. _____	113
4.12 - Análise do parcelamento dos <i>clusters</i> de área destinada a expansão até o ano de 2005 - Grupo vermelho A. _____	115



4.13 - Diagrama detalhado do segundo conjunto de hipóteses – Grupo amarelo A. _____	118
4.14 - Histograma e quadro de áreas de toda a área disponível para ocupação - Cenários amarelos A. _____	120
4.15 - Mapas ilustrativos do cenário amarelo A-1: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005. _____	122
4.16 - Mapas ilustrativos do cenário amarelo A-2: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005. _____	124
4.17 - Mapas ilustrativos do cenário amarelo A-3: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005. _____	126
4.18 - Mapas ilustrativos do cenário amarelo A-4: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005. _____	129
4.19 - Análise do parcelamento dos <i>clusters</i> de área destinada a expansão até o ano de 2005 - Grupo amarelo A. _____	132
4.20 - Diagrama detalhado do terceiro conjunto de hipóteses – Grupo amarelo B. _____	134
4.21 - Mapas ilustrativos do cenário amarelo B-1: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005. _____	136
4.22 - Mapas ilustrativos do cenário amarelo B-4: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005. _____	139
4.23 - Análise do parcelamento dos <i>clusters</i> de área destinada a expansão até o ano de 2005 - Grupo amarelo B. _____	141
4.24 - Diagrama detalhado do quarto conjunto de hipóteses – Grupo verde B. _____	143
4.25 - Histograma e quadro de áreas de toda a área disponível para ocupação - Cenários verdes B. _____	144
4.26 - Mapas ilustrativos do cenário verde B-1: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005. _____	146
4.27 - Mapas ilustrativos do cenário verde B-4: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005. _____	149
4.28 - Análise do parcelamento dos <i>clusters</i> de área destinada a expansão até o ano de 2005 - Grupo verde B. _____	151
4.29 - Comparação dos resultados obtidos dos três grupos de restrições testadas considerando toda a área disponível para expansão: (a) Área total; (b) Número de <i>clusters</i> ; (c) Superfície média dos <i>clusters</i> ; (d) Desvio padrão em relação à superfície média dos <i>clusters</i> . _____	154

4.30 - Fragmentação das áreas aptas destinadas a absorver o crescimento populacional previsto para o ano de 2005: (a) Número de *clusters* dos cenários A; (b) Número de *clusters* dos cenários B. \_\_\_\_\_ 156

Figura 4.31 - Avaliação da homogeneidade na fragmentação das áreas aptas destinadas a absorver o crescimento populacional previsto para o ano de 2005: (a) Superfície média dos *clusters* dos cenários A; (b) Superfície média dos *clusters* dos cenários B; (c) Desvio padrão em relação à superfície média dos *clusters* dos cenários A; (d) Desvio padrão em relação à superfície média dos *clusters* dos cenários B. \_\_\_\_\_ 157

## **LISTA DE TABELAS**

### **3. AS INFORMAÇÕES COLETADAS E A SÍNTESE DOS DADOS RELEVANTES**

3.1 Índices de Concentração de Renda – ICR (baseado em Cardoso e Ribeiro, 1996).	041
3.2 Percentual do número de pessoas residentes por domicílio (adapt. SMU/IPP/DIC, 1997).	043
3.3 Usos do solo (adapt. SMU/IPP/DIC, 1997).	045
3.4 Percentual de terrenos por faixa de área (adapt. SMU/IPP/DIC, 1997).	046
3.5 Percentual de imóveis residenciais por tipo (adapt. SMU/IPP/DIC, 1997).	047
3.6 Percentual de imóveis residenciais em cada faixa de área de acordo com o tipo (adapt. SMU/IPP/DIC, 1997).	048
3.7 Declividades: limites máximos, mínimos e ótimos para cada tipo de uso do solo (adapt. de Marsh, 1997).	067
3.8 População atual, população projetada e excedente populacional (adapt. de SMU/IPP/DIC, 1997 e Anexo A.12).	080
3.9 Área residencial necessária para acomodar o excedente populacional (baseado em SMU/IPP/DIC, 1997 e Anexo A.12).	081

### **4. OS DIVERSOS CENÁRIOS PREPARADOS E SEUS ELEMENTOS**

4.1 Área total e área urbanizada em cada faixa de declividade.	092
--	-----



## **RESUMO**

O presente trabalho propõe uma metodologia para determinar diretrizes ambientais de planejamento urbano para áreas de encosta. Para tanto, utiliza como base a metodologia apresentada por McHarg (em 1968), que propõe uma abordagem ecológica do processo de planejamento urbano.

O método é integrado às modernas ferramentas de apoio à decisão contidas no ambiente de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os resultados são apresentados sob a forma de um conjunto de cenários futuros, definindo os limites e as nuances de aptidão da ocupação urbana.

A metodologia é testada em um estudo de caso para se avaliar o quão genérica é a proposta e o quão específicos são os seus resultados. O objetivo é analisar as aptidões e potenciais do solo não ocupado, gerando cenários que integrem as aspirações ambientais e de qualidade de vida às necessidades de crescimento urbano.

## **ABSTRACT**

This work proposes a method for evaluating environmental directives of urban planning in hilly areas. The proposed method is based on McHarg (in 1968), who describes an ecological approach to urban planning.

The process is to be developed in a Geographic Information System (GIS) environment. The results are displayed as a group of future scenarios each of them indicating a constrained area inside which a different approach to land suitability assessment for urban development is established.

The method is to be tested in a case study to show how generic is the proposition and how specific the results can be. The goal is to achieve land suitability alternatives in non developed areas creating scenarios which integrate environmental and life quality aspirations to the necessities of urban growth.

## [Capítulo 1](#)

# 1 – INTRODUÇÃO

## 1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA

As periferias urbanas das grandes metrópoles caracterizam-se pelo crescimento acelerado e desordenado, além de possuírem diretrizes de planejamento não condizentes com suas formas de ocupação. A população que nelas reside tem, em geral, baixo poder aquisitivo e não pode arcar com o alto custo de vida da metrópole. Migra, então, para esses locais que oferecem terrenos de mais baixo custo, muitos deles localizados em áreas de risco.

As áreas de risco são assim denominadas por tratarem-se de locais sujeitos à ocorrência de fenômenos naturais, geológico-geotécnicos e hidráulicos, que implicam na possibilidade de perdas de vida ou danos materiais. Esses locais são predominantemente fundos de vales, sujeitos a inundações e solapamentos, e encostas de altas declividades e/ou passíveis de escorregamentos e desmoronamentos. Quando ocupadas desordenadamente, por favelas ou loteamentos irregulares com serviços de infra-estrutura ausentes ou precários, tais áreas estão sujeitas a acidentes, especialmente após chuvas intensas.

As soluções encontradas pelo poder público para estas áreas já ocupadas geralmente envolvem duas estratégias:

(i) A regularização das áreas ocupadas, a estabilização da situação de risco com grandes obras de engenharia e a inserção destas parcelas à cidade formal;

(ii) A remoção das habitações e o não tratamento adequado dos terrenos recém desocupados, deixando-os vulneráveis a novas ocupações e, muitas vezes, acelerando processos de degradação ambiental.

Em qualquer um dos casos, a solução proposta aplica-se somente às áreas já ocupadas, caracterizando-se como uma forma de intervenção. Dificilmente, em países do Terceiro Mundo, encontram-se estratégias de planejamento para expansão urbana em direção a essas áreas antes delas terem sido ocupadas. Aparentemente, uma vez que estudos de expansão urbana apontam os vetores de crescimento em direção às áreas de encosta, espera-se que a ocupação tenha início para tomar as medidas de segurança ou de direcionamento do crescimento.

Visivelmente essa atitude centra as preocupações no meio antrópico e, por mais originais e diversificadas que as ocupações venham a ser, as encostas acabam tendo seu patrimônio natural completamente desfigurado. Muitos dirão que a enorme quantidade de problemas sociais envolvidos faz com que a questão do habitat humano seja prioritária. Porém, esquece-se que essas formas de habitar, quando dissociadas do ambiente natural, acabam resolvendo um problema social e criando um problema ambiental que muitas vezes reverte em outros problemas sociais. Acidentes que ocorrem nessas áreas, como escorregamentos e deslizamentos, são exemplos típicos dessa dissociação entre habitat humano e a natureza.

Mesmo que os problemas sócio-econômicos sejam imensos nos países de Terceiro Mundo e que exista um grande número de áreas de risco já ocupadas que necessitem atenção, não se pode negligenciar o planejamento adequado do crescimento urbano quando identificarem-se vetores de crescimento em direção a áreas ainda virgens. É a oportunidade de propor soluções que evitem situações de risco, degradação das condições de vida humana e desfiguração das características ambientais particulares da região futuramente ocupada.

Se a devida atenção é dada a esse tipo de planejamento, países do , que contém inestimável patrimônio natural, poderão apresentar um conjunto de propostas originais de ocupação para áreas suburbanas que sejam adequadas às especificidades ambientais dos locais onde se inserem e consonantes às características sócio-econômicas e culturais das populações que as habitam.

## 1.2 OBJETIVOS

Uma vez identificados vetores de crescimento urbano em direção às áreas de encostas virgens, propõe-se um método que determine as aptidões ao uso do solo urbano residencial, dentro de um modelo computacional que permita o teste e avaliação de diretrizes de ocupação dessas áreas.

A metodologia proposta não é um plano de ocupação, é um método para identificação da aptidão intrínseca de qualquer local que venha a ser estudado ao uso do solo urbano residencial. É, portanto, genérico e pode ser aplicado a qualquer área de encosta identificada como potencial área de expansão urbana.



Conforme [Ross \(1994\)](#), “a elaboração do zoneamento ambiental deve partir da adoção de uma metodologia de trabalho baseada na compreensão das características e da dinâmica do ambiente natural, e do meio sócio-econômico, visando buscar a integração das diversas disciplinas científicas específicas, por meio de uma síntese do conhecimento acerca da realidade pesquisada.

O zoneamento não pode ser formulado a partir de uma leitura estática do ambiente, mas inserido no entendimento do processo de ocupação que norteia o desenvolvimento e a apropriação do território e de seus recursos.”

O entendimento da dinâmica do ambiente natural é fundamental, pois qualquer ação resultante do planejamento do uso do solo alterará os principais ciclos naturais envolvidos: o ciclo hidrológico e o ciclo geomorfológico. Por outro lado, as características sócio-econômicas e culturais da população envolvida não podem ser negligenciadas, pois são a base da construção do habitat humano, que muitas vezes vai de encontro à preservação do ambiente natural.

A síntese do conhecimento acerca da realidade pesquisada deve auxiliar no planejamento, guiando as mudanças de maneira a manter as performances genéricas dos ciclos naturais envolvidos e ao mesmo tempo agregando valores antrópicos à área ocupada.

Assim, o método genérico proposto procura organizar um conjunto de estratégias de avaliação para a determinação da aptidão dos usos do solo à ocupação urbana residencial em áreas de encosta, respondendo aos processos naturais específicos existentes em cada local e à diversidade sócio-econômica e cultural da população envolvida. Para isso, o presente trabalho parte de um estudo de caso na cidade do Rio de Janeiro, procurando mostrar o quão específicos os resultados podem vir a ser.

### 1.3 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O presente trabalho inicia-se pela abordagem genérica da metodologia proposta para posteriormente destacar as particularidades referentes ao estudo de caso. A metodologia é abordada em trechos introdutórios e comentada ao longo de cada capítulo. Devido à complexidade do tema e da forma de abordá-lo, cada capítulo é ainda dividido em duas partes.

A primeira parte do Capítulo 2 detalha as formas de ocupação de áreas de encosta nos países desenvolvidos e subdesenvolvidos, e apresenta detalhadamente o local escolhido para estudo de caso. A segunda parte apresenta o método proposto e a ferramenta utilizada para sua aplicação.

O Capítulo 3 aborda, na primeira parte, os processos naturais envolvidos, os aspectos históricos e sócio-econômicos e as políticas públicas previstas para a área de estudo. Na segunda parte, sintetiza o conjunto de informações coletadas.

O Capítulo 4 aborda, na primeira parte, a valoração do conjunto de dados sintetizados segundo pontos de vista pertinentes. Na segunda parte, integra o conjunto de dados valorados e simula hipóteses de aptidão dos usos do solo à ocupação urbana.

As introduções do terceiro e o quarto capítulos situam o leitor na parte da metodologia abordada e na sua integração à ferramenta utilizada. Uma subdivisão suplementar, dentro de cada uma das duas partes dos capítulos, inicialmente detalha a metodologia adotada e sua integração à ferramenta utilizada, referindo-se ao tipo de processamento realizado. Em seguida, descreve sucintamente a forma de organização adotada para a apresentação dos dados e resultados e, finalmente, apresenta o conjunto de dados e resultados relativos à área de estudo.

Por último, no Capítulo 5, é apresentada a conclusão final, onde se avalia criticamente a conquista ou não do objetivo proposto e são apontadas sugestões para novas pesquisas.

[Próximo capítulo](#)

[Voltar para sumário](#)

## 2 – A PROBLEMÁTICA DA OCUPAÇÃO DE ÁREAS DE ENCOSTA E UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO

O presente capítulo comenta as diferentes abordagens dos processos de ocupação de encostas urbanas, detalha a área escolhida para estudo de caso e apresenta, em termos gerais, a metodologia proposta e a ferramenta utilizada para aplicá-la.

Diferentes abordagens da ocupação de áreas de encostas urbanas são apresentadas com base em uma revisão bibliográfica, mostrando como são ocupadas estas áreas tanto nos países de terceiro mundo quanto nos países de primeiro mundo. É destacada a diferença de enfoque dos dois casos e a inexistência de propostas suficientemente abrangentes no tocante a esta problemática.

A parte referente ao estudo de caso justifica a escolha da Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro para teste da metodologia. Aponta suas características ambientais e o perfil sócio-econômico da população envolvida como exemplos ilustrativos do contexto da ocupação de encostas no Brasil, destacando que, neste sítio, existem ainda muitas áreas virgens em direção às quais tende a avançar a urbanização.

Terminadas a contextualização e a justificativa da escolha do estudo de caso, parte-se para a apresentação do método proposto. Dada a escassez de bibliografia que aborde de maneira abrangente a temática estudada, buscam-se informações que integrem as diversas áreas do conhecimento e não necessariamente estejam limitadas a tratar a problemática envolvida neste tipo de área. Dois autores são identificados como extremamente importantes, [Ian McHarg \(1992\)](#) e [William Marsh \(1997\)](#), e suas publicações são comentadas embasando cada parte da metodologia proposta.

Finalmente, é apresentada a ferramenta utilizada para viabilizar a aplicação da metodologia: o ambiente de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), que consiste em um sistema, assistido por computador, de armazenagem, análise e apresentação de dados geográficos. Uma breve descrição explica qual o *software* utilizado e, ao longo do trabalho, é apresentada, passo a passo, a integração da metodologia proposta a esta ferramenta.

## 2.1 O CONTEXTO E O ESTUDO DE CASO

O contexto da ocupação de áreas de encosta nas periferias urbanas brasileiras e nos países em desenvolvimento faz com que a abordagem desta problemática seja resumida à realização de intervenções em áreas previamente ocupadas. Assim, bibliografias de países de Terceiro Mundo, sobre o assunto, não se referem, praticamente, à ocupação de áreas virgens de encosta em direção às quais foram identificados vetores de crescimento urbano.

A ocupação de áreas virgens de encosta é geralmente estudada por autores europeus e norte-americanos. A melhor distribuição de renda nestes países faz com que os problemas de habitação sejam ínfimos, se comparados aos brasileiros, e que a preocupação em propor formas de ocupação adequadas ao meio físico seja prioritária. Esta adequação ao meio físico visa tirar partido das vantagens que ocupações de áreas de encosta oferecem, tais como economia de energia e visuais extraordinárias. A consequência disto é um conjunto de propostas urbanísticas e arquitetônicas inovadoras onde, em muitos casos, os gastos para acomodá-las ao sítio são justificados sob o ponto de vista do conforto e da menor agressão ao meio ambiente.

Com o objetivo de ressaltar os contrastes entre estas duas formas de abordagem e, ao mesmo tempo, mostrar um panorama da ocupação de áreas de encostas urbanas em geral, optou-se por apresentar em mais detalhes os dois pontos de vista acima descritos. Esta apresentação é uma breve revisão bibliográfica sobre o assunto que procura ilustrar, também, a escassez de metodologias que integrem fatores sociais, econômicos, culturais e de preservação ambiental às propostas de ocupação destas áreas.

A escassez de propostas metodológicas que integrem fatores sociais, econômicos, culturais e de preservação ambiental fez com que se escolhesse um estudo de caso, periferia de uma das grandes metrópoles brasileiras, onde se procura testar a integração deste conjunto de fatores aplicando a metodologia proposta. Este estudo de caso é a Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro, metrópole escolhida para estudo devido ao conjunto de características físicas e sociais particulares que apresenta.

### 2.1.1 O contexto

A revisão bibliográfica sobre o assunto, ocupação de encostas urbanas, é apresentada segundo dois pontos de vista:

- (i) Sob o ponto de vista de autores de países desenvolvidos;
- (ii) Sob o ponto de vista de autores de países em desenvolvimento.

Procura-se, com isto, mostrar as duas diferentes formas de abordagem sobre o assunto e a escassez de propostas que considerem todos os fatores envolvidos neste processo. Procura-se, também, detalhar os aspectos sócio-econômicos considerados importantes, encontrados nas referências bibliográficas brasileiras, para posteriormente usá-los na metodologia proposta.

#### 2.1.1.1 O estado da arte

Enquanto nos países desenvolvidos comenta-se a ineficiência dos projetos de ocupação de encostas do ponto de vista das perdas e deseconomias que a não adequação ao sítio apresenta, nos países em desenvolvimento a preocupação geral é intervir em áreas desordenadamente ocupadas e densas.

Autores como o [Simpson e Purdy \(1984\)](#) comentam a ineficiência dos projetos de ocupação de encostas na Inglaterra e Europa e propõem o mapeamento do meio físico para tirar partido das condições geológico-geotécnicas do terreno nos projetos de habitação e urbanização. São apresentados *lay-outs* urbanos e arquitetônicos que exemplificam como se pode tirar partido de terrenos de encosta para propor projetos interessantes.

Publicações do [Centro de Espacio Subterráneo de La Universidad de Minnesota \(1980 e 1983\)](#) enfatizam o uso da habitação semi-enterrada para aproveitar as amenas temperaturas junto ao solo. Casas semi-enterradas, possuindo paredes em contato com o solo, estão menos expostas às baixas temperaturas externas. O resultado são habitações energeticamente mais eficientes. O detalhamento da construção de casas semi-enterradas, apontando suas vantagens e desvantagens, aparece na publicação [Tierra y Cobijo de 1980](#). A publicação [Conjunto de Viviendas semi-enterradas de 1983](#) concentra-se em descrever



brevemente o mapeamento do meio físico e apresenta exemplos de projetos urbanos e arquitetônicos adaptados ao sítio.

Para os autores ingleses e norte-americanos, a encosta deixa de ser vista como um "problema". Os condicionantes impostos por encostas à ocupação sugerem a criação de *designs* originais, adaptados ao sítio e automaticamente menos agressivos à paisagem natural.

Analisando a ocupação urbana de áreas de encosta na América Latina e no Brasil, vê-se a relação estreita entre ocupação destas áreas e a problemática habitacional das periferias das grandes cidades, reflexo das intensas desigualdades econômicas e sociais.

Publicações como a do *Ministério Del Desarrollo Urbano de Venezuela (1994)*, apresentam propostas de intervenção com ótica global: desmetropolização e reconhecimento de bairros auto-produzidos como parte da cidade formal. Sob esta ótica formulam-se metodologias de intervenção para atuar nas melhorias das condições de urbanização, infraestrutura e remoção de situações de risco, existentes nos bairros auto-produzidos. Os dados de levantamento são extremamente detalhados do ponto de vista do meio antrópico.

No *Seminário Internacional sobre Mejoramiento y Reordenamiento de Asentamientos Urbanos Precários (1997)*, trabalhos de *Ocampo (1997)* discutem a situação da carência habitacional no Chile apresentando os programas governamentais para intervenção e melhoramentos nestas áreas. *Yanes (1997)* apresenta uma série de tecnologias não convencionais aplicadas à infra-estrutura física de assentamentos urbanos em zonas precárias. *Campos (1997)*, reflete sobre o tema da carência habitacional na América Latina e o papel das administrações públicas municipais na busca de soluções. Apresenta, também, uma série de soluções com tecnologias não convencionais para infra-estrutura e contenção de encostas, bem como propostas de política habitacional, financiamentos e gestão em geral.

O mesmo enfoque é dado ao estudo de áreas de encosta no Brasil. A ótica deste estudo é a da favela e as propostas também constituem-se de intervenções em áreas desordenadamente ocupadas e densas. As soluções apresentadas para ocupação destas áreas variam nas grandes metrópoles brasileiras.

Em São Paulo as propostas são, de maneira geral, caracterizadas por um conjunto de soluções de grandes obras de engenharia, envolvendo deslocamentos de grandes contingentes populacionais. [Figueiredo \(1994\)](#) mostra, em um trabalho realizado nas favelas paulistas, gestão do governo Luiza Erundina, grandes intervenções com remoção da população para alojamentos provisórios. O Manual de Ocupação de Encostas do [IPT \(1981\)](#) cataloga as situações de risco juntamente com as respectivas soluções de engenharia. Recomenda padrões de parcelamento do solo, padrões de instalação de infra-estrutura, padrões de sistema viário e padrões de desenho de habitações, sem levar em consideração as características da população envolvida.

Já em Belo Horizonte, as propostas de [Sartori e Costa \(1984\)](#), [Assis et al. \(1984\)](#) e [Bonduki \(1997\)](#), aplicadas em áreas de favelas, baseiam-se no estudo social, econômico e urbano das áreas envolvidas. Discute-se muito as formas de parcelamento e as formas de participação e comunicação social utilizadas junto à comunidade.

No Rio de Janeiro, as propostas mais famosas são as do Programa Favela-Bairro, apresentadas por [Duarte et al. \(1996\)](#). Tal programa descreve uma série de diretrizes de urbanização e um conjunto de instrumentos de planejamento genérico, baseados, fundamentalmente, no estudo sócio-econômico e na caracterização da comunidade local, enfatizando a participação desta comunidade nas tomadas de decisão. A encosta é vista como condicionante à ocupação. O terreno é mero palco da realização de obras.

### **2.1.2 O estudo de caso**

A escolha da área de estudo para teste da metodologia envolveu duas etapas:

- (i) A escolha de uma metrópole, inserida no contexto referido e que possuísse características interessantes, especialmente quando examinados os aspectos de expansão urbana;
- (ii) A escolha de uma área de periferia pertencente a esta metrópole que apresentasse áreas de encostas virgens em direção às quais vetores de expansão urbana tivessem sido identificados.

#### **2.1.2.1 A metrópole**

O Rio de Janeiro foi escolhido como cidade para este estudo por possuir características físicas e sócio-econômicas extremamente interessantes.

É uma das cidades com nível de urbanização dos mais altos do Brasil mas possui desigualdades sociais mais intensas do que a média nacional. A proporção entre pobres e indigentes foi a que mais cresceu, de 1981 a 1990, comparada a todas as demais metrópoles brasileiras, fazendo com que hoje 33% da população viva em estado de pobreza ou miséria. Estas condições de desigualdade social refletem-se no espaço urbano.

Somam-se a isto, características físicas muito particulares onde três grandes maciços cristalinos, com características de escarpa, a saber, Tijuca, Pedra Branca e Gericinó, são rodeados por uma planície sedimentar do quaternário dividida em três grandes áreas de baixada: Jacarepaguá, Sepetiba e Guanabara. Esta geomorfologia complexa determina relevo, formações vegetais e clima diversos, configurando um enorme patrimônio ambiental.

As características físicas, unidas às socio-econômicas, fazem com que a expansão urbana encontre, muitas vezes, sítios com inúmeros problemas de ocupação, destacando-se entre eles as áreas de encosta. Ocupar áreas de encosta significa ocupar terrenos críticos. Estas áreas são ainda as únicas reservas naturais de fauna e flora nativas e urbanizá-las indiscriminadamente significa alterar os ciclos da água e do solo de toda uma região, causando prejuízos muitas vezes irrecuperáveis, não apenas sócio-econômicos e urbanos, mas também ambientais.

Por outro lado, a ocupação das encostas cariocas faz parte de uma realidade histórica e cultural e, assim sendo, deve ser encarada como um fato inevitável. Esta realidade histórica vem de uma intensa segregação social que desde os primórdios separou espacialmente ricos e pobres. Esta separação espacial foi inicialmente marcada pela ocupação das áreas mais planas por aquela população de maiores recursos e pela ocupação das áreas mais íngremes, junto a estas áreas planas, pelas camadas mais populares. Esta configuração urbana persiste até hoje e destaca-se na paisagem pelo alto grau de degradação ambiental.

#### 2.1.2.2 A periferia intermediária

Dentro da cidade foram analisados os locais com crescimento populacional positivo e com possibilidades físicas de expansão. Destacou-se a Zona Oeste (Figura 2.1), área em direção à qual, hoje, a cidade cresce. Nesta área, o trecho mais próximo ao centro, apesar de não ser a área com maiores taxas de crescimento, apresenta aspectos ainda bastante favoráveis

ao desenvolvimento. Caracteriza-se por apresentar uma baixada densamente urbanizada cercada pelos maciços da Pedra Branca e Gericinó, onde os pés dos morros já começam a ser ocupados e as áreas mais acima já estão sendo desmatadas, indicando futuras áreas de ocupação (Figura 2.2). As famílias que aí se instalam são geralmente de menores recursos, o crescimento é desordenado e existe uma acelerada degradação ambiental (Figura 2.3).

É uma área que necessita propostas urgentes de ocupação com atenção especial ao meio ambiente, uma vez que alterar os usos do solo nas encostas dos dois grandes maciços cristalinos implica em alterar os ciclos da água e do solo de toda a região adjacente a eles, incluindo as baixadas já ocupadas. É, portanto, local adequado para se testar a metodologia.

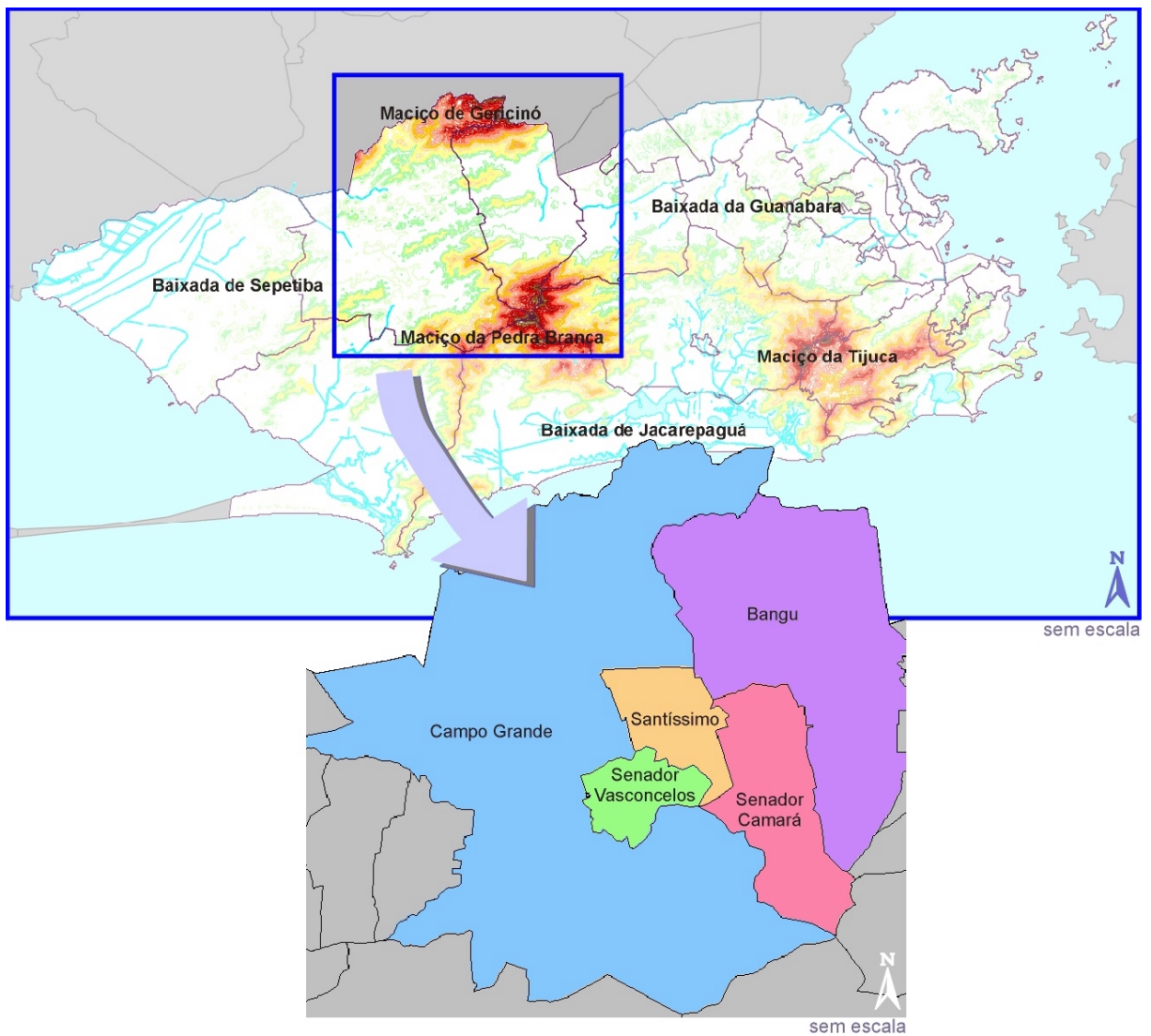


Figura 2.1 – Mapa do município do Rio de Janeiro com situação do estudo de caso (SMU, 1999).

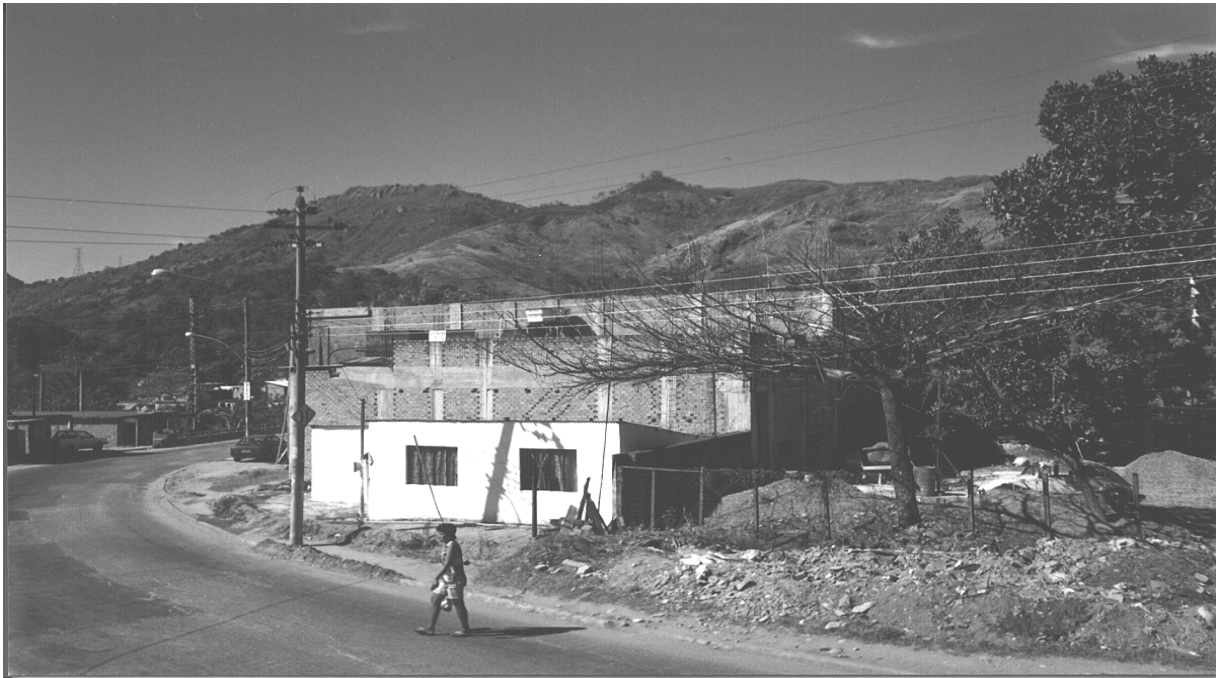


Figura 2.2 – Desmatamento de parte das encostas do maciço da Pedra Branca.

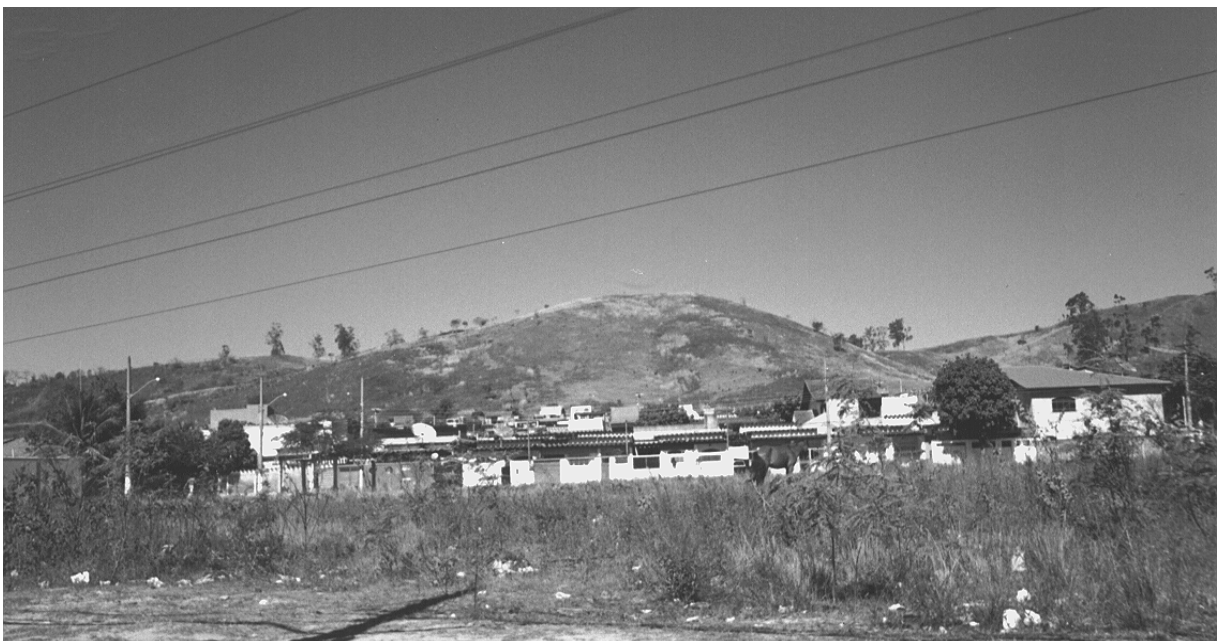


Figura 2.3 – Pequenos morros das zonas de baixada, ocupação precária e degradação ambiental.

## 2.2 O MÉTODO E A FERRAMENTA

A metodologia proposta consiste nos seguintes itens:

- (i) Examinar rigorosamente os processos naturais presentes na área de estudo;



- (ii) Examinar os aspectos históricos e sócio-econômicos da área de estudo;
- (iii) Analisar as alternativas de controle e crescimento da região propostas pelo poder público;
- (iv) Sintetizar o conjunto de informações coletadas e identificar a parcela de crescimento regional que deve ser absorvida;
- (v) Identificar os aspectos valoráveis e não valoráveis específicos do local, segundo três pontos de vista:
  - a) Seguindo a legislação vigente;
  - b) Seguindo a tendência observada e
  - c) Examinando a permissividade ou restrição intrínseca ao desenvolvimento, sob a ótica de uma estratégia de planejamento baseado no "determinismo fisiográfico", o qual sugere que o desenvolvimento deve responder à operação dos processos naturais (McHarg, 1992).
- (vi) Integrar o conjunto de dados valorados, agrupados segundo as três óticas acima citadas, simulando cenários de ocupação residencial futura, organizados de maneira a atingir o melhor balanço entre as três diretrizes.

Todas as etapas do trabalho são realizadas em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Tal ambiente consiste, segundo [Eastman \(1999\)](#), em um sistema, assistido por computador, de aquisição, armazenagem, análise e apresentação de dados geográficos.

O centro do Sistema de Informação Geográfica (SIG) é a base de dados, coleção de mapas e informações associadas em forma digital. Esta base de dados é composta por dados espaciais, que descrevem a geografia de um determinado conjunto de características da superfície terrestre, e tabelas associadas a estes dados espaciais, que descrevem atributos ou qualidade do conjunto de características mapeadas.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) ainda possui os seguintes recursos:

- (i) Ferramentas que possibilitam a digitalização de informações que ainda não estão em meio digital;
- (ii) Ferramentas que possibilitam o manuseio de tabelas com informações associadas ao conjunto de características mapeadas;
- (iii) Ferramentas de análise, que possibilitam comparar diferentes características mapeadas que ocorrem em um mesmo local da superfície terrestre;

- (iv) Ferramentas que possibilitam analisar imagens de sensoriamento remoto, incluindo análises estatísticas específicas;
- (v) Ferramentas para análises estatísticas tradicionais e especializadas dos dados mapeados;
- (vi) Ferramentas de apoio à decisão, que auxiliam na alocação de recursos, possibilitam a criação de mapas de aptidão, com exploração dos diversos níveis de risco envolvido, e ainda possibilitam auxiliar na alocação de recursos quando existem objetivos múltiplos envolvidos.

### **2.2.1 O método**

A metodologia apresentada é, nesta etapa do trabalho, detalhada apresentando-se, ao longo do detalhamento de cada tópico descrito, as referências bibliográficas utilizadas.

Procura-se detalhar, em especial, os aspectos que envolvem os processos naturais possíveis de serem identificados quando se estuda áreas de encosta. Pois estes são justamente os aspectos mais importantes a serem considerados em se tratando da futura ocupação de áreas virgens.

#### **2.2.1.1 Uma abordagem ambiental**

Dada a escassez de bibliografia específica sobre diretrizes de ocupação de encostas sob um ponto de vista mais interdisciplinar, procurou-se novas referências que integrassem conhecimentos sociais, econômicos, culturais, urbanos e ambientais, não necessariamente limitados a este tipo de área.

O desenvolvimento da metodologia é baseado em [McHarg \(1992\)](#). Este autor propõe um método inovador que incorpora dados ambientais ao processo de planejamento, interpretando-os sob o ponto de vista de seu significado para o homem.

O meio físico é apontado como elemento fundamental para condicionar e sugerir projetos de intervenções urbanas, e deve ser entendido como um conjunto de processos naturais, cíclicos, ocorrendo simultaneamente. O estudo destes processos estruturam o mapeamento, análise e interpretação dos dados do meio físico para que se possa compreender as configurações atuais do relevo, vegetação, hidrologia, solo, entre outros, culminando-se nos diferentes usos do solo encontrados.

Tal método é bastante adequado ao tema proposto, devido à grande quantidade de condicionantes físicos presentes neste tipo de terreno.

Esses condicionantes físicos, segundo [McHarg \(1992\)](#), podem ser estudados a partir do mapeamento dos principais componentes do meio ambiente, tais como:

- (i) Relevo;
- (ii) Solos;
- (iii) Hidrologia;
- (iv) Clima;
- (v) Vegetação;
- (vi) Habitat.

[Marsh \(1997\)](#) sugere que, a partir do estudo detalhado dos principais componentes do ambiente, torna-se possível compreender as estreitas relações entre a forma e a função neste meio. A maioria das formas hoje presentes no ambiente são escavadas pela água ou locais de armazenagem de água ou influenciadas pela água de alguma maneira.

Em áreas de encosta, a diferenciação dos terrenos em várias zonas fisiográficas e habitats inicia-se pelo intemperismo e escultura das formas, através do escoamento superficial. Na medida em que este processo evolui, emergem diferentes ambientes de umidade divididos em:

- (i) Áreas mais úmidas, nas zonas de baixada;
- (ii) Áreas menos úmidas, nas zonas de encosta;
- (iii) Áreas secas, nos topos dos morros.

Esses diferentes ambientes de umidade fazem com que sejam criadas diferentes formas de vegetação, solos e habitats. Assim, começar o estudo do ambiente pelo relevo e hidrologia é fundamental para entender as formações da vegetação, solo e diferentes formas de habitar.

[McHarg \(1992\)](#) propõe que, uma vez identificado o conjunto de informações relevantes, identifiquem-se os aspectos não valoráveis e valoráveis das informações contidas neste conjunto. Isto é, aqueles aspectos que são benefícios adquiridos e/ou riscos ao desenvolvimento urbano, e, portanto, devem ser considerados restritos à ocupação (não

valoráveis), e aqueles aspectos que podem ser compensados por outros, de forma a agregar novos valores à ocupação (valoráveis).

Porém, esta avaliação do conjunto de dados pressupõe que sejam determinados critérios para realizar tais considerações. Estes critérios devem ser baseados no "determinismo fisiográfico", estratégia que sugere que o desenvolvimento deve responder à operação dos processos naturais presentes na área, os quais determinam oportunidades e restrições ao desenvolvimento urbano.

Valores intrínsecos devem ser tomados como benefícios já adquiridos, sendo considerados restritos ao uso humano. A ocupação humana deverá sempre agregar valores que compensem os custos ambientais de qualquer intervenção (não obstante, essas intervenções jamais podem acarretar perdas irreversíveis). Seu método consiste, então, na análise do conjunto de dados valorados, mapeando separadamente cada informação, e na integração do conjunto de mapas resultantes. Esta integração demonstra a área dentro da qual poderá se desenvolver a ocupação urbana, restrita em função dos dados não valoráveis. Apresenta, também, as diferentes nuances de aptidão no interior desta área, determinadas em função dos dados valoráveis.

Apesar de centrar a análise nos processos ambientais que ocorrem na área de estudo, [McHarg \(1992\)](#) propõe que sejam examinadas as alternativas de controle e crescimento da região previstas pelo poder público e que estas sejam confrontadas com a tendência de crescimento observada. Ambas propostas devem ser apresentadas em confronto com uma terceira, onde tenha sido empregada a estratégia de planejamento do "determinismo fisiográfico". Este autor acredita que esta última estratégia fornecerá o caminho ótimo para o desenvolvimento. Sugere o teste das áreas, permissivas ao desenvolvimento, junto ao mercado imobiliário. Acredita também que a apresentação das três propostas à comunidade envolvida certamente fará com que, sabiamente, se opte pelas diretrizes de crescimento calcadas no "determinismo fisiográfico". Este conjunto de diretrizes, com respaldo do mercado imobiliário, será o mais atrativo, pois acomodará o desenvolvimento sem desfigurar o local.

O contexto da ocupação de encostas em zonas de expansão urbana no Brasil mostra que procedimentos tão simples quanto este não são muito realistas se transpostos ao meio brasileiro. As formas de apropriação do solo, mesmo em áreas de encosta com inúmeros

condicionantes naturais, são muito influenciadas pelas características sócio-econômicas e culturais da população que nelas habita. Diretrizes que não levarem em consideração estas características serão inevitavelmente desrespeitadas, devido às dificuldades em se justificar sua relevância frente aos inúmeros problemas sócio-econômicos existentes.

Assim, propõe-se a síntese do conjunto de informações coletadas extraíndo-se os dados mais relevantes à expansão urbana em áreas de encosta. Tais informações devem contemplar o conjunto de processos naturais, aspectos históricos e sócio-econômicos.

Os processos naturais desmembram-se nos temas:

- (i) Relevo;
- (ii) Hidrologia;
- (iii) Solos;
- (iv) Vegetação;
- (v) Usos do solo.

Por sua vez, os processos sócio-econômicos envolvem os seguintes temas relevantes ao caso:

- (i) Acessibilidade;
- (ii) Infra-estrutura e urbanização.

Identifica-se, ainda, a parcela do crescimento regional que deve ser absorvida para se quantificar e controlar melhor as alternativas de expansão residencial propostas. Dados relativos à parcela de crescimento regional a ser absorvida são sintetizados em:

- (i) Projeção populacional prevista para o ano de 2005 e
- (ii) Densidade habitacional.

Assim sendo, propõe-se dividir o conjunto de aspectos valoráveis e não valoráveis do local de estudo segundo três pontos de vista:

- (i) Seguindo a legislação vigente;
- (ii) Seguindo a tendência observada;
- (iii) Examinando a permissividade ou restrição intrínseca ao desenvolvimento, sob a ótica de uma estratégia de planejamento baseado no "determinismo fisiográfico".

Cada ponto de vista reconhece um conjunto diferente de aspectos valoráveis e não valoráveis, resultando em um grande número de propostas a serem analisadas.

Neste trabalho, a combinação de dados valoráveis e não valoráveis é explorada mantendo-se um conjunto de dados constante, enquanto outro conjunto de dados varia. A variação é organizada de acordo com uma seqüência de hipóteses que se baseia em um crescente alívio das restrições legais e uma crescente inclusão de aspectos ambientais específicos da área estudada. O método geral é descrito no diagrama apresentado na Figura 2.4.

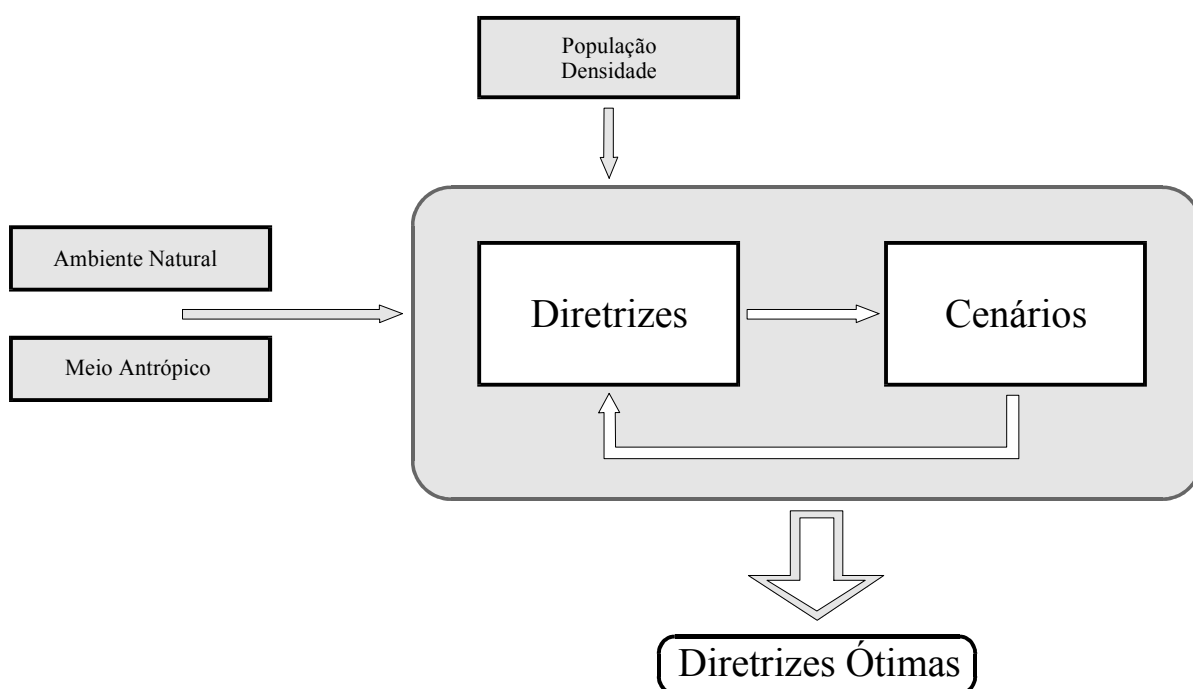


Figura 2.4 – Diagrama ilustrativo da metodologia utilizada.

Esta estratégia de combinação pretende resultar em um conjunto de diretrizes de ocupação residencial de áreas de encosta que preserve os bens ambientais contidos na área estudada e ao mesmo tempo esteja adequado às características sócio-econômicas e culturais da população envolvida. A partir disto, é possível desenvolver projetos de desenho urbano originais adequados às especificidades do local.



## 2.2.2 A ferramenta

Uma vez descrito o que é um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), define-se qual *software* de SIG será utilizado como ferramenta de aplicação do método proposto.

Esta escolha implicará em uma adaptação do método ao software utilizado pois, segundo Eastman (1999) “Aprender sobre SIG envolve aprender a pensar – aprender a pensar sobre padrões, sobre espaço e sobre os processos que atuam no espaço.”<sup>1</sup>

### 2.2.1.2 O projeto IDRISI

O software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) escolhido para ser utilizado neste trabalho foi o IDRISI 32. A licença de uso desse software em qualquer unidade da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) é gratuita e inclui todos os manuais que acompanham o programa.

Além disto, existe dentro da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), no Centro de Ecologia, o Centro de Recursos IDRISI, um laboratório associado à *Clark Labs University*, que presta assistência gratuita aos usuários do programa. O Centro de Recursos IDRISI possui também uma série de trabalhos publicados relativos às aplicações do *software* para diversas finalidades. Muitos desses trabalhos foram usados para auxiliar na integração da metodologia, proposta nesta dissertação, ao ambiente de SIG escolhido.

[Próximo capítulo](#)

[Voltar para sumário](#)

---

<sup>1</sup> "Learning GIS (Geographic Information System) involves learning to think - learning to think about patterns, about space and about processes that act in space".

### 3 - AS INFORMAÇÕES COLETADAS E A SÍNTESE DOS DADOS RELEVANTES

Este capítulo trata da organização do banco de dados, que contém informações sobre o estudo de caso, e da análise e síntese destas informações que subsidiam a etapa seguinte deste trabalho.

No banco de dados, listam-se as informações disponíveis e realiza-se uma pré-análise destas, de acordo com os critérios abaixo relacionados:

- (i) Processos naturais mais envolvidos;
- (ii) História e sócio economia;
- (iii) Políticas públicas para ocupação da área.

Uma vez coletadas estas informações, procede-se à nova análise que culmina em uma síntese para a posterior valoração de cada informação, antes de se realizarem as simulações propostas. Tal síntese é realizada de acordo com quatro aspectos:

- (i) Observado-se as informações sobre o meio ambiente contidas na legislação;
- (ii) Observando-se as informações sobre as formas de apropriação do solo contidas nos levantamentos histórico e sócio-econômico;
- (iii) Ampliando-se o conjunto de dados sobre o meio natural mediante pesquisas adicionais;
- (iv) Identificando-se a parcela regional destinada ao crescimento.

Para a realização desta etapa do trabalho, utiliza-se um *software* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) que permite gerenciar o grande número de informações coletadas e possui ferramentas para sintetizar aquelas informações que são subsídio a uma etapa posterior. Para tanto, é necessária uma adequação da metodologia utilizada à ferramenta disponível. Tal adequação baseia-se nos trabalhos de [Lisboa Filho et al. \(1999\)](#); [Hasenack e Weber \(1998\)](#); [Eastman et al. \(1998\)](#) e [Mitchell \(1999\)](#).

O banco de dados é estruturado a partir das informações colhidas, organizadas em três grandes grupos:

- (i) Processos naturais dominantes na área de estudo;
- (ii) Caracterização sócio-econômica da população residente;
- (iii) Alternativas de crescimento propostas pelo poder público.

Cada um destes grandes grupos contém um conjunto de temas. Cada tema descreve um fenômeno geográfico. Estes temas podem ser representados espacialmente ou apenas descritos dentro dos limites da área de estudo. Quando representados espacialmente, os fenômenos geográficos são descritos por um conjunto de classes, representadas por elementos geométricos distintos no mesmo plano. As características descritivas de cada tema, representado espacialmente, constituem seus atributos, que podem estar armazenados em uma tabela do banco de dados ou associados ao próprio elemento geométrico mapeado.

O primeiro conjunto de informações, correspondente aos processos naturais dominantes na área é o único que possui um conjunto de dados relevantes de serem representados espacialmente. Neste conjunto, a representação espacial dos dados pode se dar sob a forma de pontos, linhas, polígonos, superfícies discretas ou superfícies contínuas, dependendo das características do fenômeno geográfico que está sendo mapeado. Cada tema é representado por um *layer* ou mapa que, georreferenciado, associa o fenômeno geográfico mapeado à superfície terrestre.

Dados espaciais são colocados no ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e podem ser armazenados em arquivos do tipo vetorial ou *raster*. Nos arquivos do tipo vetorial, os fenômenos geográficos são representados espacialmente a partir de uma série de pontos codificados por coordenadas X e Y georreferenciadas. Estes pontos podem estar isolados ou podem descrever linhas ou polígonos. Cada conjunto de pontos, linhas ou polígonos, que representa um determinado fenômeno geográfico, é agrupado em um *layer* ao qual é associada uma tabela contendo os atributos das classes mapeadas. Esta tabela associa aos identificadores topológicos dos pontos, linhas ou polígonos mapeados, uma série de outras informações, como por exemplo: cotas, comprimentos, áreas, perímetros, etc.

*Layers* do tipo *raster* definem imagens. Cada imagem é dividida em um *grid* muito fino, composto por células cujo tamanho é definido como a mínima unidade de área à qual está associada uma dada característica mapeada. Cada célula desta imagem tem atribuída a si um valor numérico que pode corresponder a uma quantidade ou qualidade que está sendo mapeada naquele ponto da superfície terrestre. Estas imagens, assim como os arquivos vetoriais, são também georreferenciadas.

Para a realização das análises e sínteses utilizando-se o *software* IDRISI 32, incluindo as posteriores simulações, é necessário que todos os arquivos estejam em formato *raster* pois o processamento é efetuado com base em operações matemáticas realizadas em cima dos valores atribuídos a cada *pixel* contido nos *layers*. É necessário converter todas as informações que estiverem em formato vetorial para formato *raster*, do contrário não se pode usufruir das ferramentas disponibilizadas pelo *software*.

A síntese de informações coletadas foi estruturada a partir do proposto por [Hasenack e Weber \(1998\)](#) e [Mitchell \(1999\)](#) e também dividida em agrupamentos de temas, conforme o descrito anteriormente. A extração de novas informações foi feita utilizando-se quatro operações distintas, todas elas encontradas no ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), cuja finalidade de cada uma está abaixo descrita :

- (i) Reclassificação: que isola ou agrupa as características mapeadas, atribuindo a elas novos valores, produzindo um novo mapa resultante (rotina *reclass*);
- (ii) Hierarquização: é um processo de reclassificação onde as características mapeadas são ordenadas do maior ao menor ou vice-versa, produzindo um novo mapa resultante (rotina *reclass*);
- (iii) Cálculos de distância: são medidas em linha reta e podem produzir mapas com superfícies contínuas ou zonas tampão. Mapas com superfícies contínuas apresentam os valores de distância de cada *pixel* quando medidos em relação a uma determinada característica mapeada (rotina *distance*). Mapas com zonas tampão apresentam faixas de distância definidas ao redor de determinada característica mapeada (rotina *buffer*);
- (iv) Sobreposição ou cruzamento: são operações algébricas entre dois mapas cujo resultado é uma única imagem, um único mapa (rotina *overlay*). No *software* IDRISI 32, nove operações são possíveis:

- a) Adição de dois mapas;
- b) Subtração de dois mapas;
- c) Multiplicação de dois mapas;
- d) Divisão de dois mapas;
- e) Normalização de dois mapas;
- f) Exponencialização, onde a segunda imagem é o expoente da primeira ;
- g) Minimização, mínimo das duas imagens;
- h) Maximização, o máximo das duas imagens e

i) Cobertura, onde a primeira imagem cobre a segunda, à exceção daqueles locais onde os *pixels* são iguais a zero.

Este conjunto de operações disponíveis permite a espacialização de uma série de informações contidas no banco de dados e, também, a combinação entre dados já espacializados, produzindo um conjunto de informações mais específicas e adequadas ao uso posteriormente desejado.

Os dados referentes à identificação da parcela de crescimento são oriundos da análise das informações contidas no item 3.1.2.1 deste capítulo, e serão espacializados, somente, no capítulo seguinte.

### 3.1. O BANCO DE DADOS

O banco de dados é a coleção estruturada de informações sobre a área de estudo e, conforme a metodologia adotada, foi dividido em três grandes grupos:

- (i) Dados que envolvem processos naturais;
- (ii) Dados históricos e sócio-econômicos;
- (iii) Dados referentes às alternativas de crescimento propostas pelo poder público.

Os três grupos estão referidos à área de estudo cuja delimitação segue a divisão política do município. Esta divisão está baseada na descentralização do Poder Público Municipal e é composta por cinco Áreas de Planejamento (AP), cada uma subdividida em um conjunto de Regiões Administrativas (RA). Cada Região Administrativa é gerida por uma sub-prefeitura que administra um determinado conjunto de bairros, representando a comunidade local junto ao Poder Executivo Central.

A Zona Oeste é a quinta Área de Planejamento (AP 5), dentro da qual existem quatro Regiões Administrativas. As Regiões Administrativas contidas no trecho de interesse, entre os maciços de Gericinó e da Pedra Branca, são a XVII Região Administrativa (Bangu) e a XVIII Região Administrativa (Campo Grande).

Os bairros que fazem parte destas duas regiões administrativas são:

- (i) Bairro de Bangu, com 45,67 km<sup>2</sup> de área;

- (ii) Bairro de Campo Grande, com 118,69 km<sup>2</sup> de área;
- (iii) Bairro de Senador Vasconcelos, com 6,41 km<sup>2</sup> de área;
- (iv) Bairro de Santíssimo, com 8,60 km<sup>2</sup> de área;
- (v) Bairro de Senador Camará, com 17,41 km<sup>2</sup> de área.

Estes bairros estão compreendidos entre as coordenadas UTM (zona 23) 640769mE e 658769mE e 7460746mN e 7478746mN, contendo uma área total de 196,78 km<sup>2</sup>. Esta área foi recortada de um mapa fornecido pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMAC), contendo os limites dos bairros do município. As características desse mapa estão detalhadamente descritas no [Anexo A.1](#).

Os dados sócio-econômicos e aqueles referentes às alternativas de crescimento propostas pelo poder público foram apenas relatados, selecionando dentro do conjunto de informações disponíveis aquelas relevantes a este estudo.

Os dados que envolvem processos naturais foram, em sua grande maioria, coletados já em meio digital junto à Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMAC), porém exigiram processamento para serem utilizados. Na Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMAC), realizam-se levantamentos e coleta de dados de outras instituições, unificando-se todos os formatos para utilização nos *softwares* ArcView e ArcInfo. Estes *softwares* trabalham com arquivos, preferencialmente, do tipo vetorial, formato preferido para a coleta e armazenagem de dados, pois permite associar, em tabelas, várias informações extras, relativas aos atributos mapeados.

Para que fossem extraídas apenas as informações relevantes a este estudo, de cada mapa fornecido, foi necessário processar individualmente cada um dos arquivos digitais disponibilizados. Neste processamento, inicialmente trabalhou-se com arquivos vetoriais, associando-se ao identificador topológico de cada polígono, linha ou ponto mapeado, o valor correspondente apenas ao atributo de interesse referente à classe levantada, ignorando-se os demais campos da tabela associada. Os atributos de interesse relativos às classes mapeadas, geralmente, estão identificados por textos ou não apresentam numeração sequencial. Necessitam, portanto, serem numerados para a posterior rasterização, pois somente um valor de cada vez pode ser associado a cada um dos *pixels* presentes nos arquivos tipo *raster*.

A etapa inicial do processamento refere-se à numeração seqüencial das características mapeadas e foi realizada no *software* Cartalinx. A filtragem das informações de interesse e a rasterização de cada *layer* processado foram realizadas no *software* IDRISI.

A rasterização dos arquivos tem resolução fixada em função da escala de trabalho, definida como 1:50.000, escala em que se encontra a maioria dos dados levantados. A resolução é de 25 m e equivale a uma área de 625 m<sup>2</sup> na superfície terrestre, aqui definida como a unidade de área mínima à qual está associada qualquer característica mapeada. Isto quer dizer que características que possuem áreas inferiores a esta, não estão sendo consideradas nos levantamentos nem tampouco nas simulações, como por exemplo, caixas de ruas, lotes, meio fio, entre outras, pois, geralmente, possuem área inferior a 625 m<sup>2</sup> e/ou dimensões inferiores a 25 m.

### **3.1.1 Os processos naturais envolvidos**

Dados que envolvem processos naturais são dados espaciais e foram divididos nos seguintes temas:

- (i) Relevo;
- (ii) Hidrologia;
- (iii) Solos;
- (iv) Vegetação;
- (v) Usos do solo.

Estes dados são sempre apresentados descrevendo-se as características relevantes observadas para o estudo de caso. Por tratar-se do estudo de encostas urbanas, procurou-se realizar esta descrição sempre referindo-se às características do relevo da região.

O tema relevo envolve todos aqueles dados relativos às características fisiográficas da área estudada. Estes dados incluem altimetria, declividades e forma. O primeiro é, geralmente, informação que provém dos levantamentos realizados. Esta informação, quando digitalizada, pode ser processada permitindo a construção de um Modelo Numérico do Terreno (MNT), a partir do qual se derivam informações de declividade e forma. O Modelo Numérico do Terreno (MNT) consiste em uma superfície contínua de altitudes onde cada *pixel* do mapa tem associado a si um valor altimétrico. Tal valor altimétrico é determinado a partir de uma



interpolação realizada sobre o mapa que contém as curvas de nível. Esta interpolação pode utilizar diversos algoritmos, sendo mais comum a opção pelo algoritmo de triangulação, denominado TIN (*Triangulated Irregular Network*).

O tema hidrologia envolve todos aqueles dados relativos às características hidrológicas da região estudada, tais como: bacias hidrográficas; redes de drenagem; dados sobre águas superficiais, rios, canais, lagos, lagoas, (incluindo regime de cheias, vazão etc.); dados sobre águas subterrâneas e dados pluviométricos. Estes dados são todos provenientes de levantamento, sendo praticamente impossíveis de serem estimados.

Dados relativos às bacias hidrográficas e às redes de drenagem permitem a derivação de informações sobre as zonas hidrológicas presentes na área de estudo. Informações estas que podem ser complementadas com levantamentos mais detalhados sobre as águas superficiais, subterrâneas e dados pluviométricos. [Marsh \(1997\)](#) define três zonas hidrológicas, identificadas no interior de cada bacia hidrográfica, a partir do mapa de drenagem e relevo:

- (i) Zona Alta, onde observam-se as cabeceiras de drenagem e canais efêmeros, trecho de grandes quantidades de fluxo;
- (ii) Zona baixa, onde ocorre a coleta das águas da zona alta, trecho de acumulação;
- (iii) Zona de vale ou canal, onde a água é transferida da zona coletora para canais de ordem de drenagem superior.

O tema solos envolve todos aqueles dados relativos à classificação e caracterização dos solos da região: tipos de solo, texturas, composição, umidade, permeabilidade, capacidade de infiltração, materiais de origem e condições de drenagem. A grande maioria destas características exige levantamento para ser mapeada. Apesar disto, pode-se derivar algumas informações de determinados tipos de levantamento. Um mapa contendo as diferentes classes de solo presentes em uma região permite que se possa derivar uma série de outros mapas como, por exemplo, de texturas, capacidade de carga, condições de drenagem, etc.

O tema vegetação envolve todos aqueles dados relativos ao estudo da vegetação contida na área selecionada, como o tipo e número de espécies, porte, sistema radicular, entre outros. Parte destes dados pode estar associada a mapas de uso do solo como, por exemplo, a

localização de áreas vegetadas e suas características básicas. Informações mais específicas exigem levantamentos mais detalhados, a partir de fotos de satélite e/ou pesquisas em campo.

O tema usos do solo inclui informações sobre todo tipo de uso e cobertura encontrados na área estudada. Aparecem, geralmente, três grandes classes neste tipo de mapeamento: zonas urbanas, zonas agrícolas e áreas de vegetação natural. O grau de detalhamento, no interior de cada uma destas classes, varia conforme a escala de trabalho e os fins para os quais o levantamento foi realizado. Zonas urbanas, em geral, possuem uma série de outros mapas e informações complementares, como rede viária, zoneamento de usos do solo urbano (comercial, residencial, mista, industrial e institucional), parques e praças.

### 3.1.1.1 Coleção de temas referentes ao ambiente natural

#### (i) Relevo

Obteve-se o mapa topográfico junto à Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMAC), contendo curvas de nível espaçadas a cada 25 m. As características são detalhadamente descritas no [Anexo A.2](#)

Deste mapa derivou-se um Modelo Numérico do Terreno (MNT), utilizando-se o algoritmo TIN (*Triangulated Irregular Network*). De posse do Modelo Numérico do Terreno, foi possível processar-se um mapa de declividades (Figura 3). Ambos os processamentos estão descritos detalhadamente no [Anexo B](#).

Observando-se os resultados apresentados na Figura 3.1, vê-se que o relevo da área de estudo pode ser descrito como uma grande área de baixada, contendo pequenos morros, limitada a norte e a sul por dois grandes maciços cristalinos, respectivamente denominados Gericinó e Pedra Branca. Pelas Figuras 3.1a e 3.1c, vê-se que a área de baixada apresenta declives suaves com altitudes variando entre 0m e 50 m. Os pequenos morros concentram-se mais na parte leste e possuem altitudes que pouco ultrapassam os 200m. As declividades vão de 10% a 60%. Os maciços cristalinos têm relevo bastante acidentado, declives íngremes e estendem-se até a cota 1000m.

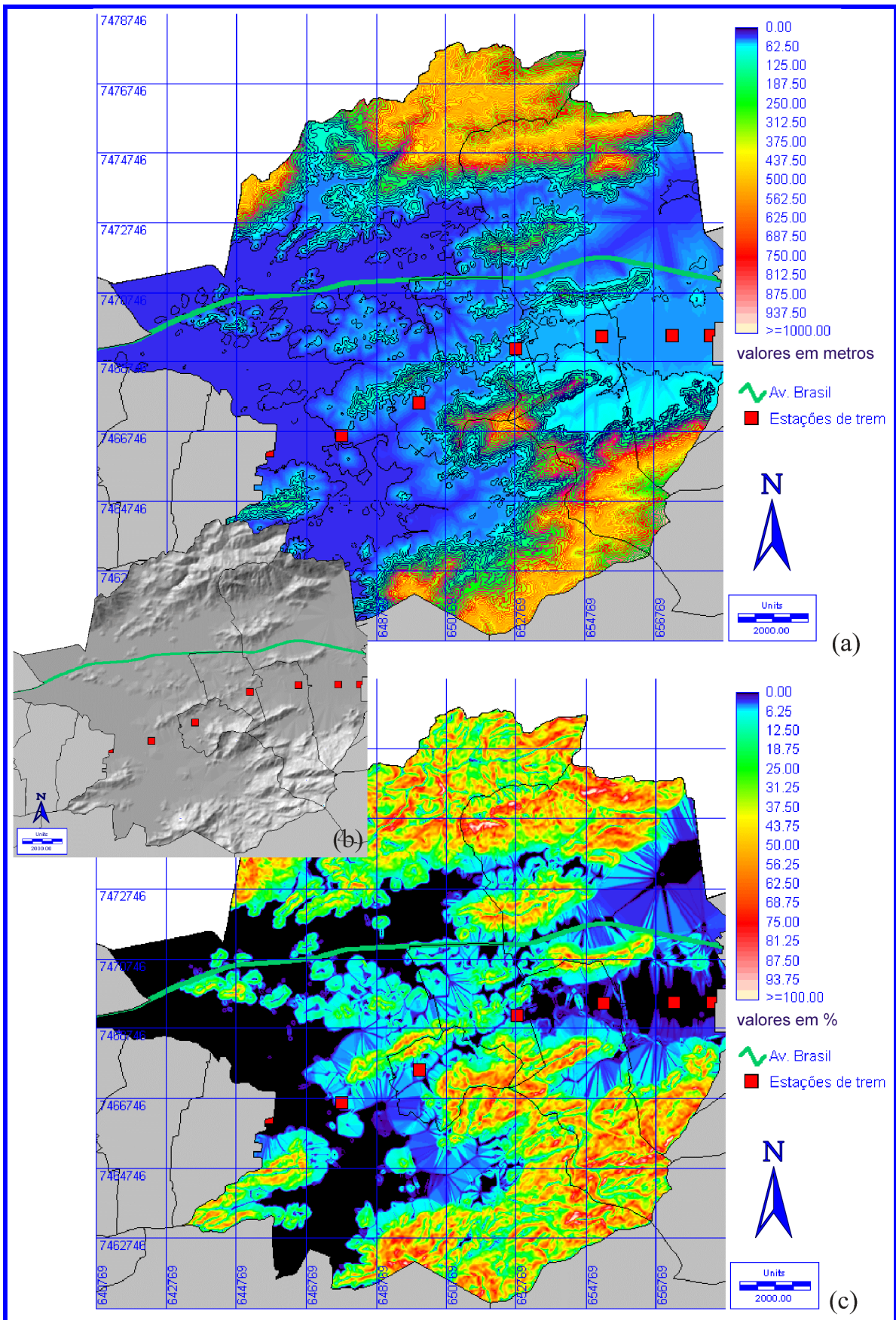


Figura 3.1 – Relevo da área de estudo: (a) Altimetria; (b) Sombreamento analítico; (c) Declividades.

## (ii) Hidrografia

Obteve-se um mapa hidrográfico e um mapa de bacias hidrográficas, junto à Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMAC), com as características descritas detalhadamente nos Anexos A.3 e A.4, contendo apenas a delimitação dos cursos d'água superficiais e a delimitação das áreas de bacia. Não foi possível extrair nenhum outro tipo de informação sobre a hidrologia da área, pois nem a largura dos cursos d'água superficiais constava nos levantamentos.

Observando-se o mapa hidrográfico (Figura 3.2) identificam-se claramente as três zonas hidrológicas da área de estudo, anteriormente comentadas. A primeira delas, ocorre onde concentram-se as cabeceiras de drenagem e o maior número de canais, acima da cota 100 m. A segunda localiza-se em uma faixa intermediária, nas encostas. A terceira está nas zonas de baixada, onde o número de canais se reduz e deduz-se que o volume e largura dos cursos d'água aumentam.

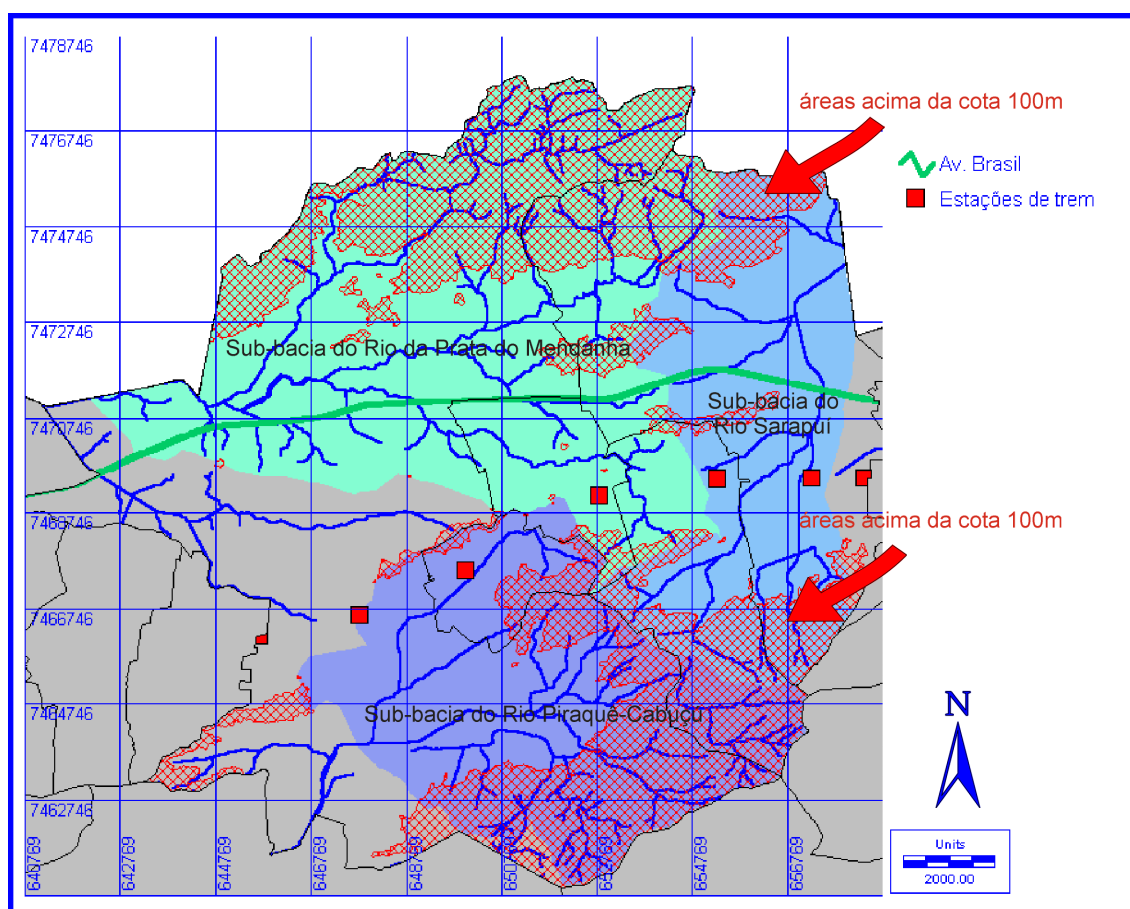


Figura 3.2 – Hidrografia da área de estudo.

### (iii) Solos

Obteve-se um mapa pedológico da área de estudo, já digitalizado, junto à Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMAC). Obteve-se, também, um conjunto de informações associadas a este mapa junto à EMBRAPA-solos. Analogamente às informações anteriores, as características dos dados obtidos são descritas detalhadamente no [Anexo A.5](#).

A área apresenta uma grande quantidade de classes de solos, conforme o observado na Figura 3.3a. A Figura 3.3b mostra as classes pedológicas agrupadas, para facilitar a identificação dos grupos predominantes da área de estudo. Nota-se, a partir destas duas Figuras (3.3a e 3.3b), que predominam as associações do tipo Podzólicos/Brunizem e Latossolos/Cambissolos. Os primeiros ocorrem nas metades inferiores das encostas, enquanto os segundos estão nas metades superiores das mesmas. Nas áreas de baixada, nos trechos ainda não urbanizados, observa-se o predomínio de solos tipo Planossólicos.

O conjunto de informações associadas ao mapa de solos adquirido está descrito brevemente no [Anexo C](#), que resume informações mais detalhadas fornecidas pela [EMBRAPA – Solos \(EMBRAPA, 1980\)](#).

Analisando-se as informações associadas a cada classe de solo levantada, pode-se derivar um novo mapa. Este novo mapa contém informações sobre o material de origem de cada classe pedológica e pode ser obtido a partir de uma reclassificação do mapa atual, substituindo-se cada classe mapeada pelo correspondente material de origem.

O resultado é apresentado na Figura 3.3c. Nota-se o predomínio dos materiais residuais nas metades superiores das encostas, dos materiais transportados nas metades inferiores e dos materiais sedimentares nas zonas de baixada não ocupadas.



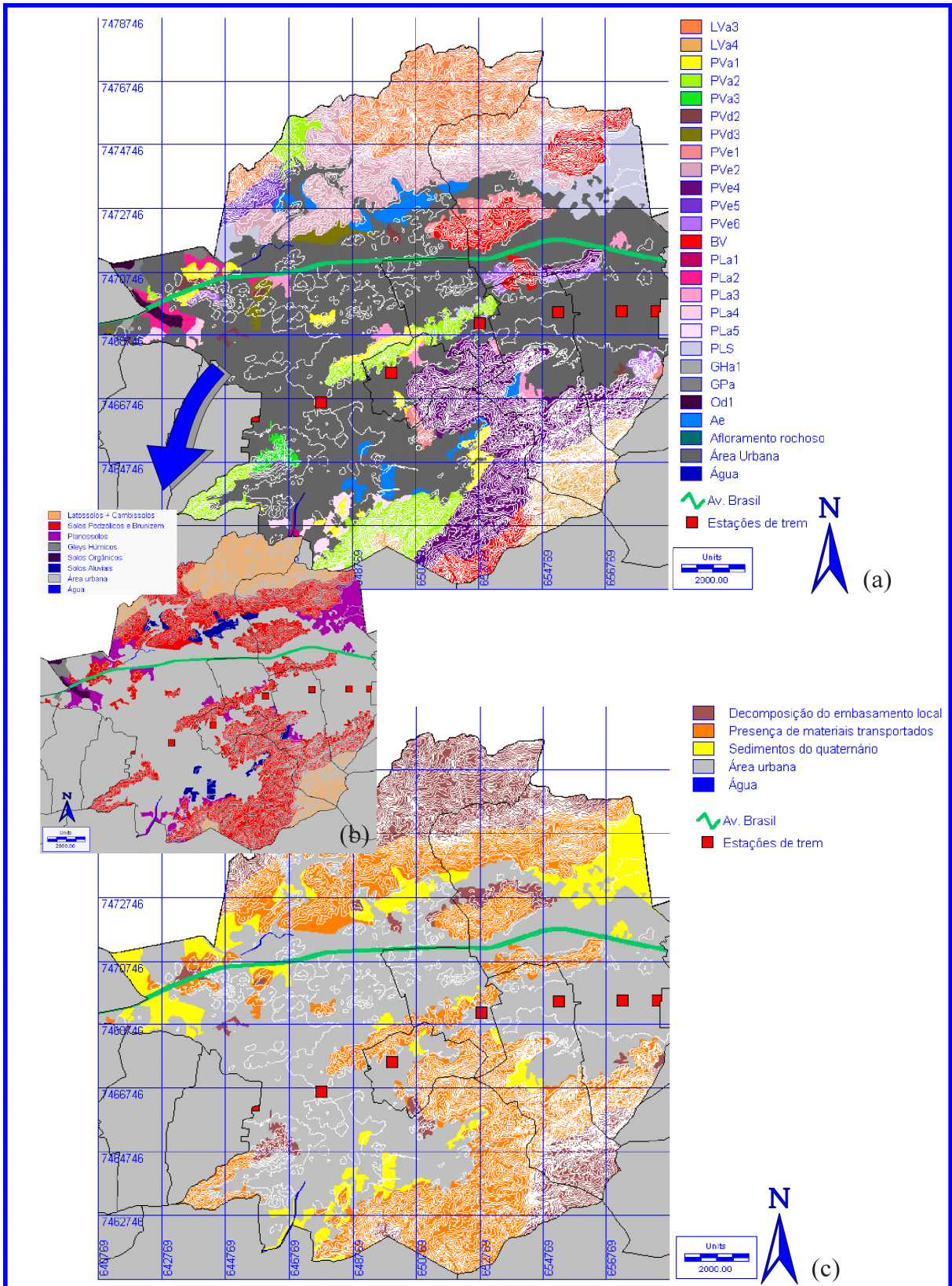


Figura 3.3 – Solos da área de estudo: (a) Mapa pedológico adquirido; (b) Classes pedológicas agrupadas; (c) Materiais de origem.

#### (iv) Vegetação e usos do solo

Os temas vegetação e usos do solo foram agrupados, pois estão contidos em um único mapa, também obtido junto à Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMAC). Características detalhadas destes mapas constam no [Anexo A.6](#).

O mapa de usos do solo apresenta informações referentes à área urbanizada e à área não urbanizada, conforme as classes que aparecem na Figura 3.4a. Observa-se, a partir desta Figura, que os topos das encostas são ainda muito vegetados, contendo florestas inalteradas. Esta vegetação se escasseia à medida em que se aproxima a metade inferior das encostas, dando lugar a áreas desmatadas denominadas de campo antrópico. Nas zonas de baixada predominam as áreas urbanas consolidadas, circundadas por manchas de áreas urbanas não consolidadas. Estas últimas ocorrem preferencialmente nos trechos próximos aos pés dos maciços cristalinos.

O mapa de áreas urbanas é complementado pelo mapa de eixos viários, obtido, também, junto à Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMAC). Detalhes referentes às características contidas neste mapa encontram-se no [Anexo A.7](#).

Este mapa, apresentado na Figura 3.4b, mostra a maior concentração das vias sobre a área urbana consolidada. Ele localiza, ainda, os dois principais pontos de ligação da região com os demais bairros e o centro: a avenida Brasil e a linha férrea. Os quadrados vermelhos, ao longo desta última, mostram a localização das estações de trem.

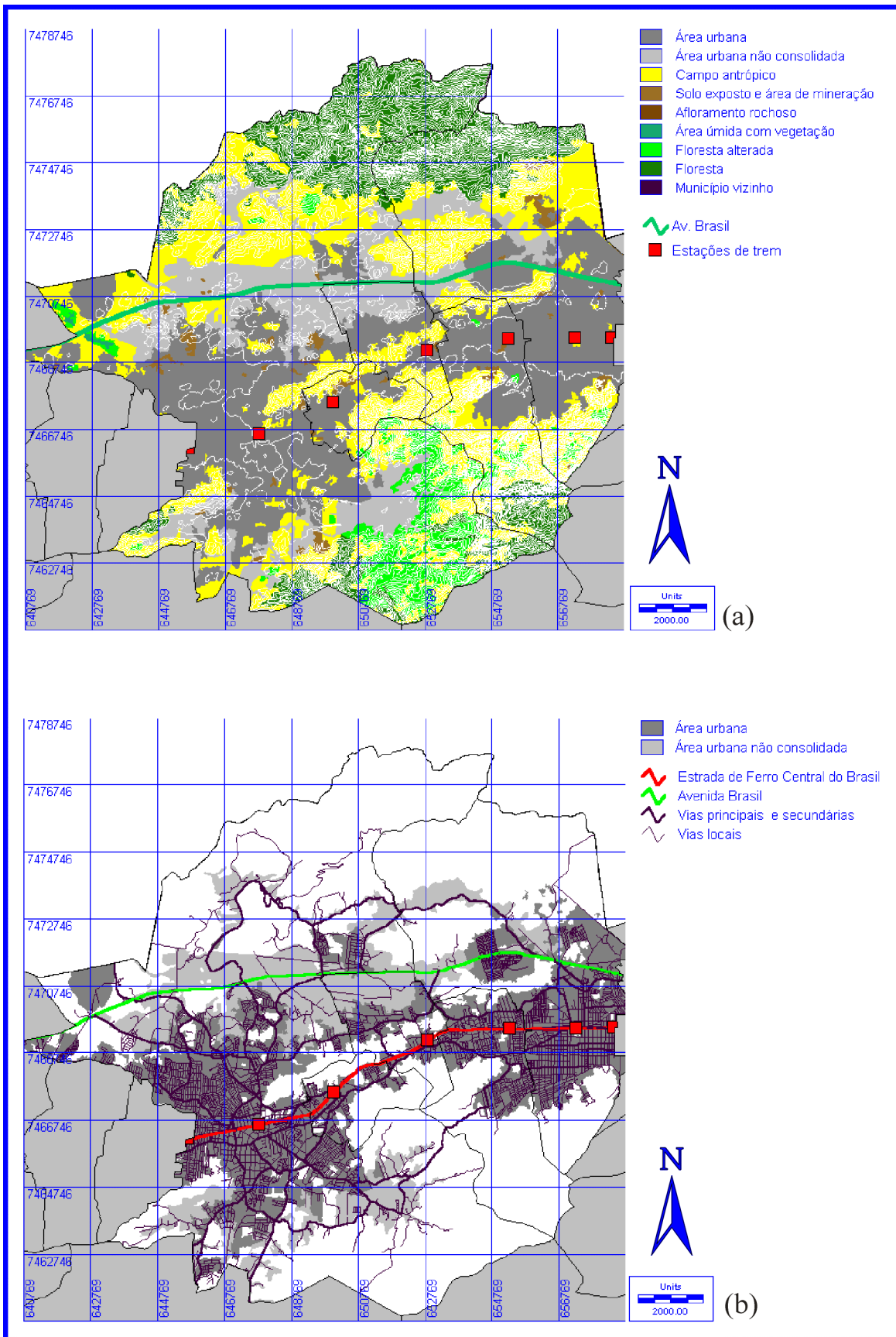


Figura 3.4 – Vegetação e usos do solo da área de estudo: (a) Uso e cobertura do solo; (b) Áreas urbanas e sistema viário.



### **3.1.2 – Os aspectos históricos e sócio-econômicos**

Dados históricos e sócio-econômicos são dados necessários à compreensão do tipo de ocupação urbana existente na área de estudo. Estão divididos no seguintes temas:

- (i) Evolução urbana;
- (ii) Sócio-economia.

Estes dados permitem avaliar a tendência de crescimento da área e identificar as parcelas do crescimento regional que devem ser absorvidas.

O estudo sobre a evolução urbana do local tem como objetivo criar um pano de fundo histórico que possibilite a melhor compreensão da estrutura urbana atual. A análise desta evolução urbana foi estruturada, neste trabalho, objetivando entender o processo de ocupação residencial da região. Para tanto foi dividida em:

- (i) Análise da importância das conexões da área com o centro e com os demais bairros;
- (ii) Análise dos propulsores de crescimento do local;
- (iii) Análise do perfil da população residente.

O estudo sobre a sócio-economia da área procura caracterizar a população que nela reside e descrever, mais detalhadamente, a forma como é realizado o uso e a apropriação do solo residencial. Para tanto, descrevem-se os aspectos mais relevantes a esta problemática, de maneira genérica, analisando:

- (i) Demografia;
- (ii) Educação;
- (iii) Renda;
- (iv) Trabalho;
- (v) Família;
- (vi) Habitação e saneamento;
- (vii) Formas de apropriação do solo, subdividida em vários sub-itens, devido ao grau de detalhamento exigido deste tipo de informação.

#### **3.1.2.1 – A evolução urbana**

Não se pode falar em evolução urbana da Zona Oeste sem considerar três importantes aspectos:

- (i) A existência da via férrea e a construção da Avenida Brasil, eixos de conexão importantes;
- (ii) A vinda de indústrias para o local, ainda no final do século XIX;
- (iii) O perfil da população que sempre ocupou a área, classes populares que se acomodam em locais desprovidos de condições básicas, de uma maneira geral.

(i) A via férrea e a Avenida Brasil

A via férrea e a Avenida Brasil são os principais eixos de conexão com o centro da cidade, ao longo dos quais toda a área se desenvolveu. A primeira data ainda dos tempos do império e estende-se até o antigo matadouro de Santa Cruz. Ela impulsiona o crescimento da área no primeiro momento quando as freguesias rurais são retalhadas e substituídas por loteamentos ao longo da linha do trem, com maior concentração no entorno das estações. A ferrovia também atrai indústrias para o local especialmente aquelas de maior porte.

A Avenida Brasil, localizada mais ao norte e quase paralela à via férrea, data do final da Segunda Guerra Mundial e ultrapassa os limites do município. Ela inaugura, em 1946, um novo eixo de crescimento urbano ao longo do qual estabelecem-se novas indústrias seguidas de pontos de aglomeração de mão-de-obra barata, as favelas. A Figura 3.5 mostra três etapas da evolução urbana da área de estudo.

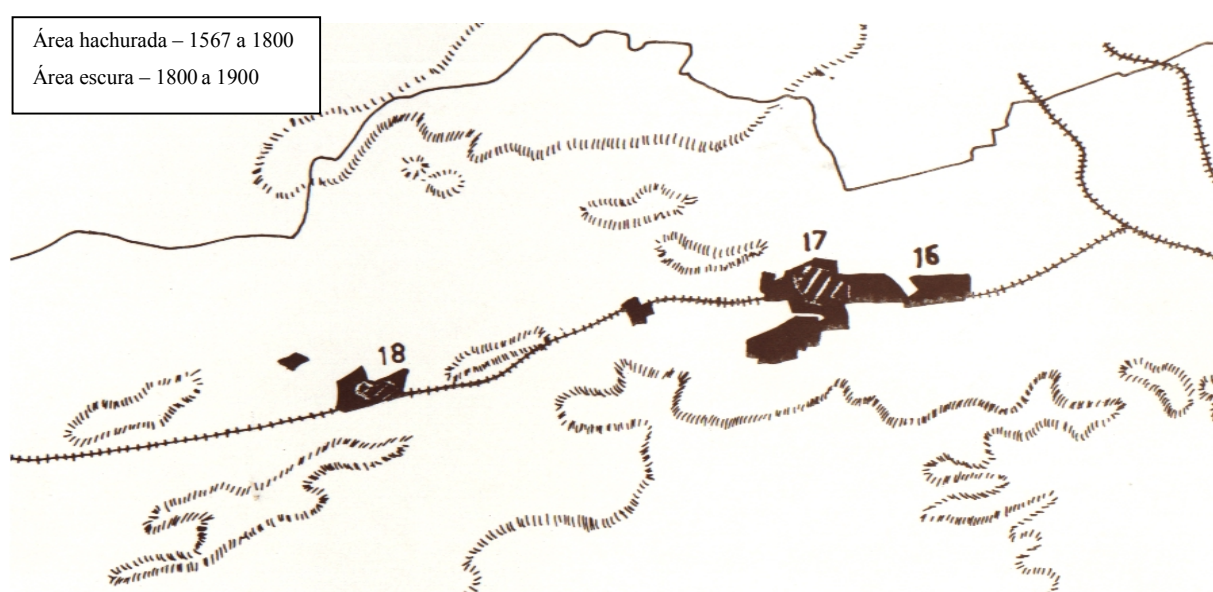


Figura 3.5 - Evolução Urbana da Zona Oeste: (a) Primeira fase de ocupação;

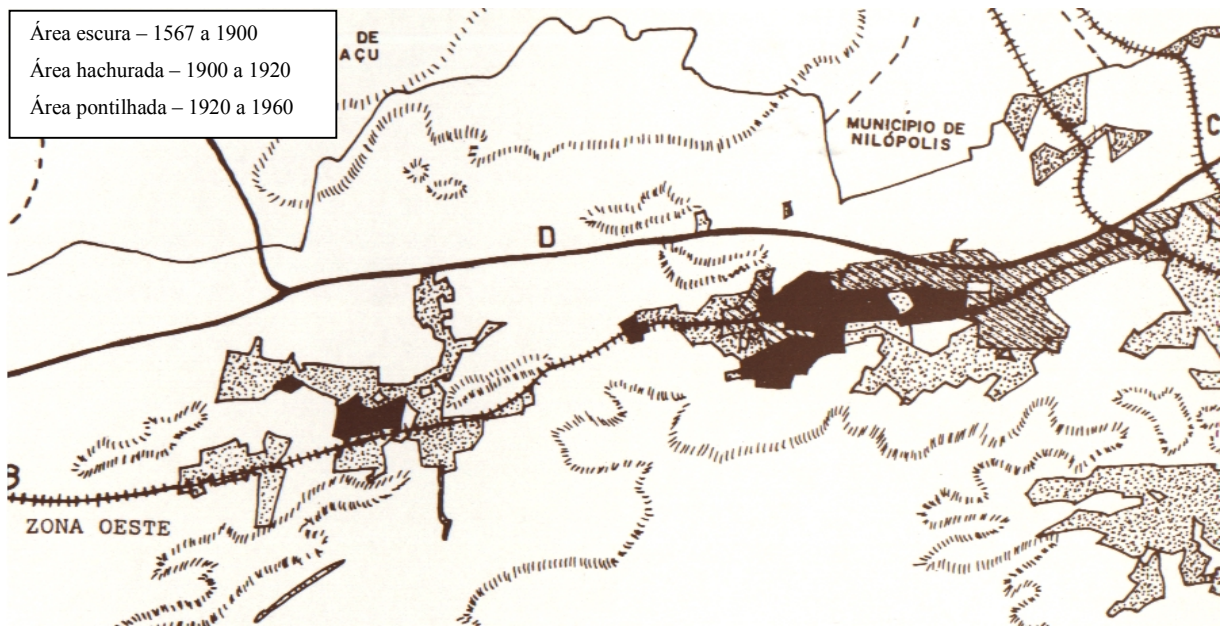


Figura 3.5 - Evolução urbana da Zona Oeste: (b) Segunda fase de ocupação

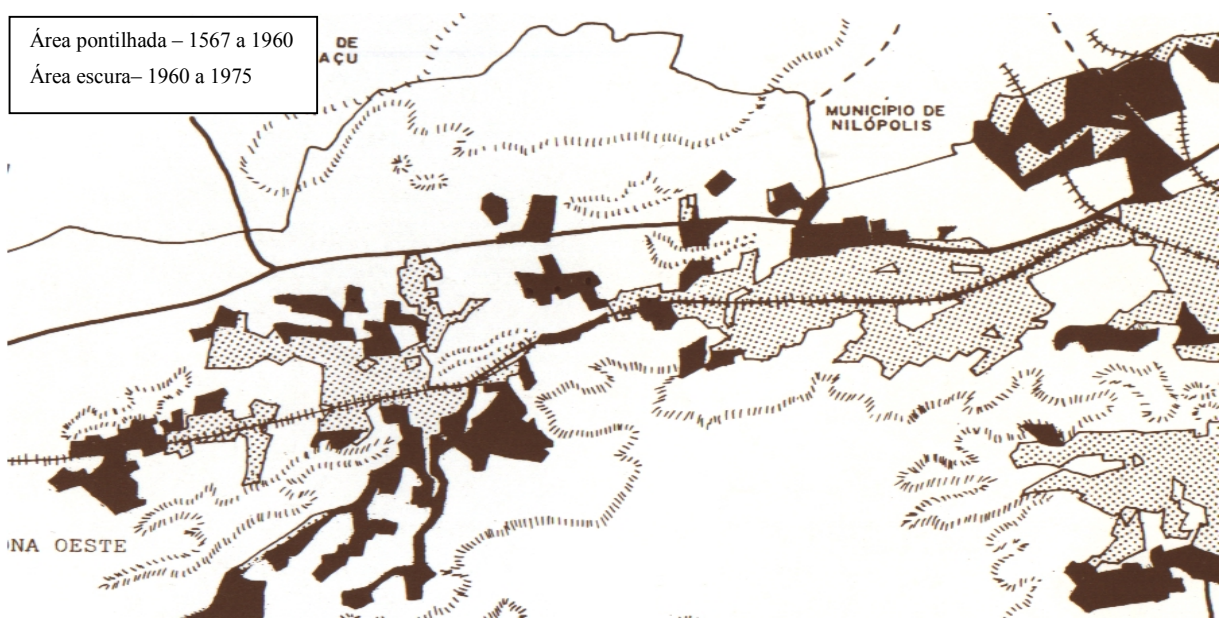


Figura 3.5 – Evolução urbana da Zona Oeste: (c) Terceira fase de ocupação (Depto. Geral do Patrimônio Cultural, 1992).

## (ii) As indústrias

A vinda das indústrias para o local deve-se, em grande parte, a estes dois excelentes pontos de escoamento da produção. A pioneira delas, Companhia Progresso Industrial do Brasil, instala-se em 1893 às margens da via férrea inaugurando uma nova zona industrial no município. A fábrica de Bangu, como era conhecida, necessitava de grande área de instalação

e proximidade em relação a mananciais de água devido à utilização de motores a vapor. Assim como esta, outras indústrias desejavam usufruir destes benefícios e eram atraídas para a área, também em função dos baixos custos dos terrenos.

Com a Revolução de 1930 e a ascensão de Getúlio Vargas ao poder, implanta-se um novo sistema político cuja política clara de incentivo à industrialização acelera o processo de crescimento das grandes cidades brasileiras. Este crescimento reflete-se em um grande fluxo migratório em direção à cidade do Rio de Janeiro, em função da oferta de empregos e das recém criadas leis sociais trabalhistas. Em 1937, o Estado define uma zona industrial para a cidade, localizada nos subúrbios.

Após a Segunda Guerra Mundial, aumenta significativamente o desenvolvimento do setor secundário. As indústrias transferem-se do centro para as áreas suburbanas ou nelas instalam-se pela primeira vez. Mas o principal eixo de concentração deixa de ser a ferrovia e passa a ser a recém inaugurada Avenida Brasil. Até hoje esta avenida concentra grande volume de indústrias que se estendem do centro até a Zona Oeste intercaladas por um grande volume de residências de baixo padrão habitacional.

Mas esta época de ouro da industrialização carioca termina com o governo Kubitschek. A transferência da capital para Brasília muda a posição política do Rio de Janeiro em relação ao país e os investimentos estrangeiros passam a ser direcionados para a cidade de São Paulo. O Rio de Janeiro deixa de ser o principal pólo industrial do Brasil. Um dos reflexos disto na economia é o gradativo desenvolvimento do setor terciário, que caracteriza a cidade hoje como um grande pólo de comércio e serviços. O declínio da atividade industrial da cidade e as grandes distâncias em relação ao centro municipal favoreceram, também, o aparecimento de centros de bairro nas áreas suburbanas. Muitos destes centros de bairro adquiriram importância regional e até metropolitana. Na Zona Oeste, destacam-se os centros dos bairros de Bangu e de Campo Grande.

### (iii) O perfil da população

As classes populares ocupam estas áreas desde os primórdios da urbanização, datada do final do século XIX, recebendo pouco ou nenhum apoio do Estado. A vinda da Fábrica de

Bangu para o local traz consigo a obrigação de construir uma vila operária, obrigação esta também imposta a outras indústrias que ali se instalam.

Apesar de muitos empregos estarem ainda concentrados no centro, as populações de menor poder aquisitivo são atraídas para estas áreas. O baixo valor imobiliário dos terrenos e a acessibilidade, via estrada de ferro, facilitada pela unificação do valor das tarifas suburbanas, são os atrativos neste primeiro momento. Contribuem para isto também a instalação de unidades militares na região em Deodoro, Marechal Hermes e Vila Militar.

A ocupação passa a ser ainda mais intensa após a realização de obras de saneamento e abertura de algumas vias importantes, por exemplo a rodovia Rio-São Paulo. Outras fazendas próximas às estações de trem são desmembradas e loteadas com baixo preço de venda e boas condições de parcelamento. Mas o Estado, praticamente, não investe nos subúrbios e as melhorias são sempre muito pontuais com exceção daquelas realizadas nas áreas densamente industrializadas, onde existem os conjuntos habitacionais.

Na década de 30, com o crescimento industrial atraindo populações de outras partes do país, o Estado vê-se obrigado a investir um pouco mais nas áreas suburbanas. São realizados melhoramentos urbanos e construídos conjuntos habitacionais, financiados principalmente pelos Fundos de Aposentadorias e Pensão. Com o declínio da era industrial carioca e a explosão demográfica da década de 60, a ocupação dos subúrbios, entre eles a Zona Oeste, passa a ser intensa. Grandes contingentes populacionais passam a se transferir para estas áreas em consequência do baixo preço dos lotes, da possibilidade de se construir com o mínimo de exigências burocráticas e do barateamento das tarifas de ônibus.

Todavia, esta expansão urbana não é acompanhada de infra-estrutura básica. Na Zona Oeste pouco mais da metade dos domicílios, nesta época, tem água encanada e só uma pequena parcela, cerca de 8%, possui instalações de esgoto. Este período é também marcado pela transferência de uma série de favelas da Zona Sul para conjuntos habitacionais em zonas distantes do mercado de trabalho. Um exemplo é criação da Vila Kennedy, em Bangu (Figura 3.6) e a criação dos conjuntos habitacionais de Padre Miguel (Figura 3.7). A paisagem urbana passa a ser caracterizada por um grande número de favelas e residências modestas, erguidas em sua grande maioria por autoconstrução ou pelos escassos investimentos dos próprios proprietários.



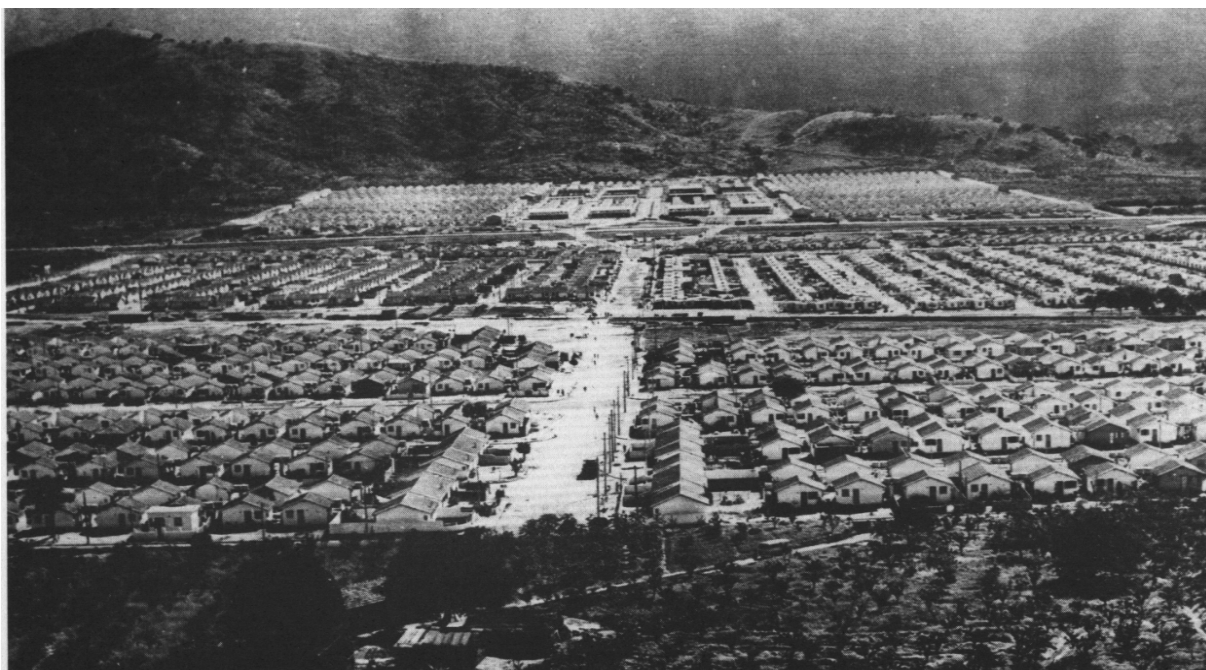


Figura 3.6 – Vila Kennedy em 1960 (Abreu, 1997).



Figura 3.7 – Conjuntos Habitacionais de Padre Miguel na Zona Oeste.

Hoje a cidade como um todo não cresce mais. Mas existe uma intensa migração intra-urbana, fruto do acelerado processo de acumulação de renda. O empobrecimento da classe

média e o aumento da pobreza em geral fazem com que a população procure locais de moradia mais baratos dentro da própria cidade. A Zona Oeste é uma das primeiras opções procuradas pelas classes de menores recursos. Os trechos mais próximos ao centro, apesar de não serem aqueles preferidos, continuam a crescer e como possuem a maior parte das áreas de baixada já ocupadas, restam disponíveis as áreas de encosta. Estas encostas são tanto aquelas dos morros situados entre a Avenida Brasil e a estrada de ferro quanto aquelas dos maciços da Pedra Branca e Gericinó.

### 3.1.2.2 – A análise sócio-econômica

#### (i) Demografia

Os dados apresentados neste item são oriundos de duas fontes principais, [Cardoso e Ribeiro \(1996\)](#) e [ABRJ \(1996\)](#).

A Região Administrativa de Bangu conta com 619.745 habitantes, correspondendo a 11,2% da população total da cidade. Dentro dela, o bairro com maior população é Bangu seguido por Senador Camará compreendendo, respectivamente, 226 389 hab e 100 409 hab, 4,1% e 1,8% da população total da cidade.

Na Região Administrativa de Campo Grande existem 418.677 habitantes, o que corresponde a 7,5% da população total da cidade. Os bairros de Campo Grande, Senador Vasconcelos e Santíssimo possuem, respectivamente, 258 780 hab, 27 964 hab e 26 983 hab, 4,7%, 0,5% e 0,5% da população total da cidade.

Na Região Administrativa de Bangu tem-se uma taxa de crescimento de 4,0% entre 1991 e 1996. A taxa de crescimento nos bairros de Bangu e Senador Camará é de 6,6% e 3,7%, respectivamente.

Na Região Administrativa de Campo Grande, a taxa de crescimento é de 9,9% entre 1991 e 1996. Os bairros de Senador Vasconcelos, Santíssimo e Campo Grande apresentam taxas de crescimento de 25,9%, 9,7% e 6,2%, respectivamente. Senador Vasconcelos se destaca como o bairro que mais cresce nesta Região Administrativa.

## (ii) Educação

Segundo [Ribeiro \(1995\)](#), o número de anos de estudo da população da Zona Oeste, em idade maior do que 25 anos, é de 6,2. A taxa de analfabetismo para a população maior de 15 anos é de 5,9%.

O percentual de pessoas, nesta área, acima de 25 anos com até 3 anos de estudo é de 26,7%, enquanto o percentual de pessoas desta mesma faixa etária com mais de 12 anos de estudo é de apenas 7,3%.

## (iii) Renda

A Zona Oeste, segundo [Ribeiro \(1995\)](#), concentra apenas 6,1% da renda total do estado, com valores de renda mediana per capita de 1,4 salários mínimos.

As faixas de renda variam bastante de bairro para bairro, mas são semelhantes nas duas Regiões Administrativas. Segundo [Cardoso e Ribeiro \(1996\)](#) e [ABRJ \(1996\)](#), o maior percentual da população tem rendimento médio mensal de 1 a 2 salários mínimos.

Outro recurso utilizado para se perceber o grau de estratificação social da área é o ICR – Índice de Concentração de Renda. Este índice, segundo [Cardoso e Ribeiro \(1996\)](#), “mede a razão entre o percentual de população nas faixas acima de dez salários mínimos sobre o percentual de população abaixo desta faixa” e foi calculado para cada bairro conforme o que mostra a Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Índices de Concentração de Renda - ICR (baseado em [Cardoso e Ribeiro, 1996](#)).

Bairro	ICR, não incluindo os sem rendimento	ICR, incluindo os sem rendimento
Senador Vasconcelos	0,033	0,030
Senador Camará	0,031	0,029
Santíssimo	0,023	0,022
Bangu	0,038	0,036
Campo Grande	0,065	0,062

Comparando os valores de índice de concentração calculados com o ICR da cidade, cuja média é de 0,21 ([Cardoso e Ribeiro, 1996](#), não especificam se este valor inclui ou não



aqueles sem rendimentos), vê-se que estas áreas são bastante pobres. No Rio de Janeiro a população de renda alta e média alta (acima de dez salários mínimos) corresponde a 21% da população de renda baixa e média-baixa (abaixo de dez salários mínimos). Na Zona Oeste esta população de renda alta e média-alta tem percentuais mais elevados na faixa de 6,5% no bairro de Campo Grande, ainda muito inferiores aos valores médios da cidade. Estas diferenças ficam ainda mais alarmantes quando se comparam estes valores aos da Zona Sul carioca que em média tem ICR de 0,69. Os índices chegam a ser mais de dez vezes maiores do que aqueles das Regiões Administrativas de Bangu e Campo Grande.

#### (iv) Trabalho

A partir de [Ribeiro \(1995\)](#), obtém-se que o percentual de pessoas ocupadas, na Zona Oeste, é de 47,9%. Dividindo por atividade tem-se: 21% concentradas na prestação de serviços, 16% no comércio, 15% na indústria de transformação, 14,2% em atividades sociais diversas, 9,1% na administração pública, 6,9% na construção civil, 6,8% nos transportes e comunicação, 3,3% como auxiliares de atividades econômicas, 2,7% em outras indústrias e 0,8% na agricultura.<sup>1</sup>

Entre os que trabalham, 44,3% têm carteira assinada, 19,4% são empregados públicos, 16,4% não têm carteira assinada, e 16,0% são trabalhadores por conta própria.<sup>2</sup>

O número de horas trabalhadas por semana é de 41,8h e a renda mediana das pessoas ocupadas é de 2,5 salários mínimos.

#### (v) Família

O tamanho médio das famílias residentes na Zona Oeste é de 3,5 pessoas. O número médio de filhos é de 1,6, segundo [Ribeiro \(1995\)](#).

A família é composta em 58,5% dos casos por casais com filhos. Seguem-se 16,6% dos casos onde a composição é de somente mulheres com filhos, 12,8% dos casos são casais sem filhos e 7,6% dos casos são famílias do tipo unipessoal.

---

<sup>1</sup> Os dados percentuais presentes na bibliografia consultada não somam 100%.

<sup>2</sup> Ídem

A taxa de atividade dos membros é de 80,8% para os chefes homens, 70,4% para os filhos adultos, 49,6% para os chefes mulheres, 30,7% para os cônjuges e 24,4% para os filhos adolescentes.

Na participação da renda familiar, destacam-se os homens com 60,3%, seguidos dos filhos adultos com 16,2%, dos chefes mulheres com 11,0% e dos cônjuges com 8,5%.

Na maioria dos casos, segundo [SMU/IPP/DIC \(1997\)](#), o número de pessoas por habitação fica em torno de 4, seguido de famílias menores. A Tabela 3.2 ilustra os percentuais do porte das famílias por bairro.

Tabela 3.2. - Percentual do número de pessoas residentes por domicílio (adapt. [SMU/IPP/DIC, 1997](#)).

Nº de pessoas por domicílio	Bangu (em %)	Senador Camará (em %)	Santíssimo (em %)	Campo Grande (em %)	Senador Vasconcelos (em %)
1	7,7	7,9	6,1	6,5	8,0
2	16,6	15,9	15,8	15,7	17,2
3	22,3	21,8	22,2	21,8	22,4
4	24,8	24,2	25,3	26,2	24,7
5	14,0	14,6	15,7	15,3	14,0
6 ou mais	14,6	15,6	14,9	14,6	13,7

#### (vi) Habitação e saneamento

[Ribeiro \(1995\)](#) informa que o abastecimento de água, na Zona Oeste, atinge 97,7% da população, a coleta de lixo atende 90,7% e a rede geral instalada de esgotos atende 85,7% da área.

Entre os tipos de habitação destacam-se as unifamiliares em 82,6% dos casos contra apenas 15,9% de multifamiliares. Todas as habitações são de alvenaria. Em 69,5% dos casos, os domicílios possuem mais de 5 cômodos, apenas 2,3% do total possuem até 2 cômodos.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Os dados percentuais presentes na bibliografia consultada não somam 100%.

O percentual da população em domicílios próprios é de 68,6%. Em 21,4% dos casos, os domicílios são alugados e em 9,6% dos casos eles são cedidos.<sup>4</sup>

Destacam-se como maiores problemas da área, a deficiência da oferta de transportes de massa, a deficiência de esgotamento sanitário, pois da parcela de população atendida, 37% não tem ligação com a rede (apesar de estarem situados em logradouros com rede geral instalada) e a falta de instalações adequadas de drenagem urbana, principalmente nos loteamentos.

(vii) Formas de apropriação do solo

a) Crescimento domiciliar, participação empresarial no setor, número de unidades lançadas na área (segundo [Cardoso e Ribeiro, 1996](#) e [ABRJ, 1996](#))

Na Região Administrativa de Bangu o crescimento domiciliar foi de 2,1%, entre 1980 e 1991. A participação empresarial no setor foi de 3%, nesta mesma época com 541 unidades lançadas (0,54% do total lançado no município), entre 1979 e 1993. Destas unidades, 5,2% foram lançadas por micro incorporadores, 20,1% foram lançadas por pequenos incorporadores, nenhuma foi lançada por médios incorporadores, 39,7% foram lançadas por grandes incorporadores e 35,1% foram lançadas por mega incorporadores.

Na Região Administrativa de Campo Grande as taxas foram um pouco maiores da ordem de 2,5%, entre 1980 e 1991. A participação empresarial no setor foi de 12%, nesta mesma época com 1796 unidades lançadas (1,8% do total lançado no município), entre 1979 e 1993. Destas unidades, 1,5% foram lançadas por micro incorporadores, 10,0% foram lançadas por pequenos incorporadores, 15,3% foram lançadas por médios incorporadores, 40,8% foram lançadas por grandes incorporadores e 32,3% foram lançadas por mega incorporadores.

b) Usos do solo urbano (segundo dados de [SMU/IPP/DIC, 1997](#))

Dentro do percentual da área urbanizada na Região Administrativa de Bangu, tem-se de 67% a 95% desta área com ocupação residencial contra um percentual bem menor na

---

<sup>4</sup> Os dados percentuais presentes na bibliografia consultada não somam 100%.

Região Administrativa de Campo Grande com valores entre 41% a 67%. Em ambas as Regiões Administrativas, o percentual de área construída com uso industrial é de até 11%, à exceção do bairro de Santíssimo, onde os valores ficam entre 12% e 15%. O comércio ocupa até 10% e os espaços de uso público no máximo 1% da área total, como pode ser visto na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Usos do solo (adapt. [SMU/IPP/DIC,1997](#)).

Uso do solo (em %)	Bangu	Senador Camará	Santíssimo	Campo Grande	Senador Vasconcelos
Residencial	76,8	87,7	60,6	59,2	74,7
Comercial	14,9	7,7	9,1	14,3	21,1
Industrial	4,4	4,3	13,0	8,8	3,2
Outros	3,9	0,3	17,3	17,7	1,0

Observa-se em geral, uma carência de locais destinados a atividades de lazer e cultura. Os eventos ocorrem todos nas ruas sob a forma de feiras ou festivais. Há também uma ausência visível de espaços de uso público e de áreas verdes que amenizem as altas temperaturas do verão e filtrem um pouco a grande quantidade de poluentes proveniente dos veículos.

c) Densidade populacional líquida (segundo [SMU/IPP/DIC,1997](#))

Destaca-se o bairro de Senador Camará como aquele que apresenta os maiores valores de densidade populacional líquida, 13870 hab/km<sup>2</sup>. Na mesma Região Administrativa, sucede-se o bairro de Bangu com 7680 hab/km<sup>2</sup>.

Na Região Administrativa de Campo Grande tem-se Senador Vasconcelos como bairro mais denso, seguido de Santíssimo e Campo Grande com, respectivamente, valores de 5920 hab/km<sup>2</sup>; 3250 hab/km<sup>2</sup> e 2700 hab/km<sup>2</sup>.

d) Os imóveis territoriais (segundo [SMU/IPP/DIC,1997](#))

Os imóveis territoriais, na Zona Oeste, tendem a ter dimensões entre 221m<sup>2</sup> e 400m<sup>2</sup> na maioria dos casos, estando de acordo com a Lei 6766 / 79 – Lei Federal de Parcelamento do Solo, que fixa o valor mínimo de parcelamento como 125m<sup>2</sup>. Porém, observa-se, na

Tabela 3.4, um grande número de lotes com áreas inferiores a 220m<sup>2</sup>, (um terço dos casos), sem informação a respeito de que quantidades, dentro deste percentual, estão acima e abaixo dos valores fixados pela lei.

Tabela 3.4 - Percentual de terrenos por faixa de área (adapt. do [SMU/IPP/DIC, 1997](#)).

	Região Administrativa de Bangu	Região Administrativa de Campo Grande
Até 220m <sup>2</sup> (em %)	30,7	31,7
De 221 a 400m <sup>2</sup> (em %)	47,5	47,8
De 401 a 600m <sup>2</sup> (em %)	11,5	10,3
De 601 a 1000m <sup>2</sup> (em %)	4,7	5,4
De 1001 a 3000m <sup>2</sup> (em %)	2,7	1,8
De 3001 a 5000m <sup>2</sup> (em %)	0,5	0,4
De 5001 a 10.000m <sup>2</sup> (em %)	0,5	0,7
Acima de 10.000m <sup>2</sup> (em %)	1,8	1,9

É importante lembrar que a área conta com vários loteamentos irregulares. Na Região Administrativa de Bangu, eles são ocupados por 11.944 pessoas, 1,9% da população total da área. Na Região Administrativa de Campo Grande, estes índices são muito maiores e quase um terço da população, 28,6% do total, 119.625 pessoas, reside neste tipo de terreno.

Existem alguns programas habitacionais para a área, com poucas unidades propostas, nenhum ainda concluído na data deste levantamento.

#### e) Os imóveis residenciais (segundo [SMU/IPP/DIC,1997](#))

Entre imóveis residenciais, a maioria é próprio, estando o maior percentual deles concentrado nos bairros de Bangu e Senador Camará, seguidos do bairro de Campo Grande.

A maior parte da área urbana das duas Regiões Administrativas, cerca de aproximadamente 80%, é ocupada por imóveis residenciais unifamiliares. Mas existem também edificações multifamiliares mais concentradas nas proximidades dos centros comerciais de Bangu e Campo Grande, especialmente, em áreas próximas à antiga indústria têxtil, em áreas ao longo da estrada de ferro e em alguns pontos junto ao maciço da Pedra Branca. A Tabela 3.5 mostra os percentuais de imóveis residenciais por tipo existentes nas duas Regiões Administrativas.

Tabela 3.5 - Percentual de imóveis residenciais por tipo (adapt. SMU/IPP/DIC, 1997).

Tipo do imóvel (em %)	RA de Bangu	RA de Campo Grande
Casa / Sobrado	41,0	61,5
Apartamento	15,4	18,6
Proletário	43,7	20,0

Nesta área, encontram-se ainda favelas e conjuntos habitacionais. Na Região Administrativa de Bangu, tem-se 84.572 pessoas que residem em 22.396 domicílios em favelas, o que equivale a 13% da população. Na Região Administrativa de Campo Grande, este percentual baixa para 8% da população, equivalendo, em números absolutos, a 33.659 pessoas residindo em 8.756 domicílios.

Os conjuntos habitacionais são bastante numerosos na Região Administrativa de Bangu, com 177.675 pessoas residindo neles, 28,6% do total da população da área. Destes conjuntos habitacionais, 38,3% são compostos por residências unifamiliares e 61,7% compostos por residências multifamiliares. Na Região Administrativa de Campo Grande, apenas 33.960 pessoas residem em conjuntos habitacionais, 8,1% da população total da área. Aqui as residências unifamiliares são maioria, 78,7% contra 21,4% de residências multifamiliares.

Em relação ao porte dos imóveis residenciais, pode-se dizer que predominam aqueles com áreas entre 51 e 100m<sup>2</sup>. A média dos valores é de 64,4m<sup>2</sup> para as casas e sobrados na Região Administrativa de Bangu e 64,1m<sup>2</sup> na Região Administrativa de Campo Grande. Nos imóveis multifamiliares os valores médios são 63,6m<sup>2</sup> na duas Regiões Administrativas. Porém, nas habitações proletárias predominam habitações ainda menores com áreas de no máximo 50m<sup>2</sup>. A Tabela 3.6 ilustra mais detalhadamente o percentual de imóveis residenciais em cada faixa de área, de acordo com o tipo.

Tabela 3.6 - Percentual de imóveis residenciais em cada faixa de área de acordo com o tipo (adapt. SMU/IPP/DIC, 1997).

Tipo de imóvel	Até 50m <sup>2</sup>	51 a 100m <sup>2</sup>	101 a 150m <sup>2</sup>	151 a 300m <sup>2</sup>	301 a 500m <sup>2</sup>	+ de 500m <sup>2</sup>
RA de Bangu						
Casa / Sobrado (%)	40,0	50,3	5,6	3,6	0,4	0,2
Apartamento (%)	31,7	61,9	4,7	1,6	0,1	0,007
Proletário (%)	72,2	26,5	1,1	0,2	0,0 ou menos	-
RA de Campo Grande						
Casa / Sobrado (%)	37,5	52,6	5,8	3,8	0,3	0,1
Apartamento (%)	29,3	64,0	4,1	2,5	0,1	0,1
Proletário (%)	58,4	39,7	1,4	0,4	0,0 ou menos	-

A tipologia habitacional é basicamente composta por residências unifamiliares de dois a três pavimentos. Quando há um terceiro pavimento, ele é geralmente uma área de terraço. As habitações situadas mais próximas à via férrea possuem acabamentos ruins, a maioria não está nem sequer rebocada (Figuras 3.8 e 3.9). Já aquelas mais próximas à Avenida Brasil são de qualidade bastante superior (Figuras 3.10 e 3.11).



Figura 3.8 - Tipologias habitacionais menos modestas próximas à via férrea.





Figura 3.9 - Tipologias habitacionais mais modestas próximas à via férrea.



Figura 3.10 - Tipologias habitacionais menos modestas próximas à Avenida Brasil.





Figura 3.11 - Conjuntos habitacionais, próximos à Avenida Brasil.

### 3.1.3 – As políticas públicas

Dados referentes às alternativas de crescimento propostas pelo Poder Público, para a área de estudo, resumem-se à legislação. Não foram encontradas propostas ou projetos específicos para este local.

Foram analisadas a legislação federal, estadual e municipal e selecionaram-se os aspectos mais relevantes que envolvem diretrizes de expansão urbana residencial referentes ao estudo de caso.

Os principais instrumentos reguladores que contêm informações relevantes ao tema e à área de estudo são:

- (i) Código Florestal (lei federal);
- (ii) Legislação para Áreas de Proteção Ambiental (leis municipais);
- (iii) Lei Federal de Parcelamento do Solo Urbano;
- (iv) Plano Diretor Decenal do Município do Rio de Janeiro;
- (v) Decreto 322/76 (decreto municipal);
- (vi) Projetos de Estruturação Urbana (lei municipal).

### 3.1.3.1 – A legislação

#### (i) Código Florestal

A Lei Federal 4771/65 define como prioridade a preservação de florestas e vegetação natural nos seguintes locais: i) ao longo dos rios, cuja largura da área a ser preservada depende da largura do curso d'água; ii) no entorno das nascentes e olhos d'água, em qualquer situação topográfica, com raio mínimo de 50m de largura; iii) nos topos de morros, montes, montanhas e serras e iv) nas encostas com declividades superiores a 45 ° (100% na linha de maior declive).

Define também a preservação de áreas vegetadas nas quais: i) a vegetação atenua a erosão de terras; ii) a vegetação situa-se ao longo de ferrovias e rodovias; iii) a vegetação situa-se em sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico; iv) a vegetação asila exemplares de flora e fauna ameaçados de extinção e v) a vegetação assegura condições de bem-estar público.

Destacam-se ainda nesta lei os seguintes aspectos:

- A supressão total de florestas de preservação permanente só é permitida, com autorização do Poder Executivo Federal, para executar planos, obras e atividades de utilidade pública ou interesse social;
- Não se pode derrubar florestas em encostas com declividades entre 25° e 45°, a menos que elas estejam em regime de utilização racional e visem rendimentos permanentes;
- É proibido impedir ou dificultar a regeneração natural de florestas e demais formas de vegetação.

#### (ii) Legislação para Áreas de Proteção Ambiental

É um conjunto de leis que define as Unidades de Conservação Ambiental do município. Estas Unidades de Conservação Ambiental são áreas com atributos ecológicos que apresentam estatuto especial de uso e ocupação do solo, bem como do manejo dos ecossistemas naturais. Destacam-se, na área de estudo, três Unidades de Conservação Ambiental:

#### a) Parque Estadual da Pedra Branca

Foi transformado em Parque Estadual em 1963 pela Lei Estadual 2377/74 e é tutelado pelo IEF, Instituto Estadual de Florestas.

É a Unidade de Conservação Ambiental mais extensa da cidade com 12.500ha, limitada por todas as encostas acima da cota 100m. Áreas acima da cota 300m são consideradas dotadas de características ecológicas e paisagísticas notáveis e têm ocupação praticamente proibida.

O parque conta com trilhas para passeios e caminhadas, possui colônia de férias, visitas guiadas para escolas, eventos de educação ambiental e uma série de bens de valor cultural.

#### b) Parque Ecológico do Mendanha

Foi transformado em Parque Ecológico em 1993 pela Lei Municipal 1958/93 e é tutelado pela SMAC, Secretaria Municipal do Meio Ambiente.

Possui 1323,47ha de área e localiza-se na vertente sul do maciço de Gericinó, compreendendo parte das serras de Gericinó, Mendanha e Quintungo e dos morros de Gericinó e Guandú. A área pertenceu durante muito tempo à Fábrica de Bangu que apoiou a criação do parque, dispendo-se a negociar a posse das terras com a prefeitura.

O local não está disponível à visitação pública mas possui inúmeras trilhas ecológicas, rios e cachoeiras, além do antigo reservatório que abastecia a Fábrica de Bangu. O entorno é hoje ocupado por pequenas propriedades agrícolas.

#### c) Parque Municipal Fazenda do Viegas

Foi transformado em Parque Municipal em 1996 pelo Decreto 14.800/96 e é tutelado pela Secretaria Municipal de Cultura e pela Secretaria Municipal do Governo.

Possui 9,5ha de área e está localizado no bairro de Senador Camará, ocupando uma pequena elevação entre as serras do Viegas e do Lameirão.

O local é praticamente um sítio que ameniza a paisagem da vizinhança. É aberto a visitação. O caminho principal leva às edificações históricas presentes no local, como a antiga sede da fazenda e a capela, ainda coloniais, o abrigo de charretes e a piscina-fonte. Hoje estes locais são sedes de órgãos públicos, como a sub-prefeitura da Zona Oeste e escritórios regionais de outras secretarias.

### (iii) [Lei Federal de Parcelamento do Solo Urbano nº 6766/79](#)

É uma lei que deve ser complementada em nível estadual e municipal. Não permite os seguintes tipos de parcelamento do solo urbano: i) terrenos alagáveis ou sujeitos a inundações, sem que sejam tomadas providências para assegurar o escoamento de água; ii) terrenos com declividades superiores a 30%, a não ser que sejam atendidas exigências específicas de autoridades competentes; iii) terrenos com condições adversas de geologia; iv) áreas de preservação ou poluição.

A área mínima para lotes é fixada em 125 m<sup>2</sup> e a testada mínima é de 5 m, salvo quando legislação estadual ou municipal permitir menor, ou em áreas de habitação de interesse social. Além disto, não se permite construir ao longo de águas correntes ou dormentes e ao longo de faixa de domínio público de rodovias e ferrovias (neste último caso, o afastamento mínimo é de 15 m de cada lado). O percentual de espaços públicos não pode ser inferior a 35% da área loteada.

### (iv) [Plano Diretor Decenal da Cidade](#)

Apresenta um conjunto de regras gerais, diretrizes de crescimento e adensamento, princípios para as políticas de habitação, meio ambiente e infra-estrutura, além de detalhar alguns mecanismos de gestão urbana. Prevê a criação de um conjunto de leis específicas com normas gerais e detalhadas para gerenciamento dos usos do solo, parcelamento, zoneamento e perímetro urbano.

Os aspectos gerais de uso e ocupação do solo definem a Área de Planejamento 5 como uma das áreas prioritárias para a distribuição de investimentos. As disposições gerais de diretrizes de ocupação urbana definem esta mesma área como um dos principais vetores de crescimento urbano, irradiados a partir dos centros de comércio e serviços. Este mesmo item define zonas de restrição à ocupação: áreas frágeis de encosta e áreas frágeis de baixada. Define, também, parâmetros básicos de estruturação urbana, tais como os centros de comércio e serviços, além das áreas predominantemente industriais.

O Plano Diretor Decenal da Cidade apresenta ainda diretrizes gerais de uso e ocupação do solo por Áreas de Planejamento. Aspectos mais específicos são objetos de Projetos de Estruturação Urbana. Destacam-se, para a Área de Planejamento 5, os seguintes aspectos fixados nesta lei:

- Desenvolver o turismo e lazer na região, especialmente no maciço da Pedra Branca;
- Priorizar a ocupação urbana entre a Avenida Brasil e a Ferrovia;
- Desestimular a construção de conjuntos habitacionais de grande porte;
- Criar plano de circulação viária para integrar Bangu e Campo Grande com os demais bairros da Zona Oeste;
- Fortalecer centros de comércio e serviços de Bangu e Campo Grande concentrando atividades;
- Criar mais espaços públicos;
- Criar zonas tampão entre conjuntos habitacionais e habitação de baixa densidade;
- Reflorestar o maciço da Pedra Branca;
- Define como áreas sujeitas à proteção ambiental todas as Unidades de Conservação ambiental mais todos os pequenos morros, situados entre os maciços do Mendanha e da Pedra Branca, a partir da cota 50m;
- Fixa os índices de aproveitamento dos terrenos para cada um dos bairros: 3,5 para Bangu, Senador Camará e Campo Grande e 2 para Santíssimo e Senador Vasconcelos.

(v) [Decreto 322/76](#)

Este decreto redefine e aprofunda o zoneamento urbano proposto por decretos anteriores e regulamenta as edificações. É um documento extremamente confuso em termos de redação. Inicialmente, define cada zona independentemente de seus limites físicos. Posteriormente, determina quais atividades e usos são permitidos em cada zona e sob que

condições isto deve ocorrer, apresentando em anexo tabelas que relacionam usos e atividades com as zonas definidas. Da análise das tabelas, observa-se que não existe uma hierarquia clara entre as classes definidas dentro de cada tipo de zona. Por exemplo, é impossível afirmar que a numeração estabelecida para cada tipo de zona comercial equivale a uma ordem hierárquica crescente em termos de porte dos estabelecimentos.

A localização física das zonas definidas por este decreto pode ser visualizada nos mapas contidos em um CD-Rom chamado “Zoneamento Urbano da Cidade do Rio de Janeiro”, desenvolvido pela Secretaria Municipal de Urbanismo. No entanto, os mapas existentes neste CD-Rom contém informações diferentes daquelas descritas no PEU (Projeto de Estruturação Urbana) de Bangu.

#### (vi) [Projetos de Estruturação Urbana \(PEU\)](#)

São um conjunto de instrumentos reguladores que definem estratégias de planejamento localizado, atuando sobre bairros ou conjunto de bairros. Não apresentam metodologia unificada possuindo abordagem diferente em relação a cada área.

Para a Zona Oeste existe o PEU de Bangu, Lei Complementar nº49/2000 que define a localização das zonas comerciais do tipo 1, 2 e 3 e as zonas de uso predominantemente industrial, regulamentadas a partir do Decreto 322/76. Para a Região Administrativa de Campo Grande não existe nenhum documento específico.

Como as informações contidas no PEU de Bangu não são as mesmas apresentadas pelo CD-Rom da Secretaria Municipal de Urbanismo, o uso de dados de legislação específica para esta área fica prejudicado, pois não se sabe qual informação está correta.

### 3.2 – A SÍNTESE DAS INFORMAÇÕES COLETADAS

Os elementos sintetizados foram agrupados segundo quatro critérios, identificados considerando-se os seguintes aspectos:

(i) Informações sobre o meio ambiente contidas na legislação, passíveis de serem representadas espacialmente;

- (ii) Informações sobre as formas de apropriação do solo contidas no estudo histórico e sócio-econômico, passíveis de serem representadas espacialmente;
- (iii) Complementação do conjunto de dados referentes ao ambiente natural, mediante pesquisas bibliográficas adicionais;
- (iv) Identificação da parcela regional destinada ao crescimento.

Algumas das informações contidas nos itens acima descritos foram obtidas, já em meio digital, diretamente com Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMAC). Em se tratando de casos como este, procedeu-se à realização da filtragem das classes de interesse e à rasterização dos dados já filtrados, conforme o descrito no item 3.1.

Dados de origem não espacial, mas passíveis de serem espacializados, foram processados utilizando-se rotinas de reclassificação, cálculos de distância e sobreposição ou cruzamento contidas no *software* IDRISI 32.

Mapas que foram reclassificados no IDRISI 32 utilizaram o módulo *reclass* do programa, o qual permite que sejam atribuídos novos valores às classes mapeadas. Cada valor de classe mapeada da imagem original é especificado juntamente com o correspondente novo valor que se deseja utilizar na reclassificação. O programa gera uma nova imagem contendo os novos valores atribuídos à cada classe. Quando se deseja excluir classes, atribuem-se à estas valores nulos. Quando se deseja agrupar classes, atribui-se um valor igual a todas aquelas que se pretende considerar como uma única.

Processamentos de hierarquização de dados também utilizam a ferramenta de reclassificação (*reclass*). Cada valor de classe mapeada da imagem original é especificado juntamente com o correspondente novo valor atribuído a esta classe, em uma ordem hierárquica definida pelo usuário. O resultado é uma nova imagem contendo valores hierarquizados atribuídos a cada classe.

Mapas de distância envolvem o uso do módulo *distance* do programa. Este módulo exige como dado de entrada um mapa localizando apenas o "alvo", a partir do qual serão calculadas as distâncias. Uma vez fornecida esta informação, a distância euclideana de cada célula, em relação à célula mais próxima do "alvo", é calculada. Um novo mapa é gerado contendo valores contínuos de distância, calculadas em relação ao "alvo", na unidade de

medida do sistema de coordenadas, idêntica àquela contida na imagem fornecida como entrada.

Mapas de faixa de distância ou zonas tampão utilizam o módulo *buffer* do programa. Assim como no módulo *distance*, é exigido para entrada um mapa com o "alvo" a partir do qual serão calculadas as zonas tampão. O usuário necessita especificar a largura da zona tampão na mesma unidade métrica da imagem de entrada, e indicar qual novo valor será atribuído ao "alvo" e quais novos valores serão atribuídos ao interior e ao exterior da zona tampão. O resultado deste processamento é uma imagem contendo as três classes pretendidas.

O módulo *overlay* do programa efetua operações de superposição ou cruzamento, já listadas no item 3.1, entre dois mapas rasterizados, com a mesma área georreferenciada. Para efetuar-se este tipo de processamento, informa-se qual tipo de operação se deseja realizar e sobre quais mapas se deseja aplicá-la. Com estas informações, o programa aplica um algoritmo que efetua a operação escolhida sobre cada *pixel* com a mesma localização nos dois mapas. Um novo mapa é gerado contendo em cada *pixel* os valores resultantes da operação selecionada.

O conjunto de informações provenientes da identificação da parcela de crescimento regional destinada ao crescimento resulta em duas tabelas. Tais informações serão espacializadas no capítulo seguinte, pois aplicam-se diretamente aos resultados das simulações.

### **3.2.1 – Informações sobre o meio ambiente contidas na legislação**

Este item do trabalho refere-se às considerações legais em relação aos processos naturais que ocorrem na área de estudo. Uma vez identificadas as informações sobre o meio ambiente contidas na legislação, estas são sintetizadas e representadas espacialmente. O critério para a realização da síntese de informações e espacialização dos dados divide o processo de análise nos seguintes temas:

- (i) Relevo;
- (ii) Hidrografia;
- (iii) Vegetação.



### 3.2.1.1 – Espacialização de dados relativos ao meio ambiente contemplados pela legislação

#### (i) Relevô

Informações contidas na legislação relativas ao relevo restringem a ocupação nos seguintes casos:

- Declividades acima dos 30%, conforme o indicado na Lei Federal de Parcelamento do Solo Urbano (dado espacializado a partir da reclassificação do mapa de declividades);
- Cotas acima de 50m nos morros das baixadas, conforme o indicado no Plano Diretor Decenal do município (dado espacial obtido junto à SMAC, cujas características estão descritas detalhadamente no [Anexo A.8](#));
- Cotas acima de 100m em todas as encostas, conforme o indicado no Plano Diretor Decenal do município (dado espacial obtido junto à SMAC, cujas características estão descritas detalhadamente no [Anexo A.9](#)).

A lei não especifica porque tais áreas são restritas à ocupação. Restrições impostas à ocupação de áreas com declividades superiores a 30% não estão sendo respeitadas. A Figura 3.12a ilustra estas conclusões. A ampliação do trecho mostrando o desmatamento de áreas acima destes gradientes (áreas de campo antrópico) aparece na Figura 3.12b.

Acredita-se que as restrições impostas à ocupação de áreas acima da cota 100m refiram-se à proteção das cabeceiras de drenagem, conseqüentemente à proteção dos mananciais de água, e à proteção das áreas de floresta de topo de encosta, buscando evitar o aumento da erosão. Tais observações provêm da análise da Figura 3.13a que combina informações de relevo, hidrografia e vegetação.

Restrições impostas à ocupação de áreas acima da cota 50m nos morros das baixadas não estão, aparentemente, sendo respeitadas, conforme apresenta a Figura 3.13b. Observa-se a urbanização já em alguns pontos e o desmatamento, quase que total, das áreas ainda não ocupadas. A Figura 3.13c ilustra estas conclusões em detalhes.



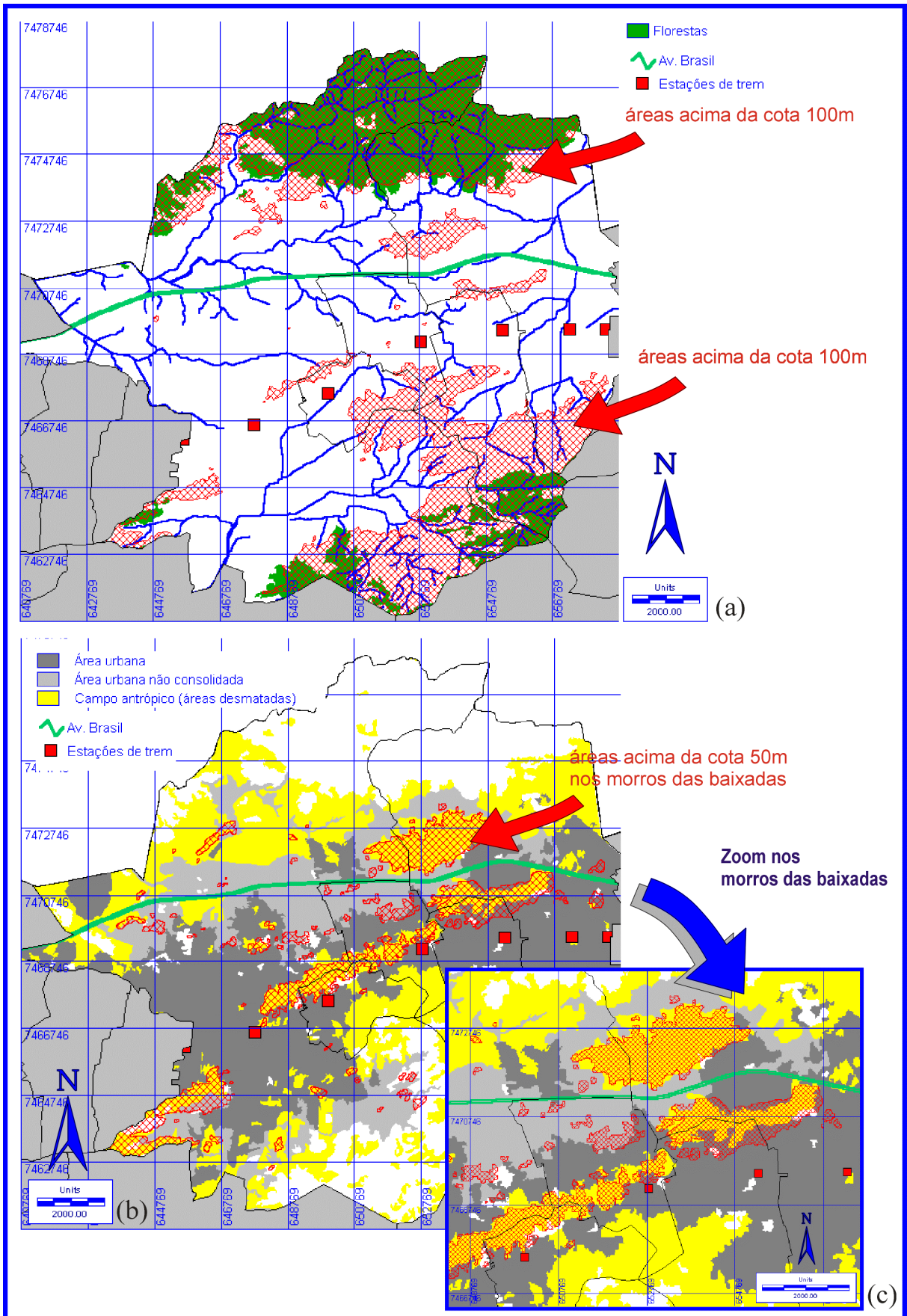


Figura 3.13 – Avaliação de áreas restritas à ocupação de acordo com a altimetria: (a) áreas acima da cota 100m; (b) áreas acima da cota 50m; (c) Ampliação de trecho do mapa.

## (ii) Hidrografia

Informações contidas na lei restringem a ocupação de zonas tampão ao longo dos cursos d'água. A metragem destas zonas tampão varia conforme a largura de cada rio, córrego ou riacho. Como não se obteve nenhum dado de largura dos cursos d'água superficiais presentes na área de estudo, estipulou-se que as zonas tampão seriam iguais ao mínimo recomendado pela lei, 30m para cada lado dos rios, córregos ou riachos.

## (iii) Vegetação

Informações contidas na lei, relativas à vegetação, restringem a ocupação nos seguintes casos:

- Áreas de floresta nativa, conforme o indicado no Código Florestal (dado espacializado a partir da reclassificação do mapa de usos do solo);
- Áreas de parques naturais, definidos como tal em legislação específica para áreas de proteção ambiental (dado espacial obtido junto à SMAC, cujas características estão descritas detalhadamente no [Anexo A.10](#)).

Parques são definidos como áreas de proteção permanente por apresentarem um conjunto de características de valor inestimável, tais como exemplares de espécies raras vegetais e animais. São áreas tuteladas pelo estado ou município e fiscalizadas.

Áreas de floresta nem sempre coincidem com as áreas de parque, conforme pode ser visto na Figura 3.14. De acordo com o Código Florestal, estas áreas podem ter seu uso alterado mediante a deliberação de autoridades competentes.

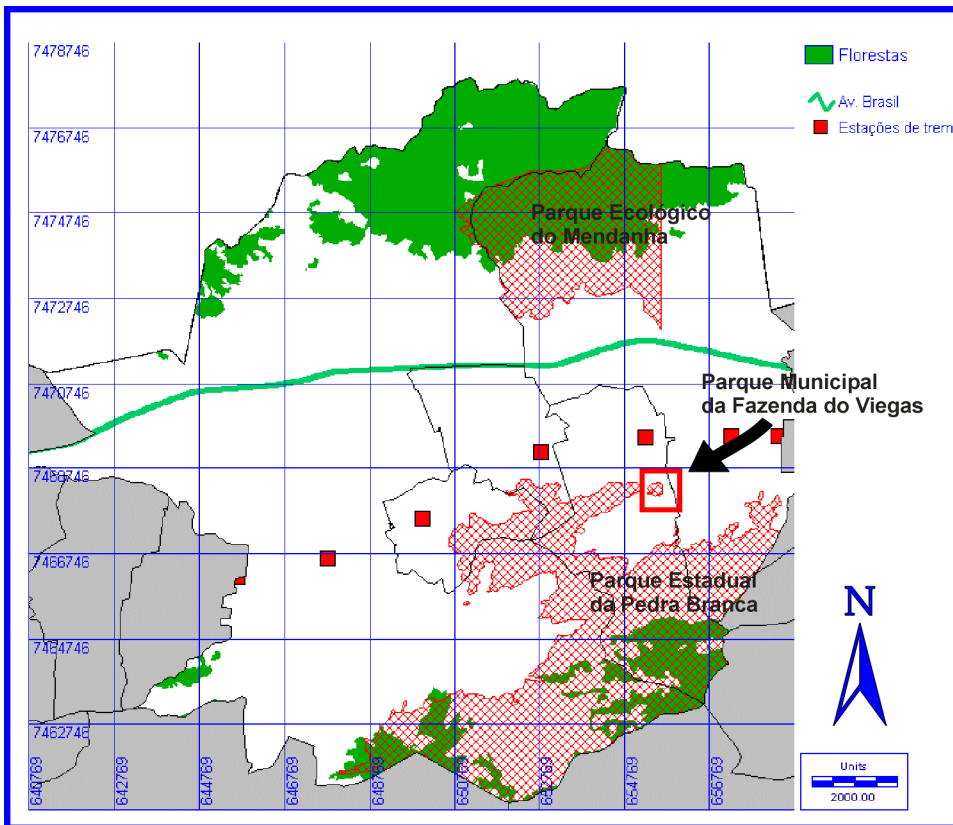


Figura 3.14 - Avaliação de áreas restritas à ocupação de acordo com as leis de proteção ambiental.

### 3.2.2 – Informações sobre as formas de apropriação do solo contidas no estudo histórico e sócio-econômico

Este item refere-se às formas de apropriação do solo que ocorrem na área de estudo. Uma vez identificadas as informações sobre estas formas de apropriação do solo, é feita uma síntese daquelas relevantes e procede-se a sua representação espacial. O critério para a realização desta síntese de informações, bem como para a espacialização destes dados divide o processo de análise nos seguintes temas:

- (i) Acessibilidade;
- (ii) Infra-estrutura e urbanização.

#### 3.2.2.1 – Espacialização dos dados referentes às formas de apropriação do solo com base em estudos históricos e sócio-econômicos

### (i) Acessibilidade

A evolução urbana do local demonstra a importância dos dois eixos de conexão da área com o centro e com os demais bairros da cidade. Essa conexão é feita a partir da Avenida Brasil e da linha férrea, dois grandes vetores de crescimento urbano do local.

Procurou-se analisar a ocupação urbana ao longo destes dois eixos, quantificando-a em termos de distância, visto que não existem dados relativos ao adensamento ou estudos de qualquer outra natureza que forneçam parâmetros mais apropriados para esta avaliação.

A partir da Figura 3.15a observam-se as distâncias das áreas urbanas em relação à Avenida Brasil. A área sem hachuras enfatiza as distâncias da área urbana consolidada em relação a esta conexão. Estas distâncias estendem-se até 8200m, enquanto aquelas da área urbana não consolidada vão até 9000m. Estes valores são obtidos a partir de uma consulta com o cursor na tela, que mostra o valor numérico da célula selecionada. Evidentemente, as posições mais distantes estão no setor sul que, provavelmente, utiliza mais a ferrovia como ponto principal de ligação com o centro e com os demais bairros.

A Figura 3.15b mostra um processo análogo aplicado à avaliação da importância das estações de trem. A área sem hachuras enfatiza a distância da área urbana consolidada em relação às estações. Essas distâncias estendem-se a até 5600m, enquanto as da área urbana não consolidada vão até 7400m (dados também obtidos a partir de consultas com o cursor na tela). Observa-se, também, que a distância mínima em relação às estações, a partir da qual existe a possibilidade de expansão urbana, é de 80m. As posições mais distantes estão no setor norte que utiliza a Avenida Brasil como ponto principal de ligação com o centro e com os demais bairros.

A Figura 3.15c, contém distâncias em relação aos dois pontos de conexão analisados. As áreas mais longínquas, em relação a qualquer uma das duas conexões, estão a 5000m. Nota-se também a importância destas conexões no contexto atual de ocupação da área e a importância da Avenida Brasil como o vetor de expansão em torno do qual concentra-se a maior parte das áreas urbanas não consolidadas.



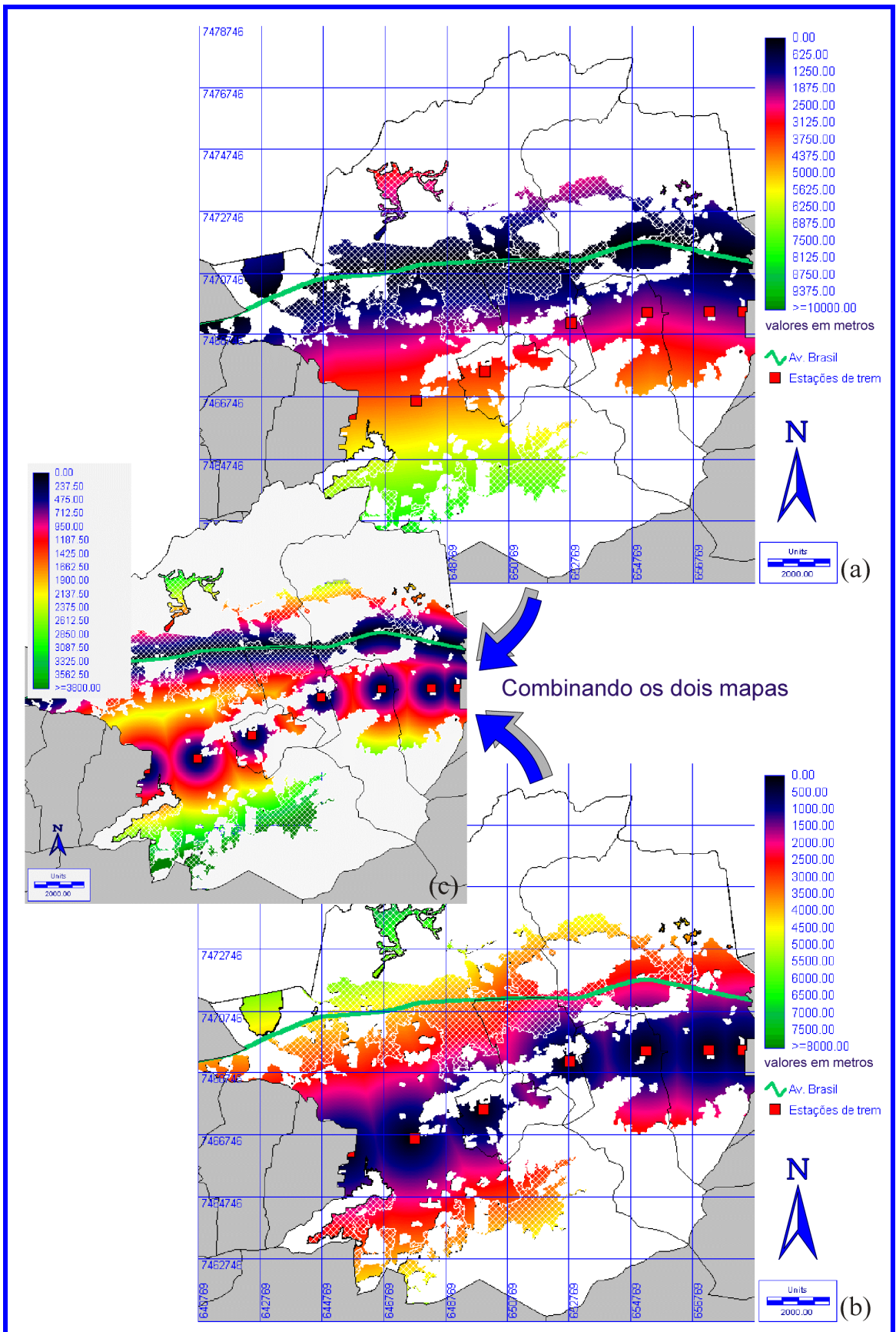


Figura 3.15 – Avaliação da acessibilidade nas formas de apropriação do solo em relação à: (a) Av. Brasil; (b) Estações de trem; (c) Duas conexões.

## (ii) Infra-estrutura e urbanização

A partir da análise do perfil sócio-econômico sob os aspectos de taxa de crescimento e da participação empresarial no setor habitacional, observa-se uma elevada demanda por moradia e uma baixa oferta da mesma. Considerando-se a renda da população e os escassos investimentos públicos aplicados no setor de habitação e infra-estrutura, deduz-se quais as conseqüências nos padrões de urbanização.

Esses padrões podem ser confirmados analisando-se, principalmente, a relação da área urbana não consolidada com as vias existentes. Este tipo de análise fornece informações sobre as condições de infra-estrutura *vs.* habitação. Analogamente ao caso anterior, não há dados suficientes para se quantificar esta relação.

Opta-se, assim, por trabalhar com as distâncias da área urbana não consolidada em relação às vias existentes. A Figura 3.16a ilustra estas distâncias. Observa-se uma intensa concentração de manchas de ocupação no entorno destas vias com limites máximos de 700 m de distância (limites definidos a partir de consultas com o cursor na tela). Informações específicas sobre densidades e padrão das habitações forneceriam parâmetros mais adequados para se avaliar a relação entre o poder aquisitivo da população e a distância em relação à infra-estrutura instalada. Porém, o simples parâmetro de distância em relação às vias existentes, quando combinado ao tamanho médio dos lotes da região, permite deduzir que muitos locais estão relativamente distantes do acesso à via pública.

A distância da área urbana não consolidada em relação à área urbana consolidada foi também um parâmetro utilizado para avaliar as condições de urbanização do local. A Figura 3.16b mostra que concentrações no entorno dos pontos de acessibilidade principal e junto às vias são mais valorizadas do que junto às áreas já urbanizadas. Possivelmente isto deve-se à escassez de investimentos em obras de ampliação das redes de infra-estrutura. Distâncias máximas da área urbana não consolidada, em relação à área urbana consolidada, estão em torno de 2000m (também definidas a partir de consultas com o cursor na tela).



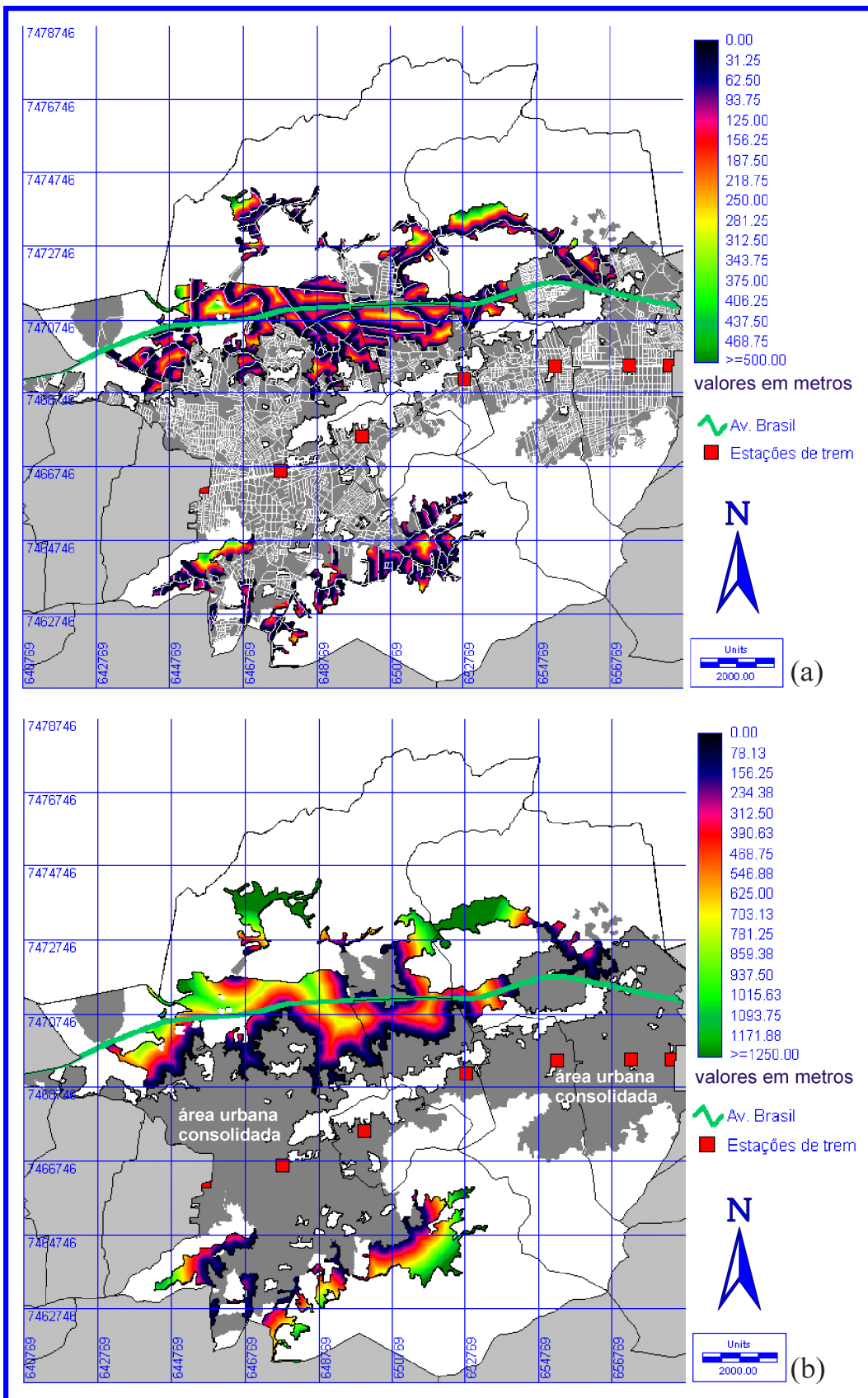


Figura 3.16 – Avaliação da infra-estrutura instalada e da urbanização nas formas de apropriação do solo: (a) Distância em relação às vias existentes; (b) Distância em relação à área urbana consolidada.

### 3.2.3 – Complementação do conjunto de dados referentes ao ambiente natural mediante pesquisa bibliográfica extra

Este item do trabalho refere-se à síntese de informações do meio natural analisadas com complementação de pesquisa bibliográfica específica. Esta complementação procura contemplar aqueles aspectos que mais influem na ocupação de áreas de encosta e não constam do banco de dados. O critério para a realização desta síntese de informações, bem como para a espacialização destes dados, divide o processo de análise nos seguintes temas:

- (i) Relevo;
- (ii) Hidrografia;
- (iii) Solos;
- (iv) Geomorfologia;
- (v) Uso do solo.

#### 3.2.3.1 – Espacialização de dados referentes ao ambiente natural complementados por pesquisa bibliográfica extra

- (i) Relevo

Informações extra sobre relevo foram obtidas em [Marsh \(1997\)](#), que propõe uma classificação de declividades para uso do solo urbano, de acordo com a Tabela 3.7.

Tabela 3.7– Declividades: limites máximos, mínimos e ótimos para cada tipo de uso do solo (adapt. de [Marsh, 1997](#)).

Tipo de uso	Máximo	Mínimo	Ótimo
Terrenos residenciais	20% a 25%	0%	2%
Playgrounds	2% a 3%	0,05%	1%
Escadarias públicas	50%	-	25%
Gramados	25%	-	2% a 3%
Drenos p/ fossas sépticas	15%	0%	0,05%
Estacionamentos	3%	0,05%	1%
Calçadas	10%	0%	1%

A partir da Tabela 3.7 estabeleceram-se os limites de declividade para ocupação urbana. Apesar das áreas acima de 25% serem restritas para instalação de terrenos

residenciais, adotou-se como limite a declividade máxima permitida para a construção de escadarias públicas, forma de acesso muito comum a lotes residenciais de áreas de encosta. Os 50% máximos permitidos, neste caso, estão relacionados à ergonomia deste tipo de acesso. Limites para a instalação de lotes residenciais dependem muito da tipologia construtiva das residências e, a exemplo de muitos casos em outras áreas de encosta da cidade, podem ultrapassar os 25%.

Com base nestes parâmetros, reclassificou-se o mapa de declividades criando um segundo mapa de áreas restritas à ocupação em função dos gradientes da encosta. Neste segundo mapa, não é permitida a ocupação em áreas com declividades superiores a 50%.

#### (ii) Hidrografia

Procurando avaliar o parâmetro de medida utilizado para determinar a zona tampão ao longo dos cursos d'água, pesquisou-se qual deveria ser a faixa mínima destinada à preservação das matas ciliares. Encontrou-se em [McHarg \(1992\)](#) o parâmetro mínimo de área de preservação permanente restrita a qualquer tipo de uso, exceto o recreacional, definido como 69,6m de cada lado das margens. Com base nesta referência, criou-se outro mapa de zonas tampão com distâncias de 70 m ao longo de todos os rios, riachos e córregos.

#### (iii) Solo

Buscou-se bibliografia referente ao tema solos que possibilitasse ordenar hierarquicamente as classes mapeadas segundo sua aptidão à urbanização. Encontrou-se em [Oliveira e Brito \(1998\)](#) uma caracterização dos tipos pedológicos básicos de solo, segundo critérios geotécnicos. Esta caracterização permitiu que fossem determinadas quatro categorias de aptidão, da mais apta até a inapta, onde a ocupação só é permitida mediante a realização de obras especiais de engenharia.

As classes mais aptas incluem os latossolos e cambissolos. Latossolos são solos com horizonte B muito intemperizado e espesso, com características da rocha matriz já quase inexistentes. A seqüência de horizontes é A, B e C, com pouca diferenciação textural entre os dois primeiros. O horizonte A é pouco espesso. O horizonte B é em geral muito espesso e homogêneo. O horizonte C é também espesso e reflete as características do mineral de

origem. São solos que se desenvolvem, especialmente, por ação das águas de infiltração, que alteram os minerais presentes no substrato e removem substâncias solúveis.

São características de interesse geotécnico destes solos:

- A textura dos horizontes B e C dependem das rochas do material de origem;
- Horizonte B apresenta, em geral, alta porosidade;
- A fração argila do horizonte B é, em geral, composta por minerais do grupo caulinita e óxidos/hidróxidos de ferro e alumínio;
- O lençol freático é profundo (abaixo do horizonte B) e próximo ao contato do horizonte C com a rocha;
- O horizonte C é solo residual jovem ou saprólito, exceto os originados de colúvios ou coberturas sedimentares, comportando-se de acordo com as características mineralógicas e estruturais da rocha de origem;
- São pouco erodíveis, mas quando submetidos a concentração de água podem desenvolver ravinas profundas. Em casos de interceptação do lençol freático desenvolvem voçorocas.

Cambissolos apresentam seqüência de horizontes A, B e C, sendo o horizonte B pouco evoluído e pouco espesso com muitos minerais herdados do material de origem, pouco intemperizados. A estrutura deste horizonte é, em geral, em forma de blocos, prismática. Se o substrato for de rochas cristalinas, o horizonte B apresenta fragmentos e seixos provenientes da rocha original. O horizonte C mantém as características da rocha de origem na decomposição mineral e na textura. As características geotécnicas destes solos dependem do material de origem e do tipo de relevo em que se encontram.

Classes um pouco menos aptas à ocupação urbana incluem os solos podzólicos e brunizem. Estes solos possuem horizonte B textural. A seqüência de horizontes é A, B e C, com muita diferenciação textural entre os dois primeiros. O horizonte A tem textura mais arenosa e é bastante espesso. O horizonte B é em geral mais argiloso, com colóides nas paredes dos agregados estruturais ou dos macroporos. É muito heterogêneo, possibilitando a identificação de sub-horizontes. Sua estrutura é geralmente em forma de blocos ou prismática. O horizonte C é solo residual jovem ou saprólito e reflete as características do mineral de origem.

São características de interesse geotécnico destes solos:

- Textura do horizonte B, em geral argilosa, e a do horizonte C depende das rochas do material de origem;
- Horizonte B apresenta moderada a baixa permeabilidade, baixa compressibilidade, expansividade nula a moderada, fácil a moderada escavabilidade, moderada a alta erodibilidade, moderada resistência ao desmoronamento;
- Fração argila do horizonte B pode ser ativa ou inativa, dependendo dos argilominerais predominantes. As partes superiores tendem a ser mais ricas em caulinita, enquanto as inferiores apresentam illitas e, em certos casos, esmectitas;
- É comum a presença de lençol freático suspenso temporário, nos limites entre os horizontes A e B e lençol inferior próximo ao contato do horizonte C com a rocha;
- O lençol freático é profundo, abaixo do horizonte B e próximo ao contato do horizonte C com a rocha;
- O horizonte C apresenta comportamento variável de acordo com as características mineralógicas e estruturais da rocha de origem. São em geral fáceis de escavar, altamente erodíveis, possuem baixa resistência ao desmoronamento em taludes artificiais, especialmente se as rochas forem ricas em mica;
- São solos muito erodíveis, formando ravinas e voçorocas a partir de pequenas concentrações de água.

Classes bastante menos aptas para uso urbano incluem os planossolos. Estes solos são provenientes de sedimentos, de alteração ou aluvionares. Possuem contraste textural abrupto entre os horizontes A e B. O horizonte B pode ser normalmente adensado, praticamente sem macroporos e favorecer a concentração de água. A fração argila pode apresentar illitas, esmectitas e camadas mistas, responsáveis por fenômenos de expansibilidade e contração. São solos que ocorrem em superfícies mais planas, em geral rebaixadas, em terraços aluviais, pediplanos e fundos de vales, locais favoráveis a saturação de água, durante boa parte do ano.

São características de interesse geotécnico destes solos:

- Lençol freático próximo à superfície;
- Horizonte B pode apresentar forte resistência à escavação devido ao ressecamento por causa do rebaixamento natural do lençol freático em períodos mais secos;
- Horizonte B pode ter fração argila expansiva;
- São locais inadequados para a instalação de fossa de infiltração.

Classes bastante inadequadas ao uso urbano incluem os solos do tipo Gley húmico, solos orgânicos e solos aluviais. Solos do tipo Gley húmico são materiais argilosos provenientes de diversos tipos de sedimentos. Apresentam seqüência de horizontes A e C. No horizonte A, o teor de matéria orgânica é elevado e o horizonte C apresenta hidromorfismo. Ocorrem em áreas mal drenadas com lençol freático elevado durante a maior parte do ano. São áreas sujeitas a enchentes periódicas decorrentes dos cursos d'água. Aparecem em várzeas e planícies fluviais e fluviolacustres.

São características de interesse geotécnico destes solos:

- Lençol freático próximo à superfície;
- Textura argilosa nos horizontes A e C;
- Materiais impróprios para aterros;
- Condições precárias de fundações devido à consistência mole;
- Estão em áreas inundáveis;
- Águas subterrâneas de má qualidade, por causa da alta concentração de sais;
- Inadequados para a instalação de fossas sépticas;
- Mal drenados.

Solos orgânicos são constituídos essencialmente por compostos orgânicos, formados a partir da progressiva acumulação de detritos vegetais em ambientes palustres. O encharcamento constante retarda a decomposição química dos detritos, favorecendo seu acúmulo. Fragmentos de troncos e raízes podem ser encontrados na massa de solo. Ocorrem geralmente sobre uma camada mineral de cor cinza com textura argilosa. São comuns em baixas altitudes e terrenos mal drenados de várzeas sujeitos a inundações.

São características de interesse geotécnico destes solos:

- Lençol freático praticamente aflorante;
- Alta compressibilidade e baixa resistência;
- Impróprios para a instalação de fossas.

Solos aluviais são solos constituídos por materiais erodidos, retrabalhados e transportados pelos cursos d'água e depositados nos seus leitos e margens. Estão sempre associados a ambientes fluviais. É um solo altamente heterogêneo, pois depende da natureza dos materiais transportados e da capacidade de transporte dos cursos d'água.

#### (iv) Geomorfologia

Informações sobre geomorfologia de áreas de encostas urbanas, geralmente, são traduzidas em mapas de risco geológico-geotécnicos. Estes mapas são construídos e apresentados de acordo com diferentes metodologias, conforme ilustrado por [Oliveira e Brito \(1998\)](#).

Especificamente para o caso do Rio de Janeiro autores como [Siqueira e Costa \(1997\)](#) e [Lara et al. \(1997\)](#) utilizam a metodologia proposta pela fundação GeoRio. Tal metodologia consiste em associar diferentes graus de risco às áreas mapeadas conforme o produto definido pela probabilidade de ocorrência do evento pela consequência do evento. Esta metodologia é difícil de ser aplicada em se tratando de áreas de expansão urbana, devido à dificuldade de se quantificar as consequências do evento. [Souza e Zuquette. \(1997\)](#) abordam a questão do risco de acordo com outro ponto de vista, excluindo as consequências da análise ou aplicando a equação proposta a um projeto de ocupação para a área.

Ambas as metodologias procuram quantificar ou hierarquizar graus de risco. É um tipo de informação difícil de ser usada no planejamento urbano, pois não é espacialmente específica em relação aos processos naturais potencialmente instabilizantes envolvidos na área de estudo. Os planejadores são obrigados a considerar áreas de alto risco restritas à ocupação e não conseguem propor soluções que contemplem aspectos geomorfológicos nas áreas de risco médio. As diferentes informações contidas nos mapas de risco devem discriminar o tipo de processo natural envolvido, descrevendo os problemas a ele associados e sugerindo métodos de estabilização para cada um. Do contrário, a informação mapeada não é útil ao planejamento.

Um método que considera os aspectos sugeridos é apresentado por [Grazinoli et al. \(1997\)](#). Tais autores identificam a geomorfologia e as declividades de determinada área, combinando cada classe mapeada duas a duas com o auxílio do *software* IDRISI 32. O resultado é apresentado descrevendo cada classe e os correspondentes problemas a elas associados, juntamente com um conjunto de soluções que visam à estabilização.

Utilizando-se esta metodologia procurou-se elaborar um mapa geológico-geotécnico que diagnosticasse problemas acompanhados das respectivas soluções. Porém, as informações



geomorfológicas disponíveis para esta área eram muito escassas. Obteve-se um mapa não georreferenciado junto à Fundação GeoRio, que descrevia algumas áreas de colúvios e de rolamento de blocos. Obteve-se, também, doze relatórios de movimentos de massa junto à Companhia de Prospecção e Recursos Minerais (CPRM). O mapa da Fundação GeoRio mostrava zonas de rolamento de blocos nos topos das encostas e junto às áreas de pedreira. Os colúvios apareciam junto aos pés das encostas e nos canais de escoamento de águas superficiais. Os relatórios da Companhia de Prospecção e Recursos Minerais (CPRM) indicavam pontos onde havia ocorrido acidentes.

Os pontos indicados no relatório da Companhia de Prospecção e Recursos Minerais (CPRM) foram espacializados (detalhes no Anexo A.11). Adicionou-se a eles informações sobre material de origem dos solos, áreas de mineração e curvas de nível, conforme ilustra a Figura 3.17. A partir disto, identificaram-se dois problemas básicos relacionados à geomorfologia da região: quedas de lascas e rolamentos de blocos, associados às áreas de solo exposto e mineração, e deslizamentos e escorregamentos, associados a cortes em solo residual ou em materiais inconsolidados.

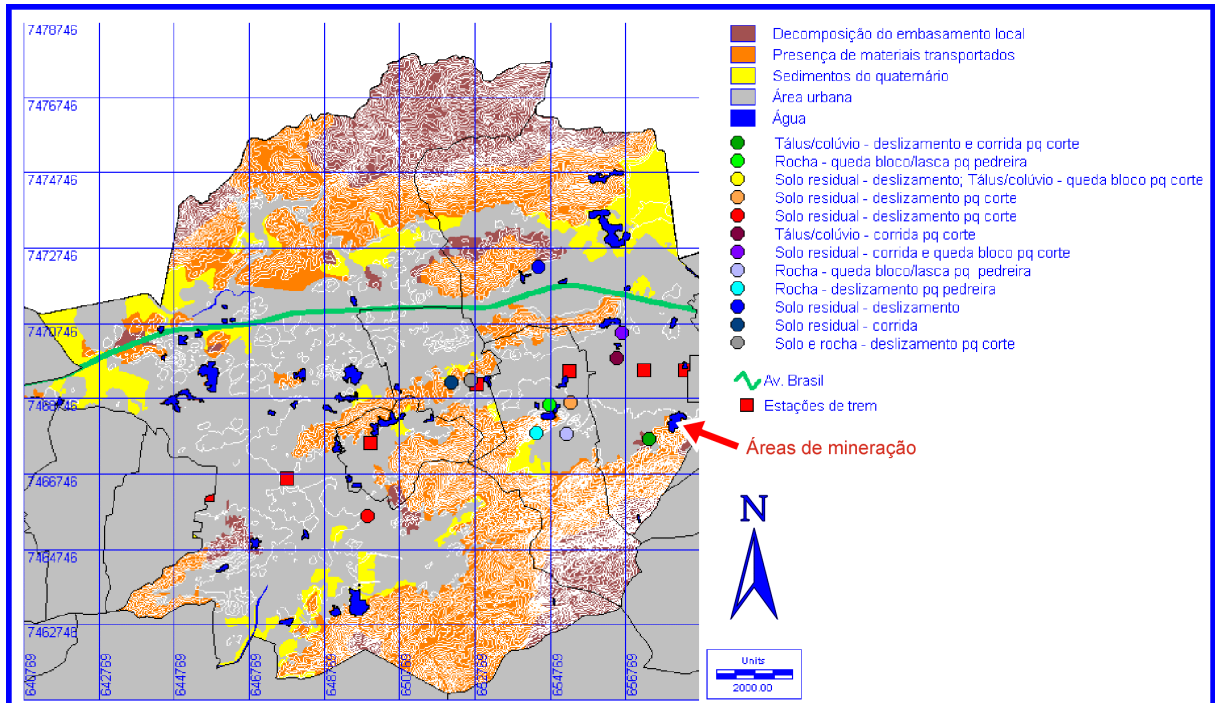


Figura 3.17 – Problemas relacionados à geomorfologia da região.

Com base nos dados obtidos, buscou-se informações adicionais sobre características geomorfológicas da região sudeste do Brasil.

Segundo [Guerra e Cunha \(1998\)](#), os colúvios podem ser definidos de forma genérica: “As paisagens tropicais destacam-se por apresentarem, entre outras características marcantes, uma significativa cobertura do relevo por materiais inconsolidados, provenientes da alteração *in situ* do substrato rochoso e da remobilização deste por processos de encosta e fluvial”. Estes materiais inconsolidados, remobilizados e transportados de um local para o outro por efeito de gravidade e de processos fluviais de encosta, são denominados colúvios.

Considerações sobre a formação de colúvios em encostas naturais, também pertinentes às encostas do sudeste brasileiro, em particular à cidade do Rio de Janeiro, são feitas por [Deere e Patton \(1971\)](#). Tais autores apontam a formação de colúvios em encostas, especialmente aquelas com afloramentos rochosos no topo, ligada a dois processos:

- (i) Aos depósitos provenientes de escorregamentos nas zonas próximas ao topo, compostos por solos residuais;
- (ii) Aos depósitos provenientes da erosão superficial de solos de montante em consequência das chuvas.

A Figura 3.18a mostra o processo de formação do material coluvial. Aparecem a área onde ocorrem escorregamentos, a frente intemperizada e o depósito coluvial recobrimo a encosta e suavizando a topografia existente.

O material transportado muitas vezes obstrui nascentes de água nos talwegues naturais da encosta. Nestas obstruções podem ocorrer dois fenômenos distintos:

- (i) Reativação das ravinas existentes a partir da erosão do material fino (transportado do topo para a média encosta pela água da chuva), deixando na superfície apenas fragmentos de rocha diretamente sobre o material intemperizado (Figura 3.18b esquerda);
- (ii) Soterramento total das ravinas existentes, por espessamento da camada de material fino, tornando depressões alagadiças contendo olhos d’água. Caso onde ocorre um bloqueio de percolação natural e conseqüentemente há um aumento de poropressão e saturação do solo (Figura 3.18b direita).

Com o passar do tempo, a retenção na média e baixa encosta de unidades deposicionais faz com que ocorra uma superposição vertical de camadas de materiais transportados, configurando pacotes coluviais espessos, onde uma série de *layers* de colúvio se desenvolvem (Figura 3.18c).

Estas camadas são constantemente retrabalhadas o que propicia o desenvolvimento de zonas mais permeáveis no topo e/ou entre cada camada de material transportado. Como o tamanho das partículas e a permeabilidade do material tendem a decrescer encosta abaixo, a água pode mais facilmente infiltrar-se no solo de montante do que percolar através do solo de jusante. Este fenômeno, somado ao de obstrução de nascentes e flutuações do nível d'água, por causa das chuvas, faz com que seja comum encontrar artesianismo na base das encostas, conforme indicado nos piezômetros da Figura 3.18c.

Fenômenos desta natureza fazem com que o nível d'água em massas colúviais esteja sempre muito próximo à superfície. Quanto mais próximo à superfície, menor é a segurança da encosta natural, pois menor é o ângulo do talude necessário para manter sua estabilidade. Assim, flutuações do nível d'água tornam-se mecanismos de redução de fatores de segurança (segundo [Lacerda e Santos, 2000](#)), responsáveis também por movimentos de fluência constante nesta encostas, cujas velocidades aumentam ou diminuem em função da intensidade de chuvas.

Estes movimentos lentos (segundo [Lacerda 2001](#)) são capazes de danificar construções e quando acelerados, após chuvas intensas, podem provocar a ruína de quadras inteiras. Exemplos de acidentes em encostas cobertas por colúvios, onde ocorreram deslizamentos após chuvas intensas são encontrados em [Lacerda \(1997\)](#) que relata os casos do Morro dos Urubus, da encosta do Soberbo e da Rua do Licurgo, todos na cidade do Rio de Janeiro.

[Lacerda e Sandroni \(1985\)](#) realizaram também um levantamento de colúvios instáveis no sudeste brasileiro relatando uma série de casos os quais tiveram as características geométricas resumidas em uma tabela publicada no artigo “Movimento de massas colúviais”. De acordo com esta publicação, são características geométricas das massas colúviais: alturas entre 50m e 120m; comprimento (horizontal do pé ao topo) entre 200m e 300m e espessura entre 8m e 30m. Pode-se também considerar um ângulo médio superficial entre 15° e 17°.

Entre as características listadas, merece destaque o ângulo de inclinação, ângulo em que o material inconsolidado (proveniente da alteração de rochas granito-gnáissicas) apresenta coeficiente de segurança próximo a um, quando o nível d'água atinge as proximidades da superfície.

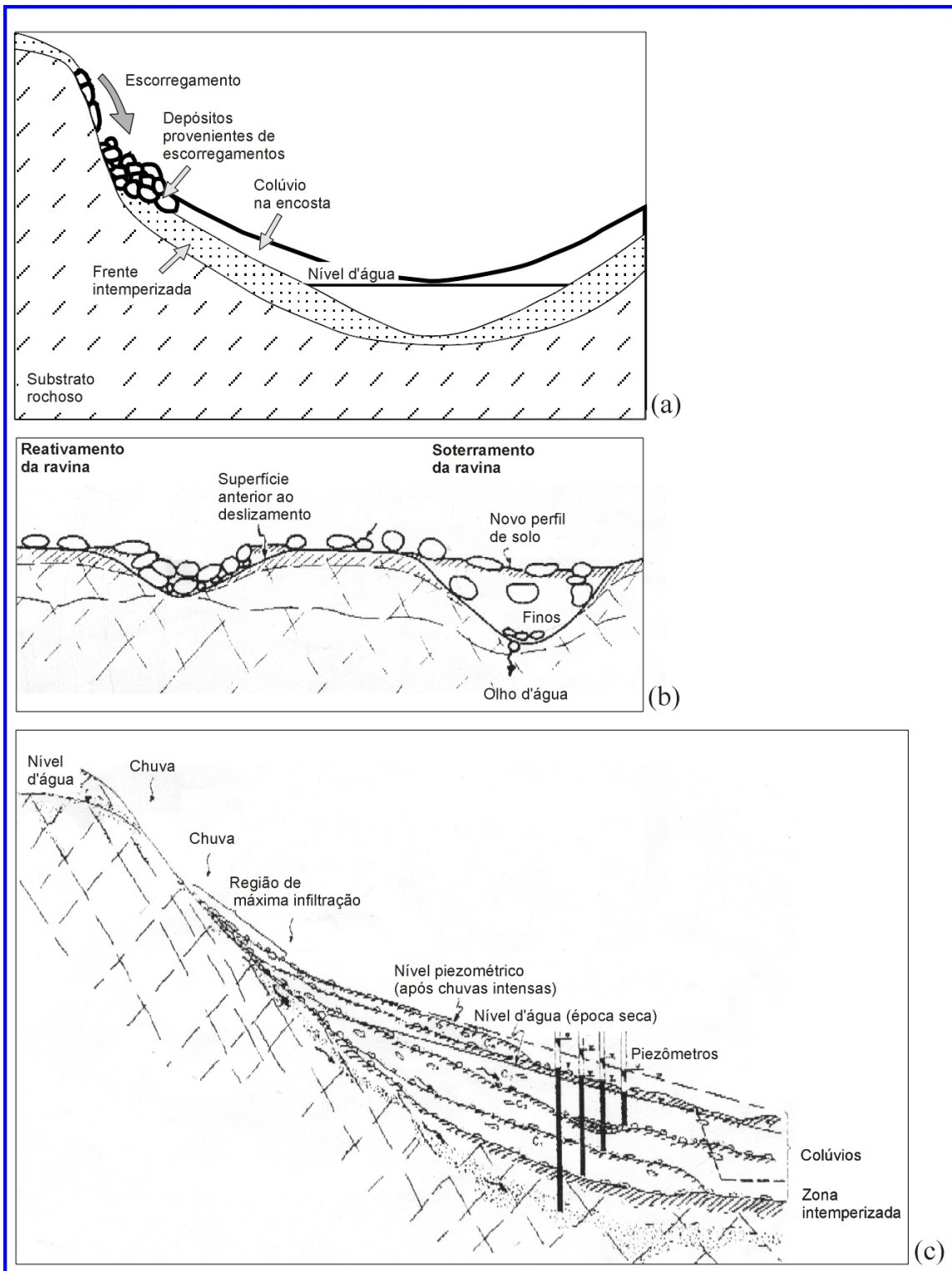


Figura 3.18 – Perfis típicos de colúvios da região sudeste do Brasil: (a) Perfil longitudinal do processo de formação de um colúvio (modificado de Lacerda e Sandroni, 1985); (b) Perfil transversal do processo de formação de um colúvio (adaptado de Deere e Patton, 1971); (c) Perfil típico de um colúvio da região sudeste do Brasil (adaptado de Deere e Patton, 1971).

Desta forma, a análise das informações sobre a geomorfologia da região levou à consideração de que todas as áreas próximas aos pés das encostas (com declividades entre 10° e 20°) compostas por solos originários de materiais transportados, são áreas com forte tendência de apresentarem colúvios espessos; sofrendo movimentos constantes que quando acelerados, após chuvas intensas, oferecem risco de movimentos acentuados.

Utilizando-se metodologia semelhante à proposta por [Grazinoli et al. \(1997\)](#), criou-se um mapa localizando as possíveis áreas de colúvios. Para tanto, isolaram-se as áreas com declividades entre 10° e 20°, reclassificando-se o mapa de declividades, e isolaram-se as áreas contendo materiais transportados, reclassificando-se o mapa de materiais de origem dos solos. Interseccionaram-se as duas informações utilizando-se a ferramenta de *overlay* do *software* IDRISI 32. O resultado é ilustrado na Figura 3.19a e uma ampliação das áreas de possíveis colúvios nos morros das baixadas aparece na Figura 3.19b.

Conforme a bibliografia consultada, muitas destas áreas encontram-se entre as cotas 50m e 120m, principalmente no maciço de Gericinó e nos morros das baixadas. Os comprimentos variam bastante. Verifica-se também que, especialmente no pequeno morro, ampliado na Figura 3.19c, as áreas de possíveis colúvios apresentam dimensões aproximadamente iguais às áreas das quadras padrão da região, embora as formas sejam mais irregulares.





#### (v) Usos do solo

Informações suplementares sobre os usos do solo procuraram apenas auxiliar na hierarquização de aptidão à ocupação urbana das classes mapeadas. Entre as classes consideradas aptas e aquelas consideradas inaptas, procurou-se ordenar hierarquicamente os usos mapeados de acordo com o grau de dificuldade a ser vencido para tornar o terreno liberado para a construção.

Áreas mais próprias a serem ocupadas foram consideradas áreas de campo antrópico. Estas já estão totalmente desmatadas e portanto são as mais fáceis de serem ocupadas se considerarmos exclusivamente o critério descrito. Estão em zonas com declividades não muito acentuadas e sofrem processos erosivos intensos que podem ser minimizados se o solo for coberto.

A segunda classe mais favorável à ocupação foi a de área úmida com vegetação, devido à sua localização nas áreas de baixada. Seguem a esta, respectivamente, as classes de floresta alterada, floresta e afloramento rochoso. As duas últimas são pouco favoráveis à ocupação por estarem localizadas junto aos topos dos morros, apresentando problemas de acesso por causa das altas declividades.

Áreas de solo exposto e mineração foram consideradas impróprias à ocupação, pois apresentam inúmeros riscos se não adequadamente tratadas e geralmente necessitam grande volume de investimentos para se tornarem estáveis.

Áreas urbanas foram desconsideradas nesta reclassificação, pois não existem dados de densidade populacional espacializados que permitam a realização de estudos de adensamento.

#### **3.2.4 – Identificação da parcela regional destinada ao crescimento**

O conjunto de informações resultantes da identificação da parcela regional destinada ao crescimento é derivado do item 3.1.2.2, correspondente a análise sócio-econômica, especificamente dos seguintes dados:

- (i) População residente;
- (ii) Faixa de área dos imóveis territoriais;



- (iii) Tipo mais comum de imóvel residencial encontrado na área;
- (iv) Tamanho médio das famílias.

Tais informações possibilitam que se calcule o contingente populacional e a quantidade de área necessária para alocar este contingente. É importante ressaltar que os dados fornecem parâmetros para se determinar apenas área residencial privada necessária para acomodar a população. Não se tem parâmetros para estimar a quantidade de área disponível para a instalação do sistema viário, dos espaços de uso público e das áreas de comércio e serviços que acompanham o crescimento.

#### 3.2.4.1 – Tabulação das informações referentes à parcela regional destinada ao crescimento

Os dados de população residente e população projetada permitem calcular a parcela do crescimento regional que deverá ser absorvida pela área no futuro próximo, ano de 2005. Este ano específico foi escolhido em função dos dados sobre população projetada, disponibilizados pelo IPP, cujas informações detalhadas constam no [Anexo A.12](#). Estes dados bem como o excedente populacional calculado são apresentados, por bairro, na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 – População atual, população projetada e excedente populacional (adapt. de [SMU/IPP/DIC, 1997](#) e [Anexo A.12](#)).

Bairros	População atual	População projetada ano 2005	Excedente populacional
Bangu	226 389 hab	257 180 hab	30 791 hab
Senador Camará	100 409 hab	108 277 hab	7 868 hab
Santíssimo	26 983 hab	32 377 hab	5 394 hab
Campo Grande	258 780 hab	291 052 hab	32 272 hab
Senador Vasconcelos	27 964 hab	43 456 hab	15 492 hab

Informações sobre área média dos imóveis territoriais, tipo mais comum de imóvel residencial encontrado e número de pessoas médio por família permitem calcular a área média residencial privada destinada a acomodar o crescimento populacional previsto. Esta área média residencial privada é calculada baseada em uma ocupação urbana residencial prioritariamente unifamiliar, com lotes médios de 300 m<sup>2</sup>, considerando quatro pessoas residindo em cada habitação. Os valores de área média residencial privada por bairro, destinada a acomodar o aumento populacional previsto para 2005, são apresentados na Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Área residencial necessária para acomodar o excedente populacional (baseado em SMU/IPP/DIC, 1997 e Anexo A.12).

Bairros	Área residencial privada necessária, em hm <sup>2</sup>
Bangu	230,9
Senador Camará	59,0
Santíssimo	40,5
Campo Grande	242,0
Senador Vasconcelos	116,2

[Próximo capítulo](#)

[Voltar para sumário](#)

#### 4 – OS DIVERSOS CENÁRIOS PREPARADOS E SEUS ELEMENTOS

O presente capítulo identifica os aspectos valoráveis e não valoráveis do conjunto de informações sintetizadas no [item 3.2](#). Trata também da combinação destes dados e da simulação de distintos cenários de ocupação.

Os dados são valorados segundo três diretrizes básicas:

- (i) De acordo com proposto pela legislação;
- (ii) De acordo com a tendência observada;
- (iii) Examinando a permissividade ou restrição intrínseca ao desenvolvimento, sob a ótica da estratégia de planejamento do "determinismo fisiográfico".

Os cenários são gerados a partir da combinação dos dados já valorados mantendo-se sempre um conjunto de dados constantes enquanto outro conjunto de dados varia. A variação é organizada de acordo com uma seqüência de hipóteses que baseia-se em um crescente alívio das restrições legais e uma crescente inclusão de aspectos ambientais específicos da área estudada.

A combinação destes dados e a simulação dos cenários é feita de maneira atingir o melhor balanço entre as três diretrizes. Para tanto, os cenários são sempre confrontados entre si examinando-se:

- (i) Os aspectos da legislação de fato respeitados pela população local;
- (ii) Os aspectos da legislação que protegem o ambiente natural;
- (iii) As tendências atuais de ocupação mais ou menos predatórias.

Para a realização desta etapa, utiliza-se a ferramenta de apoio à decisão presente no *software* IDRISI 32 cujo método consiste na avaliação por critérios múltiplos (utilizando combinação linear ponderada) denominado *Multi Criteria Evaluation* – MCE. Para tanto, integra-se o método proposto à ferramenta disponível utilizando-se como referência os trabalhos de [Hasenack e Weber \(1998\)](#); [Weber et al. \(1998\)](#) e [Weber e Hasenack \(1999\)](#). O conjunto de informações disponível é mapeado segundo a terminologia proposta por [Eastman \(1999\)](#).

Aspectos não valoráveis e valoráveis são mapeados, respectivamente, como restrições e fatores. Restrições são definidas, segundo [Eastman \(1999\)](#), como um conjunto de limites físicos impostos às hipóteses de ocupação que estão sendo consideradas e determinam a área máxima de terreno que pode ser ocupada. Fatores são definidos como critérios que aumentam ou diminuem a aptidão de uma alternativa específica de ocupação que está sendo considerada, geralmente medidos em escala contínua.

Aspectos não valoráveis foram considerados restrições por serem insubstituíveis, impossíveis de serem compensados, seja qual for o motivo, ou por apresentarem riscos à ocupação. Aspectos valoráveis foram considerados fatores por apresentarem a possibilidade de serem compensados.

Para que a compensação entre os fatores seja possível, estes devem ser todos reduzidos a uma escala comum, onde são uniformizadas todas as unidades dos mapas a serem utilizados. Nesse procedimento cada fator é reduzido a uma escala padrão que varia de 0 a 255, intervalo de um *byte*, ou de 0 a 1, num intervalo de números reais. Opta-se por utilizar a escala de 0 a 255, no presente trabalho.

Feita esta padronização, os fatores podem ser comparados entre si e uma compensação hierárquica entre eles pode ser estabelecida. O *software* IDRISI 32 oferece um método para comparar todos os fatores envolvidos dois a dois, onde se quantifica a aptidão de um em relação ao outro em uma matriz de comparação pareada. A matriz de comparação pareada simplifica a organização da hierarquia de importância entre os fatores.

Uma vez montada esta matriz, segundo [Weber e Hasenack \(1998\)](#), o programa emprega a rotina *weight* “para calcular o peso de cada uma das variáveis na composição do resultado final. Simultaneamente ao cálculo dos pesos, *Weight* faz uma verificação da consistência da distribuição da importância relativa dos critérios. Os pesos são produzidos por meio do autovetor principal da matriz de comparação pareada, que consiste no método de derivação de pesos AHP (*Analytical Hierarchy Process*), muito usado na área de análise da decisão no campo das ciências econômicas.”

Uma vez organizados os elementos que compõem as simulações (restrições, fatores, já organizados nas matrizes de comparação pareada, e pesos resultantes, calculados de acordo

com os critérios previamente estabelecidos), prossegue-se à simulação dos cenários. Para tanto, aplica-se a ferramenta de apoio à decisão denominada *Multi Criteria Evaluation* (MCE).

Essa ferramenta combina o conjunto de informações sintetizadas produzindo mapas de aptidão. Nesses mapas as restrições limitam as áreas aptas à ocupação, enquanto os fatores determinam as nuances de aptidão dentro dos limites destas áreas. A rotina é aplicada às diversas hipóteses de combinação entre os elementos. Especifica-se o conjunto de restrições que será utilizado e o conjunto de fatores, acompanhado de seus respectivos pesos na composição do resultado final. Cada fator é multiplicado pelo seu correspondente peso e cada resultado desta multiplicação é somado. Este procedimento é na verdade um cálculo da média ponderada da aptidão à ocupação de todos os dados valoráveis. O resultado desse cálculo é multiplicado pelo conjunto de restrições impostas limitando a área de estudo apenas aos locais onde a ocupação não implique em riscos ou danos irreversíveis.

A aplicação desta rotina às diversas hipóteses formuladas fornece um conjunto de cenários, cada um contendo os limites da área disponível para expansão dentro da qual verificam-se diferentes nuances de aptidão.

É necessário selecionar, em cada diferente cenário gerado, as áreas mais aptas à absorção da parcela do crescimento regional previsto para o ano de 2005. Para tanto, utiliza-se a rotina *rank* contida no *software* IDRISI 32. Essa rotina atribui, em ordem crescente, a cada *pixel* considerado apto, um único valor. Isto é, o *pixel* mais apto recebe o valor 1, o seguinte mais apto recebe o valor 2 e assim sucessivamente. Esse ordenamento de *pixels* permite que se possa reclassificar a imagem resultante, atribuindo um único valor a toda a área necessária para expansão no ano pretendido.

A seleção da área destinada a absorver a parcela de crescimento regional prevista para o ano de 2005 é fundamental para se efetuar a comparação detalhada entre as diferentes hipóteses formuladas. A área total selecionada é constante, porém a distribuição das parcelas onde a ocupação é permitida varia em dimensão, forma e posição. A análise das diferentes hipóteses de variação do conjunto de restrições, fatores e critérios de ponderação permite que se atinja o conjunto de diretrizes ótimas de ocupação.

#### 4.1 – ELEMENTOS DAS SIMULAÇÕES

Os elementos das simulações são as restrições, os fatores, os quais são organizados em matrizes de comparação pareada, e os critérios de ponderação. Estes elementos são provenientes da síntese das informações coletadas (detalhadamente descritas no [item 3.2](#)) e, no presente capítulo, são classificados como valoráveis ou não valoráveis de acordo com as seguintes diretrizes:

- (i) Seguindo a legislação vigente;
- (ii) Seguindo a tendência observada;
- (iii) Examinando a permissividade ou restrição intrínseca ao desenvolvimento, sob a ótica da estratégia de planejamento baseada no "determinismo fisiográfico".

Restrições (dados não valoráveis) são superfícies do tipo *raster* representadas sob a forma de mapas booleanos (lógicos) onde as áreas excluídas são codificadas com valores iguais a zero e as áreas destinadas à expansão são codificadas com valores iguais a um.

Fatores (dados valoráveis) são superfícies do tipo *raster* de aptidão, representados em escala padrão (de 0 a 255, intervalo de um *byte*). Esta escala padrão pode ser utilizada para reescalonar os fatores de maneira contínua ou discreta.

O reescalonamento contínuo é aplicado a superfícies contínuas onde não existem limites definidos entre cada classe mapeada e é desejável que estas características de continuidade sejam mantidas. Este reescalonamento contínuo é feito através da aplicação de uma função *fuzzy* onde se definem pontos de controle, forma e sentido da função a ser aplicada. Os pontos de controle limitam as faixas de valores dos critérios que estão sendo padronizados, reduzindo os valores, dentro desses limites estabelecidos, ao intervalo de um *byte*. A forma da função indica como se comporta a aptidão do fator considerado no intervalo mapeado, e o sentido indica se a aptidão tende a crescer ou decrescer entre os limites estabelecidos.

O reescalonamento discreto é aplicado à superfícies onde os limites entre as classes mapeadas estão claramente definidos. Esse reescalonamento também reduz as classes mapeadas ao intervalo de um *byte*. A mudança de escala dos valores é feita aplicando-se diretamente um novo índice de aptidão a cada classe.

Os critérios de ponderação, terceiro conjunto de parâmetros utilizado na simulação dos cenários, determinam as relações de compensação entre os fatores. Esses critérios são representados pelos pesos introduzidos nas matrizes de comparação pareada e ordenam a importância dos fatores quando comparados dois a dois. Os pesos são atribuídos sempre comparando a importância do fator contido na linha da matriz com o correspondente fator contido na coluna da matriz (vide Figura 4.1). Os valores indicam a importância relativa de um fator em relação ao outro, conforme o apresentado na Figura 4.1.

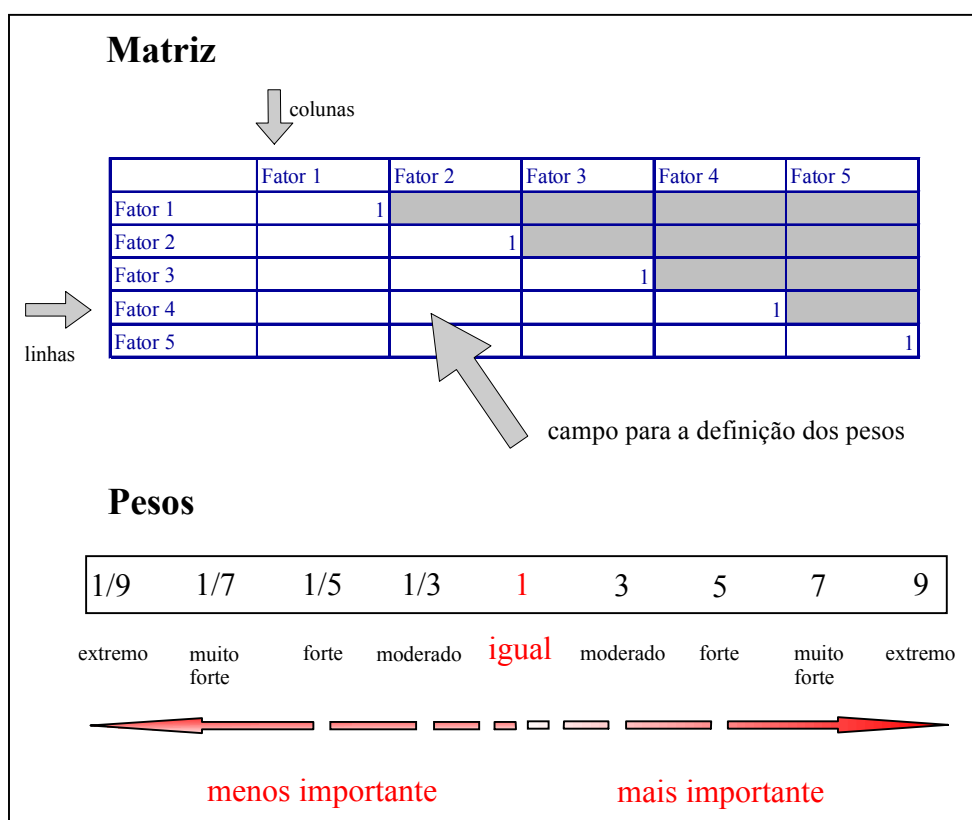


Figura 4.1 – Estrutura de uma matriz de comparação pareada.

O resultado dos processamentos descritos é uma coleção de mapas e matrizes prontos para serem introduzidos na ferramenta de apoio à decisão denominada *Multi Criteria Evaluation* (MCE).

#### 4.1.1 – Restrições

Restrições são dados não valoráveis e podem ser agrupados segundo três pontos de vista, identificados pelas cores entre parênteses:

- (i) Restrições legais (vermelho);



- (ii) Restrições legais de fato respeitadas (amarelo);
- (iii) Restrições de acordo com a estratégia de planejamento baseada no “determinismo fisiográfico” (verde).

As restrições legais resultam do processamento dos dados sintetizados no [item 3.2.1.1](#) considerados não valoráveis a partir do especificado em toda a legislação analisada. Cria-se o primeiro conjunto de restrições, o conjunto vermelho.

Porém, "A lei impõe uma série de restrições no intuito de preservar o meio ambiente, (...) no entanto, não considera dados da realidade sobre os quais se aplica." ([Moroz et al., 1994](#)). A lei quase nunca dispõe de mecanismos capazes de considerar as características particulares de cada local analisado. O patrimônio ambiental e a população residente não são contemplados por este conjunto de normas. Além disto, a não compreensão dos processos de desenvolvimento urbano dificulta a submissão aos princípios legislativos de toda e qualquer ocupação de determinada área.

Assim, faz-se necessário confrontar, ao conjunto de restrições legais, dois outros conjuntos de restrições. Um deles considera a compreensão dos processos do desenvolvimento urbano e o outro considera dados da realidade física na qual se está trabalhando.

No primeiro caso citado, observam-se quais aspectos da legislação na prática são respeitados, revisam-se as restrições impostas pela lei e, a partir disto, monta-se o segundo conjunto de restrições citado, o conjunto amarelo.

Examinando-se os dois conjuntos de restrições formuladas e revendo-se os dados sintetizados no [item 3.2.3.1](#), formula-se um terceiro conjunto de restrições, selecionando-se todos aqueles dados não valoráveis que visam preservar o patrimônio ambiental do local e impedem a ocupação predatória e/ou de risco. Cria-se o terceiro conjunto de restrições, o conjunto verde.

#### 4.1.1.1 – Geração do conjunto de mapas booleanos

As restrições legais abaixo listadas são identificadas como conjunto vermelho:

- (i) Áreas acima da cota 100 m, definidas como restritas no Plano Diretor Decenal;
- (ii) Áreas acima da cota 50 m, nos morros das baixadas, também definidas como restritas no Plano Diretor Decenal;
- (iii) Parques, definidos como restritos por legislação ambiental específica;
- (iv) Florestas, definidas como áreas de preservação permanente pelo Código Florestal;
- (v) Áreas com declividades superiores a 30%, definidas como restritas pela Lei Federal de Parcelamento do Solo;
- (vi) Zonas tampão de 30m ao longo dos cursos d'água, definidos como áreas de preservação permanente pelo Código Florestal.

As restrições legais abaixo listadas, respeitadas na prática, são identificadas como conjunto amarelo:

- (i) Áreas acima da cota 100 m, onde não se verifica nenhum tipo de ocupação urbana;
- (ii) Parques, áreas dentro das quais também não se verifica nenhum tipo de ocupação urbana.

É importante mencionar que as florestas também não apresentam qualquer tipo de ocupação urbana, mas como existe a ressalva legal que permite que estas áreas sejam ocupadas em casos justificados, resolveu-se não considerá-las como parte do conjunto amarelo.

As restrições de acordo com a estratégia de planejamento do “determinismo fisiográfico”, identificadas como grupo verde, são abaixo listadas:

- (i) Áreas acima da cota 100 m. Áreas que contêm uma série de bens ambientais, tais como cabeceiras de drenagem e florestas; além de terrenos desfavoráveis à ocupação, tais como solos litólicos, afloramentos de rocha e declividades elevadas;
- (ii) Parques, pois são benefícios já adquiridos, protegidos por lei e fiscalizados. São áreas onde está se recuperando parte do patrimônio ambiental da região;
- (iii) Florestas, pois são também benefícios já adquiridos e protegidos por lei, não apresentando ainda sinais de ocupação urbana;
- (iv) Zonas tampão mais extensas ao longo dos cursos d'água. Autores como [McHarg \(1992\)](#) sugerem que estas zonas tampão de preservação ao longo dos cursos d'água tenham áreas mínimas de aproximadamente 70 m, para começarem a ser eficientes em termos de recuperação e preservação de matas ciliares;

- (v) Declividades acima de 50%, limite associado à ergonomia dos acessos conforme [Marsh \(1997\)](#). É a declividade máxima permitida para a instalação de escadarias públicas, último recurso utilizado como acesso a lotes residenciais em áreas de encosta;
- (vi) Áreas com forte tendência de serem colúvios espessos. São áreas não recomendáveis à ocupação, caso não haja avaliações técnicas adequadas baseadas em: medições de níveis piezométricos e profundidade de nível d'água, e sondagens que penetrem na rocha matriz, subjacente ao solo residual situado sob o colúvio. Pois pode existir, no solo residual, e por vezes no contato solo residual/rocha, uma condição artesianas desencadeadora de escorregamentos, especialmente após chuvas intensas. Além disto, quando não restritas à ocupação, estas encostas, possivelmente coluviais, são extremamente favoráveis ao desenvolvimento urbano pois pequenos cortes tornam viável a formação de platôs para a construção de casa e acesso às vias. Assim sendo, elas devem ser restritas à ocupação caso não hajam avaliações técnicas específicas, do contrário serão atraentes e arriscadas.
- (vii) Solo exposto e áreas de mineração. Foram consideradas áreas de ocupação restrita devido à grande dificuldade na sua reabilitação para troca de uso. São constituídas, em geral, de crateras, muitas vezes com resíduos tóxicos, que necessitam de tratamento adequado para poderem ser aproveitadas. Além disso, possuem taludes potencialmente instáveis, sujeitos a desprendimento de lascas e rolamento de blocos. Assim como as áreas de possíveis colúvios, a reabilitação e/ou transformação de uso, não está ao alcance do poder aquisitivo da população envolvida.

#### **4.1.2 – Fatores**

O conjunto de fatores utilizado nas simulações foi agrupado segundo dois pontos de vista:

- (i) Fatores importantes para a expansão urbana residencial segundo a tendência observada;
- (ii) Fatores importantes para expansão urbana residencial sob o ponto de vista da estratégia de planejamento do “determinismo fisiográfico”.

Uma vez definidos os dois conjuntos de fatores a serem utilizados nas simulações montam-se as matrizes de comparação pareada, identificadas pelas letras A e B.

Analogamente ao procedimento adotado para agrupar as restrições, iniciou-se a listagem dos fatores pela análise de quais destes eram considerados relevantes à expansão

urbana segundo o descrito na legislação vigente. Porém, a legislação preocupa-se somente em limitar o crescimento a partir de um conjunto de restrições. Os diversos graus de aptidão dentro das áreas limitadas pelas restrições são muito pouco explorados e os fatores, quando descritos nos instrumentos reguladores, vão ao encontro da tendência de ocupação na prática observada.

Assim, o primeiro conjunto de fatores a ser utilizado nas simulações é aquele que inclui dados valoráveis de acordo com a tendência observada.

A análise crítica dos fatores valorados de acordo com a tendência observada e a revisão da síntese dos dados coletados, especialmente do [item 3.2.3.1](#), fazem com que seja criado o segundo conjunto a ser testado nas simulações. Esse conjunto, mais adequado às especificidades do local, procura introduzir fatores que relevem aspectos ambientais da área estudada.

#### 4.1.2.1 – Padronização dos fatores e montagem das matrizes

Os fatores abaixo listados são provenientes dos [itens 3.2.2.1](#) e [3.2.3.1](#), ambos parte da síntese das informações coletadas. Os quatro primeiros fatores apresentados são superfícies contínuas, distâncias em relação a diversos pontos considerados e são padronizados de acordo com a análise de seu comportamento ao longo da área urbana não consolidada. A análise em relação à área urbana não consolidada permite estimar os pontos de controle da padronização e o sentido da função a ser escolhida. Como não existem dados suficientes para se avaliar a forma da função no interior dos limites definidos optou-se por padronizar todas estas superfícies de maneira igual, adotando-se uma função linear.

##### a) Distância em relação às áreas urbanas consolidadas

Sabe-se que, quanto mais perto da área urbana estiver um terreno, mais apto a ser ocupado ele será, pois não há necessidade de expansão das redes de infra-estrutura e transporte, nem tão pouco das atividades de comércio e serviços. Porém, a partir de quando a distância em relação à área urbana deixa de influir na escolha do terreno depende do local que se está analisando. De maneira geral pode-se dizer que nos cinco bairros estudados aparecem áreas sendo ocupadas a até 2.000 m de distância da área urbana consolidada, conforme mostra

a [Figura 3.16b](#). Assim, padroniza-se este fator utilizando-se uma função linear decrescente com limite em 2.000 m.

b) Distância em relação às vias existentes

Assim como no caso de distâncias em relação a áreas urbanizadas, sabe-se que quanto mais perto de uma via estiver um terreno, mais apto a ser ocupado ele será, pois mais fácil é o acesso a esta propriedade, sem a necessidade de ampliação da rede de infra-estrutura. Porém, analogamente ao caso anterior, os limites máximos de distância considerados aptos variam conforme o local analisado. De acordo com a [Figura 3.16a](#), vê-se que são ocupadas áreas a até 700 m de distância das vias existentes. Este parâmetro permite que se padronize o fator utilizando uma função linear decrescente com limite em 700 m.

c) Distância em relação à avenida Brasil

Analogamente aos dois casos descritos, sabe-se que quanto mais próximo da Avenida Brasil, mais rapidamente se chega ao centro e aos demais bairros da cidade. As áreas ocupadas mais distantes dessa via estão a 9.000 m, conforme mostra o mapa da [Figura 3.15a](#). A padronização deste fator é feita estabelecendo-se uma função linear decrescente tomando-se como limite a distância de 9.000 m.

d) Distância em relação às estações de trem

As estações de trem são outro ponto importante de conexão da região com o centro e os demais bairros. As áreas ocupadas mais distantes estão a 7.400 m, enquanto as áreas livres mais próximas estão a 80 m, conforme pode ser visto no mapa da [Figura 3.15b](#). A padronização deste fator é feita estabelecendo-se uma função linear decrescente, tomando-se 80 m e 7.400 m de distância, como limites mínimo e máximo, respectivamente.

O dado seguinte processado é o de superfície contínua de declividades e foi padronizado de acordo com sua tendência à ocupação ao longo da área de estudo. Para tanto agruparam-se as classes em faixas de 5% em 5% e calculou-se a área de cada uma delas. O procedimento seguinte foi realizar uma tabulação cruzada entre o mapa reclassificado de declividades e o mapa contendo as áreas urbanas. Este procedimento permitiu que fosse

calculada a área, por faixa de declividade, apenas dos trechos não urbanizados que, quando comparados aos valores de área total, também por faixa, possibilitaram a identificação da tendência de ocupação nos intervalos previamente definidos. Os resultados foram tabelados e demonstram forte tendência à ocupação de áreas com até 25% de gradiente, diminuindo gradativamente até atingir os 75% (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Área total e área urbanizada em cada faixa de declividade.

Faixas de declividade (em %)	Área total dos bairros por faixa de declividade (em hm2)	Área disponível dos bairros por faixa de declividade (em hm2)	Percentual de área disponível dos bairros por faixa de declividade (em %)
0 a 5	7528.6	1759.8	23.4
5 a 10	2288.9	611.8	26.7
10 a 15	1101.5	555.0	50.4
15 a 20	813.7	586.3	72.1
20 a 25	821.6	695.6	84.7
25 a 30	876.6	800.7	91.3
30 a 35	938.2	881.6	94.0
35 a 40	960.7	926.0	96.4
40 a 45	991.9	971.3	97.9
45 a 50	957.0	941.5	98.4
50 a 55	818.5	811.2	99.1
55 a 60	617.3	614.8	99.6
60 a 65	399.6	399.4	99.9
65 a 70	245.7	245.5	99.9
70 a 75	129.3	129.1	99.9
75 a 80	75.2	75.2	100.0
80 a 85	40.4	40.4	100.0
85 a 90	21.2	21.2	100.0
90 a 95	13.8	13.8	100.0
95 a 100	6.6	6.6	100.0
Acima de 100	30.0	30.0	100.0

Optou-se por descrever a aptidão deste fator utilizando-se uma função do tipo "J" decrescente, com ponto de controle em 25%. A partir deste ponto, a tendência passa a diminuir drasticamente até tornar-se assintótica. A opção por uma função assintótica foi feita com o intuito de apenas reduzir a importância do fator, atingidos os gradientes menos vulneráveis à ocupação. Não se desejou eliminar deste estudo áreas com declividades acima de 70%, uma vez que estas seriam eliminadas aplicando-se a restrição imposta à ocupação de áreas com 50% de gradiente.

Os dois últimos fatores a serem padronizados são superfícies discretas. Esses são padronizados de acordo com critérios de proteção ao meio ambiente respeitando as especificidades do local.

#### a) Aptidão dos tipos de solo à urbanização

Já ordenados hierarquicamente no [item 3.2.3.1](#), os solos foram padronizados estabelecendo-se inicialmente índices aos dois extremos de aptidão. Os solos inaptos receberam índice igual a zero e os solos mais aptos receberam índice igual a 255. Após o estabelecimento dos dois extremos, determinou-se a classe intermediária, composta por solos menos aptos à ocupação. Estes solos receberam índice igual a 128. A classe considerada apta foi posicionada numericamente entre a classe mais apta e a classe menos apta, recebendo índice igual a 190.

#### b) Aptidão à urbanização dos usos do solo existentes

Também já anteriormente ordenados hierarquicamente no [item 3.2.3.1](#), os usos do solo foram padronizados estabelecendo-se inicialmente os dois extremos de aptidão. Usos como solo exposto e áreas de mineração, considerados inaptos à ocupação, receberam índice igual a zero. Usos como campo antrópico, considerado o mais apto à ocupação, recebeu índice igual a 255.

Entre os usos mais aptos e os usos inaptos, distribuíram-se os índices equitativamente. Discretizou-se uma função linear, escolhida para padronização de todos os dados em casos onde não existem parâmetros para avaliar o comportamento destes ao longo do intervalo definido.

Uma vez padronizados todos os fatores, montaram-se duas matrizes de comparação pareada, conforme as duas diretrizes estabelecidas. A diretriz que segue a tendência observada (A) utilizou o conjunto de fatores de distância e declividade, todos padronizados em função do comportamento observado no local. A diretriz de acordo com a estratégia e planejamento do "determinismo fisiográfico" (B) incluiu ainda as duas superfícies discretas padronizadas na matriz que modela a tendência observada. O resultado é apresentado na Figura 4.2.



## Matriz A

	Distância da área urbana	Distância das vias existentes	Distância da av. Brasil	Distância das estações	Declividades
Distância da área urbana	1				
Distância das vias existentes		1			
Distância da av. Brasil			1		
Distância das estações				1	
Declividades					1

## Matriz B

	Distância da área urbana	Distância das vias existentes	Distância da av. Brasil	Distância das estações	Declividades	Solos	Usos do solo
Distância da área urbana	1						
Distância das vias existentes		1					
Distância da av. Brasil			1				
Distância das estações				1			
Declividades					1		
Solos						1	
Usos do solo							1

Figura 4.2 – Matrizes de comparação pareada utilizadas.

### 4.1.3 – Critérios de ponderação

O conjunto de critérios de ponderação utilizado foi dividido de acordo com quatro pontos de vista, identificados pelos números entre parênteses:

- (i) Ponderação para calibração (1);
- (ii) Ponderação segundo a legislação vigente (2);
- (iii) Ponderação segundo a tendência observada (3);
- (iv) Ponderação segundo a estratégia de planejamento do "determinismo fisiográfico" (4).

O critério de calibração (1) estabelece um conjunto de pesos iguais a um a todos os fatores que compõem a matriz de comparação pareada. Este critério faz com que todos os fatores se compensem de maneira igual para indicar quais áreas são mais ou menos aptas à ocupação urbana e serve para testar a sensibilidade e robustez da ferramenta utilizada. O resultado obtido deste teste calibra também o índice de consistência mínimo da matriz. Esse

índice, segundo [Eastman \(1999\)](#), indica a probabilidade dos pesos terem sido gerados aleatoriamente. Sua faixa de variação é de 0,00 a 0,1. Valores superiores a 0,1 indicam inconsistência nos pesos escolhidos, sugerindo a reavaliação dos mesmos.

Uma vez calibradas as duas matrizes, testam-se os demais critérios de ponderação, iniciando-se por aquele que segue a legislação vigente (2). Neste critério os pesos variam favorecendo as áreas de ocupação prioritária, de acordo com o descrito no Plano Diretor Decenal.

A seguir, testa-se o critério de ponderação que segue a tendência observada (3), onde consideram-se aspectos de evolução urbana do local e, principalmente, dos dados sócio-econômicos, encontrados no [item 3.1.2](#).

Examinando-se os critérios de ponderação descritos e voltando-se ao [item 3.2.3.1](#), testam-se critérios de ponderação privilegiando a estratégia de planejamento do "determinismo fisiográfico" (4).

Todos os critérios de ponderação foram testados mantendo-se o índice de consistência das matrizes constante e igual a 0,03.

#### 4.1.3.1 – Ponderação dos fatores

##### a) Critério de ponderação para calibração (1)

Estabeleceu-se pesos iguais para todos os fatores, tanto na matriz A quanto na matriz B. Os pesos resultantes da composição final encontrados para os fatores da matriz A foram todos iguais a 0,2 e aqueles encontrados para os fatores da matriz B foram todos iguais a 0,1428.

##### b) Critério de ponderação segundo a legislação vigente (2)

Os pesos nesta matriz foram determinados de acordo com identificado em um exame de todas as prioridades de ocupação previstas na legislação. Tais prioridades apontam:

- A distância em relação à Avenida Brasil e a distância em relação às estações de trem como fatores que igualmente devem influir na ocupação da área, pois estes são os principais pontos de conexão com o centro e com os demais bairros. Ambos os fatores devem ser fortemente mais influentes do que a distância em relação à área urbanizada e moderadamente mais influentes se comparados à distância em relação às vias existentes, pois deve-se, em primeiro lugar, priorizar a ocupação entre a Avenida Brasil e a ferrovia e depois fazer com que sejam ocupadas as áreas servidas pelas atuais redes de infraestrutura instalada;
- A distância em relação às vias existentes é apontada como moderadamente mais importante se comparada à distância em relação à área urbanizada. O primeiro fator é mais importante do que o segundo, pois evita a sub-utilização da infra-estrutura instalada;
- A lei nada menciona em relação às declividades, o que fez com que se adotassem pesos para este fator em função da tendência observada. De acordo com este critério, para a determinação de aptidão à urbanização, a declividade foi considerada tão importante quanto a área urbanizada, moderadamente menos importante do que a distância em relação às vias e do que a distância em relação às estações e fortemente menos importante do que a distância em relação à Avenida Brasil.

O resultado desta combinação determina a importância de cada fator na composição final. A distância em relação à Avenida Brasil é apontada como o fator mais importante seguida da distância em relação às estações de trem. A distância em relação às vias existentes ainda influi de maneira relevante no resultado final. As declividades e a distância em relação à área urbanizada aparecem como os dois fatores menos influentes no todo da composição.

Os pesos atribuídos a cada fator quando combinados dois a dois, bem como o resultado deste critério de ponderação nos pesos da composição final, podem ser vistos na Figura 4.3.

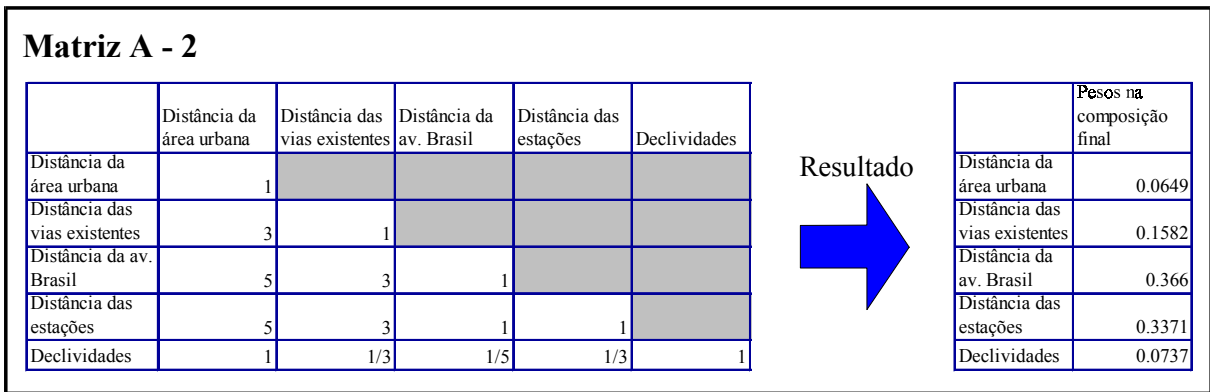


Figura 4.3 – Aplicação do critério de ponderação que segue a legislação vigente (2).

c) Critério de ponderação segundo a tendência observada (3)

Os pesos nesta matriz foram determinados de acordo com identificado a partir da tendência observada. As características descritas no [item 3.1.2](#), onde se apresenta o estudo da evolução urbana do local e dos aspectos sócio-econômicos, indicam que:

- A distância em relação à Avenida Brasil tem influência muito forte na aptidão à ocupação da área se comparada às declividades, à distância em relação às estações de trem e à distância em relação à área urbanizada. Este mesmo fator é moderadamente mais apto à ocupação se comparado à distância em relação às vias existentes. Isso pode ser percebido no estudo da evolução urbana que aponta o principal eixo rodoviário da região como propulsor do desenvolvimento, a partir da segunda metade do século XX. Distâncias em relação à infra-estrutura instalada influenciam também na tendência de ocupação da área na medida em que investimentos em obras para ampliação das redes existentes são escassos;
- A distância em relação às vias existentes é moderadamente mais influente na ocupação da área se comparada às declividades e à distância em relação à área urbanizada. Quando comparada às distâncias em relação às estações de trem, possui mesmo grau de influência na aptidão à ocupação. Isso ocorre porque muitas linhas de ônibus que circulam nas vias principais e secundárias da região levam à Avenida Brasil. Assim sendo, a distância em relação à estas vias é praticamente tão importante quanto a distância em relação ao segundo principal eixo de conexão da área com o centro;

- A distância em relação às estações de trem é moderadamente mais importante na aptidão à ocupação da área se comparada às declividades e à distância em relação à área urbanizada, pois ainda que subutilizada, a linha férrea continua sendo um importante ponto de conexão com o centro e a acessibilidade é um dos principais atrativos ao crescimento urbano;
- A declividade e a distância em relação à área urbanizada têm importância igual, pois são fatores que geralmente se compensam mutuamente.

O resultado desta combinação determina o grau de importância dos fatores na composição final, apontando a distância em relação à Avenida Brasil como o fator que mais influi na ocupação da área. Seguem-se a este as distâncias em relação às vias existentes e as distâncias em relação às estações de trem. A declividade e a distância em relação à área urbanizada são fatores facilmente compensados pelos demais.

Os pesos atribuídos a cada fator quando combinados dois a dois, bem como o resultado deste critério de ponderação nos pesos da composição final, podem ser vistos na Figura 4.4.

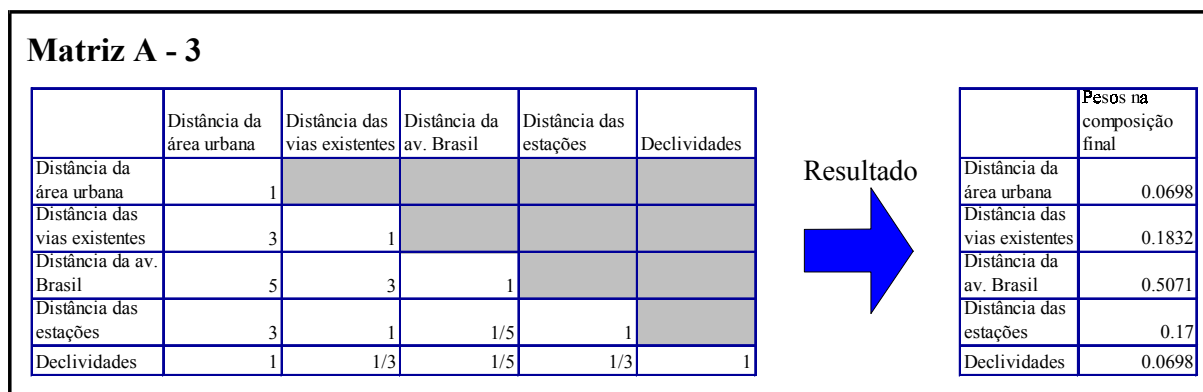


Figura 4.4 – Aplicação do critério de ponderação que segue a tendência observada (3).

d) Critério de ponderação segundo a visão de planejamento do "determinismo fisiográfico" (4)

Nesta matriz os pesos foram mantidos idênticos àqueles que seguiam o previsto pela legislação vigente (2). Acredita-se que os dois pontos de conexão mais importantes devem ter

influência igual no acesso à área, evitando-se uma super-utilização da Avenida Brasil e uma sub-utilização da ferrovia e diversificando-se as alternativas de transporte urbano e metropolitano. Priorizar a ocupação de áreas onde já haja infra-estrutura instalada é também um critério racional para se determinar a aptidão à ocupação, pois tende-se a evitar os vazios urbanos e os gastos, muitas vezes desnecessários, na ampliação das redes.

Assim, alteraram-se apenas os pesos da linha da matriz referente ao fator declividade. Tentou-se com esta alteração favorecer este fator, tornando-o igualmente importante à distância em relação às estações de trem, moderadamente mais importante do que a distância em relação às vias existentes e do que a distância em relação à área urbanizada, e um pouco menos importante do que a distância em relação a Avenida Brasil. Buscou-se com isso ensaiar um critério de ponderação onde a preocupação com o meio ambiente fosse maior.

O resultado da combinação dos pesos apontou ainda a distância em relação à Avenida Brasil como o fator mais importante, seguida da distância em relação às estações de trem. O terceiro lugar ficou com a declividade, seguida da distância em relação às vias existentes e da distância em relação à área urbanizada, fator que continuou com menor grau de influência em relação aos demais.

Para tentar aumentar a influência dos fatores ambientais na aptidão à ocupação urbana, agregaram-se dois novos campos à matriz A. O conjunto de pesos que buscava ensaiar um critério de ponderação onde a preocupação com meio ambiente fosse maior foi mantido e os dois novos campos agregados foram ponderados de acordo com o que segue:

- A aptidão dos solos à urbanização foi considerada moderadamente menos importante do que a distância em relação às vias existentes e do que a distância em relação à área urbanizada, fortemente menos importante se comparada às declividades e extremamente menos importante se comparada à distância em relação à Avenida Brasil e às estações de trem;
- Os mesmos pesos foram atribuídos ao fator de aptidão de usos do solos à urbanização. Este, quando comparado ao fator de aptidão de solos à urbanização, foi considerado levemente menos importante.

O resultado da nova combinação proposta apresentou a mesma ordem hierárquica entre os fatores encontrada na matriz A. Porém, os pesos variaram um pouco, pois os dois novos fatores acrescentados mostraram-se ainda menos importantes do que a distância em relação à área urbanizada.

Os pesos atribuídos a cada fator quando combinados dois a dois, bem como o resultado deste critério de ponderação nos pesos da composição final, podem ser vistos na Figura 4.5.

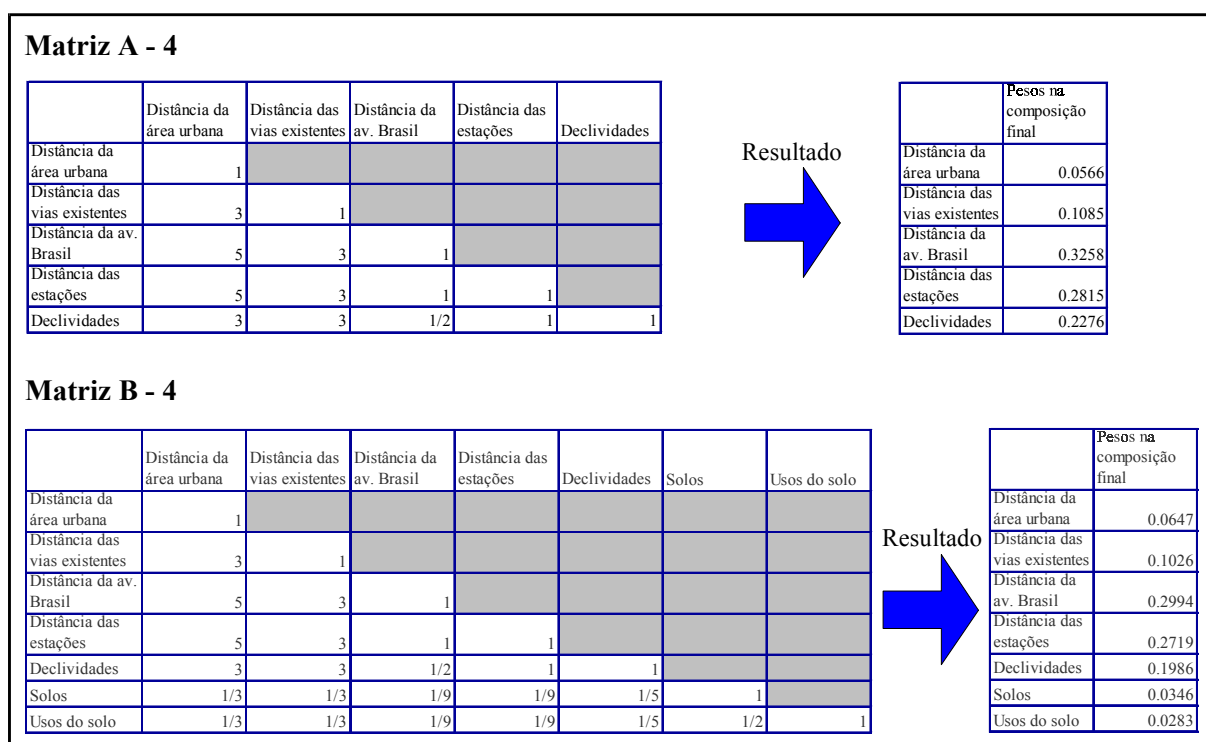


Figura 4.5 - Aplicação do critério de ponderação que segue a estratégia de planejamento do “determinismo fisiográfico” (4).

## 4.2 – SIMULAÇÕES

Nesta etapa do trabalho combinam-se as restrições, os fatores, organizados nas matrizes, e os critérios de ponderação e aplica-se sobre eles o método de avaliação por critério múltiplos utilizando-se a rotina *Multi Criteria Evaluation* (MCE).

A combinação destes elementos é organizada em quatro grupos. Cada grupo é composto por um conjunto de restrições, um conjunto de fatores e dois ou mais critérios de



ponderação. Assim, dentro de cada grupo testa-se exclusivamente as conseqüências da variação dos critérios de ponderação nos resultados, uma vez que as restrições e os fatores são mantidos constantes. Este teste na variação dos critérios de ponderação é organizado sempre especificando-se, primeiramente, os pesos resultantes da matriz de calibração (1), sendo utilizada para, posteriormente, testarem-se os demais critérios desejados. O teste dos demais critérios obedece a seguinte ordem:

- (i) De acordo com a legislação vigente (2);
- (ii) De acordo com a tendência observada (3);
- (ii) De acordo com a estratégia de planejamento baseada no "determinismo fisiográfico" (4).

Variações nas restrições e nos fatores são testadas entre os grupos, avaliando-se primeiramente variações no primeiro conjunto de elementos citados e posteriormente avaliando-se variações no segundo conjunto de elementos citados. As variações são organizadas seguindo os mesmos critérios já descritos.

Uma breve ilustração dos procedimentos comentados é ilustrada no diagrama da Figura 4.6.

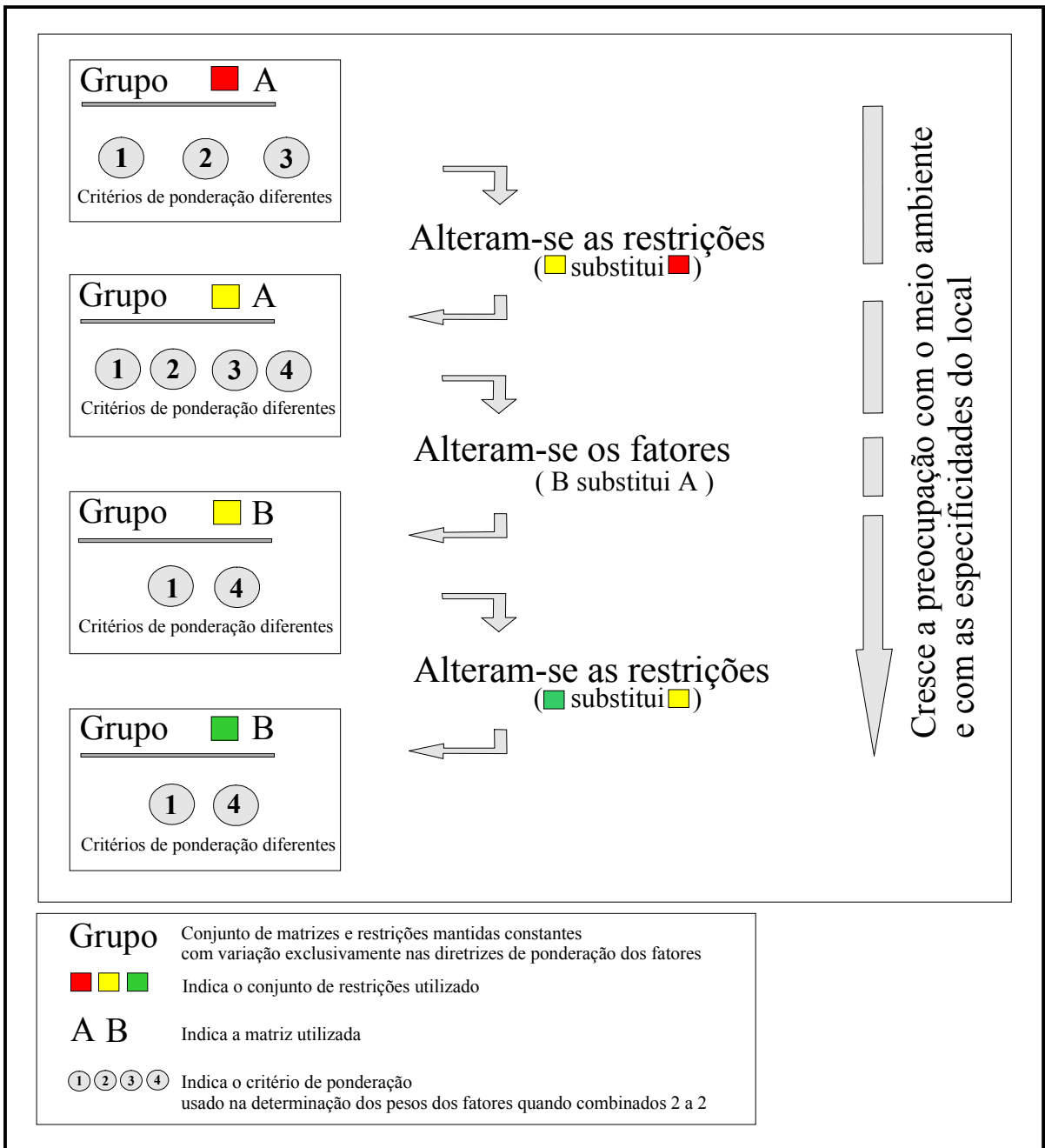


Figura 4.6 – Diagrama geral das hipóteses de simulação propostas.

Todas as hipóteses de simulação comentadas são testadas no ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) utilizando-se o método de avaliação por critérios múltiplos, aplicando-se a rotina MCE. Esta ferramenta realiza a multiplicação de cada fator padronizado pelo seu respectivo peso, soma os resultados desta média ponderada e o multiplica pelo conjunto de restrições estabelecidas. A aplicação da ferramenta é feita em cada etapa ilustrada na Figura 4.6.

Os resultados são apresentados sob a forma de cenários de ocupação, onde inicialmente mostra-se toda a área disponível para expansão e as diferentes nuances de aptidão no interior desta e posteriormente mostra-se a localização das áreas mais aptas a serem ocupadas até o ano de 2005.

A seleção das áreas mais aptas a serem ocupadas até o ano de 2005 é realizada inicialmente dentro de cada bairro. Multiplica-se o mapa contendo toda a área destinada à expansão pelos mapas contendo os limites de cada bairro individualmente. Isolam-se todas as áreas destinadas a expansão por bairro, aplicando-se a cada mapa isolado o módulo *rank*. Esta rotina ordena todas as células do mapa em ordem crescente de aptidão, atribuindo um único valor a cada uma dessas. Cada mapa contendo as células ordenadas em ordem crescente de aptidão, dentro dos limites dos bairros, pode ser então reclassificado isolando-se o número de células que equivale a área necessária para expansão até o ano de 2005. Para isso, multiplica-se a área necessária à expansão por bairro, apresentada na [Tabela 3.9](#), pela área de um *pixel*, 625m<sup>2</sup>, transformando-se valores de área em valores de célula. Reclassificam-se os mapas de aptidão à ocupação, por bairro, selecionando-se os *pixels* mais aptos em cada um. Somam-se os resultados obtidos para os cinco bairros da área de estudo e obtém-se o cenário de ocupação para o ano de 2005. Este procedimento é repetido para cada hipótese de simulação criando-se uma “macro” para automatizá-lo.

A análise das dimensões das áreas alocadas para expansão, bem como a análise da fragmentação destas áreas, é realizada a partir de dados quantitativos de áreas mínimas, médias, máximas, desvio padrão e distribuição de frequência.

Estes dados são todos obtidos utilizando-se o *software* Excel. Para que os dados de cada cenário sejam levados para esse *software*, eles precisam ainda ser processados no ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Este processamento inclui a numeração individual de cada *cluster* de área (agrupamento de *pixels* adjacentes de mesmo valor) destinado à ocupação e o cálculo da sua respectiva superfície. A numeração individual de cada *cluster* é feita utilizando-se o comando *group* do programa, que identifica grupos contíguos de *pixels* com um mesmo atributo e numera individualmente cada grupo identificado. O cálculo de superfície é feito aplicando-se o comando *area* ao mapa resultante da aplicação do comando *group*. Os valores são tabulares e podem ser diretamente exportados para o *software* Excel para a realização da análise estatística.

A análise dos resultados é sempre realizada considerando-se as dimensões, fragmentação e posição da área total disponível para expansão, que se mantém constante em todos os cenários dentro de um mesmo grupo. A avaliação das diferentes nuances de aptidão no interior desta áreas depende dos critérios de ponderação utilizados. Esta análise, inicialmente, é feita a partir de um breve comentário considerando toda a área destinada à expansão. Posteriormente, ela é detalhada comentando-se os resultados obtidos para o ano de 2005. Estes resultados apresentam a seleção das áreas mais aptas dentro de cada cenário. Assim sendo, comentá-los é detalhar a comparação entre as diferenças de aptidão resultantes da aplicação de cada critério de ponderação.

#### **4.2.1 – Organização e análise das hipóteses de simulação do grupo vermelho A**

Neste grupo consideram-se todas as restrições impostas pela legislação, conjunto vermelho, (cota 50m, cota 100m, parques, florestas, declividades acima de 30% e zonas tampão de 30m ao longo dos cursos d'água) e utiliza-se a matriz com o menor número de fatores, matriz A (que contém distância em relação à área urbanizada, distância em relação às vias existentes, distância em relação à Avenida Brasil, distância em relação às estações de trem e declividades). Os critérios de ponderação incluem: aqueles destinados à calibração do modelo (1), aqueles que estão de acordo com a legislação vigente (2) e aqueles que estão de acordo com a tendência observada (3). O diagrama da Figura 4.7 ilustra detalhadamente quais elementos são mantidos constantes e quais elementos variam.

Os resultados dos cenários deste grupo são descritos, inicialmente, considerando-se toda a área disponível para expansão de acordo com os seguintes aspectos:

- (i) Área total disponível;
- (ii) Número total de *clusters* alocados para a expansão;
- (iii) Áreas mínimas, médias, máximas, desvio padrão e distribuição de frequência destes *clusters*;
- (iv) Localização espacial das áreas aptas.

A seguir analisam-se um a um os resultados obtidos, comentando-se brevemente cada um dos seguintes aspectos:

- (i) Forma de compensação dos pesos atribuídos aos fatores;
- (ii) Identificação das áreas mais aptas à expansão e *ranking* de aptidão apresentado.

Posteriormente, analisam-se um a um os resultados obtidos para o ano de 2005 considerando os seguintes aspectos abaixo descritos:

- (i) Número de *clusters* alocados para expansão em cada caso;
- (ii) Áreas mínimas, médias, máximas, desvio padrão e distribuição de frequência destes *clusters*;
- (iii) Localização das áreas destinadas à expansão de acordo com cada critério de ponderação utilizado.

Finalmente, os três resultados obtidos neste grupo, para o ano de 2005, são comparados entre si, considerando-se:

- (i) As variações, de um cenário para o outro, no número de *clusters* alocados para a expansão;
- (ii) As variações, de um cenário para o outro, nas áreas mínimas, médias, máximas, desvio padrão e distribuição de frequência dos *clusters* analisados;
- (iii) As conseqüências, em cada resultado, das diferenças entre os critérios de ponderação utilizados;
- (iv) Conclusões preliminares a partir dos resultados obtidos.

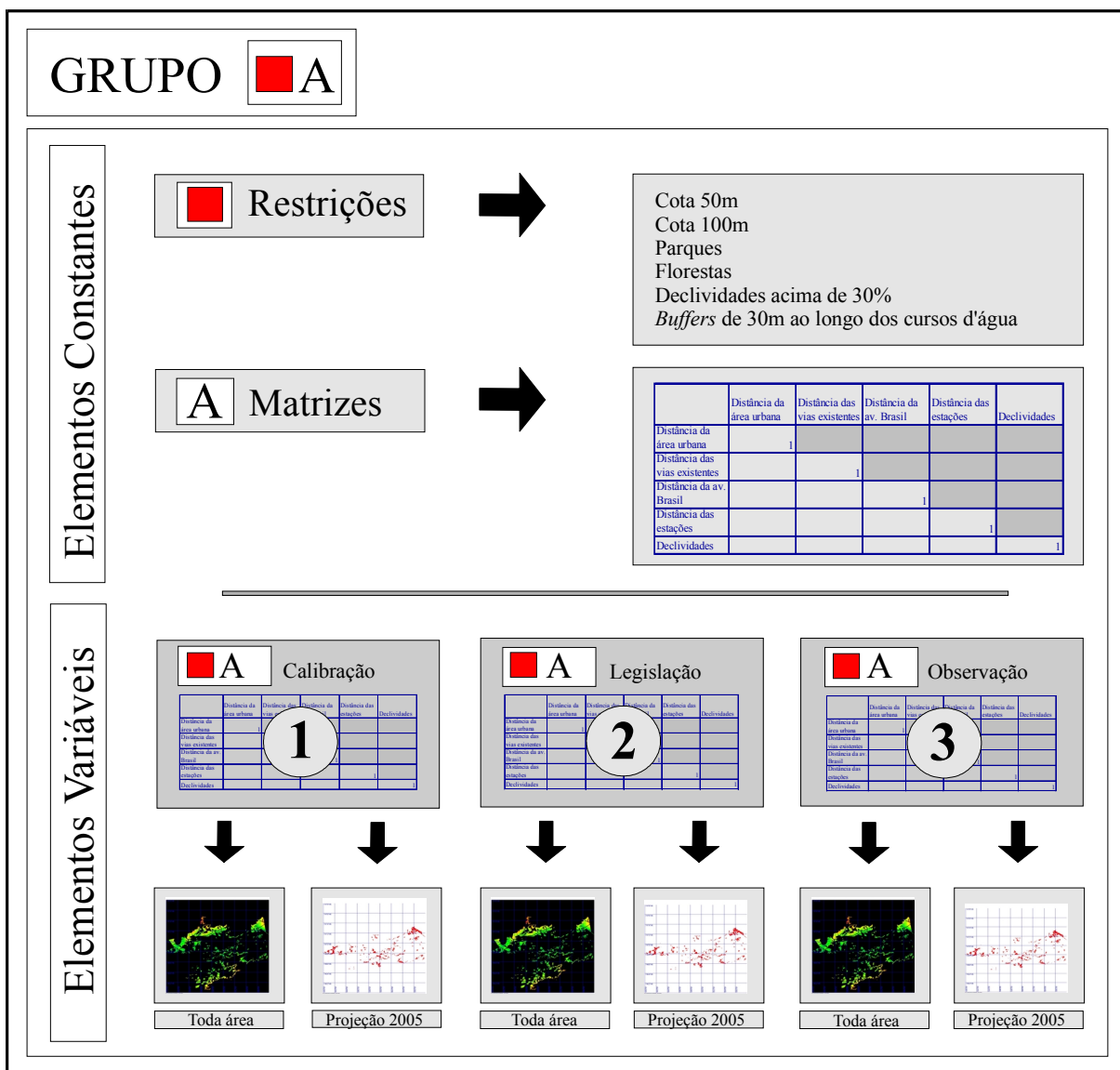


Figura 4.7 – Diagrama detalhado do primeiro conjunto de hipóteses – Grupo vermelho A.

#### 4.2.1.1 – Apresentação dos resultados do grupo vermelho A

Neste grupo a área total disponível para expansão é de 2709,29 hm<sup>2</sup> e o número de *clusters* disponíveis é de 412 unidades. As dimensões dos *clusters* variam de 0,0625 hm<sup>2</sup> a 321,17 hm<sup>2</sup>. A área média é 6,58 hm<sup>2</sup> e o desvio padrão é de 25,01 hm<sup>2</sup>, conforme o apresentado no quadro da Figura 4.8a.

A distribuição de frequência de áreas resultante do parcelamento, mostrada na Figura 4.8b, assemelha-se a uma curva decrescente. Verificam-se grandes quantidades de *clusters* com áreas de até 6 hm<sup>2</sup>, onde 205 apresentam áreas de até 1hm<sup>2</sup> e 64 *clusters* dentro desta última faixa de área têm dimensões iguais a 0,0625hm<sup>2</sup>.

As nuances de aptidão variam conforme o critério de ponderação utilizado. Porém pode-se dizer que a maioria das áreas destinadas à expansão localizam-se ao norte da Avenida Brasil. *Clusters* menores também podem ser encontrados entre esta avenida e a linha férrea. No trecho sul desta região aparecem áreas disponíveis junto ao pé do maciço da Pedra Branca.

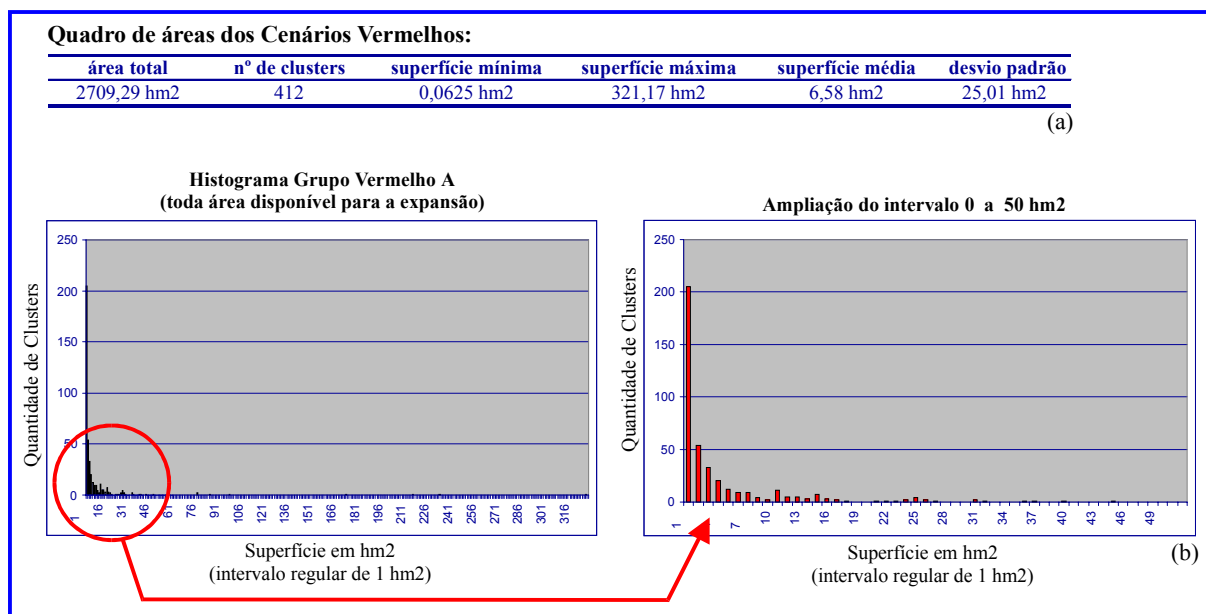


Figura 4.8 – Histograma e quadro de áreas de toda a área disponível para ocupação - Cenários vermelhos A.

#### a) Cenário vermelho A-1

Neste cenário o critério de ponderação utilizado é o de calibração (1) e os pesos na composição final tem todos o valor de 0,2, fazendo com que os fatores se compensem de maneira igual.

As áreas mais aptas à expansão estão entre a Avenida Brasil e a ferrovia. Áreas ao norte desta avenida assim como áreas ao sul da linha férrea decrescem em aptidão, na medida em que a distância em relação a elas aumenta. O decréscimo de aptidão é aparentemente semelhante em ambas as direções, conforme pode ser visto na Figura 4.9a.

Para o ano de 2005 tem-se 238 *clusters* alocados para expansão. Os valores de área destes *clusters* variam de 0,0625 a 56,89 hm<sup>2</sup>. A área média é de 2,89 hm<sup>2</sup> e o desvio padrão é de 6,34 hm<sup>2</sup>. A maior parte dos *clusters* possui áreas de até 4 hm<sup>2</sup>, onde 139 apresentam

áreas de até 1 hm<sup>2</sup> e 36 *clusters* dentro desta última faixa têm dimensões de 0,0625 hm<sup>2</sup> (área mínima).

Em relação à localização das áreas destinadas a absorver o crescimento populacional previsto para o ano de 2005, pode se dizer que há uma preferência por ocupar: o trecho entre a ferrovia e a Avenida Brasil junto aos morros das baixadas; áreas junto aos pés do maciço da Pedra Branca e áreas à nordeste da Vila Kennedy (Figura 4.9b). Aparece também uma pequena concentração de áreas destinadas à expansão na parte oeste, no entorno da Avenida Brasil.



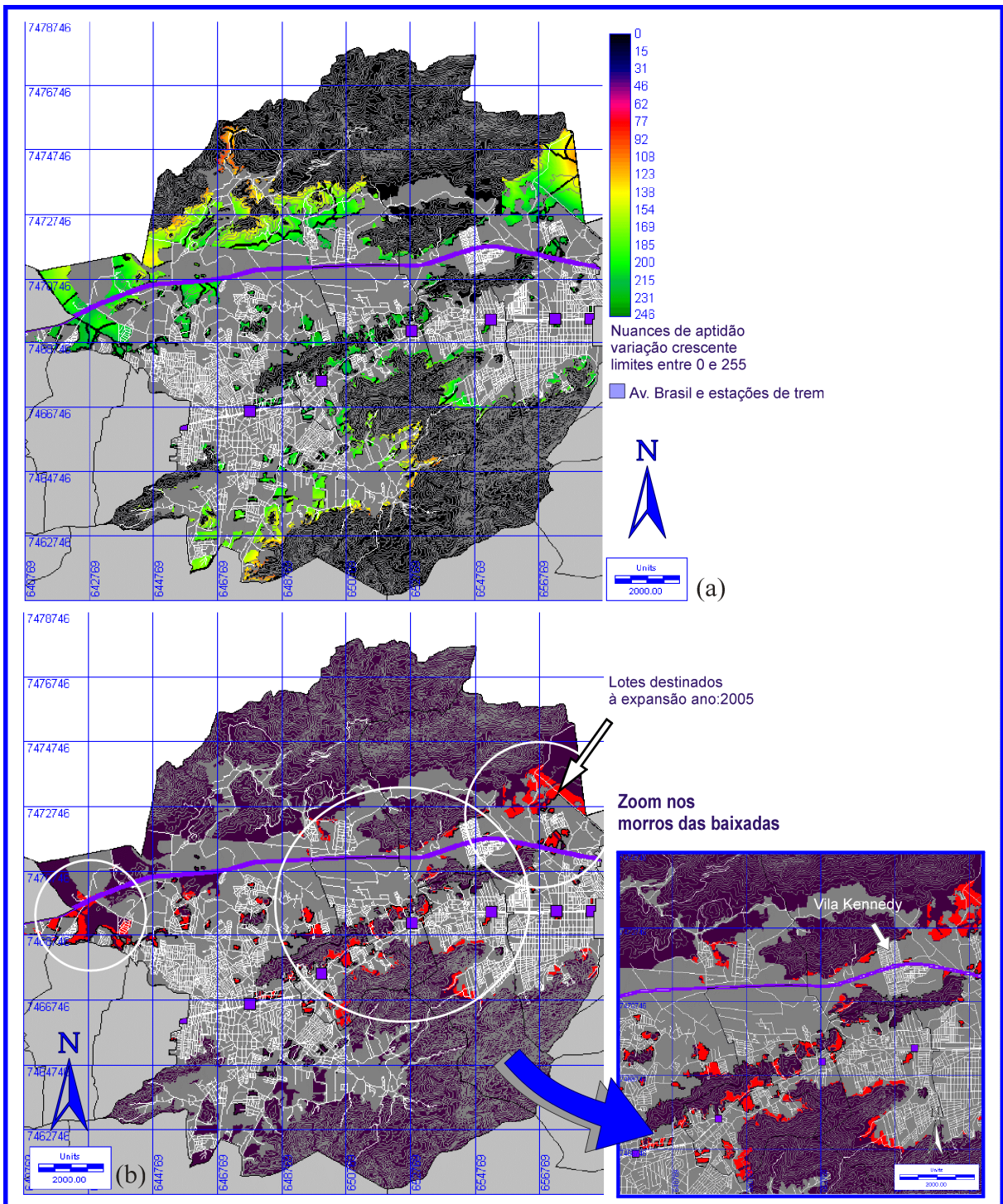


Figura 4.9 – Mapas ilustrativos do cenário vermelho A-1: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005.

## b) Cenário vermelho A-2

Neste cenário o critério de ponderação utilizado segue a legislação vigente (2) e os pesos na composição final, já apresentados na Figura 4.3, são os seguintes:

- Distância em relação à área urbanizada – peso: 0,0649;
- Distância em relação às vias existentes – peso: 0,1582;
- Distância em relação à Avenida Brasil – peso: 0,3660;
- Distância em relação às estações de trem – peso: 0,3371;
- Declividades – peso: 0,0737.

Esses resultados mostram que o fator que mais influi na aptidão à ocupação é a distância em relação à Avenida Brasil seguida da distância em relação às estações de trem. O fator de distância em relação às vias existentes tem influência bem menor, enquanto os fatores distância em relação à área urbanizada e declividades têm muito pouca influência na determinação da aptidão à ocupação.

A Figura 4.10a mostra que novamente as áreas mais aptas estão entre a Avenida Brasil e a ferrovia. Áreas ao norte desta avenida assim como áreas ao sul da linha férrea decrescem em aptidão na medida em que a distância em relação a elas aumenta. O decréscimo de aptidão é aparentemente semelhante em ambas as direções.

Para o ano de 2005 tem-se 221 *clusters* alocados para expansão. Os valores de área destes *clusters* variam de 0,0625 a 42,78 hm<sup>2</sup>. A área média é de 3,11 hm<sup>2</sup> e o desvio padrão é de 5,89 hm<sup>2</sup>. A maior parte dos *clusters* possui áreas de até 5 hm<sup>2</sup>, onde 118 apresentam áreas de até 1 hm<sup>2</sup> e 24 *clusters* dentro desta última faixa têm dimensões de 0,0625 hm<sup>2</sup> (área mínima).

Em relação à localização das áreas destinadas a absorver o crescimento populacional previsto para o ano de 2005, pode se dizer que novamente há uma preferência por ocupar: áreas entre a Avenida Brasil e a ferrovia junto aos morros das baixadas; áreas junto aos pés do maciço da Pedra Branca e áreas à nordeste da Vila Kennedy. Existe ainda uma concentração de áreas aptas disponíveis no extremo oeste, entre a Avenida Brasil e a linha férrea e junto ao pé do pequeno morro situado ao norte desta mesma avenida (Figura 4.10b).

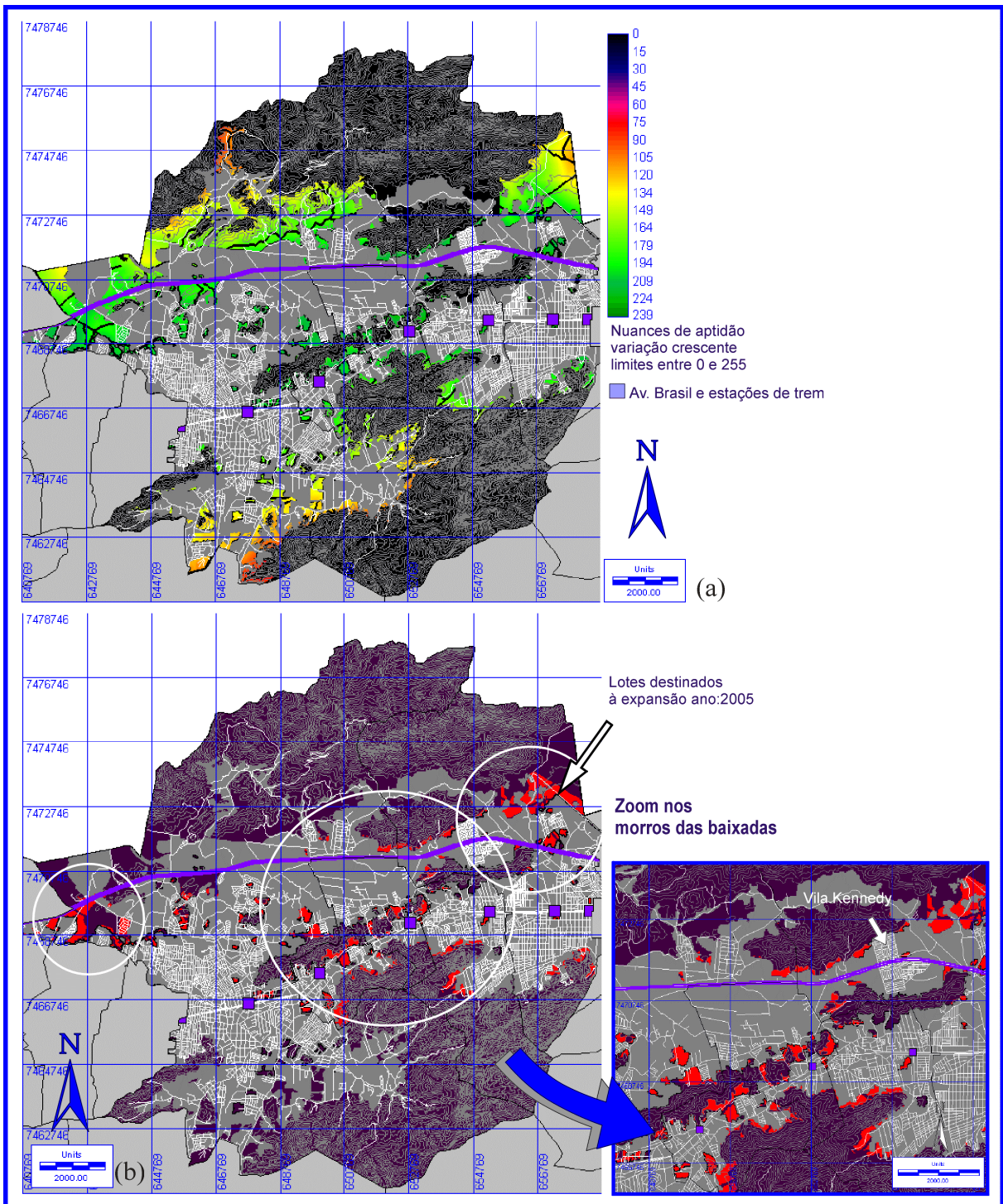


Figura 4.10 – Mapas ilustrativos do cenário vermelho A-2: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005.



### c) Cenário vermelho A-3

Neste cenário o critério de ponderação utilizado segue a tendência observada (3) e os pesos na composição final, já apresentados na Figura 4.4, são:

- Distância em relação à área urbanizada – peso: 0,0698;
- Distância em relação às vias existentes – peso: 0,1832;
- Distância em relação à Avenida Brasil – peso: 0,5071;
- Distância em relação às estações de trem – peso: 0,1700;
- Declividades – peso: 0,0698.

Esses resultados mostram que a distância em relação à Avenida Brasil é o principal fator responsável pela aptidão à ocupação da área, seguida da distância em relação às vias e da distância em relação às estações de trem. Declividades e distâncias em relação às áreas urbanizadas influem igualmente muito pouco.

A Figura 4.11a mostra que as áreas mais aptas estão junto à Avenida Brasil decrescendo em aptidão suavemente a medida em que dela se afastam. Áreas ao sul à ferrovia tem praticamente a metade da aptidão se comparadas àquelas junto à Avenida Brasil, pois os pesos deste último fator na composição final influem em 50% na aptidão à ocupação. Áreas onde o fator de distância em relação a Avenida Brasil seja desfavorável devem apresentar todos os demais fatores muito favoráveis à ocupação para que os baixos valores no fator principal sejam compensados.

Para o ano de 2005 tem-se 206 *clusters* alocados para expansão. Os valores de área destes *clusters* variam de 0,0625 a 82,99 hm<sup>2</sup>. A área média é de 3,34 hm<sup>2</sup> e o desvio padrão é de 8,50 hm<sup>2</sup>. A maior parte dos *clusters* possui áreas de até 4 hm<sup>2</sup>, onde 115 apresentam áreas de até 1 hm<sup>2</sup> e 28 *clusters* dentro desta última faixa têm dimensões de 0,0625 hm<sup>2</sup> (área mínima).

Em relação à localização das áreas destinadas a absorver o crescimento populacional previsto para o ano de 2005, pode se dizer que ocorrem concentrações ao longo da Avenida Brasil, especialmente à extremo oeste e à nordeste, junto à Vila Kennedy. Existem ainda concentrações no entorno da ferrovia, junto aos morros das baixadas e junto ao pé do maciço da Pedra Branca (Figura 4.11b).

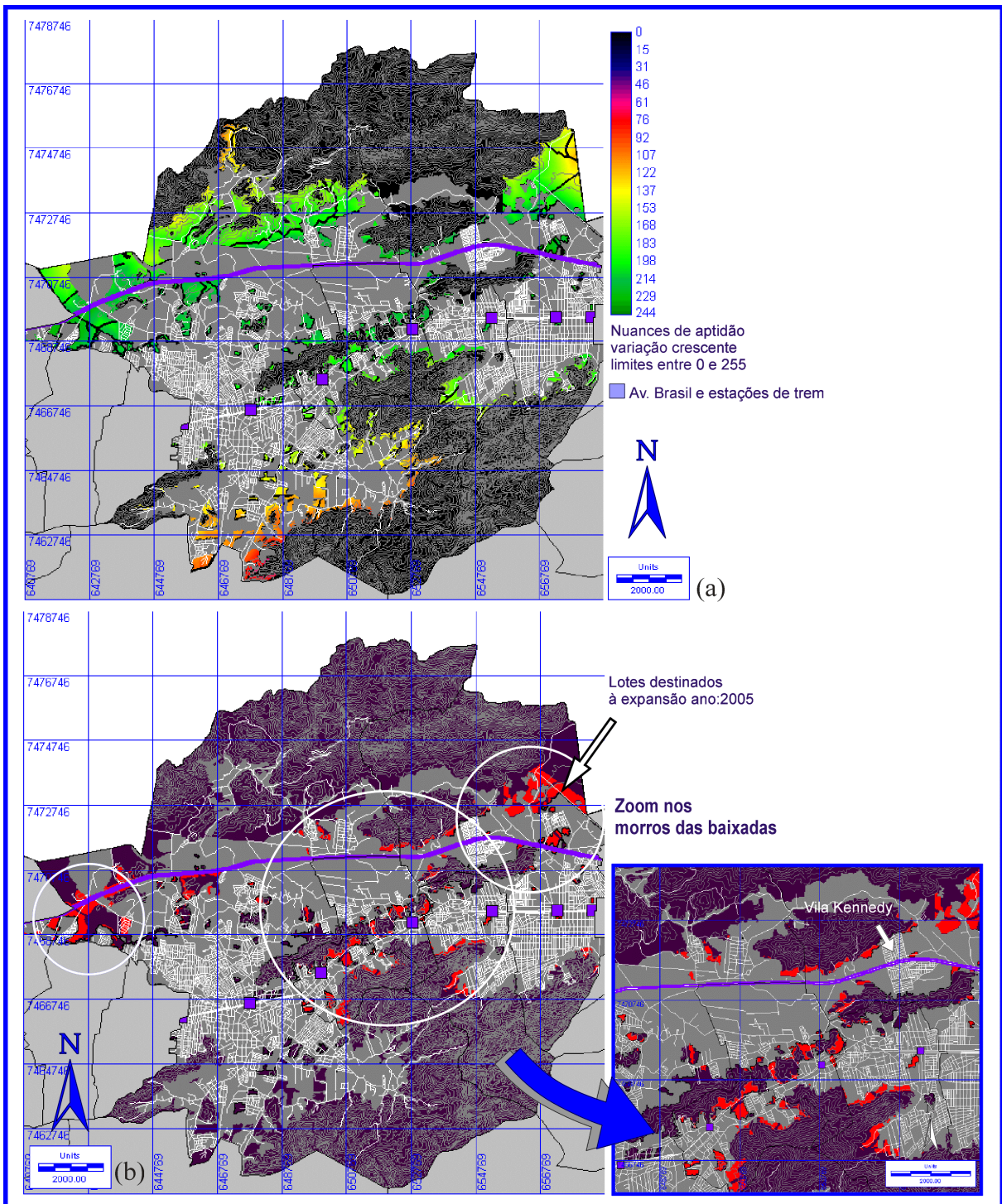


Figura 4.11 – Mapas ilustrativos do cenário vermelho A-3: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005.

#### d) Comparação entre os resultados obtidos para o ano de 2005 no grupo vermelho A

Conforme o apresentado na Figura 4.12a e 4.12b, observa-se que quanto mais equitativa a distribuição dos pesos na matriz, maior a fragmentação das áreas aptas à expansão e conseqüentemente menor a área média dos *clusters*. Observa-se uma redução de 7,1% no número de *clusters* do cenário A-1 para o cenário A-2, uma redução de 6,8% no número de *clusters* do cenário A-2 para o cenário A-3 e uma redução de 13,5% do cenário A-1 para o cenário A-3. Em conseqüência disto, a área média dos *clusters* aumentou em 7,6% do cenário A-1 para o cenário A-2, em 7,4% do cenário A-2 para o cenário A-3 e em 15,6% do cenário A-1 para o cenário A-3. O número de *clusters* com até 1hm<sup>2</sup> também reduziu com a redução do número de *clusters* alocados para expansão. O desvio padrão, a área máxima e o número de *clusters* com área mínima não apresentam variação padrão entre os cenários analisados. Os histogramas nos três casos aproximam-se de uma curva decrescente (Figuras 4.12c, 4.12d e 4.12e).

Acredita-se que estas variações na fragmentação das áreas destinadas à expansão estejam associadas fundamentalmente às variações dos pesos referentes ao fator distância em relação a Avenida Brasil. Ao longo desta avenida existe o maior número de áreas contíguas disponíveis para a ocupação. Assim, privilegiar ocupação no entorno deste eixo viário diminui a oferta de *clusters* com áreas pequenas.

Ainda em relação aos critérios de ponderação utilizados, é importante dizer que uma diminuição nos pesos do fator distância em relação às estações de trem não altera significativamente a ocupação de áreas ainda disponíveis ao longo da ferrovia, especialmente junto aos morros das baixadas e junto ao pé do maciço da Pedra Branca. Isto ocorre porque os demais fatores são extremamente favoráveis à ocupação deste local e compensam principalmente os baixos valores atribuídos à Avenida Brasil nestas áreas.

Em todos os casos analisados as áreas aptas à ocupação estão concentradas, em maior ou menor quantidade, em três pontos principais: entre a Avenida Brasil e a ferrovia, junto aos morros das baixadas e no extremo oeste; junto ao pé do maciço da Pedra Branca e na região nordeste, próximo à Vila Kennedy. A fragmentação das áreas depende em muito dos critérios de ponderação utilizados e as diferenças entre estes se fazem sentir principalmente na fragmentação das áreas destinadas à expansão localizadas entre a Avenida Brasil e a ferrovia.

Quadro Geral de Cenários do grupo Vermelho A:

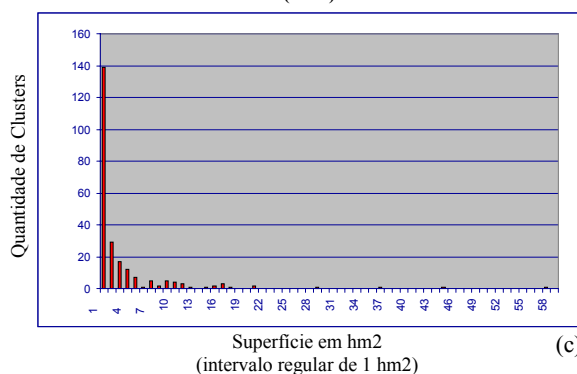
cenários	nº de clusters	superfície máxima	superfície média	desvio padrão
A-1	238	56,89 hm2	2,89 hm2	6,34 hm2
A-2	221	42,78 hm2	3,11 hm2	5,89 hm2
A-3	206	82,99 hm2	3,34 hm2	8,50 hm2

(a)

cenários	nº de clusters com área mínima	nº de clusters com até 1hm2
A-1	36	139
A-2	24	118
A-3	28	115

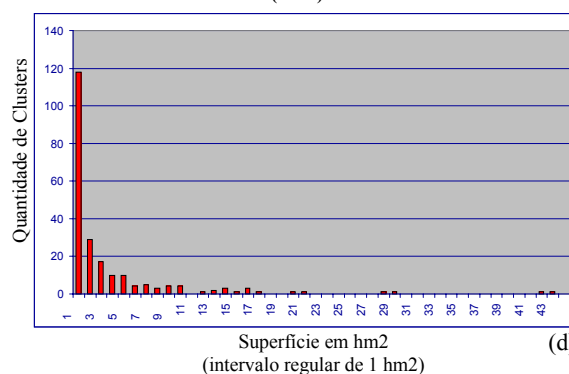
(b)

Histograma Cenário Vermelho A1 (2005)



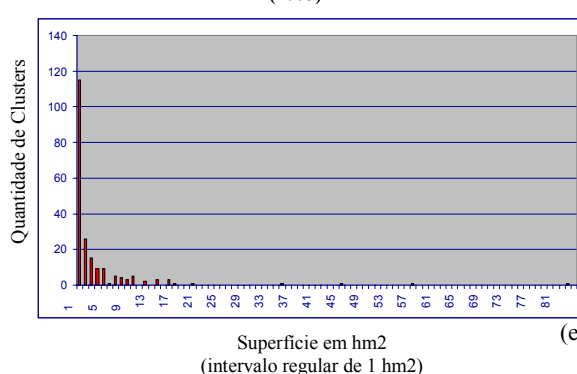
(c)

Histograma Cenário Vermelho A2 (2005)



(d)

Histograma Cenário Vermelho A3 (2005)



(e)

Figura 4.12 – Análise do parcelamento dos *clusters* de área destinada a expansão até o ano de 2005 - Grupo vermelho A.

#### 4.2.2 – Organização e análise das hipóteses de simulação do grupo amarelo A

No segundo grupo altera-se o conjunto de restrições impostas pela legislação, conseqüentemente modifica-se a área total disponível para expansão. Nesta alteração testa-se o conjunto de restrições que segue a tendência observada, conjunto amarelo (que mantém apenas a cota 100m e os parques). Adiciona-se, também, um quarto conjunto de critérios de ponderação, aplicado à mesma matriz do tipo A. O objetivo é começar a testar critérios de ponderação que se aproximem de uma proposta de planejamento baseada no "determinismo

fisiográfico". O diagrama da Figura 4.13 ilustra esquematicamente quais elementos variam e quais elementos continuam constantes.

Os resultados dos cenários deste grupo são descritos inicialmente comparados aos resultados obtidos no grupo vermelho A considerando-se toda a área disponível para expansão. Para tanto são considerados os seguintes aspectos:

- (i) Alteração na área total disponível;
- (ii) Alteração no número total de *clusters* alocados para a expansão;
- (iii) Diferenças entre as áreas mínimas, médias, máximas, desvio padrão e distribuição de frequência destes *clusters*;
- (iv) Conseqüências básicas da alteração do conjunto de restrições.

A seguir analisam-se um a um os resultados obtidos descrevendo-os sempre comparados aos resultados do grupo vermelho A. Cada cenário gerado no grupo vermelho A pode ser comparado ao correspondente cenário gerado no grupo amarelo A que possui o mesmo conjunto de critérios de ponderação. A descrição desta comparação abrange fundamentalmente as diferenças entre as áreas mais aptas à expansão verificadas em cada cenário em conseqüência da alteração imposta ao conjunto de restrições.

Posteriormente, analisam-se um a um os resultados obtidos para o ano de 2005 considerando os aspectos abaixo descritos:

- (i) Número de *clusters* alocados para expansão em cada caso;
- (ii) Áreas mínimas, máximas, médias, desvio padrão e distribuição de frequência destes *clusters*.

Os demais resultados obtidos no grupo amarelo A para o ano de 2005, também são descritos comparados aos resultados do grupo vermelho A. Da mesma forma, cada cenário gerado no grupo amarelo A pode ser comparado ao correspondente cenário gerado no grupo vermelho A que possui o mesmo conjunto de critérios de ponderação. Esta comparação considera principalmente quais as conseqüências das alterações do conjunto de restrições na localização das áreas destinadas à expansão para este ano específico.

A seguir analisa-se o cenário contendo o quarto conjunto de critérios de ponderação, cenário amarelo A-4, comparando-o ao cenário amarelo A-2, pois ambos possuem os mesmos



critérios de ponderação exceto na linha da matriz que contém o fator declividade. Esta comparação considera:

- (i) Forma de compensação dos pesos atribuídos aos fatores, destacando-se as diferenças entre os pesos totais apresentados pelo cenário amarelo A-2 e amarelo A-4;
- (ii) Áreas mais aptas à expansão e o *ranking* de aptidão apresentado;
- (iv) Influência do fator declividade nos resultados.

São feitas também considerações específicas para este cenário em relação aos resultados obtidos para o ano de 2005 de forma análoga aos casos anteriores.

Comparam-se ainda os resultados obtidos do cenário amarelo A-2 com àqueles obtidos para o cenário amarelo A-4 neste mesmo ano, considerando-se as diferenças básicas encontradas nos dois casos.

A seguir, compararam-se os resultados dos cenários vermelhos A 1, 2 e 3 com os resultados dos cenários amarelos A 1, 2 e 3, obtidos para o ano de 2005. São avaliados os seguintes aspectos:

- (i) Variações, de um cenário para o outro, no número de *clusters* alocados para a expansão;
- (ii) Variações, de um cenário para o outro, nas áreas mínimas, máximas, médias, desvio padrão e distribuição de frequência dos *clusters* analisados;
- (iii) Conseqüências, em cada resultado, do alívio no conjunto de restrições impostas e identificação das restrições aliviadas que mais influem nas diferenças de aptidão encontradas;
- (iv) Conclusões preliminares a partir dos resultados obtidos.

Finalmente, todos os resultados obtidos neste grupo para o ano de 2005 são analisados em conjunto considerando-se os mesmos quatro aspectos acima citados.

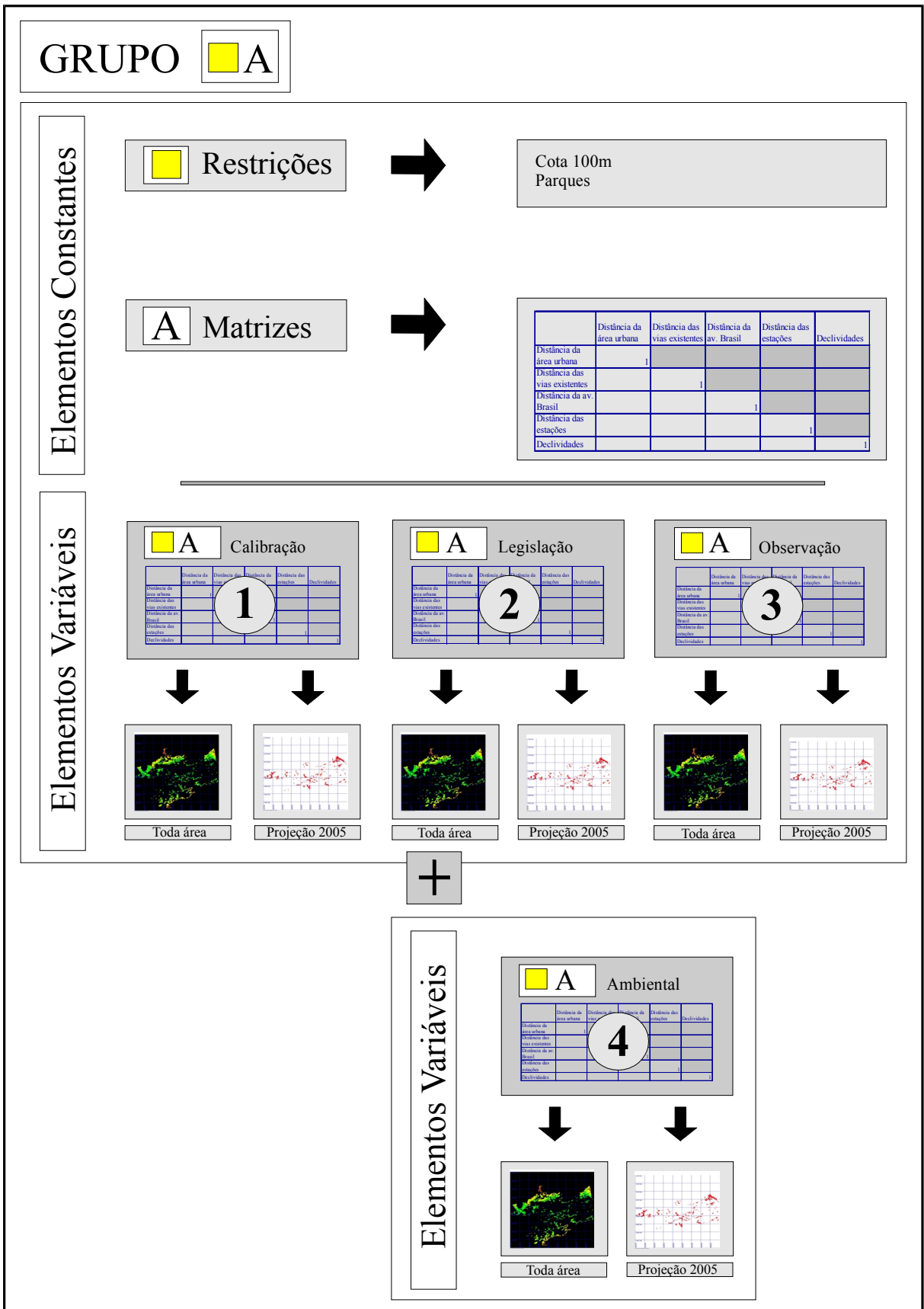


Figura 4.13 – Diagrama detalhado do segundo conjunto de hipóteses – Grupo amarelo A.

#### 4.2.2.1 – Apresentação dos resultados do grupo amarelo A

Neste grupo a área total disponível para expansão aumenta para 4128,88 hm<sup>2</sup>, 52,4% em relação a área total disponível do grupo anterior. O número de *clusters* se reduz para 139 unidades, 66,3% em relação ao número total de *clusters* do grupo anterior. As dimensões dos *clusters* variam de 0,0625 a 890,83 hm<sup>2</sup>. A área média é 29,70 hm<sup>2</sup>, 351,4% maior se comparada a área média do grupo vermelho A, e o desvio padrão é de 100,77 hm<sup>2</sup>, conforme o apresentado no quadro da Figura 4.14a.

A distribuição de frequência de áreas resultante do parcelamento, mostrada na Figura 4.14b, assemelha-se a uma curva decrescente. Verificam-se grandes quantidades de *clusters* com áreas de até 4 hm<sup>2</sup>, onde 36 apresentam áreas de até 1hm<sup>2</sup> e 18 *clusters* dentro desta última faixa de área têm dimensões iguais a 0,0625hm<sup>2</sup>.

As nuances de aptidão variam conforme o critério de ponderação utilizado. Pode-se dizer que a maioria das áreas destinadas à expansão continuam localizadas ao norte da Avenida Brasil. Porém, aumentaram significativamente as quantidades de área disponível junto aos morros das baixadas e junto ao pé do maciço da Pedra Branca. Este aumento deve-se ao alívio da restrição à ocupação de áreas com declividades superiores a 30% e ao alívio da restrição à ocupação de áreas acima da cota 50m nos morros das baixadas. Observa-se ainda uma redução do número de *clusters* localizados nas áreas mais planas. Estas áreas estão menos fragmentadas devido ao alívio da restrição à ocupação das zonas tampão de preservação ao longo dos cursos d'água.

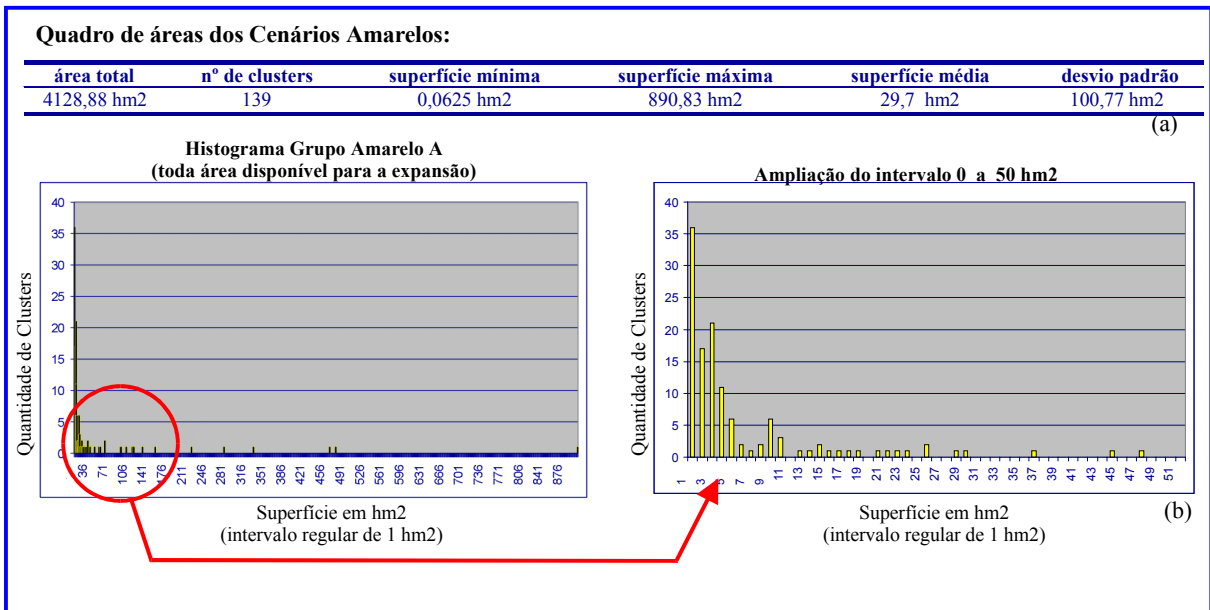


Figura 4.14 – Histograma e quadro de áreas de toda a área disponível para ocupação - Cenários amarelos A.

a) Cenário amarelo A-1

Neste cenário utiliza-se o mesmo critério de ponderação do cenário vermelho A-1. Em consequência disso não se alteram as nuances de aptidão no interior das áreas alocadas para expansão. Porém a alteração do conjunto de restrições utilizadas amplia a área apta total disponível fazendo com que seja necessário se avaliar também as nuances de aptidão de áreas até então restritas.

As áreas mais aptas à expansão continuam entre a Avenida Brasil e a ferrovia (Figura 4.15a). Áreas ao norte desta avenida assim como áreas ao sul da linha férrea decrescem em aptidão na medida em que a distância em relação a elas aumenta. Este decréscimo de aptidão continua, aparentemente, semelhante em ambas as direções. As restrições do cenário vermelho A-1 impediam que as seguintes áreas muito aptas fossem ocupadas: áreas junto aos morros das baixadas, áreas junto ao pé do maciço da Pedra Branca e áreas sobre zonas tampão ao longo dos cursos d'água. As restrições do cenário vermelho A-1 também impediram que áreas muito pouco aptas fossem ocupadas especialmente a extremo norte e a extremo sul, junto aos pés dos dois maciços cristalinos.

Para o ano de 2005 tem-se 212 *clusters* alocados para expansão. Os valores de área destes *clusters* variam de 0,0625 a 88,49 hm<sup>2</sup>. A área média é de 3,26 hm<sup>2</sup> e o desvio padrão é de 8,61 hm<sup>2</sup>. A maior parte dos *clusters* possui áreas de até 5 hm<sup>2</sup>, onde 127 apresentam áreas de até 1 hm<sup>2</sup> e 36 *clusters* dentro desta última faixa têm dimensões de 0,0625 hm<sup>2</sup> (área mínima).

Em relação à localização das áreas destinadas a absorver o crescimento populacional previsto para o ano de 2005, pode se dizer que continua a preferência por ocupar os seguintes trechos: entre a ferrovia e a Avenida Brasil, junto aos morros das baixadas; junto ao pé do maciço da Pedra Branca; à nordeste da Vila Kennedy e uma pequena porção à extremo oeste, também entre a Avenida Brasil e a linha férrea. É importante ressaltar que aumentaram as quantidades de área destinadas à expansão junto aos morros das baixadas e reduziram estas quantidades no entorno do maciço da Pedra Branca. Houve também uma diminuição na fragmentação das áreas situadas nas zonas mais planas (Figura 4.15b).

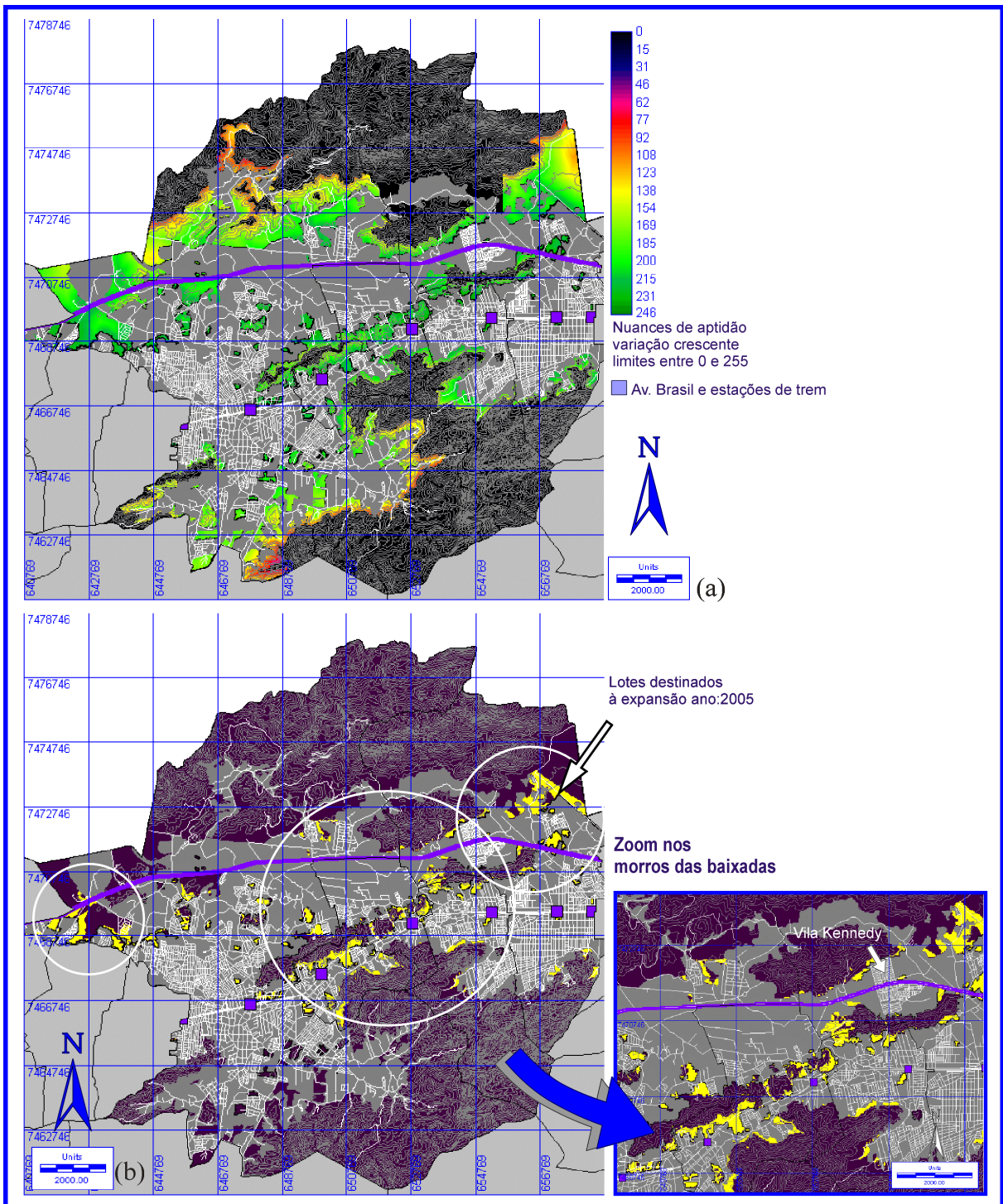


Figura 4.15 – Mapas ilustrativos do cenário amarelo A-1: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005.

b) Cenário amarelo A-2:

Neste cenário utiliza-se o mesmo critério de ponderação do cenário vermelho A-2. Em consequência disso não se alteram as nuances de aptidão no interior das áreas alocadas para expansão. Porém, novamente a alteração do conjunto de restrições utilizadas amplia a área apta total disponível fazendo com que seja necessário se avaliar as nuances de aptidão em áreas até então restritas.

As áreas mais aptas à expansão continuam entre a Avenida Brasil e a ferrovia (Figura 4.16a). Áreas ao norte desta avenida assim como áreas ao sul da linha férrea decrescem em aptidão na medida em que a distância em relação a elas aumenta. Este decréscimo de aptidão continua, aparentemente, semelhante em ambas as direções. As restrições do cenário vermelho A-2 impediam que as seguintes áreas muito aptas fossem ocupadas: áreas junto aos morros das baixadas, áreas junto ao pé do maciço da Pedra Branca e áreas sobre zonas tampão ao longo dos cursos d'água. As restrições do cenário vermelho A-2 também impediram que áreas muito pouco aptas fossem ocupadas junto aos pés dos dois maciços cristalinos, especialmente à extremo norte e à extremo sul.

Para o ano de 2005 tem-se 141 *clusters* alocados para expansão. Os valores de área destes *clusters* variam de 0,0625 a 65,07 hm<sup>2</sup>. A área média é de 4,89 hm<sup>2</sup> e o desvio padrão é de 10,78 hm<sup>2</sup>. A maior parte dos *clusters* possui áreas de até 4 hm<sup>2</sup>, onde 65 apresentam áreas de até 1 hm<sup>2</sup> e 23 *clusters* dentro desta última faixa têm dimensões de 0,0625 hm<sup>2</sup> (área mínima).

Em relação à localização das áreas destinadas a absorver o crescimento populacional previsto para o ano de 2005, pode se dizer que continua a preferência por ocupar os seguintes trechos: entre a ferrovia e a Avenida Brasil, junto aos morros das baixadas e em uma pequena porção à extremo oeste. Reduziram significativamente as áreas aptas junto ao pé do maciço da Pedra Branca e à nordeste da Vila Kennedy. Aumentaram em muito as áreas aptas junto aos morros das baixadas incluindo aquelas junto ao pé do morro situado à norte da Avenida Brasil. Houve também uma diminuição na fragmentação das áreas situadas nas zonas mais planas (Figura 4.16b).





### c) Cenário amarelo A-3

Neste cenário utiliza-se o mesmo critério de ponderação do cenário vermelho A-3. Em consequência disso não se alteram as nuances de aptidão no interior das áreas alocadas para expansão. Porém, novamente a alteração do conjunto de restrições utilizadas amplia a área apta total disponível fazendo com que seja necessário se avaliar as nuances de aptidão em áreas até então restritas.

As áreas mais aptas à expansão continuam junto à Avenida Brasil decrescendo em aptidão suavemente a medida em que dela se afastam (Figura 4.17a). Áreas ao sul da ferrovia aparecem aqui mais claramente desfavoráveis pois o alívio das restrições mostra maiores quantidades de área pouco aptas junto ao pé do maciço da Pedra Branca. As restrições do cenário vermelho A-3 também impediam que áreas aptas junto aos morros das baixadas (especialmente aquelas mais próximas da Avenida Brasil), junto ao pé do maciço da Pedra Branca e sobre zonas tampão ao longo dos cursos d'água fossem ocupadas. As mesmas restrições impediram também a ocupação de áreas muito pouco aptas junto ao pé do maciço de Gericinó.

Para o ano de 2005 tem-se 122 *clusters* alocados para expansão. Os valores de área destes *clusters* variam de 0,0625 a 114,84 hm<sup>2</sup>. A área média é de 5,70 hm<sup>2</sup> e o desvio padrão é de 14,77 hm<sup>2</sup>. A maior parte dos *clusters* possui áreas de até 5 hm<sup>2</sup>, onde 58 apresentam áreas de até 1 hm<sup>2</sup> e 16 *clusters* dentro desta última faixa tem dimensões de 0,0625 hm<sup>2</sup> (área mínima).

Em relação à localização das áreas destinadas a absorver o crescimento populacional previsto para o ano de 2005 (Figura 4.17b), pode se dizer que continua a preferência por ocuparem-se áreas junto à avenida Brasil. As mesmas áreas à extremo oeste são alocadas para expansão, porém o mesmo não ocorre com trechos à nordeste da Vila Kennedy. Há uma preferência por ocupar áreas menos distantes do principal eixo viário especialmente junto aos pés dos pequenos morros das baixadas. Observa-se ainda uma redução significativa de áreas aptas junto ao pé do maciço da Pedra Branca.

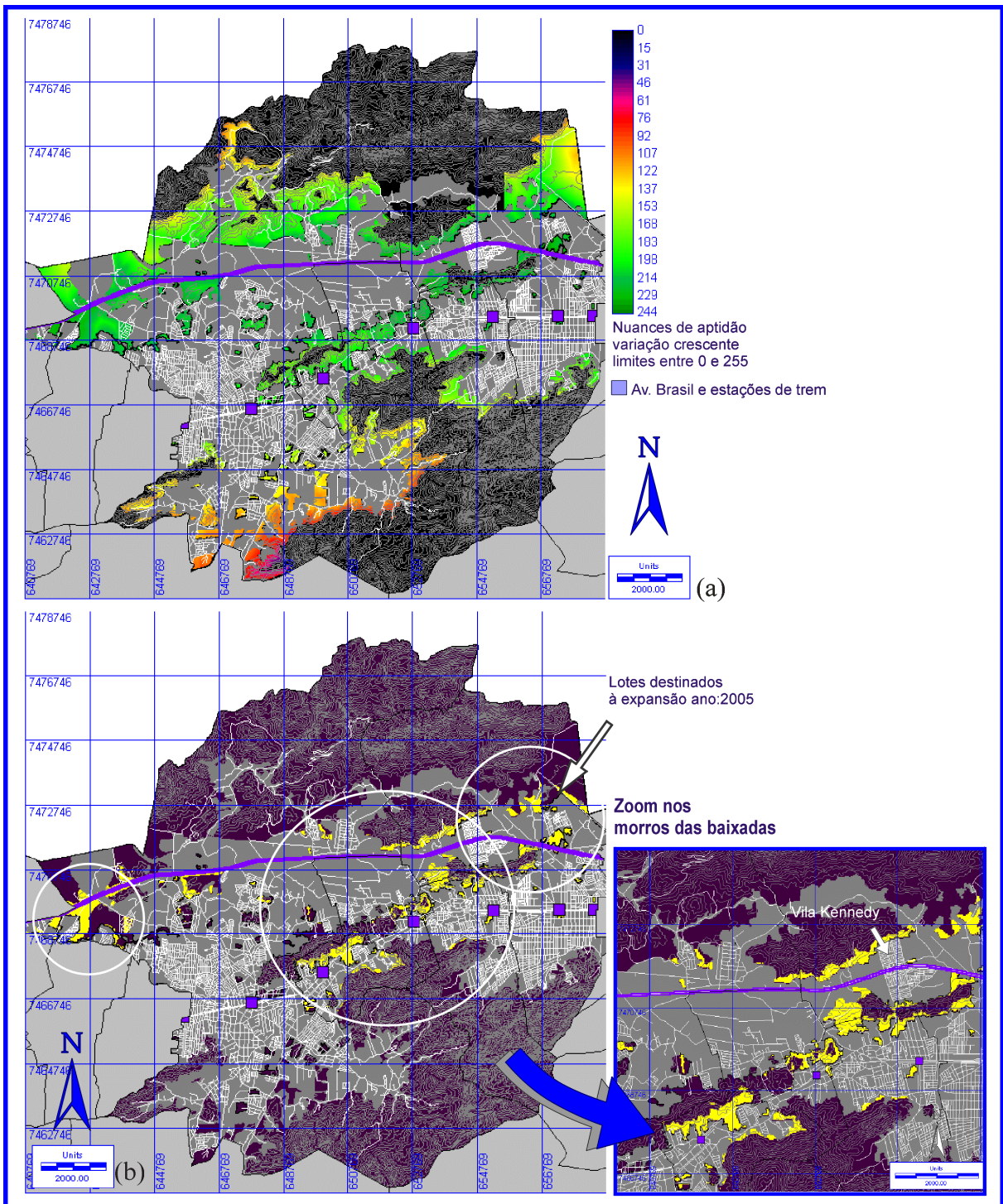


Figura 4.17 – Mapas ilustrativos do cenário amarelo A-3: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005.



#### d) Cenário amarelo A-4

Neste cenário inicia-se o teste quanto aos critérios de ponderação que se aproximam de uma proposta de planejamento baseada no “determinismo fisiográfico”. Para tanto, alteram-se apenas os pesos do fator declividade, mantendo-se os pesos dos demais fatores idênticos àqueles previstos pela legislação vigente, conforme o justificado no item 4.1.3.d. Os pesos na composição final, já apresentados na Figura 4.5, são:

- Distância em relação à área urbanizada – peso: 0,0566;
- Distância em relação às vias existentes – peso: 0,1085;
- Distância em relação à Avenida Brasil – peso: 0,3258;
- Distância em relação às estações de trem – peso: 0,2815;
- Declividades – peso: 0,2276.

Esses resultados mostram que o fator que mais influi na aptidão à ocupação é ainda a distância em relação à Avenida Brasil seguida da distância em relação às estações de trem. Os fatores de distância em relação às vias existentes e de distância em relação às áreas urbanizadas têm agora influência bastante menor se comparados ao fator declividade.

Comparando-se os pesos deste cenário com aqueles dos cenários A-2, observa-se:

- Diminuição de 12,8% na importância do fator distância em relação à área urbanizada;
- Diminuição de 31,4% na importância do fator de distância em relação às vias existentes;
- Diminuição de 11% na importância do fator de distância em relação à Avenida Brasil;
- Diminuição de 16,5% na importância do fator de distância em relação às estações de trem;
- Aumento de 208,9% na importância do fator declividade.

As áreas mais aptas à expansão continuam sendo aquelas situadas entre a Avenida Brasil e a ferrovia. Áreas ao norte da Avenida Brasil assim como áreas ao sul da ferrovia continuam decrescendo em aptidão à medida em que a distância em relação à elas aumenta.

O reflexo desta alteração nos pesos dos fatores na composição final, especialmente o grande aumento na importância do fator declividade, controla as nuances de aptidão à ocupação de áreas de encosta e de baixada. Os decréscimos de aptidão em direção aos topos dos morros são agora mais abruptos e a aptidão à ocupação de zonas de baixada aumentou significativamente, conforme verificado na Figura 4.18a.

Para o ano de 2005 tem-se 203 *clusters* alocados para expansão. Os valores de área destes *clusters* variam de 0,0625 a 70,69 hm<sup>2</sup>. A área média é de 3,41 hm<sup>2</sup> e o desvio padrão é de 8,82 hm<sup>2</sup>. A maior parte dos *clusters* possui áreas de até 6 hm<sup>2</sup>, onde 116 apresentam áreas de até 1 hm<sup>2</sup> e 36 *clusters* dentro desta última faixa têm dimensões de 0,0625 hm<sup>2</sup> (área mínima).

Em relação à localização das áreas destinadas a absorver o crescimento populacional previsto para o ano de 2005, pode se dizer que há uma preferência por ocupar terrenos mais planos (Figura 4.18b). Destacam-se aí *clusters* de área selecionados à extremo oeste, entre Avenida Brasil e a ferrovia, e à nordeste da Vila Kennedy. Há uma redução na aptidão à ocupação junto aos pés dos morros das baixadas especialmente naquele mais ao norte, embora ainda sejam expressivas as quantidades de área alocadas para expansão entre a Avenida Brasil e a linha férrea.

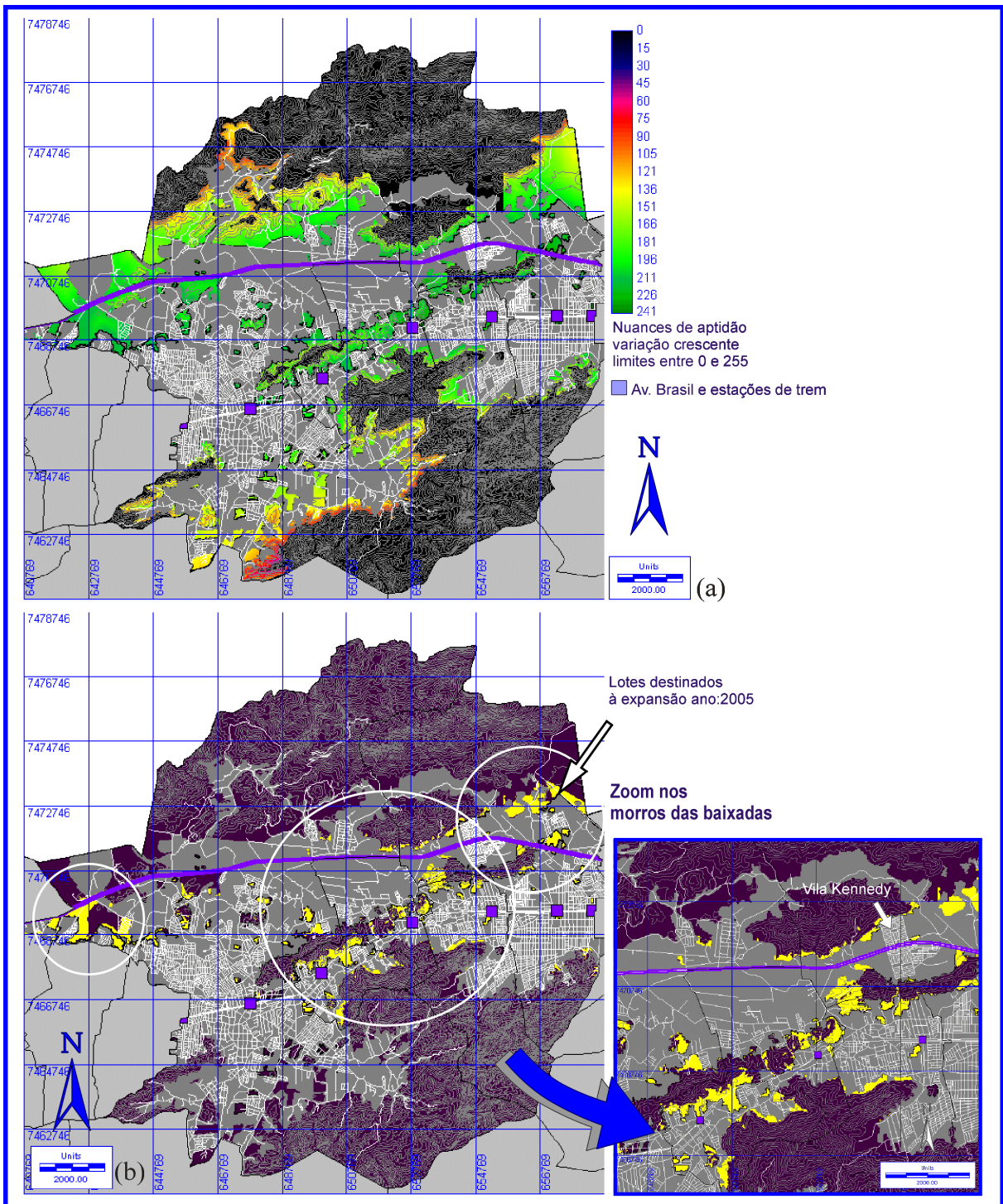


Figura 4.18 – Mapas ilustrativos do cenário amarelo A-4: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005.

e) Comparação entre os resultados obtidos para o ano de 2005 entre os grupos vermelho e amarelo A

Conforme o apresentado nas Figuras 4.12a e 4.12b e 4.19a e 4.19b vê-se uma redução de 10,9% do número de parcelas do cenário vermelho A-1 para o cenário amarelo A-1, uma redução de 36,2% do cenário vermelho A-2 para o cenário amarelo A-2 e uma redução de 40,8% do cenário vermelho A-3 para o cenário amarelo A-3. A área média dos *clusters* aumentou 12,8% do cenário vermelho A-1 para o cenário amarelo A-1, aumentou 57,2% do cenário vermelho A-2 para o cenário amarelo A-2 e aumentou 70,7% do cenário vermelho A-3 para o cenário amarelo A-3. O número de *clusters* com até 1hm<sup>2</sup> reduziu dos cenários vermelhos A para os cenários amarelos A. O número de *clusters* com área mínima manteve-se constante entre os cenário A-1 e reduziu entre os cenários vermelhos A-2 e 3 e amarelos A-2 e 3. O desvio padrão e os valores de área máxima aumentaram entre os cenários do grupo vermelho e os cenários do grupo amarelo.

De maneira geral pode-se dizer que na medida em que as restrições são aliviadas a fragmentação das áreas destinadas à expansão diminui. Na ocupação de encostas, as restrições que mais influem na fragmentação são aquelas que proíbem a ocupação de áreas acima da cota 50m e proíbem a ocupação de áreas com declividades superiores a 30%. Nas baixadas, a restrição que mais influi na fragmentação é aquela que proíbe a ocupação de áreas sobre as zonas tampão de preservação ao longo dos cursos d'água.

Observa-se também que quanto maior o peso do fator distância em relação à Avenida Brasil e menor o peso do fator declividade maior a quantidade de áreas de encosta ocupadas principalmente nos morros das baixadas. Nestas áreas, geralmente, os demais fatores são também bastante favoráveis. Elas estão próximas às estações de trem e cercadas por áreas urbanas em todas as direções, o que conseqüentemente também as faz próximas às vias existentes.

Conclui-se assim que, nos cenários vermelhos, as áreas aptas de encosta alocadas para expansão eram em menor quantidade devido ao conjunto de restrições impostas e não aos pesos atribuídos ao fator declividade. Na medida em que aliviam-se as restrições em relação a cota 50m e às declividades superiores a 30%, estas áreas tornam-se fortemente favoráveis à ocupação.



f) Comparação entre os resultados obtidos para o ano de 2005 no grupo amarelo A

Conforme o apresentado na Figura 4.19a e 4.19b, observa-se que quanto mais equitativa a distribuição dos pesos na matriz, maior a fragmentação das áreas aptas à expansão e conseqüentemente menor a área média dos *clusters*. Observa-se uma redução de 33,5% no número de *clusters* do cenário amarelo A-1 para o cenário amarelo A-2, uma redução de 13,5% no número de *clusters* do cenário amarelo A-2 para o cenário amarelo A-3 e uma redução de 42,5% do cenário amarelo A-1 para o cenário amarelo A-3. Em conseqüência disto, a área média dos *clusters* aumentou em 50% do cenário amarelo A-1 para o cenário amarelo A-2, em 16,6% do cenário amarelo A-2 para o cenário amarelo A-3 e em 74,9% do cenário amarelo A-1 para o cenário amarelo A-3. O número de *clusters* com até 1hm<sup>2</sup> e o número de *clusters* com área mínima também reduziram dos cenário amarelo A-1 para os cenários amarelo A-2 e A-3. O desvio padrão aumentou e a área máxima não apresentou variação padrão entre os cenários analisados. Os histogramas nos três casos também aproximam-se de uma curva decrescente (Figura 4.19c, 4.19d, 4.19e e 4.19f).

A Figura 4.19a e 4.19b também mostra que o cenário amarelo A-4 apresenta valores entre os cenários amarelo A-1 e amarelo A-2. O número de *clusters* de área diminuiu 4,3% em relação ao primeiro cenário citado e aumentou 44% em relação ao segundo cenário. Em conseqüência disto, a área média dos *clusters* aumentou 4,3% do cenário amarelo A-1 para o cenário amarelo A-4 e diminuiu 30,5% do cenário amarelo A-2 para o cenário amarelo A-4. Os valores de desvio padrão, de área máxima e o número de *clusters* com até 1 hm<sup>2</sup> no cenário amarelo A-4 também estão entre aqueles do cenário amarelo A-1 e A-2. O número de *clusters* com área mínima permanece igual àquele do cenário A-1.

Acredita-se que a maior fragmentação do cenário amarelo A-4, quando comparado ao cenário amarelo A-2, deve-se ao fato dos pesos na matriz serem mais equilibrados. O fato destes pesos não serem todos iguais faz com que este mesmo cenário seja menos fragmentado do que o amarelo A-1.

O peso de 0,2276 na composição final do fator declividade fez com que a área fosse fragmentada em um número maior de *clusters* principalmente junto às zonas de encosta, mas não isentou a ocupação de áreas consideradas críticas pela legislação. Existem ainda 4,43hm<sup>2</sup> de área com declividades superiores a 30% selecionadas como aptas à ocupação no ano de

2005. Mesmo que este valor seja inexpressivo em relação ao valor total de área necessária para acomodar o crescimento até o ano de 2005, ele não é nulo. Dúvidas surgem em relação a quantidade de áreas acima dos 30% alocada para expansão em um futuro mais distante.

A partir disto, conclui-se que simplesmente alterar o peso do fator declividade não é tão efetivo quanto impor restrições à ocupação em função da declividade. Áreas declivosas não são impedidas de serem ocupadas, apenas apresentam menor aptidão à ocupação, valor que pode ser compensado por condições mais favoráveis de outros fatores.

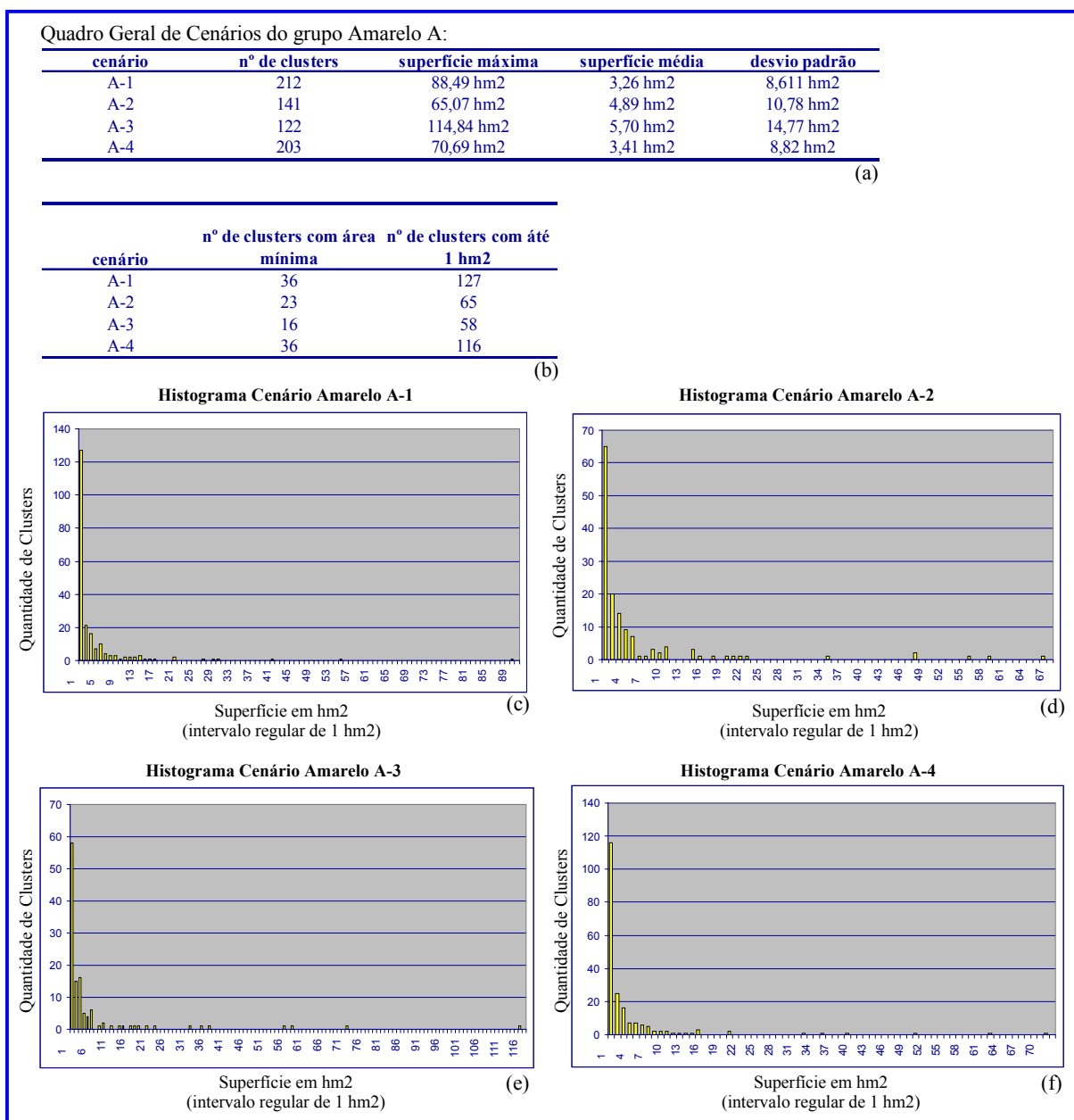


Figura 4.19 – Análise do parcelamento dos *clusters* de área destinada a expansão até o ano de 2005 - Grupo amarelo A.

### 4.2.3 – Organização e análise das hipóteses de simulação do grupo amarelo B

No terceiro grupo são mantidas constantes, em relação ao grupo anterior, as restrições, alterando-se apenas a matriz de comparação pareada. Procura-se com isto testar alterações no conjunto de fatores envolvidos antes de se partir para nova alteração no conjunto de restrições. Assim, a matriz A é substituída pela matriz B, ampliando-se o número de fatores considerados (acrescentam-se fatores de aptidão de usos do solo e de aptidão de tipos de solo). Como esta ampliação inclui fatores não contemplados pelos critérios de ponderação que seguem a legislação vigente (2) e a tendência observada (3), testam-se apenas os critérios de ponderação de calibração (1) e aqueles baseados na estratégia de planejamento do "determinismo fisiográfico" (4). A Figura 4.20 ilustra os elementos constantes e variáveis do terceiro grupo proposto.

Os resultados obtidos são analisados comparados aos cenários gerados no grupo amarelo A. Cada cenário do grupo amarelo B é comparado ao cenário do grupo amarelo A que possui o mesmo conjunto de critérios de ponderação. A descrição das comparações em relação a área total destinada à expansão abrange:

- (i) As diferenças entre os pesos totais apresentados pelos cenários amarelos B se comparados aos respectivos cenários amarelos A;
- (ii) Diferença básica de aptidão entre os dois cenários, decorrente da inserção de dois novos fatores à matriz.

A seguir, analisam-se individualmente os dois resultados obtidos para o ano de 2005 considerando os mesmos aspectos das análises realizadas para os casos anteriores.

Os demais resultados obtidos no grupo amarelo B para o ano de 2005 também são descritos comparados aos resultados do grupo amarelo A. Da mesma forma, cada cenário gerado no grupo amarelo B pode ser comparado ao correspondente cenário gerado no grupo amarelo A que possui o mesmo conjunto de critérios de ponderação. Esta comparação considera principalmente as conseqüências da alteração da matriz na localização das áreas destinadas à expansão para este ano específico.

Posteriormente, comparam-se os cenários do grupo amarelo B entre si e aos cenários do grupo amarelo A, de forma similar ao realizado anteriormente.



número de áreas com aptidão intermediária do que no cenário amarelo A-1, pois as compensações são maiores.

As áreas mais aptas à expansão continuam entre a Avenida Brasil e a ferrovia (Figura 4.21a). Áreas ao norte desta avenida assim como áreas ao sul da linha férrea decrescem em aptidão na medida em que a distância em relação à elas aumenta. Este decréscimo de aptidão é agora bem mais suave do que no cenário anterior, destacando-se por apresentar uma grande faixa com valores intermediários.

Para o ano de 2005 tem-se 194 *clusters* alocados para expansão. Os valores de área destes *clusters* variam de 0,0625 a 77,19 hm<sup>2</sup>. A área média é de 3,56 hm<sup>2</sup> e o desvio padrão é de 9,55 hm<sup>2</sup>. A maior parte dos *clusters* possui áreas de até 4 hm<sup>2</sup>, onde 128 apresentam áreas de até 1 hm<sup>2</sup> e 35 *clusters* dentro desta última faixa têm dimensões de 0,0625 hm<sup>2</sup> (área mínima).

Em relação à localização das áreas destinadas a absorver o crescimento populacional previsto para o ano de 2005 (Figura 4.21b), pode se dizer que continua a preferência por ocupar os seguintes trechos: entre a ferrovia e a Avenida Brasil, junto aos morros das baixadas; junto ao pé do maciço da Pedra Branca e à nordeste da Vila Kennedy.

Porém, algumas diferenças significativas podem ser percebidas entre o cenário amarelo A-1 e o cenário amarelo B-1. Áreas à extremo oeste passam a ser ocupadas junto da Avenida Brasil não mais somente entre esta e a linha férrea, pois são poupadas da ocupação zonas de solos inaptos. Observam-se mudanças na localização de *clusters* de área apta junto aos morros das baixadas e no interior da área urbana. Esta diferenças na alocação de áreas aptas devem-se ao fato de muitas zonas de solo exposto e mineração terem sido poupadas da ocupação.

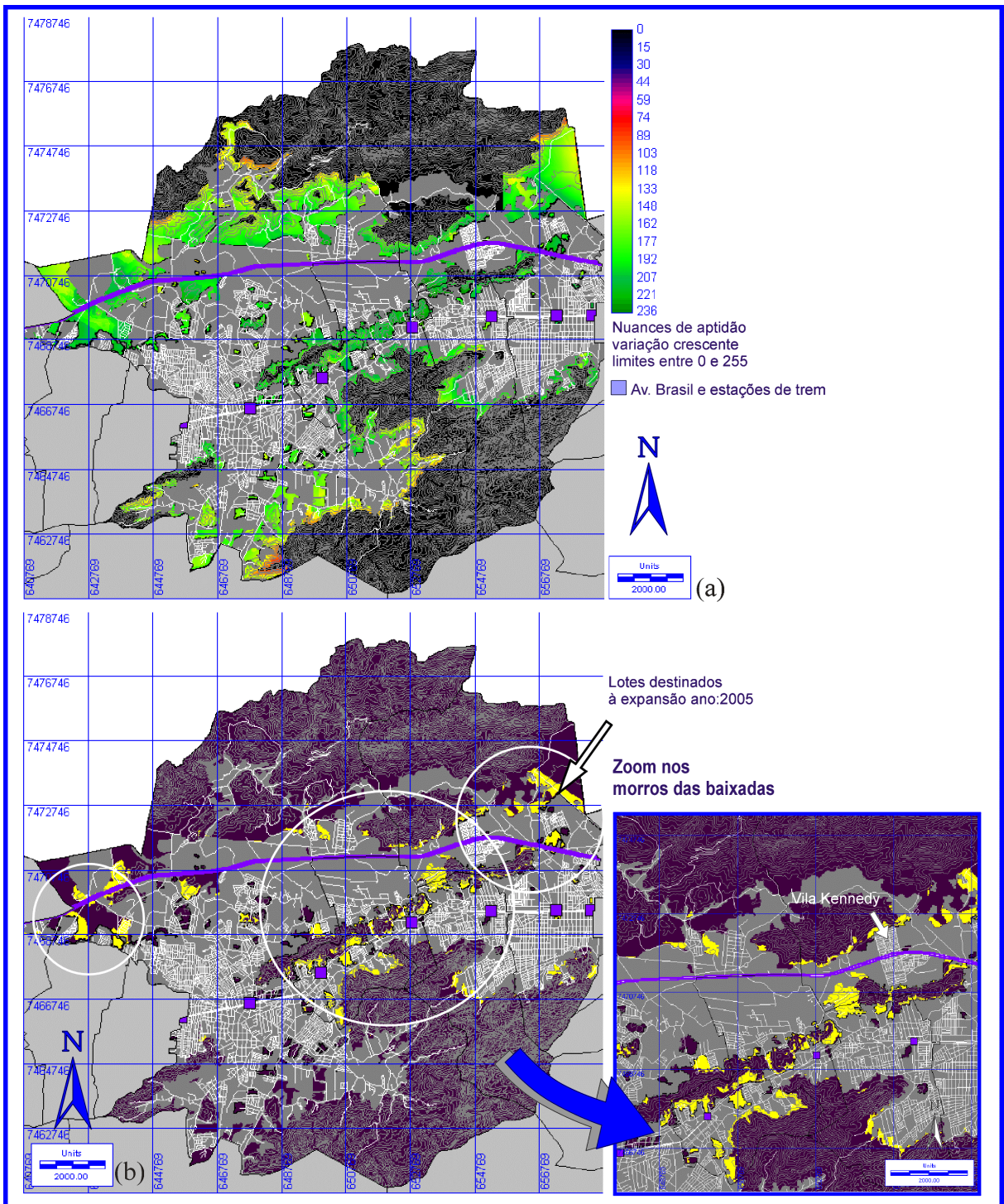


Figura 4.21 – Mapas ilustrativos do cenário amarelo B-1: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005.

## b) Cenário amarelo B-4

Neste cenário são testados critérios de ponderação que vão de acordo à estratégia de planejamento baseada no “determinismo fisiográfico” (4). Para tanto, mantêm-se na matriz de comparação pareada, os mesmos pesos utilizados na matriz A-4 acrescentando-se dois novos fatores, conforme o apresentado e justificado no item 4.1.3.d. Os pesos na composição final, já apresentados na Figura 4.5, são:

- Distância em relação à área urbanizada – peso: 0,0647;
- Distância em relação às vias existentes – peso: 0,1026;
- Distância em relação à Avenida Brasil – peso: 0,2994;
- Distância em relação às estações de trem – peso: 0,2719;
- Declividades – peso: 0,1986;
- Aptidão de solos à urbanização – peso: 0,0346;
- Aptidão de usos do solo à urbanização – peso: 0,0283.

Esses resultados mostram que o fator que mais influi na aptidão à ocupação é ainda a distância em relação à Avenida Brasil seguida da distância em relação às estações de trem. Os fatores de distância em relação às vias existentes e de distância em relação às áreas urbanizadas continuam com influência menor se comparados ao fator declividade. Os dois novos fatores incluídos na matriz recebem pesos ainda inferiores aqueles do fator de distância em relação às áreas urbanizadas. Comparando-se os pesos deste cenário com aqueles dos cenário A-4, observa-se:

- Aumento de 14,3% na importância do fator distância em relação à área urbanizada;
- Diminuição de 5,4% na importância do fator de distância em relação às vias existentes;
- Diminuição de 8,9% na importância do fator de distância em relação à Avenida Brasil;
- Diminuição de 3,4% na importância do fator de distância em relação às estações de trem;
- Diminuição de 12,7% na importância do fator declividade.

As áreas mais aptas à expansão continuam sendo aquelas situadas entre a Avenida Brasil e a ferrovia (Figura 4.22a). Áreas ao norte da Avenida Brasil assim como áreas ao sul da ferrovia continuam decrescendo em aptidão à medida em que a distância em relação à elas aumenta. Não aparecem diferenças significativas de aptidão entre os dois cenários. Observa-se apenas que áreas pouco aptas no cenário amarelo A-4 são sempre um pouco mais aptas no cenário amarelo B-4 e que áreas muito aptas no cenário amarelo A-4 são sempre um pouco



menos aptas no cenário amarelo B-4. Isto quer dizer que novamente há um aumento no número de áreas com aptidão intermediária.

Para o ano de 2005 tem-se 188 *clusters* alocados para expansão. Os valores de área destes *clusters* variam de 0,0625 a 83,93 hm<sup>2</sup>. A área média é de 3,67 hm<sup>2</sup> e o desvio padrão é de 9,53 hm<sup>2</sup>. A maior parte dos *clusters* possui áreas de até 5 hm<sup>2</sup>, onde 110 apresentam áreas de até 1 hm<sup>2</sup> e 42 *clusters* dentro desta última faixa têm dimensões de 0,0625 hm<sup>2</sup> (área mínima).

Em relação à localização das áreas destinadas a absorver o crescimento populacional previsto para o ano de 2005 (Figura 4.22b), pode se dizer que continua uma preferência por ocupar-se áreas entre a Avenida Brasil e a ferrovia, junto aos morros das baixadas e a extremo oeste, assim como no trecho a nordeste da Vila Kennedy. Porém, há uma redução na fragmentação dos *clusters* e pequenas mudanças na localização destes dentro dos trechos de área identificados como preferenciais. Estas mudanças ocorrem devido à inserção dos dois novos fatores na matriz que diminuem a aptidão à ocupação das áreas de solo exposto e mineração e das áreas que contêm solos considerados inaptos à urbanização.

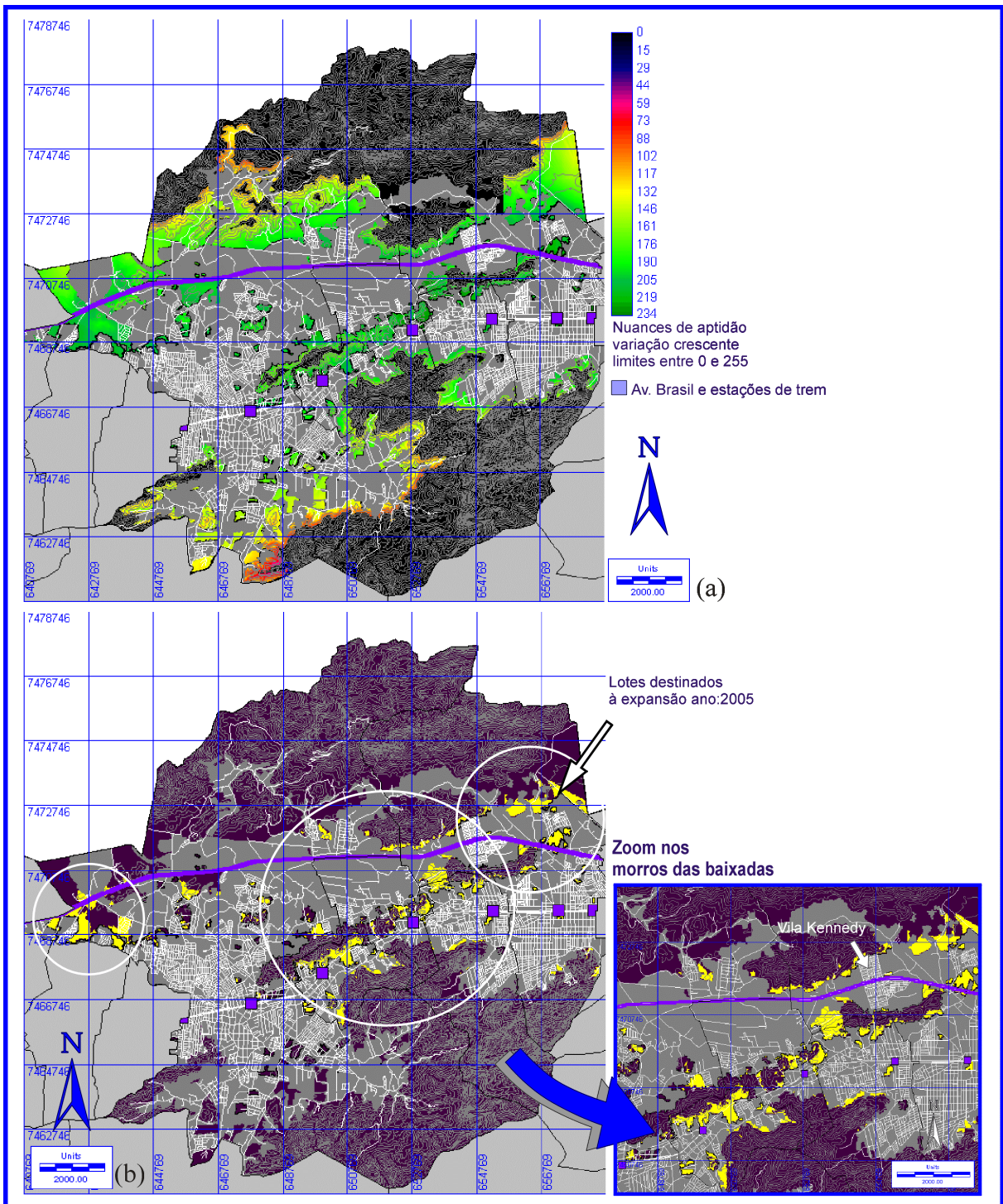


Figura 4.22 – Mapas ilustrativos do cenário amarelo B-4: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005.

c) Comparação entre os resultados obtidos para o ano de 2005 entre os grupos amarelo A e amarelo B

Comparando os cenários amarelos B-1 e B-4, observa-se, da Figura 4.23a e 4.23b, que houve uma redução de 3,1% no número de *clusters* do cenário amarelo B-1 para o cenário amarelo B-4 e um aumento de mesmas proporções nos valores de área média dos *clusters*. A área máxima aumentou e o número de *clusters* com área mínima também, o desvio padrão diminuiu muito pouco e o número de *clusters* com até 1hm<sup>2</sup> diminuiu bastante. Os histogramas nos dois casos aproximam-se de uma curva decrescente (Figuras 4.23c, 4.23d).

Conforme o apresentado nas Figuras 4.19 e 4.23, vê-se que o número de parcelas reduziu 8,5% do cenário amarelo A-1 para o cenário amarelo B-1 e reduziu 7,4% do cenário amarelo A-4 para o cenário amarelo B-4. A área média dos *clusters* aumentou de 9,2% do cenário amarelo A-1 para o cenário amarelo B-1 e aumentou de 7,6% do cenário amarelo A-4 para o cenário amarelo B-4. O desvio padrão também aumentou entre os cenários amarelos A e os cenários amarelos B. A área máxima, o número de *clusters* com área mínima e o número de *clusters* com até 1hm<sup>2</sup> de área não apresentaram padrão de variação entre os grupos amarelo A e amarelo B.

Incluir novos fatores na matriz fez com que a fragmentação das áreas aptas diminuísse em grandezas aproximadamente iguais. Observou-se também uma diminuição na quantidade de áreas consideradas aptas sobre trechos de solo exposto ou mineração. Esta diminuição foi de 99,6% entre os cenários A-1 e B-1 e de 40,8% entre os cenários A-4 e B-4. Situação análoga foi verificada para a ocupação de solos inaptos. Houve uma redução total na ocupação de solos inaptos entre os cenários amarelo A-1 e amarelo B-1 e uma redução de 30,2% na ocupação destes entre os cenários amarelo A-4 e amarelo B-4. A redução total na ocupação destas áreas acarretou em um aumento na ocupação de área sobre solos pouco aptos. Este aumento foi de 4,7% entre os cenários amarelo A-1 e amarelo B-1 e 2,3% entre os cenários amarelo A-4 e amarelo B-4. Tanto solos inaptos quanto aptos estão situados em zonas de baixada, preferidas para serem ocupadas, pelos altos pesos que recebem dos demais fatores, especialmente do fator declividade. Cálculos de redução e aumento de áreas de solo exposto e mineração, solos inaptos e pouco aptos foram feitos para os dois cenários amarelos B utilizando-se rotinas de tabulação cruzada, isolando as classes pertinentes, calculando a área de cada uma delas.

Observa-se claramente que no cenário onde o critério de ponderação é o de calibração (1) os dois novos fatores influem mais no resultado final, pois seus pesos são 4 a 5 vezes superiores àqueles do cenário com critérios de ponderação de acordo com a estratégia de planejamento do “determinismo fisiográfico” (4). Por outro lado, o cenário B-4 é menos fragmentado do que o B-1, por causa das maiores diferenças entre os pesos na matriz. Em B-4, os fatores menos favoráveis são mais facilmente compensados do que em B-1, fazendo com que a fragmentação das áreas aptas diminua.

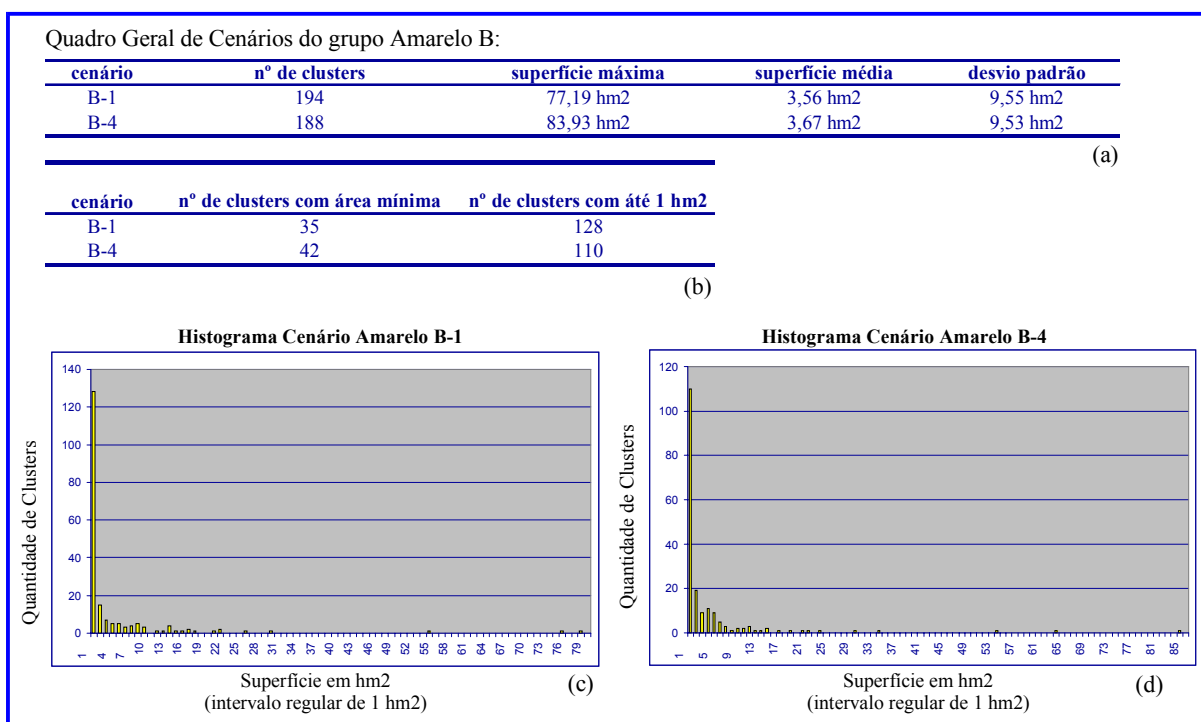


Figura 4.23 – Análise do parcelamento dos *clusters* de área destinada a expansão até o ano de 2005 - Grupo amarelo B.

#### 4.2.4 – Organização e análise das hipóteses de simulação do grupo verde B

No quarto grupo altera-se o conjunto de restrições testado no terceiro grupo. Testa-se um novo conjunto de restrições cuja diretriz segue a estratégia de planejamento baseada no "determinismo fisiográfico", conjunto verde (contendo a cota 100m, parques, florestas, declividades acima de 50%, zonas tampão de 70m ao longo dos cursos d'água, colúvios e áreas de solo exposto e mineração). Mantém-se constante a matriz B, ampliada, e os dois critérios de ponderação (1 e 4) testados no terceiro grupo. A Figura 4.24 ilustra os elementos que compõem o quarto e último grupo proposto.

Os resultados dos cenários deste grupo são descritos inicialmente comparados aos resultados obtidos no grupo amarelo B considerando-se toda a área disponível para expansão seguindo os mesmos aspectos das análises anteriores.

A seguir analisam-se os dois resultados obtidos comparados aos resultados do grupo amarelo B. Cada cenário gerado no grupo amarelo B pode ser comparado ao correspondente cenário gerado no grupo verde B que possui o mesmo conjunto de critérios de ponderação. A descrição desta comparação abrange fundamentalmente quais as diferenças entre as áreas mais aptas à expansão verificadas em cada cenário em consequência da alteração imposta ao conjunto de restrições.

Posteriormente, analisam-se os dois resultados obtidos para o ano de 2005 de forma análoga ao realizado nos grupos anteriores.

Os resultados obtidos no grupo verde B para o ano de 2005 também são descritos comparados aos resultados do grupo amarelo B. Da mesma forma, cada cenário gerado no grupo verde B pode ser comparado ao correspondente cenário gerado no grupo amarelo B que possui o mesmo conjunto de critérios de ponderação. Esta comparação considera principalmente quais as consequências das alterações do conjunto de restrições na localização das áreas destinadas à expansão para este ano específico.

Finalmente, comparam-se os cenários do grupo verde B entre si e aos cenários do grupo amarelo B para este mesmo ano, considerando os mesmos aspectos das análises anteriores.



com áreas de até 7 hm<sup>2</sup>, onde 420 apresentam áreas de até 1hm<sup>2</sup> e 123 *clusters* dentro desta última faixa de área têm dimensões iguais a 0,0625hm<sup>2</sup>.

As nuances de aptidão variam conforme o critério de ponderação utilizado. Pode-se dizer que a maioria das áreas destinadas à expansão continuam localizadas ao norte da Avenida Brasil. Porém, reduziram significativamente as quantidades de área disponível junto aos morros das baixadas e junto aos pés dos dois maciços cristalinos. Esta redução deve-se fundamentalmente à inserção da restrição à ocupação de áreas de colúvios, embora a restrição à ocupação de áreas com declividades superiores a 50% também contribua para esta redução. Observa-se ainda uma intensa fragmentação nas áreas mais planas devido à volta da restrição à ocupação das zonas tampão de preservação ao longo dos cursos d'água.

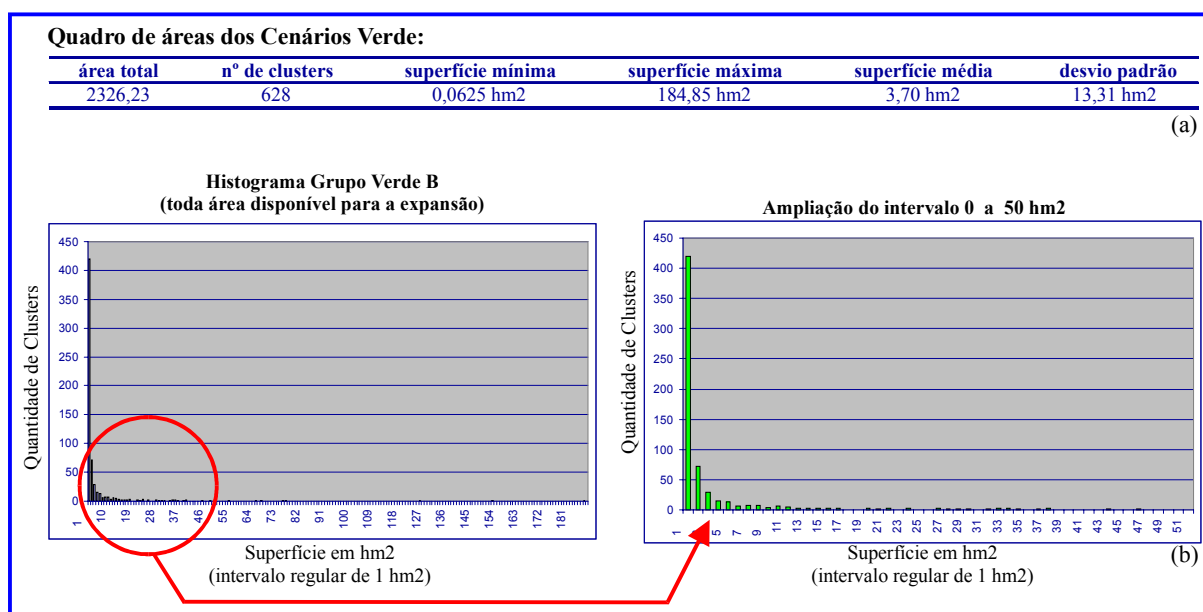


Figura 4.25 – Histograma e quadro de áreas de toda a área disponível para ocupação - Cenários verdes B.

#### a) Cenário verde B-1

Neste cenário utiliza-se o mesmo critério de ponderação do cenário amarelo B-1. Em consequência disto não se alteram as nuances de aptidão no interior das áreas alocadas para expansão. Porém, a alteração do conjunto de restrições utilizadas reduz consideravelmente a área apta total disponível, fazendo com que seja necessário se reavaliar as nuances de aptidão no interior das área restantes.



As áreas mais aptas à expansão continuam entre a Avenida Brasil e a ferrovia (Figura 4.26a). Áreas ao norte desta avenida assim como áreas ao sul da linha férrea decrescem em aptidão à medida em que a distância em relação à elas aumenta. Este decréscimo de aptidão continua, aparentemente, suave e semelhante em ambas as direções. Porém, as novas restrições impostas fazem com que áreas inaptas praticamente desapareçam, especialmente nos pés dos maciços cristalinos.

Observa-se também uma redução significativa em todas as áreas de encosta junto aos morros das baixadas. Áreas muito aptas aparecem junto aos pés destes morros e distribuídas em faixas no meio das encostas. Os trechos restritos referem-se às áreas de possíveis colúvios, em declividades entre 10° e 20° sob as quais é verificada a presença de materiais transportados. Acima das áreas aptas de meio de encosta, a ocupação é restringida pela cota 100m e pelas declividades superiores a 50%.

Áreas de baixada são retalhadas pelas restrições à ocupação sobre zonas tampão ao longo dos cursos d'água que, conforme já comentado no item 3.1.1, têm agora 70m de largura. Áreas de solo exposto e mineração restringem a ocupação no interior da área já urbanizada e também em partes dos morros das baixadas.

A restrição à ocupação de áreas de floresta praticamente não influi na redução de áreas aptas à expansão, uma vez que estas estão situadas, na maioria dos casos, acima da cota 100m (Figura 3.11a, capítulo anterior).

Para o ano de 2005 tem-se 308 *clusters* alocados para expansão. Os valores de área destes *clusters* variam de 0,0625 a 90,68 hm<sup>2</sup>. A área média é de 2,25 hm<sup>2</sup> e o desvio padrão é de 7,13 hm<sup>2</sup>. A maior parte dos *clusters* possui áreas de até 4 hm<sup>2</sup>, onde 220 apresentam áreas de até 1 hm<sup>2</sup> e 60 *clusters* dentro desta última faixa têm dimensões de 0,0625 hm<sup>2</sup> (área mínima).

Em relação à localização das áreas destinadas a absorver o crescimento populacional previsto para o ano de 2005 (Figura 4.26b), pode se dizer que continua a preferência por ocupar os seguintes trechos: entre a ferrovia e a Avenida Brasil, junto aos morros das baixadas; junto ao pé do maciço da Pedra Branca; à nordeste da Vila Kennedy e à extremo oeste, no entorno da Avenida Brasil. É importante ressaltar que as quantidades de área

selecionadas em zonas de baixada aumentaram se comparadas ao cenário amarelo B-1, assim como aquelas selecionadas junto aos morros das baixadas reduziram. É curioso notar que mesmo que as áreas aptas nos morros das baixadas tenham se reduzido em quantidade, destaca-se o fato de faixas no meio da encosta terem sido selecionadas como aptas à ocupação neste futuro tão próximo.

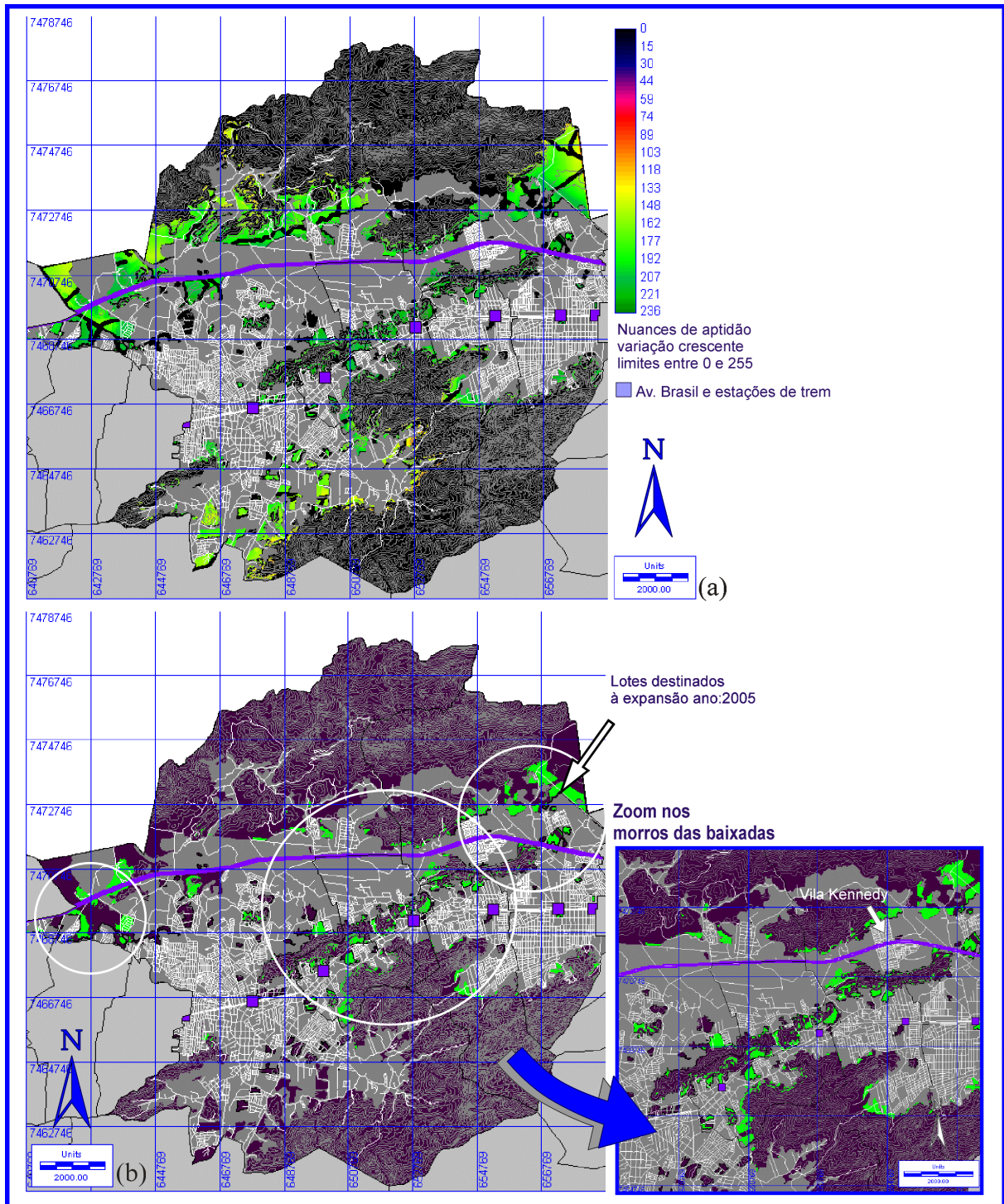


Figura 4.26 – Mapas ilustrativos do cenário verde B-1: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005.

## b) Cenário verde B-4

Neste cenário utiliza-se o mesmo critério de ponderação do cenário amarelo B-4. Em consequência disto não se alteram as nuances de aptidão no interior das áreas alocadas para expansão. Porém, a alteração do conjunto de restrições utilizadas reduz consideravelmente a área apta total disponível fazendo com que seja necessário se reavaliar as nuances de aptidão no interior das áreas restantes.

As áreas mais aptas à expansão continuam entre a Avenida Brasil e a ferrovia (Figura 4.27a). Áreas ao norte desta avenida, assim como áreas ao sul da linha férrea, decrescem em aptidão à medida em que a distância em relação a elas aumenta. Este decréscimo de aptidão continua, aparentemente, suave e semelhante em ambas as direções. Porém, as novas restrições impostas também fazem com que áreas inaptas sejam bastantes reduzidas, especialmente nos pés dos maciços cristalinos.

Da mesma forma que no caso anterior, observa-se uma redução significativa em todas as áreas de encosta junto aos morros das baixadas. Áreas muito aptas aparecem junto aos pés destes morros e distribuídas em faixas no meio das encostas. Os trechos restritos referem-se às áreas de possíveis colúvios, em declividades entre 10° e 20°, sob as quais é verificada a presença de materiais transportados. Acima das áreas aptas de meio de encosta quem restringe a ocupação é a cota 100m e as declividades superiores a 50%.

Áreas de baixada, também com boa aptidão à ocupação, são retalhadas pelas restrições à ocupação sobre zonas tampão ao longo dos cursos d'água. Áreas de solo exposto e mineração também restringem a ocupação no interior da área já urbanizada e também em partes dos morros das baixadas.

A restrição à ocupação de áreas de floresta praticamente não influi na redução de áreas aptas à expansão da mesma forma que o verificado no caso anterior.

Para o ano de 2005 tem-se 291 *clusters* alocados para expansão. Os valores de área destes *clusters* variam de 0,0625 a 57,45 hm<sup>2</sup>. A área média é de 2,37 hm<sup>2</sup> e o desvio padrão é de 6,17 hm<sup>2</sup>. A maior parte dos *clusters* possui áreas de até 4 hm<sup>2</sup>, onde 203 apresentam

áreas de até 1 hm<sup>2</sup> e 61 *clusters* dentro desta última faixa têm dimensões de 0,0625 hm<sup>2</sup> (área mínima).

Em relação à localização das áreas destinadas a absorver o crescimento populacional previsto para o ano de 2005 (Figura 4.27b), pode se dizer que continua a preferência por ocupar os seguintes trechos: entre a ferrovia e a Avenida Brasil, junto aos morros das baixadas; junto ao pé do maciço da Pedra Branca; à nordeste da Vila Kennedy e à extremo oeste, no entorno da Avenida Brasil. Assim como no caso anterior é importante ressaltar que as quantidades de área selecionadas em zonas de baixada aumentaram se comparadas ao cenário amarelo B-4, assim como aquelas selecionadas junto aos morros das baixadas reduziram. Novamente nota-se que mesmo que as áreas aptas nos morros das baixadas tenham reduzido em quantidade, destaca-se o fato de faixas no meio da encosta terem sido selecionadas como aptas à ocupação neste futuro tão próximo.



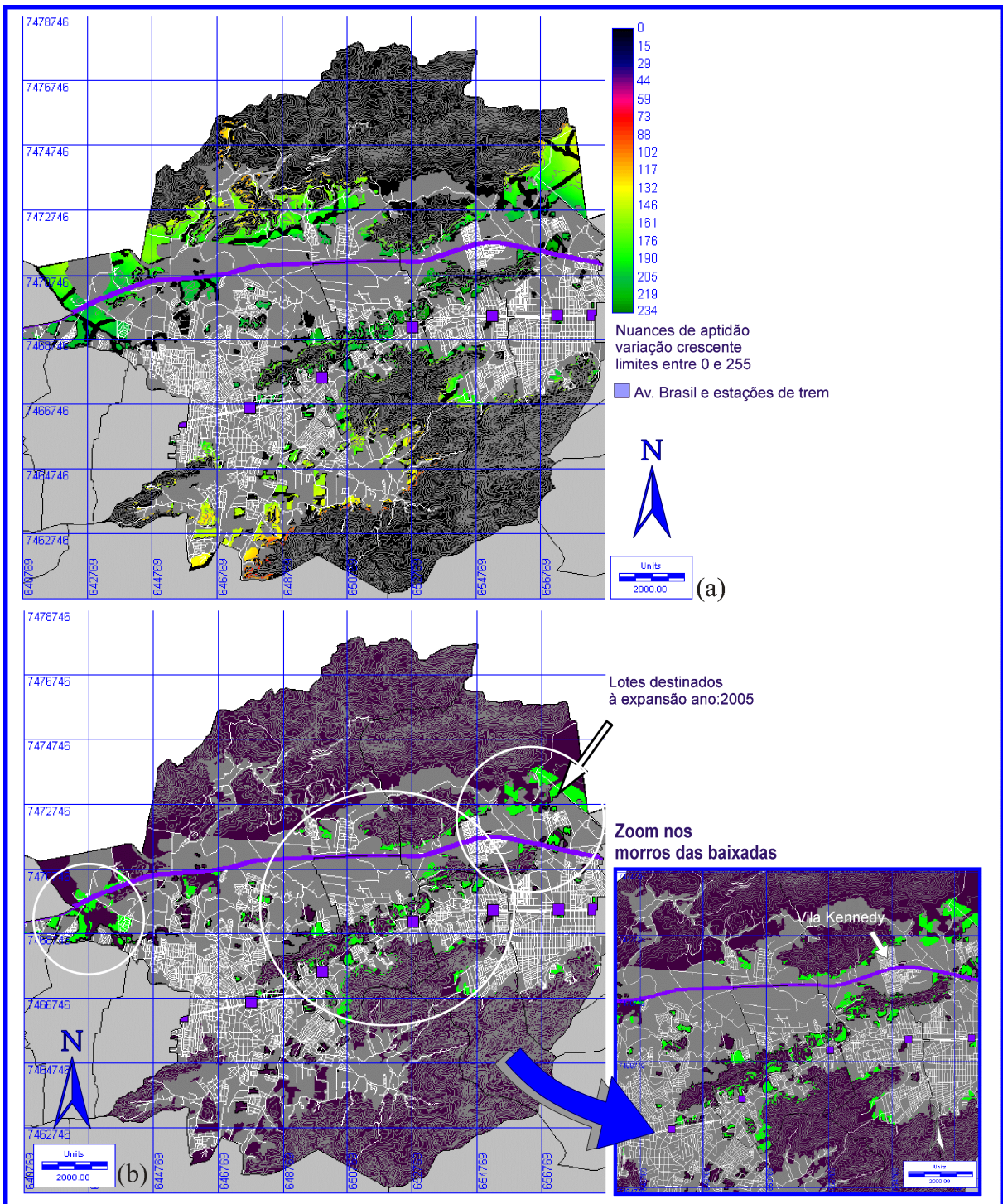


Figura 4.27 – Mapas ilustrativos do cenário verde B-4: (a) Aptidão de toda a área disponível para expansão; (b) Área prevista para ser ocupada no ano de 2005.

c) Comparações entre os resultados obtidos para o ano de 2005 entre os grupos amarelo B e verde B

Comparando-se os cenários verdes B-1 e B-4, observa-se da Figura 4.28a e 4.28b que houve uma redução de 5,5% no número de *clusters* do cenário verde B-1 para o cenário verde B-4 e um aumento de 5,3% nos valores de área média dos *clusters* do cenário B-1 para o cenário B-4. A área máxima, o desvio padrão e o número de *clusters* com até 1 hm<sup>2</sup> diminuíram. O número de *clusters* com área mínima aumentou em uma unidade. Os histogramas nos dois casos aproximam-se de uma curva decrescente (Figuras 4.28c e 4.28d).

Conforme o apresentado nas Figuras 4.23 e 4.28, vê-se que o número de parcelas aumentou 58,8% do cenário amarelo B-1 para o cenário verde B-1 e aumentou 54,8% do cenário amarelo B-4 para o cenário verde B-4. A área média dos *clusters* diminuiu 36,8% do cenário amarelo B-1 para o cenário verde B-1 e reduziu 35,4% do cenário amarelo B-4 para o cenário verde B-4. O desvio padrão também diminuiu entre os cenários amarelo B e os cenários verde B. O número de *clusters* com área mínima e o número de *clusters* com até 1hm<sup>2</sup> de área aumentaram entre os grupos amarelo B e os grupos verde B. A área máxima não apresenta um padrão de variação entre os grupos amarelo B e verde B.

Quanto as conseqüências da inclusão de cada uma das novas restrições pode-se dizer que:

- Áreas de solo exposto e mineração deixaram de ser ocupadas, pois passaram a ser restrições;
- Florestas não influíram na fragmentação das áreas alocadas para ocupação em 2005, pois elas apenas eliminam as áreas menos aptas, com certeza preferidas para o ocupação somente em um futuro mais distante;
- Colúvios influíram muito na fragmentação de áreas aptas nos morros das baixadas e no início do maciço da pedra Branca. A longo prazo influirão na ocupação de praticamente todas as encostas da área. Esta restrição faz com que áreas entre 10° e 20° de declividade sobre zonas contendo materiais transportados não possam ser ocupadas. Porém, não impedem a ocupação de áreas acima desses limites;
- A restrição à ocupação de áreas com declividades superiores a 50% influencia apenas nos limites de ocupação a montante das áreas de colúvio;
- Zonas tampão também influem na fragmentação das áreas, principalmente de baixada.

Em relação às conseqüências provocadas pelas alterações impostas no conjunto de restrições pode-se dizer que:

- Aumentou o número de áreas de baixada destinadas à ocupação apesar do solo ser desfavorável, pois diminuiu o número de áreas de encosta disponíveis em função da adição de uma série de novas restrições. Apesar dos solos das áreas de encosta serem mais aptos, a geomorfologia e as declividades impõem condições adversas que restringem a ocupação destas áreas;
- A inclusão de novas restrições aumenta em muito a fragmentação das áreas destinada à expansão. Esta fragmentação aumenta em grandezas aproximadamente iguais entre os cenários do grupo amarelo B e do grupo verde B.

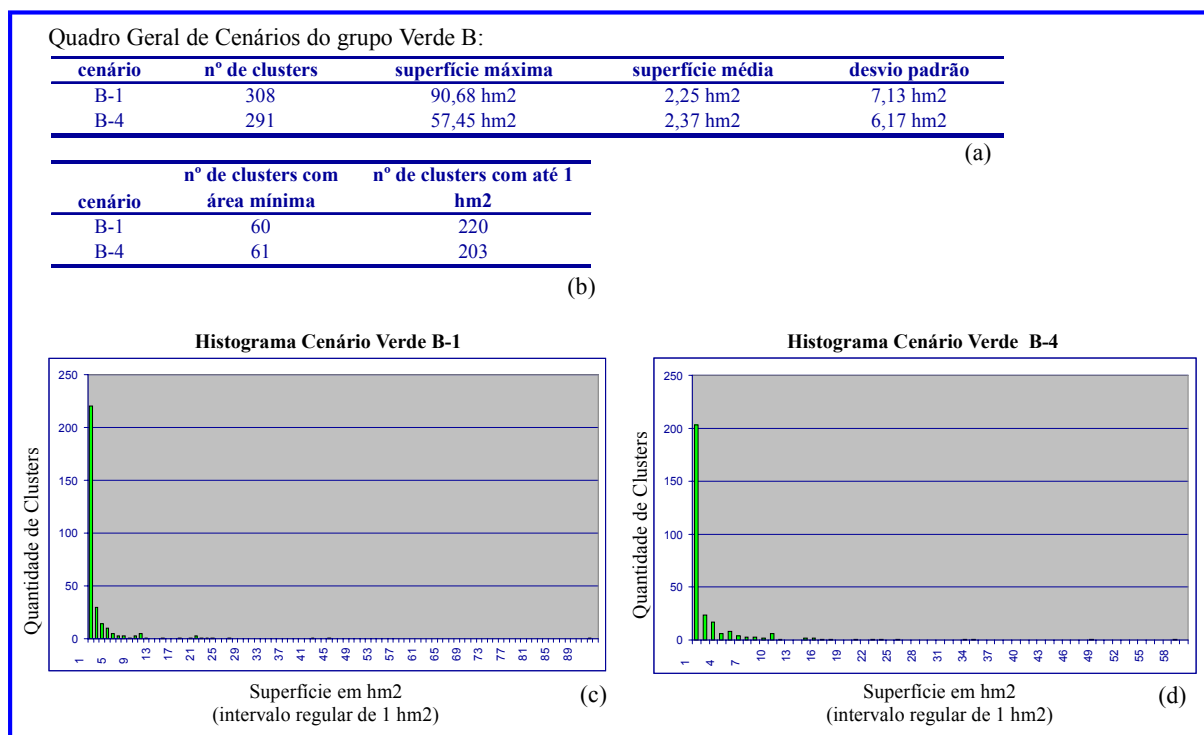


Figura 4.28 – Análise do parcelamento dos *clusters* de área destinada a expansão até o ano de 2005 - Grupo verde B.

#### 4.2.5 – Análise do conjunto de resultados obtidos

Os resultados obtidos mostram que existe uma discrepância muito grande entre a tendência observada e a legislação, e uma discrepância ainda maior entre a tendência observada e os critérios baseados na estratégia de planejamento do “determinismo



fisiográfico”. Esta diferença é marcante tanto na área total destinada a expansão quanto nos resultados obtidos para o ano de 2005.

Assim sendo, comparam-se as conseqüências das alterações dos conjuntos de restrições na área total disponível para expansão, observando os seguintes aspectos:

- (i) Alterações nos valores da área total disponível para expansão;
- (ii) Alterações na fragmentação das áreas destinadas à ocupação;
- (iii) Alterações na homogeneidade de fragmentação das áreas aptas.

A seguir, comparam-se as conseqüências da alteração do conjunto de restrições, fatores e critérios de ponderação na área destinada a absorver o crescimento previsto para o ano de 2005, considerando-se os seguintes aspectos:

- (i) Alterações na fragmentação das áreas destinadas a expansão e
- (ii) Alterações na homogeneidade de fragmentação destas áreas.

#### 4.2.5.1 – Conseqüências das alterações dos conjuntos de restrições na área total disponível para expansão

Analisando os três conjuntos testados observa-se que apenas duas das restrições são mantidas constantes: parques e áreas acima da cota 100m. Estas formam o conjunto amarelo, cuja área total disponível é extremamente grande se comparada às demais, conforme o apresentado na Figura 4.29a. Esta área é também pouco fragmentada, pois as restrições praticamente limitam-se a proibir a ocupação das áreas de topo de encosta, pouco interferindo na contiguidade das áreas aptas. A fragmentação é ilustrada na Figura 4.29b.

A pouca homogeneidade na fragmentação das áreas aptas, aplicando-se as restrições do conjunto amarelo, pode ser percebida nos valores de área média e desvio padrão apresentados respectivamente nas Figuras 4.29c e d. Estes valores são reflexo de uma grande quantidade de *clusters* com área mínima, dentro da área urbana, aptos à ocupação e de uma grande quantidade de áreas contíguas, externas a área urbanizada, também aptas à ocupação.

Entre os conjuntos vermelho e verde, o número de restrições varia pouco, mas o tipo de restrição é bastante diferente. A única restrição comum além dos parques e da cota 100m entre estes dois conjuntos são as áreas de floresta. Alteram-se os valores referentes às

restrições de declividades e aqueles referentes a largura das zonas de zonas tampão ao longo dos cursos d'água. A cota 50m deixa de ser um limite à ocupação e adicionam-se dois novos condicionantes: possíveis áreas de colúvios e áreas de solo exposto e mineração.

Em consequência disto, a área total disponível para expansão no conjunto verde passa a apresentar os menores valores se comparada às demais (Figuras 4.29a), além de ser a mais fragmentada (Figura 4.29b). Esta fragmentação deve-se principalmente à restrição à ocupação de áreas de possíveis colúvios, áreas de meio de encosta consideradas aptas nos outros cenários, e à restrição à ocupação de áreas com declividades acima de 50%. Ambas restrições dividem as encostas em faixas de aptidão, fragmentando acentuadamente a área disponível. Em consequência disto, reduzem-se as superfícies médias dos *clusters* e a fragmentação torna-se mais homogênea, conforme ilustram as Figuras 4.29c e d.

Em resumo, os resultados obtidos das alterações no conjunto de restrições permitem que se conclua que:

- Todas as restrições impostas influem na ocupação de áreas de encosta fragmentando e homogeneizando mais ou menos as áreas aptas disponíveis;
- A maioria das restrições impostas limitam a ocupação dos topos dos morros, protegendo o patrimônio ambiental, mas não evitando a ocupação de áreas de risco;
- A principal restrição responsável pelo aumento da fragmentação das áreas aptas e, ao mesmo tempo, pela homogeneidade desta fragmentação, se combinada às demais restrições, corresponde às áreas de possíveis colúvios.

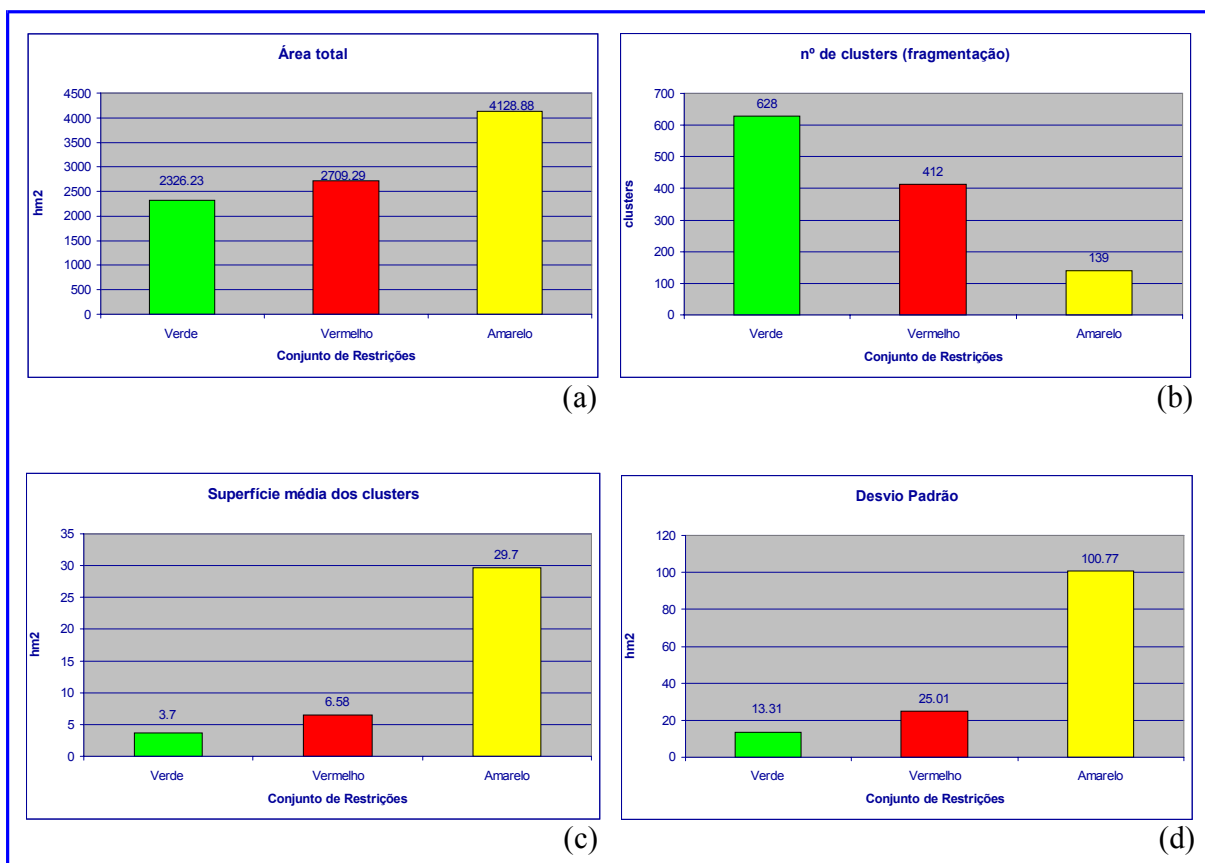


Figura 4.29 – Comparação dos resultados obtidos dos três grupos de restrições testadas considerando toda a área disponível para expansão: (a) Área total; (b) Número de *clusters*; (c) Superfície média dos *clusters*; (d) Desvio padrão em relação à superfície média dos *clusters*.

#### 4.2.5.2 – Conseqüências das alterações dos conjuntos de restrições, fatores e critérios de ponderação na área destinada a absorver o crescimento previsto para o ano de 2005

As áreas selecionadas para absorver o crescimento populacional previsto para o ano de 2005 distribuem-se preferencialmente em três locais:

- Entre a Avenida Brasil e a ferrovia, junto aos morros das baixadas e no pé do maciço da Pedra Branca;
- À extremo oeste, junto da Avenida Brasil;
- À nordeste da Vila Kennedy.

As diferenças de posição geográfica nas áreas aptas alocadas para expansão são significativas à medida em que aumentam ou diminuem as quantidades de áreas de encosta selecionadas.

Na matriz A, quando os critérios de ponderação utilizados são os de calibração, a fragmentação das áreas aptas é sempre acentuada. Isto ocorre porque este critério faz com que praticamente todos os vazios urbanos sejam ocupados, pois são áreas extremamente favoráveis uma vez que estão próximas à Avenida Brasil, à ferrovia, às vias existentes e à área urbanizada. Os resultados são ilustrados nas Figura 4.30a.

Quando nesta mesma matriz são utilizados critérios de ponderação previstos na legislação, áreas entre a Avenida Brasil e a ferrovia são privilegiadas. Como estas áreas apresentam contiguidade maior, a fragmentação diminui (Figura 4.30a).

Na matriz A, a utilização de critérios de ponderação que seguem a tendência observada, privilegia a ocupação de áreas junto da Avenida Brasil. Como as áreas junto a esta avenida apresentam ainda maior contiguidade, se comparadas àquelas entre este eixo de conexão e a ferrovia, o número de *clusters* diminui drasticamente, conforme pode ser visto na Figura 4.30a.

Testando-se critérios de ponderação com maior preocupação ambiental na matriz A, observa-se que a fragmentação das áreas aptas não é tão grande quanto aquela resultante do uso dos critérios de ponderação de calibração. E nem tão pequena quanto aquela resultante do uso dos critérios de ponderação que seguem a legislação. Isso ocorre porque apesar de ainda privilegiarem-se áreas entre a Avenida Brasil e a ferrovia, diminui-se a aptidão à ocupação de áreas íngremes. O aumento no peso do fator declividade é o responsável por este efeito.

A inserção de dois novos fatores na matriz reforça a ocupação de áreas de encosta. Estas apresentam boa aptidão em relação aos tipos de solo e boa aptidão em relação aos usos do solo encontrados, quase todos de campo antrópico.

Os critérios de ponderação que seguem a estratégia de planejamento baseada no “determinismo fisiográfico” apresentam resultados menos fragmentados se comparados aos critérios de calibração. Estes resultados são ilustrados na Figura 4.30b. Novamente são privilegiadas áreas entre a Avenida Brasil e a ferrovia onde há uma contiguidade maior entre as áreas aptas.

A fragmentação de áreas aptas destinadas à absorver o crescimento previsto para o ano de 2005 é também extremamente influenciada pelo conjunto de restrições utilizado, pois existe um grande número de áreas de encosta aptas à expansão.

O cenário mais influenciado pelo aumento das restrições é aquele cujos critérios de ponderação seguem a tendência observada. Este critério seleciona grandes quantidades de área apta junto aos pés dos morros e junto à Avenida Brasil cuja contiguidade diminui em 68,9% com a aplicação dos condicionantes impostos pela legislação.

A inserção do conjunto de restrições verde influencia significativamente os resultados, principalmente onde o critério de ponderação utilizado é o de calibração. A fragmentação aumenta em 58,8% do cenário amarelo B1 para o cenário verde B1 e 54,8% do cenário amarelo B4 para o cenário verde B4, pois em B1 existe uma maior quantidade de áreas aptas nas encostas. (Figura 4.30b)

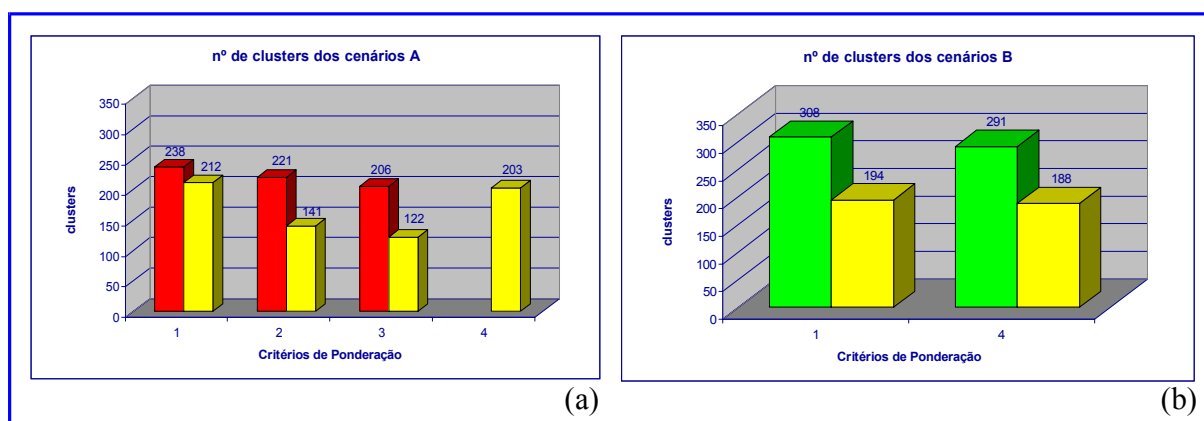


Figura 4.30 – Fragmentação das áreas aptas destinadas a absorver o crescimento populacional previsto para o ano de 2005: (a) Número de *clusters* dos cenários A; (b) Número de *clusters* dos cenários B.

A homogeneidade de áreas aptas tende a seguir a mesma tendência apresentada pela fragmentação. Critérios de ponderação de calibração tendem a ser os mais homogêneos e aqueles que seguem a tendência observada tendem a ser os menos homogêneos, conforme é apresentado nas Figuras 4.31a e c. Critérios de ponderação que seguem a legislação situam-se entre estes dois e aqueles que seguem a estratégia de planejamento baseada no “determinismo fisiográfico” situam-se entre os critérios de calibração e entre aqueles que reproduzem a legislação.

Na matriz B verifica-se o contrário. A homogeneidade cresce à medida em que a fragmentação se reduz. Os valores de área média aumentam dos cenários 1 para os cenários 4, mas os valores de desvio padrão se reduzem. Estes resultados são ilustrados nas Figuras 4.31b e d.

A partir disto pode-se concluir que :

- Privilegiar a ocupação entre a Avenida Brasil e a ferrovia é privilegiar a ocupação de áreas de encosta, pois existem poucas áreas planas disponíveis entre estes dois eixos;
- Inserir dois novos fatores na matriz faz com que a tendência de ocupar áreas de encosta aumente, pois os tipos de solo e os usos do solo a favorecem;
- Controlar o peso do fator declividade é de extrema importância, pois é este fator quem determina o balanço entre o número de áreas planas e declivosas destinados à ocupação, quando os demais fatores são todos favoráveis.

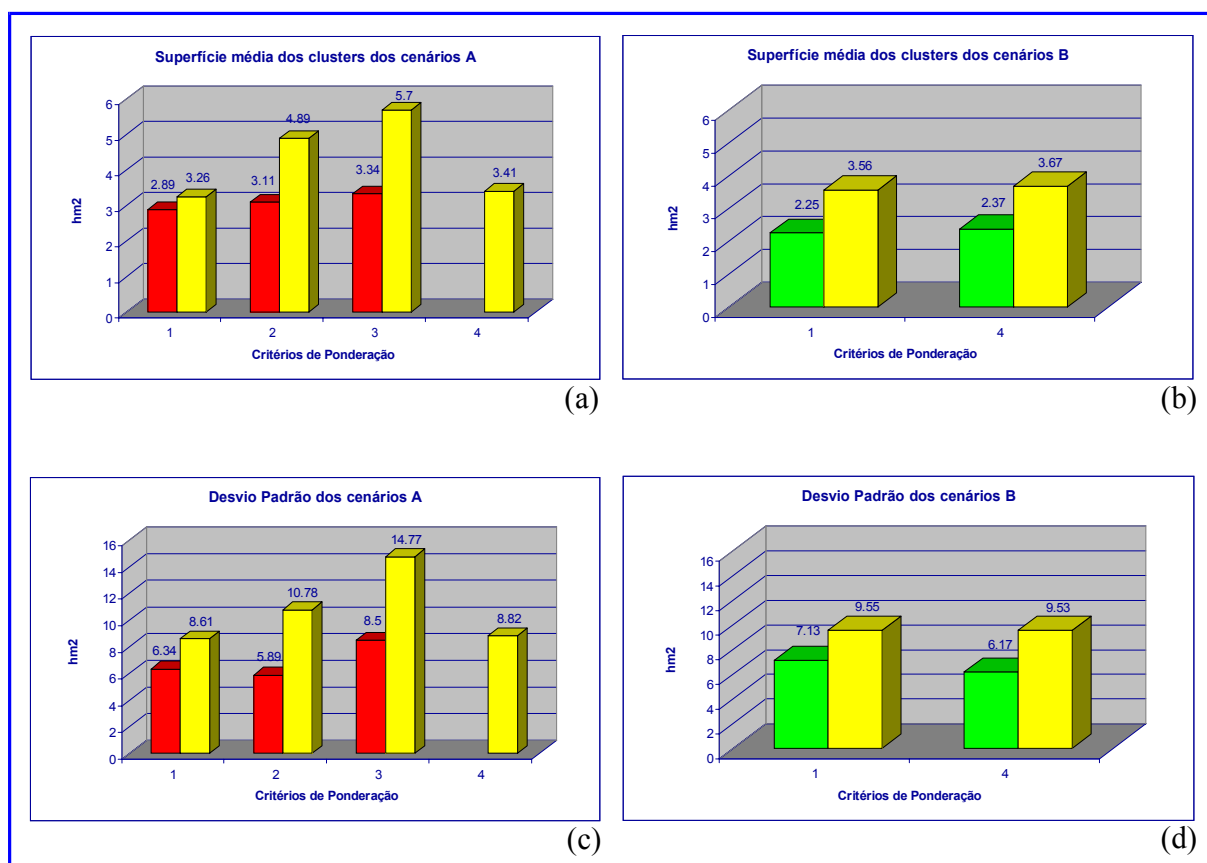


Figura 4.31 – Avaliação da homogeneidade na fragmentação das áreas aptas destinadas a absorver o crescimento populacional previsto para o ano de 2005: (a) Superfície média dos *clusters* dos cenários A; (b) Superfície média dos *clusters* dos cenários B; (c) Desvio padrão em relação à superfície média dos *clusters* dos cenários A; (d) Desvio padrão em relação à superfície média dos *clusters* dos cenários B. [Próximo capítulo](#) [Voltar para sumário](#)

## 5 – CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

### 5.1 CONCLUSÕES GENÉRICAS

A premissa básica que orientou este trabalho foi a de contribuir, com um instrumento mais dinâmico, para o planejamento urbano de áreas virgens de encosta, em direção às quais vetores de crescimento tenham sido identificados. Como já apontado no item objetivos pretendidos, a metodologia proposta não é um plano de ocupação; é um método para identificação de aptidão intrínseca ao uso do solo urbano residencial.

O método procura combinar um conjunto de fatores e restrições testando uma série de hipóteses. A avaliação destas hipóteses considera sempre a área total disponível para expansão e o montante de área destinada a absorver a parcela do crescimento regional num futuro próximo. São avaliadas sempre a posição geográfica, a fragmentação e a homogeneidade de fragmentação das áreas consideradas aptas.

Os resultados mostram que quanto maior o número de condicionantes ambientais no modelo, menor a área total disponível à ocupação e maior a fragmentação e homogeneidade de fragmentação das áreas consideradas aptas, tanto num futuro próximo (2005) quanto na ocupação de toda a área. A fragmentação homogênea é um bom resultado se as áreas alocadas para expansão estiverem dentro ou próximas da área urbana, como foi o encontrado para o estudo de caso escolhido, pois:

- Não existe necessidade de serem realizadas grandes obras de expansão de infra-estrutura;
- Áreas inaptas devem ser tratadas como áreas de proteção permanente, podendo ter um uso público, de lazer, ajudando a justificar sua preservação. A fragmentação destas áreas dá oportunidade de criação e preservação de espaços verdes homogêneos na escala de desenvolvimento da malha urbana;
- O crescimento regional pode ser acomodado sem que a densidade populacional aumente, pois, neste estudo de caso, baixas densidades vão de acordo com o tipo de investimento imobiliário realizado no local e com a inexistência de uma política pública habitacional.

O método desenvolvido no presente trabalho consiste na determinação da aptidão intrínseca para ocupação urbana através da identificação de um conjunto de restrições à ocupação, dados não valoráveis, que limitam o crescimento total, protegendo áreas inaptas e/ou o de risco. Consiste também na identificação de um conjunto de fatores e critérios de



ponderação, dados valoráveis cujas características se compensam em maior ou menor grau, para direcionar o crescimento urbano, especialmente a curto prazo no interior das áreas aptas.

Dos resultados obtidos, observa-se que para ocupar áreas de encosta dois tipos de restrições são importantes:

- Restrições para garantir a proteção dos mananciais e do patrimônio ambiental;
- Restrições para evitar a ocupação de áreas de risco.

No primeiro caso, determina-se uma zona limite sobre a qual o crescimento não pode avançar. No segundo caso, são mapeados os pontos de geomorfologia críticos, geralmente situados no meio das encostas. Estes, para serem ocupados, necessitam de grandes obras de estabilização, muitas vezes fora do alcance financeiro das populações envolvidas.

Os resultados deste trabalho indicam ainda que não basta apenas limitar a área de crescimento. São também necessárias normas para coordenar a ocupação urbana dentro da área total considerada apta. As áreas mais favoráveis são geralmente aquelas que apresentam maior proximidade aos principais eixos viários, à rede de infra-estrutura e à área urbana (nem sempre estes fatores estão justapostos). Porém, a metodologia mostrou que a declividade é fator muito importante em se tratando da ocupação de encostas urbanas. Quando os demais fatores são todos favoráveis, é a declividade que determina o balanço entre o número de áreas planas e declivosas destinadas à ocupação mais imediata.

Finalmente, conclui-se ressaltando que o objetivo deste trabalho não é tolher o conjunto de alternativas de crescimento que possam vir a ser propostas. Procura-se apenas contextualizar a aptidão à ocupação urbana residencial sob o ponto de vista das populações envolvidas e sua realidade sócio-econômica e sob o ponto de vista das particularidades naturais que cada sítio estudado apresenta. Acredita-se que com este subsídio, planejadores possam vir a propor diretrizes de ocupação mais integradas ao meio ambiente, que possibilitem que cada novo espaço urbano construído tenha identidade própria, construída a partir de um “*Design with Nature*”.

## 5.2 CONCLUSÕES ESPECÍFICAS

A partir dos resultados obtidos pode-se, também, apontar algumas conclusões específicas relativas à aplicação da metodologia proposta. Estas conclusões referem-se:

- (i) Aos dados disponíveis sobre a área de estudo;
- (ii) Às políticas públicas para a área de estudo;
- (iii) Ao Sistema de Informação Geográfica como ferramenta para a aplicação do método;
- (iv) Aos resultados obtidos.

### (i) Dados disponíveis sobre a área de estudo

Existe uma desproporção no levantamento de informações sobre a área de estudo. Temas como relevo e usos do solo, especificamente usos do solo urbano apresentam maior número de documentação levantada se comparados à temas como solos, hidrologia e vegetação. Nestes dois últimos temas, as informações são praticamente inexistentes. Isto dificulta em muito o planejamento ambiental, pois não se tem uma série de informações sobre o patrimônio natural da região.

Ainda que exista um maior número de informações sobre o meio urbano, estas não são suficientes para permitir a avaliação de: condições de infra-estrutura instalada, áreas aptas ou inaptas a densificação, áreas aptas ou inaptas ao uso comercial, industrial, institucional, de lazer, entre outros.

Dados sócio-econômicos estão de acordo com os padrões dos levantamentos nacionais e são úteis em maior ou menor grau, dependendo do número de informações sobre o meio urbano.

Dados sócio-econômicos direcionam a avaliação das áreas aptas em virtude da necessidade de obras especiais para reforço e/ou aproveitamento da encosta para urbanização. O tipo de população e família mostram o tipo genérico de habitação e por conseqüência indicam os possíveis carregamentos a serem transmitidos ao solo das encostas, o que também auxilia na avaliação da aptidão à ocupação da região estudada.

## (ii) Políticas públicas para a área de estudo

As políticas públicas são um conjunto de instrumentos reguladores, na maioria das vezes, inespecíficos e desatualizados. Definem em geral restrições à ocupação quando enfocam aspectos ambientais, restrições que deixam de existir mediante a deliberação de autoridades competentes. Quando referem-se ao desenvolvimento urbano, muitas vezes superpõem-se de forma pouco clara e confusa, dificultando extremamente sua aplicação.

A legislação poderia descrever quais são as áreas com características de risco típicas, restringindo ou permitindo e direcionando a sua ocupação. Isto é, casos típicos de risco poderiam perfeitamente ser considerados na lei e ter diretrizes de ocupação definidas. Estudos geotécnicos específicos deveriam ser requeridos apenas em casos onde as situações de risco fossem não usuais para que, se permitida, a ocupação fosse feita com segurança.

## (iii) Sistema de Informação Geográfica como ferramenta para a aplicação do método

O Sistema de Informação Geográfica mostra-se adequado ao objetivo proposto, uma vez que ele possui recursos para contornar problemas decorrentes da escassez de dados existentes sobre o local. Estes recursos vão desde ferramentas que permitem derivar novos dados a partir daqueles disponíveis até ferramentas de digitalização.

Tais ferramentas possibilitaram que fossem contornados uma série de problemas relativos à escassez de dados existentes, tanto processando informações ainda inexistentes em meio digital, quanto derivando novas informações a partir daquelas existentes, espaciais e passíveis de serem espacializadas, como por exemplo potenciais áreas de risco, que puderam ser mapeadas combinando-se dados espaciais e pesquisas bibliográficas adicionais.

O Sistema de Informação Geográfica também possibilitou que fossem testadas diferentes diretrizes de expansão urbana de maneira interativa, utilizando-se o método de avaliação por critérios múltiplos. Isto permitiu que as três diretrizes, de acordo com a tendência observada, de acordo com a estratégia de planejamento baseada no “determinismo fisiográfico” e de acordo com a legislação vigente, fossem confrontadas, tanto a nível do conjunto de restrições impostas quanto a nível da coordenação da ocupação no interior da área apta, avaliando-se:

- a distância entre a legislação e a diretriz ótima (estratégia de planejamento baseada no “determinismo fisiográfico”);
- a distância entre a tendência observada e a diretriz ótima;
- a distância entre a tendência observada e a legislação.

(iv) Resultados obtidos

A análise dos resultados obtidos através da metodologia proposta permitiu observar que:

- Existe uma discrepância entre a tendência observada e a legislação que indica a ineficácia dos atuais instrumentos reguladores;
- Existe uma enorme diferença entre a estratégia de planejamento baseada no “determinismo fisiográfico” e a tendência observada que indica uma tendência predatória de ocupação;
- A legislação está ainda distante da diretriz ótima (estratégia de planejamento baseada no “determinismo fisiográfico”), pois não contempla uma série de fatores específicos do local.

Além disto, percebe-se que:

- Qualquer que seja a diretriz de planejamento, existe no estudo de caso uma forte tendência a ocupar áreas de encosta entre a Avenida Brasil e a ferrovia;
- Áreas de possíveis colúvios são determinantes na fragmentação e homogeneidade de fragmentação das áreas aptas de encosta;
- Os tipos de solo encontrados na região favorecem a ocupação de áreas de encosta e não de áreas de baixada.

Assim sendo, vê-se que o modelo basicamente restringe-se a relacionar aspectos urbanos e sócio-econômicos a aspectos geotécnicos e ambientais. Isto deve-se não só ao conjunto de dados disponíveis, como também às características particulares do estudo de caso. A fusão destas áreas de conhecimento é fundamental quando se deseja tratar da urbanização deste tipo de local. Do contrário, as soluções serão meramente onerosas obras de engenharia ou reflexo de soluções urbanas estritamente baseadas em aspectos econômicos e sociais. Em ambos os casos o sítio é mero palco da realização de obras. Estas tendem a desfigurar as

características naturais do local, desperdiçando a oportunidade de se trabalhar com propostas originais e integradas ao meio ambiente.

### 5.3 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Evidentemente, uma série de outras restrições e fatores, também importantes, não são contemplados neste estudo (por motivo de disponibilidade de dados relevantes). Assim sendo, sugere-se ampliar o modelo considerando-se especialmente aspectos de hidrologia (águas superficiais, águas subterrâneas, etc.), geomorfologia (substrato rochoso, fraturamento, etc.) e vegetação de encostas. Sugere-se também testar o método em uma escala mais detalhada, com novos levantamentos especialmente em setores críticos.

Propõe-se, ainda, que sejam testados modelos hidrológicos e geológico-geotécnicos que quantifiquem o impacto das alternativas propostas, tais como: volume de material erodido, localização de pontos de sedimentação, balanço hídrico, entre outros para cada resultado obtido. Sugere-se também aplicar a metodologia em outras áreas com características geotécnicas e sócio-econômicas distintas.

[Voltar para sumário](#)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ABREU, M. de A. **Evolução urbana do Rio de Janeiro**. 3. Ed. Rio de Janeiro: IPLANRIO, 156 pp. 1997.
- ABRJ - Associação e Sindicato dos Bancos do Estado do Rio de Janeiro. **Potencial econômico dos bairros do município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Associação e Sindicato dos Bancos do Estado do Rio de Janeiro, 62 pp. 1998.
- ANJOS, C.A.M.; FERREIRA NETO, J.V.. **Quantificação de risco; uma metodologia para encostas terrosas**. II Simpósio Pan-Americano de Escorregamentos de Terra, Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica / ABMS, v. 2. p.763 – 773, 1997.
- ASSIS, E. S. et al. **Experiência de planejamento participativo na urbanização de favelas de Belo Horizonte**. I Seminário Sobre Desenho Urbano no Brasil, Brasília. Brasília: Projeto Editores Associados Ltda, pp. 263-293, 1984.
- BONDUKI, N. **Habitat; as práticas bem sucedidas em habitação, meio ambiente e gestão urbana nas cidade brasileiras**. 2º ed. São Paulo: Studio Nobel, 267 pp. 1997.
- BRASIL. Congresso Nacional. **Lei Federal do Parcelamento do Solo Urbano nº6766/79**.
- BRASIL. Instituto Brasileiro A Meio Ambiente. **Código Florestal**. Lei Federal 4771/65.
- CAMPOS, P. E. F de. **Mejoras urbanas; alternativas y ciudadanía**. I Seminário Internacional sobre Mejoramiento y Reordenamiento de Asentamientos Urbanos Precarios Mejorhab. Caracas. Caracas: CYTED, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo, pp. 77-93, 1997.
- CARDOSO, A. L.; RIBEIRO, L. C. de Q. **Dualização e estruturação urbana; o caso do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: IPPUR/FASE, Observatório de Políticas Urbanas e Gestão Municipal, 110 pp. 1996.

CENTRO DE ESPACIO SUBTERRÁNEO DE LA UNIVERSIDAD DE MINNESOTA.  
**Conjunto de viviendas semienterradas; comportamiento energético y aspectos urbanísticos.** México: Gustavo Gili, S.A., 255 pp. 1983.

CENTRO DE ESPACIO SUBTERRÁNEO DE LA UNIVERSIDAD DE MINNESOTA.  
**Tierra y cobijo; diseño de casas semienterradas.** Barcelona: Gustavo Gili, S.A., 288 pp. 1980.

DEERE, D. U.; PATTON, F. D. **Slope stability in residual soils.** IV Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Puerto Rico: v. 1, pp. 87-170, 1971.

Departamento Geral de Patrimônio Cultural. Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esportes. **Rio de Janeiro; uma cidade no tempo.** Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esportes. Departamento Geral de Patrimônio Cultural, 150 pp. 1992.

DUARTE, C. R. et al. **Favela, um bairro; propostas metodológicas para intervenção pública em favelas do Rio de Janeiro.** São Paulo: Pro-Editores, 184 pp. 1996.

EASTMAN, J. R. **IDRISI 32; Guide to GIS and image processing.** Worcester, MA: Clark Labs University, v. 1, 193 pp. 1999.

EASTMAN, J. R. **IDRISI 32; Guide to GIS and image processing.** Worcester, MA: Clark Labs University, v. 2, 170 pp. 1999.

EASTMAN, J. R. **IDRISI 32; tutorial.** Worcester, MA: Clark Labs University, 298 pp. 1999.

EASTMAN, R. et al. **Manual do usuário IDRISI 32; Introdução e exercícios tutoriais.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 235 pp. 1998.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento semidetalhado e aptidão**



**agrícola dos solos do município do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos / SNLCS, 388 pp. 1980. Boletim Técnico nº 66.

FIGUEIREDO, R. B. **Engenharia social; soluções para áreas de risco.** São Paulo: Makron Books, 251 pp. 1994.

GRAZINOLI, P.L. et al. **Diagnóstico ambiental a partir de mapeamento geológico-geotécnico; utilizando-se de técnica de geoprocessamento.** II Simpósio Pan-Americano de Escorregamentos de Terra, Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica / ABMS, v. 2. P. 829 – 837, 1997.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia do Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 392 pp. 1998.

HASENACK, H.; WEBER, E. **Derivação de novas informações cadastrais para o planejamento urbano através de sistemas de informação geográfica.** GIS Brasil 98 – IV Congresso e feira para usuários de geoprocessamento. Curitiba. Curitiba: anais, 8 pp. 1998.

HASENACK, H.; WEBER, E.. **Análise de vulnerabilidade de um parque urbano através de módulos de apoio à decisão em sistemas de informação geográfica.** GIS Brasil 98 – IV Congresso e feira para usuários de geoprocessamento. Curitiba. Curitiba: anais, 8 pp. 1998.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO.  
**Manual de ocupação de encostas.** São Paulo: CAGE – publicações / IPT, 233 pp. 1981.

LACERDA, W. A. **Coluvial slopes and man made works.** 4<sup>th</sup> Informal Workshop on Slow Slope Movements; Monitoring and Modelling, Interplay Between Slope Movements and Man Made Works. Orvieto, Itália. April 17-19 2001 (no prelo).

- LACERDA, W. A. **Stability of natural slopes along the tropical coast of Brazil.** Symposium on Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics. Junho, COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro: Ed. Balkema, pp. 17-40, 1997.
- LACERDA, W. A.; SANDRONI, S.S. **Movimentos de massa coluviais; mesa redonda sobre aspectos geotécnicos de encostas.** Rio de Janeiro: Clube de engenharia / ABMS. pp III – 1 a III – 19, 1985.
- LACERDA, W. A.; SANTOS JR, O. F. **Water table fluctuation; a cause of slide initiation in residual and coluvial soils in tropical regions.** 8<sup>th</sup> International Symposium on Landslides, Cardiff, in Landslides in Research, Theory and Practice, London: E. Bromhead, N. Dixon & M-L Ibsen, Thomas Telford, vol.2, pp. 877-880, 2000.
- LARA, A.A. et al. **Mapeamento de risco de acidentes associados a escorregamentos; Morro Serrinha, RJ.** II Simpósio Pan-Americano de Escorregamentos de Terra, Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica / ABMS, v. 2. p. 837 – 847, 1997.
- LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C.; HASENACK, H.; et al. **Modelagem conceitual de banco de dados geográficos; o estudo de caso do projeto PADCT/CIAM.** Energia e Meio ambiente: a questão do carvão no RS. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS 18 pp. 1999.
- MARSH, W. M. **Landscape planning; environmental applications.** 3.ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 434 pp. 1997.
- McHARG, I. L. **Design with nature.** 25<sup>th</sup> anniversary edition. New York: John Wiley & Sons, Inc., 198 pp. 1992.
- Ministerio del Desarrollo Urbano de Venezuela. Consejo Nacional de la Vivienda. **Densificación y vivienda en los barrios Caraqueños; contribucion a la determinacion de problemas y soluciones.** Caracas: Consejo Nacional de la Vivienda, 190 pp. 1994.

- MITCHELL, A. **The ESRI guide to GIS analysis**. Redlands, California: Environmental Systems Research Institute, Inc., 186 pp. 1999.
- MOROZ, I. C. et al. **Problemas ambientais nas áreas de proteção aos mananciais da região metropolitana de São Paulo**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n 7, pp. 35 – 48, 1994.
- OCAMPO, R. P. S. **Acciones gubernamentales en el mejoramiento y reordenamiento de asentamientos urbanos precarios; la experiencia de dos programas chilenos**. I Seminário Internacional sobre Mejoramiento y Reordenamiento de Asentamientos Urbanos Precarios Mejorhab. Caracas. Caracas: CYTED, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo, pp. 117-129, 1997.
- OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 586 pp. 1998.
- RIBEIRO, L. C. de Q. **Como anda o Rio de Janeiro; análise da conjuntura social**. Rio de Janeiro: IPPUR/UFRJ, Observatório de Políticas Urbanas e Gestão Municipal, 130 pp. 1995.
- RIO DE JANEIRO. Câmara Municipal de Vereadores. **Decreto nº 322/76**
- RIO DE JANEIRO. Câmara Municipal de Vereadores. **Lei Complementar nº 49/2000**. Projeto de Estruturação Urbana da Região Administrativa de Bangu.
- RIO DE JANEIRO. Câmara Municipal de Vereadores. **Plano Diretor Decenal da Cidade do Rio de Janeiro**. Lei complementar nº 16/92, dispõe sobre a política urbana do município.
- ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n 8, pp. 63 – 74, 1994.
- SARTORI, L. A.; COSTA, S. A. I Seminário Sobre Desenho Urbano No Brasil, Brasília. **Programa municipal de regularização de favelas de Belo Horizonte**. Brasília: Projeto Editores Associados Ltda, pp. 294-211, 1984.

SIMPSON, B. J.; PURDY, M. T. **Housing on sloping sites; a design guide**. Londres: Construction Press / Longman Group Limited, 190 pp. 1984.

SIQUEIRA, J.M.; COSTA, N.M.C.. **Morro do Rangel, Maciço da Pedra Branca, RJ; pedologia de um aprendizado na solução da questão do planejamento territorial urbano**. II Simpósio Pan-Americano de Escorregamentos de Terra, Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica / ABMS, v. 2. p. 889 – 901, 1997.

SMAC. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. **Guia das unidades de conservação ambiental do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: IBAM / DUMA, PCRJ / SMAC, 201 pp. 1998.

SMU. Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro / Secretaria Municipal de Urbanismo / SMU, **Zoneamento urbano 99**. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Urbanismo / SMU. CD-Rom, 1999.

SMU/IPP/DIC. Secretaria Municipal de Urbanismo / SMU, Instituto Pereira Passos / IPP, Diretoria de Informações Cadastrais da Cidade / DIC. **Anuário estatístico 95-97 estatístico da cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Urbanismo / SMU, Instituto Pereira Passos / IPP, Diretoria de Informações Cadastrais da Cidade / DIC. CD-Rom, 1997.

SOUZA, M.L.; ZUQUETTE, L.V.. **Carta de zoneamento da susceptibilidade aos movimentos de massa e processos correlatos de uma parcela urbana; cidade de Ouro Preto, MG**. II Simpósio Pan-Americano de Escorregamentos de Terra, Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica / ABMS, v. 2. p. 847 – 853, 1997.

WEBER, E. et al. **Análise de alternativas de traçado de uma estrada utilizando rotinas de apoio à decisão em SIG**. GIS Brasil 98 – IV Congresso e feira para usuários de geoprocessamento. Curitiba. Curitiba: anais, 9 pp. 1998.

WEBER, E.; HASENACK, H.; **O uso do geoprocessamento no suporte a projetos de assentamentos rurais; uma proposta metodológica.** X COBREAP – Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícia. Porto Alegre: anais, 12 pp. 1999.

YANES, C. **Tecnologias no convencionales aplicadas a la infraestructura física de los asentamientos urbanos en zonas precarias.** I Seminário Internacional sobre Mejoramiento y Reordenamiento de Asentamientos Urbanos Precarios Mejorhab. Caracas. Caracas: CYTED, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo, pp. 157-177, 1997.

[Voltar para sumário](#)

## **ANEXO A**

### **Descrição detalhada das características dos dados espaciais e de projeção populacional**

#### **A.1 - Mapa contendo os bairros do município**

Características:

Escala: 1:50.000;

Fonte: digitalização da base do município realizada pelo IPP (1976);

Sistema de projeção: UTM23;

Datum: SAD69;

Escala de levantamento: 1:10.000;

Formato fornecido: Shape file, ArcView;

Tabela associada: contém área, perímetro e nome de cada bairro além de associá-los às respectivas Regiões Administrativas (RA) e Áreas de Planejamento (AP) às quais pertencem.

#### **A.2 - Mapa topográfico**

Características:

Escala: 1:50.000, com curvas de nível de 25m em 25m;

Fonte: digitalização das Cartas da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército;

Sistema de projeção: UTM23;

Datum: SAD69;

Escala de levantamento: 1:10.000;

Formato fornecido: Shape file, ArcInfo;

Tabela associada: contém informações sobre o comprimento de cada arco, com as respectivas cotas de nível.

#### **A.3 - Mapa de bacias hidrográficas**

Características:

Escala: 1:50.000;

Fonte: construção do mapa diretamente em meio digital pela SMAC (1996);

Sistema de projeção: UTM23;

Datum: SAD69;

Escala de levantamento: 1:10.000;

Formato fornecido: Shape file, ArcView;

Tabela associada: contém área, perímetro, nome de cada Unidade Espacial de Análise Ambiental, além de associá-las as macrobacias às quais pertencem.

#### **A.4 - Mapa hidrográfico**

Características:

Escala: 1:50.000;

Fonte: digitalização da base do município (1976) realizada pelo IPP;

Sistema de projeção: UTM23;

Datum: SAD69;

Escala de levantamento: 1:10.000;

Formato fornecido: Shape file, ArcInfo;

Tabela associada: contém informações sobre os comprimentos dos cursos d'água.

#### **A.5 - Mapa pedológico**

Características:

Escala: 1:50.000;

Fonte: digitalização de cartas da Embrapa solos (1980);

Sistema de projeção: UTM23;

Datum: SAD69;

Escala de levantamento: 1:50.000;

Formato fornecido: Shape file, ArcView;

Tabela associada: contém informações sobre área e perímetro dos polígonos e campo extra com legenda de classes, incluindo breve resumo de cada classe, não associadas a nenhum código numérico.

Foi adquirida junto a EMBRAPA-solos a publicação referente a este levantamento (EMBRAPA, 1980) com as seguintes informações adicionais sobre cada classe mapeada:

- descrição detalhada de cada classe pedológica;
- cobertura vegetal existente sobre o perfil;
- litologia de cada classe;
- material originário de cada classe;
- erosão em andamento;
- condições de drenagem;
- vegetação primária;
- uso do solo atual;



- descrição detalhada de cada camada que compõe o perfil de sondagem incluindo informações sobre: granulometria (frações da amostra total e composição granulométrica da terra fina) e percentual de matéria orgânica; percentual de argila dispersa em água e grau de floculação; densidade real e aparente e porosidade e teor de umidade.

#### **A.6 - Mapa de uso e cobertura do solo**

Características:

Escala: 1:50.000;

Fonte: interpretação da imagem de satélite SPOT (1996) e lançamento do mapa em 1997 pela SMAC;

Sistema de projeção: UTM23;

Datum: SAD69;

Escala de levantamento: 1:50.000;

Formato fornecido: Shape file, ArcView;

Tabela associada: contém informações sobre área e perímetro dos polígonos com campo extra de legenda de classes de uso associadas a códigos compostos por valores numéricos descontínuos.

#### **A.7 - Mapa de eixos viários**

Características:

Escala: 1:50.000;

Fonte: digitalização da base do município (1976), com atualização de parte das vias em 1991, realizada pelo IPP;

Sistema de projeção: UTM23;

Datum: SAD69;

Escala de levantamento: 1:10.000;

Formato fornecido: Shape file, ArcInfo;

Tabela associada: contém informações sobre o comprimento e nome dos eixos traçados.

#### **A.8 – Mapa contendo as áreas acima da cota 50m**

Características:

Escala: 1:50.000;

Fonte: construção do mapa, a partir da topografia da área, pela SMAC;

Sistema de projeção: UTM23;

Datum: SAD69;

Escala de levantamento: 1:50.000;

Formato fornecido: Shape file, ArcView;

Tabela associada: contém informações sobre a área e o perímetro dos polígonos mapeados.

### **A.9 – Mapa contendo as áreas acima da cota 100m**

Características:

Escala: 1:50.000;

Fonte: construção do mapa, a partir da topografia da área, pela SMAC;

Sistema de projeção: UTM23;

Datum: SAD69;

Escala de levantamento: 1:50.000;

Formato fornecido: Shape file, ArcView;

Tabela associada: contém informações sobre a área e o perímetro dos polígonos mapeados.

### **A.10 - Mapa de Unidades de Conservação Ambiental**

Características:

Escala: 1:50.000;

Fonte: construção do mapa diretamente pela SMAC (1998);

Sistema de projeção: UTM23;

Datum: SAD69;

Escala de levantamento: 1:10.000;

Formato fornecido: Shape file, ArcView;

Tabela associada: contém área, perímetro, categoria e nome de cada Unidade de Conservação Ambiental não associadas a nenhum código numérico específico.

### **A.11 - Mapa com pontos de ocorrência de movimentos de massa**

Características:

Escala: 1:50.000;

Fonte: digitalização de pontos a partir de relatórios da Companhia de Prospecção e Recursos Minerais (CPRM), diversas datas de ocorrência;

Sistema de projeção: UTM23;

Datum: SAD69;

Escala de levantamento: varia em cada relatório.

### **A.12 – Dados de projeção populacional**

Fonte: IBGE arquivos de microdados do censo demográfico de 1991 e contagem da população de 1996. Tabulação e metodologia para agregação e cálculos Instituto Pereira Passos (IPP) - Diretoria de Informações da Cidade (DIC). Projeção com base na TGCMA de 91 a 96.

Observação: Dados fornecidos pelo supervisor do setor Sr. Fernando Cavaglieri – abril 2001

## ANEXO B

### Descrição detalhada dos algoritmos usados no processamento do mapa de relevo

#### B.1 – Descrição detalhada do algoritmo utilizado para gerar o Modelo Numérico do terreno (MNT)

O algoritmo TIN (*Triangulated Irregular Network*) algoritmo utiliza pontos com atributos conhecidos – cota de cada vértice dos segmentos de arco contidos no arquivo vetorial – para, a partir deles, gerar uma malha de triângulos que cobre toda a área de interesse. Esta forma de interpolação é exata porque não altera os valores originais dos pontos amostrados para calcular os valores a serem atribuídos ao restante da superfície. A triangulação é feita a partir do método Delaunay onde: (i) circunferências que tangenciam três pontos de cada triângulo não contém outros pontos amostrados em seu interior; (ii) os triângulos não se interseccionam e (iii) não há lacunas na malha gerada.

Foram ainda estabelecidas condições extras na triangulação, tais como: (i) iso-linhas utilizadas como limites de controle (triangulação do tipo *constrained*) que fazem com que a malha de triângulos fique sempre restrita entre um par de curvas de nível; (ii) remoção das arestas de triângulos que estão acima ou abaixo da verdadeira cota de superfície (utilização do removedor *B/T – Bridge / Tunnel*); (iii) retriangulação dos trechos modificados pela remoção destas arestas criando pontos centrais e associando a cada um, novos valores, estimados a partir de uma função parabólica, traçada com base nos pontos conhecidos mais próximos (ajuste dos pontos críticos utilizando-se função parabólica). Com este artifício eliminam-se topos de encosta e baixadas com aspecto “achatado”.

Uma vez gerada a malha de triângulos realiza-se uma rasterização do arquivo resultante através da operação TINSURF, onde para cada pixel da imagem é atribuído um valor de altura. O valor de altura de cada pixel é atribuído em função da face do triângulo no qual ele está contido. Cada face é definida pela solução simultânea de três equações lineares, cujos valores de x e y correspondem às alturas dos vértices do triângulo que a define. Uma vez solucionado o conjunto das três equações, tem-se parâmetros para a construção de novas equações que determinem as alturas de cada um dos pixels contidos em cada uma das faces.

Uma vez gerado o modelo numérico do terreno parte-se para a sua correção que inclui a verificação da adequação do algoritmo escolhido. Para tanto o melhor recurso é a visualização da superfície gerada utilizando-se um sombreamento analítico. O sombreamento analítico é realizado a partir da operação de *hillshading*, usando-se o modelo numérico do terreno como imagem de *input* e determinando-se o azimute e ângulo de elevação do sol. Para a obtenção de uma sombra projetada que melhor defina o relevo, optou-se por definir o azimute de 315° e o ângulo de elevação de 15°. Ajustando-se o contraste da imagem foi possível visualizar claramente o relevo da área.

Da Figura B.1 observa-se uma boa definição da área de encosta, devido à grande proximidade entre as curvas de nível mapeadas. Por outro lado, as baixadas, contendo praticamente as cotas 0m, 25m e 50m, apresentam-se bastante fora dos moldes esperados. Os gradientes tendendo em direção ao mar (direção leste-oeste), conforme visualmente é possível inferir a partir do mapa topográfico e pode ser confirmado com a sobreposição do mapa hidrográfico<sup>1</sup>, não estão presentes. A triangulação das curvas de menor cota foi feita com as áreas de encosta que desenvolvem-se no sentido norte-sul e aparece claramente na superfície formando ravinas que na realidade não existem, porque opõem-se à direção dos cursos d'água superficiais.

---

<sup>1</sup> As informações contidas neste mapa são suficientes para realizar esta operação.

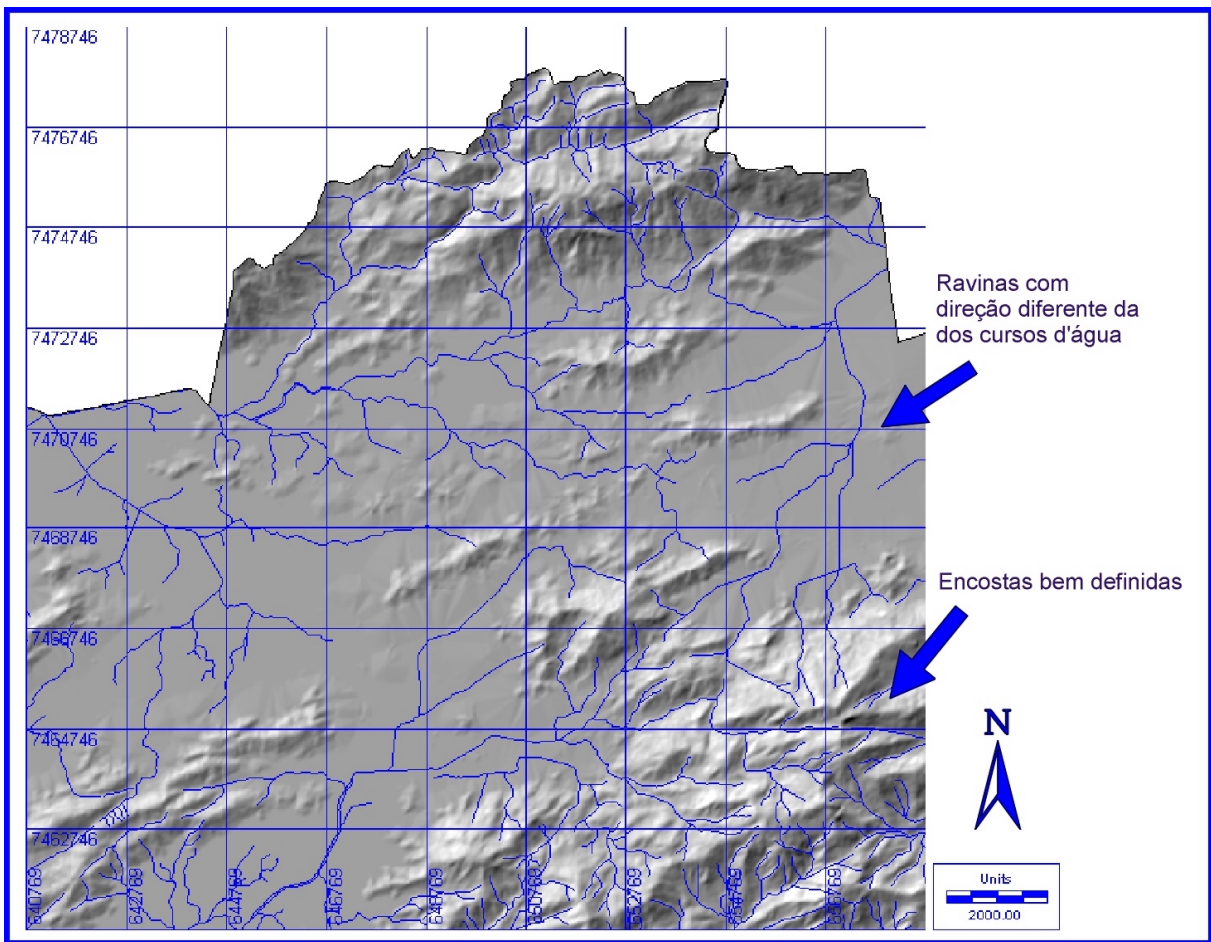


Figura B.1 - Mapa de relevo sombreado da área de estudo.

Para diminuir estas ravinas, utilizou-se um outro recurso contido no software chamado *pit removal*, cuja função é remover reentrâncias elevando os pixels até o menor valor de altura no limiar das zonas de depressão. O recurso diminuiu o efeito das falsas ravinas, mas não as eliminou.

Além do problema com as falsas ravinas restava ainda resolver o problema da direção dos gradientes. Concluiu-se que o algoritmo TIN não era adequado para gerar o modelo numérico do terreno nesta área de baixada, pois a triangulação apontava declividades no sentido norte-sul ao invés de leste-oeste em consequência da forte concentração de curvas de nível nestas regiões. Procurou-se outras alternativas e, entre elas, a que pareceu mais adequada foi a interpolação do tipo *Kriging*. Esta interpolação utiliza avaliação geoestatística dos dados levantados para gerar um modelo de superfície baseado em informações de continuidade espacial. As informações de continuidade espacial, determinadas a partir da direção e distância entre os pontos conhecidos, definirão como os dados amostrados serão

ponderados quando combinados para produzir valores a serem atribuídos aos pontos desconhecidos.

A realização da interpolação do tipo *Kriging* exige uma análise geoestatística dos dados amostrados para se avaliar a sua continuidade espacial. A análise geoestatística baseia-se no conceito de que, para fenômenos que variam continuamente no espaço, pontos mais próximos entre si têm maior probabilidade de possuir valores similares do que aqueles mais distantes. A tendência de similaridade entre vizinhanças é quantificada a partir de medidas de variância entre os pares dos dados amostrados, sendo os pares descritos pela distância e direção entre os pontos considerados.

A partir do mapa de curvas de nível, vê-se claramente uma maior concentração de valores amostrados nas áreas de encosta. Esta concentração deve-se ao fato de que a maior variação dos valores das cotas ocorre nestas regiões. Uma vez realizada uma análise geoestatística, observa-se variâncias maiores à medida em que se aproxima dos topos dos morros. As regiões de baixada têm um menor número de dados amostrados e visualmente tendem a apresentar variâncias no sentido oposto às das zonas de encosta, uma vez que a hidrografia indica gradientes em direção ao mar. Na ponderação dos dados para a realização do modelo numérico do terreno a partir do algoritmo *Kriging* a tendência verificada nas áreas de encosta faz com que a modelagem das baixadas continue com gradientes na direção errada, apesar de eliminar as falsas ravinas provocadas pela triangulação.

A conclusão a que se chegou foi que o número de pontos amostrados nas baixadas era insuficiente para permitir a realização de um modelo numérico do terreno adequado para estas áreas. Seria imprescindível amostrar novos pontos, o que implicaria em um trabalho de topografia ou de digitalização manual de cartas topográficas do exército em escala 1:10.000. Ambas as alternativas necessitariam de tempo e recursos extra para serem realizadas. Como os objetivos do estudo eram as áreas de encosta, que nesta região correspondem ao espaço físico disponível para a expansão urbana, optou-se por descartar da análise as áreas de baixada. Isto implica na impossibilidade de análise das conseqüências da urbanização de encostas em áreas de baixada, pois para estas regiões não existem informações em número suficiente.

Procedeu-se a filtragem do modelo numérico do terreno gerado. Ela tem como objetivo suavizar as arestas dos triângulos nas áreas de encosta para que os taludes tenham o aspecto mais arredondado. Esta suavização é obtida passando-se um filtro de médias 3X3 na imagem.

## **B.2 – Descrição detalhada do algoritmo utilizado para gerar o mapa de declividades**

A declividade de cada célula é calculada com base na resolução e nos valores atribuídos às células vizinhas àquela em que se está aplicando o algoritmo de cálculo. O vetor resultante da declividade em X e em Y é a declividade do ponto. Isto é definido pela seguinte expressão:

$$\tan\_declividade = \sqrt{[(dir - esq) / resol \times 2]^2 + [(topo - pé) / resol \times 2]^2} \quad (B.1)$$

Onde:  $\tan\_declividade$ : é a tangente do ângulo que possui a máxima declividade;

Dir, esq, topo e pé: são os atributos das células vizinhas;

Resol: é a resolução adotada para as células.

O resultado da equação B.1, se multiplicado por 100, produz o valor dos gradientes em percentual. Extraíndo-se o arco tangente desta mesma equação B.1, tem-se o resultado dos gradientes em graus.



## **ANEXO C**

### **Descrição dos tipos de solo envolvidos na área de estudo**

TIPOS DE SOLO: (De acordo com publicação da EMBRAPA, 1980)

**LVa3** – Associação LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO pouco profundo + CAMBISSOLO latossólico; fase substrato de rochas alcalinas; ambos álicos A moderado, textura muito argilosa; fase de floresta subperenifólia; relevo montanhoso.

**LVa4** - Associação LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO pouco profundo + CAMBISSOLO latossólico; ambos textura argilosa + CAMBISSOLO Tb; textura média cascalhenta + SOLOS LITÓLICOS INDISCRIMINADOS; todos álicos A moderado; fase de floresta subperenifólia; relevo montanhoso; substrato de rochas cristalinas ácidas.

**PVa1** – PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb álico A moderado; textura média/argilosa; fase de floresta subcaducifólia; relevo forte ondulado.

**PVa2** – Associação PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb álico + PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb eutrófico rasos; ambos A moderado; textura média/argilosa + SOLOS LITÓLICOS INDISCRIMINADOS; substrato de rochas gnáissicas ácidas; todos fase de floresta subcaducifólia; relevo forte ondulado.

**PVa3** - Associação PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb álico raso A moderado; textura média/argilosa; fase de floresta subcaducifólia; relevo forte ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHA.

**PVd2** - Associação PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb distrófico + PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb eutrófico; ambos A moderado; textura média/argilosa; fase de floresta subcaducifólia; relevo suave ondulado.

**PVd3** - PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb distrófico planossólico A moderado; textura arenosa/argilosa; fase de floresta subcaducifólia; relevo suave ondulado.

**PVe1** - PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb eutrófico A moderado; textura média/argilosa; fase de floresta subcaducifólia; relevo ondulado.

**PVe2** - Associação PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb eutrófico raso A moderado + PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb eutrófico A chernozêmico; ambos textura média/argilosa; fase pedregosa de floresta subcaducifólia; relevo forte ondulado.

**PVe4** - Associação PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb eutrófico raso + PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb eutrófico + PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb distrófico; todos A moderado; textura média/argilosa + SOLOS LITÓLICOS INDISCRIMINADOS; substrato de rochas graníticas e gnáissicas ácidas e básicas (migmatitos); todos de fase floresta subcaducifólia; relevo forte ondulado.

**PVe5** - Associação PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb eutrófico A chernozêmico; textura argilosa/muito argilosa + BRUNIZEM AVERMELHADO textura média/argilosa; fase erodida; todos de fase pedregosa de floresta subcaducifólia; relevo forte ondulado.

**PVe6** - Associação PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO Tb eutrófico raso; textura média/argilosa; fase de floresta subcaducifólia + SOLOS LITÓLICOS INDISCRIMINADOS; fase de floresta caducifólia; substrato de rochas gnáissicas; ambos A moderado; relevo forte ondulado + AFLORAMENTOS DE ROCHA.

**BV** – BRUNIZEM AVERMELHADO textura média/argilosa; fase pedregosa de floresta subcaducifólia; relevo forte ondulado.

**PLa1** – PLANOSSOLO Tb álico A proeminente; textura arenosa/argilosa; fase de floresta subcaducifólia; relevo plano.

**PLa2** - PLANOSSOLO Tb álico A proeminente; textura arenosa/média; fase de floresta subcaducifólia; relevo plano.

**PLa3** - PLANOSSOLO Tb álico A moderado; textura arenosa/argilosa; fase de floresta subcaducifólia; relevo plano.

**PLa4** - PLANOSSOLO Tb álico A moderado; textura arenosa/média; fase de floresta subcaducifólia; relevo plano.

**PLa5** – Associação PLANOSSOLO Tb álico; textura média/argilosa + PLANOSSOLO Tb álico com fragipan; textura arenosa/média; ambos A moderado; fase de floresta subcaducifólia; relevo plano.

**PLS** - Associação PLANOSSOLO Ta solódico + PLANOSSOLO Tb solódico; ambos A moderado; textura média/argilosa; fase de floresta subcaducifólia; relevo plano.

**GHa1** – GLEY HÚMICO Ta álico A(B)C; textura argilosa e muito argilosa; fase de campo higrófilo de várzea; relevo plano.

**Gpa** - GLEY POUCO HÚMICO Ta álico AC; textura argilosa; fase de campo higrófilo de várzea; relevo plano.

**Od1** – SOLOS ORGÂNICOS distróficos; fase de campo e floresta hidrófilos de várzea; relevo plano.

**Ae** – Associação SOLOS ALUVIAIS Tb distróficos e eutróficos + CAMBISSOLO Tb distrófico e eutrófico; fase substrato de sedimentos aluviais; ambos A moderado; textura indiscriminada; fase de floresta subperenifólia de várzea; relevo plano.

[Voltar para sumário](#)