



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



**GEOTECNOLOGIAS E CARTOGRAFIA HISTÓRICA NO AUXÍLIO À ANÁLISE DA
ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DA ÁREA GÊNESE DE PETRÓPOLIS - RJ**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

FERNANDO DE SOUZA ANTUNES

ORIENTADOR: PROF. DR. MANOEL DO COUTO FERNANDES

Rio de Janeiro

2017

FERNANDO DE SOUZA ANTUNES

**GEOTECNOLOGIAS E CARTOGRAFIA HISTÓRICA NO
AUXÍLIO À ANÁLISE DA ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DA
ÁREA GÊNESE DE PETRÓPOLIS - RJ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências - Geografia.

Orientador: Professor Dr. Manoel do Couto Fernandes

Rio de Janeiro
2017

**GEOTECNOLOGIAS E CARTOGRAFIA HISTÓRICA NO AUXÍLIO À ANÁLISE DA
ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DA ÁREA GÊNESE DE PETRÓPOLIS/RJ**

Fernando de Souza Antunes

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências: Geografia.

Prof. Dr. _____ - Orientador

Manoel do Couto Fernandes
Departamento de Geografia – UFRJ

Profa. Dra. _____

Gustavo Mota de Sousa
Departamento de Geografia - UFRRJ

Prof. Dr. _____

Paulo Márcio Leal de Menezes
Departamento de Geografia – UFRJ

CIP - Catalogação na Publicação

d636g de Souza Antunes, Fernando
GEOTECNOLOGIAS E CARTOGRAFIA HISTÓRICA NO AUXÍLIO
À ANÁLISE DA ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DA ÁREA
GÊNESE DE PETRÓPOLIS - RJ / Fernando de
Souza Antunes. -- Rio de Janeiro, 2017.
101 f.

Orientador: Manoel do Couto Fernandes.
Dissertação (mestrado) - Universidade
Federal do Rio de Janeiro, Instituto de
Geociências, Departamento de Geografia,
Programa de Pós-Graduação em Geografia,
2017.

1. Organização Espacial. 2. Espaço
Urbano. 3. Cartografia Histórica. 4.
Sensoriamento Remoto. 5. Petrópolis. I. do
Couto Fernandes, Manoel, orient. II.
Titulo.

À minha mãe, por sempre ter feito de tudo para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

O aprendizado de um curso de mestrado se faz, sobretudo, no dia a dia, na convivência com as pessoas, com os desafios da pesquisa, na ajuda que se recebe. Nesse sentido, muitas pessoas presentes no meu cotidiano contribuíram de alguma forma para que essa dissertação fosse finalizada e aqui agradeço-as. Ressalto agradecimentos especiais:

A Deus, por toda a força e paciência nos momentos mais difíceis.

À minha mãe, pelo apoio incondicional a tudo que faço, principalmente meus estudos, e toda a sabedoria e paciência que me passou ao longo dos meus vinte e nove anos.

Ao meu pai, por toda disponibilidade.

À minha irmã Lia, que sempre incentivou para a realização da pós-graduação e foi fundamental na revisão desta pesquisa.

À Gabrielle, pela força neste processo.

Ao professor, orientador e amigo, Manoel do Couto Fernandes, por acreditar em mim e comprar sempre minhas ideias.

Ao amigo e primeiro orientador Pedro Coura, pelo incentivo e apoio desde a iniciação científica e quando decidi fazer o mestrado.

Aos amigos Juliana Sessa, Bruno Santos, Caiett Genial, Raquel Carvalho, Kairo Santos e Phillipe Valente, pelas muitas risadas e momentos de alívio em meio à pressão de uma pós-graduação.

Ao Laboratório de Cartografia da UFRJ (GeoCart), por ser um lugar de trabalho tão querido; e seus integrantes, por fazerem com que isso aconteça, em especial ao amigo Paulo Alves.

*“O cientista não é o homem que fornece as
verdadeiras respostas; é quem faz as
verdadeiras perguntas”*

Claude Lévi-Strauss

RESUMO

ANTUNES, Fernando de Souza. **Geotecnologias e Cartografia Histórica no auxílio à análise da organização espacial da área gênese de Petrópolis - RJ**. Rio de Janeiro, 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

A cidade de Petrópolis tem um passado rico no que diz respeito à produção de seu espaço urbano. Inicialmente planejada para lugar de descanso com colônia agrícola para abastecimento da elite que frequentava suas terras, Petrópolis viu na atividade industrial seu grande impulso de crescimento. Nessa perspectiva, o espaço urbano dessa cidade sofreu mudanças ao longo do tempo, tanto na estrutura sócio-político-econômico e as formas espaciais resultantes desta, quanto nas funções que estas formas desempenhavam. Para realizar a análise da organização espacial de Petrópolis, foram utilizados, em conjunto, Cartografia Histórica, Geotecnologias e o método de análise geográfica proposto por Milton Santos (forma, função, estrutura e processo). Quanto a Cartografia Histórica, foi utilizada a Planta de Petrópolis (1846) para aquisição das formas espaciais urbanas pretéritas; as Geotecnologias foram empregadas na digitalização e análise da Planta de Petrópolis, além de realizar o tratamento inicial da imagem e posterior classificação da cobertura da terra, utilizando as técnicas GEOBIA e mineração de dados. As análises das formas espaciais pretéritas (Cartografia Histórica) e atuais (Sensoriamento Remoto) foram empreendidas à luz do contexto sócio-político-econômico que as criou, funcionalizou e modificou ao longo do tempo, resultando na mudança de função dos quarteirões iniciais, previamente estabelecidos para a função agrícola; mudança na centralidade urbana, que anteriormente pertencia aos quarteirões de povoação da elite e o Palácio Imperial; e a dinâmica de construção de edificações nos antigos quarteirões da área gênese de Petrópolis, que passou a ser polarizada pelas fábricas de grande porte. A intensa migração populacional em busca de emprego e a desconcentração industrial a partir da década de 1970 fizeram essa população começar a ocupar as áreas de encosta e cumeada, criando com isso novas formas espaciais, como servidões e escadarias, evidenciando o abandono definitivo dos padrões espaciais definidos por Koeler. Os resultados obtidos demonstram que a atividade industrial, sobretudo no papel das grandes fábricas têxteis, foi a principal motivadora da mudança das formas e funções na área gênese de Petrópolis e a metodologia empregada nesta pesquisa,

aliando Cartografia Histórica, Geotecnologias e as categorias forma, função, estrutura e processo foi de fundamental importância para a análise da organização espacial de Petrópolis.

Palavras-chave: Organização Espacial, Espaço Urbano, Cartografia Histórica, Sensoriamento Remoto, Petrópolis

ABSTRACT

ANTUNES, Fernando de Souza. **Geotecnologias e Cartografia Histórica no auxílio à análise da organização espacial da área gênese de Petrópolis - RJ**. Rio de Janeiro, 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

The city of Petrópolis has a rich past regarding its production of the urban space. Initially planned for resting place with agricultural colony to supply the elite that attend its lands, Petrópolis saw in the industrial activity its great impulse of growth. In this perspective, the urban space of this city underwent changes over time, both in the socio-political-economic structure and the spatial forms resulting from it, as well as in the functions that these forms played. To carry out the analysis of the spatial organization of Petrópolis, it was used together, Historical Cartography, Geotechnologies and the method of geographical analysis proposed by Milton Santos (form, function, structure and process). As for Historical Cartography, the Petrópolis map (1846) was used for the acquisition of the previous urban spatial forms; the Geotechnologies were used in the digitalization and analysis of the Petrópolis map, besides performing the initial treatment of the image and later land cover classification using GEOBIA techniques and data mining. The analyses of the past spatial forms (Historical Cartography) and current (Remote Sensing) were undertaken in light of the socio-political-economic context that created, functionalized and modified them over time, resulting in the change of function of the initial blocks previously established for agricultural function; change in urban centrality, which formerly belonged to elite settlement blocks and the Imperial Palace; and the dynamics of construction of buildings in the old blocks of Petrópolis genesis area, which became polarized by large factories. The intense population migration in the search of employment and the industrial deconcentration from the 1970s onwards made this population begin to occupy the slope and ridge areas, thereby creating new spatial forms such as easements and stairways, evidencing the definitive abandonment of spatial patterns defined by Koeler. The results obtained demonstrated that industrial activity, especially in the role of large textile factories, was the main motivator of the changes in forms and functions in the genesis area of Petrópolis and the methodology used in this research, combining Historical Cartography, Geotechnologies and the categories of form,

function, structure and process was of fundamental importance for the analysis of the spatial organization of Petropolis.

Keywords: Spatial Organization, Urban Space, Historical Cartography, Remote Sensing, Petropolis

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo geral	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Justificativa.....	3
2. REVISÃO TEÓRICO-CONCEITUAL DOS PONTOS-CHAVE ABORDADOS NA PESQUISA.....	5
2.1 Contexto histórico: apresentação da área de estudo e formas espaciais do passado	6
2.2 Características do espaço urbano e o método de análise geográfica	12
2.3 Sensoriamento Remoto: Geotecnologia de apoio ao retrato do presente	15
2.3.1 Análise de Imagens Baseada em Objetos Geográficos (GEOBIA)	15
2.3.2 Mineração de dados e descoberta de conhecimento.....	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3.1 Dados de entrada.....	23
3.2 Correções dos insumos cartográficos.....	24
3.2.1 Correção topológica	24
3.2.2 Correção atmosférica	25
3.2.3 Fusão de imagens.....	26
3.2.4 Correção geométrica	26
3.3 Modelo numérico de terreno.....	27
3.4 Processamento digital de imagens	29
3.4.1 Segmentação	29
3.4.2 Mineração de dados e descoberta de conhecimento.....	30
3.5 A Planta Koeler	31
4. RESULTADOS DOS PROCESSAMENTOS DOS INSUMOS CARTOGRÁFICOS	33
4.1 Fusão de imagens.....	33
4.2 Modelo numérico de terreno.....	34
4.3 Correção geométrica	37
4.4 Processamento digital de imagem.....	41
4.4.1 Segmentação	41

4.4.2 Classificação da cobertura da terra com GEOBIA e mineração de dados	41
4.4.3 Avaliação da classificação da cobertura da terra.....	49
5. ANÁLISE DA ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DA ÁREA GÊNESE DE PETRÓPOLIS	52
5.1 Petrópolis e sua organização espacial nos anos iniciais	52
5.2 Desenvolvimento da organização espacial a partir da industrialização da área gênese	58
6. CONCLUSÕES	76
REFERÊNCIAS.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –Organização conceitual.	6
Figura 2 –Área atual do município de Petrópolis, de seus cinco distritos e da área da Planta Koeler.....	9
Figura 3 – Planta de Petrópolis (1846) ou Planta Koeler.	11
Figura 4 –Exemplo de diferentes respostas espectrais de um mesmo objeto (PINHO, 2005).....	17
Figura 5 –Exemplo de classificação pixel-a-pixel (PINHO, 2005).	18
Figura 6 – Etapas da mineração do KDD (SOUZA, 2012).	21
Figura 7 –Fluxograma de trabalho.....	22
Figura 8 – Exemplos de correção da topologia da base cartográfica 1:2.000.	25
Figura 9 –Exemplo de feição identificável tanto na imagem, quanto em campo utilizada para posicionar receptor GNSS.	27
Figura 10 –A - grade regular; B - rede triangular (ou TIN) (adaptado de FERNANDES, 2004).....	28
Figura 11 –Processo de vetorização dos prazos de terra da Planta Koeler.	32
Figura 12 –Imagem multiespectral bruta (A) e imagem fusionada (B), na mesma composição.....	34
Figura 13 –Verificação do sentido montante-jusante nos segmentos de hidrografia. Na parte A, errado; na parte B, correto.....	35
Figura 14 – MNT da área de estudo.....	36
Figura 15 –Mapa de distribuição dos pontos levantados em campo.....	38
Figura 16 – Exemplo da segmentação da imagem <i>WorldView-2</i>	41
Figura 17 –Árvore de decisão gerada pelo <i>WEKA</i>	45
Figura 18 –Árvore de decisão transposta no <i>eCognition</i>	46
Figura 19 –Mapa de cobertura da terra na área gênese de Petrópolis.	48
Figura 20 –Amostra da classe vegetação.....	49
Figura 21 –Planta Koeler – Prazos e Quarteirões.....	53
Figura 22 – Hierarquia dos prazos de terra por classes.....	56
Figura 23 – Localização das indústrias nos quarteirões da Planta Koeler (1846). (Adaptado de MAGALHÃES, 1966).....	63
Figura 24 –Períodos de fundação das indústrias de Petrópolis. (Adaptado de MAGALHÃES, 1966).....	64

Figura 25 –Exemplos de servidão (A) e escadarias (B).....	67
Figura 26 – Número de escadarias e servidões por quarteirão da Planta Koeler.....	68
Figura 27 – Quantidade de fábricas em cada quarteirão da Planta Koeler.	69
Figura 28 – Área ocupada por edificações.	70
Figura 29 – Quantificação de área construída nos quarteirões da Planta Koeler.	71
Figura 30 – Fábrica de tecidos Werner.....	72
Figura 31 – Antiga Imperial Fábrica de Tecidos São Pedro de Alcântara.	73
Figura 32 – Cia Petropolitana de Tecidos e parte de sua vila operária.	74
Figura 33 – Vila operária da Cia. Petropolitana de Tecidos (2011).	74
Figura 34 – Antiga fábrica Dona Isabel.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características do sensor a bordo do satélite <i>WorldView-2</i> (adaptado de CARVALHO, 2011).	24
Tabela 2 – Amostras de cada classe.	30
Tabela 3 – Escalas e PEC.	40
Tabela 5 – Estatísticas da mineração de dados para as classes outros, asfalto, telhados de cerâmica, telhados brilhantes e telhados cinzas.	43
Tabela 6 – Atributos escolhidos pela mineração de dados.	43
Tabela 7 – Matriz de confusão da classificação da imagem <i>WorldView-2</i>	50
Tabela 8 – classificação do índice <i>Kappa</i> (LANDIS & KOCH, 1977).....	51
Tabela 9 – População residente em números absolutos (AMBROZIO, 2008).....	65
Tabela 10 – Número de prédios de grande porte na área da Villa Imperial (Fonte: Secretaria de Planejamento de Petrópolis, 2005. AMBROZIO, 2008).	65

1. INTRODUÇÃO

O município de Petrópolis, localizado na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, possui grande importância geográfica e histórica. Com status de primeira cidade planejada das Américas, o município encontra-se inserido no bioma Mata Atlântica, sendo esse fato preponderante quando do seu planejamento, visto que o arruamento, os prazos de terra (lotes) e as edificações foram pensados de modo a afetar o mínimo possível os rios e florestas. Ou seja, para o Major Júlio Frederico Koeler, engenheiro-chefe do plano de construção de Petrópolis, o espaço urbano deveria ser um lugar também de preservação:

“Koeler era bastante preocupado com o meio ambiente, o que fica patentado no art. 6º das Instruções para execução do Decreto Imperial nº 155, estabelecendo a reserva, no alto das montanhas e colinas, das matas necessárias à conservação das águas. Pretendia, assim, evitar não só o esgotamento dos recursos hídricos como o deslizamento das encostas, visto que a tênue capa arborizada de muitos terrenos íngremes e rochosos tornava-os predispostos à erosão quando submetidos às chuvas torrenciais de verão, uma preocupação já naquela época. Já o §3º do art. 15 obriga os foreiros ‘a velar pela conservação das árvores destinadas ao assombramento das estradas, ruas, caminhos e praças e das matas reservadas para construção sitas em sua frente ou fundos.’” (LORDEIRO, 2000)

Partindo desse quadro, nesta pesquisa, busca-se as respostas para algumas questões iniciais, tais como:

- Quais fatores desencadearam alterações na organização espacial de Petrópolis?
- As mudanças no espaço urbano de Petrópolis mantiveram a essência da preservação ambiental levantada em momento pretérito?
- As mudanças na organização espacial tinham algum padrão ou eram aleatórias?

Essas perguntas ajudaram a guiar a presente pesquisa que se inicia a partir da análise do Decreto Imperial de criação das primeiras formas espaciais na área gênese de Petrópolis e procura analisar a evolução deste espaço ao longo do tempo, utilizando para isso métodos que dão suporte ao estudo do espaço geográfico.

As cidades são espaços dinâmicos que têm sua produção e reprodução ligadas a vários fatores. Petrópolis não foge à regra e daí surgiu a proposta de estudar a organização espacial da área gênese, ou seja, a área inicial de ocupação do futuro município, prevista pelo Plano de Povoação - Palácio de Petrópolis, também conhecido como Plano Koeler, em homenagem ao seu autor. Sendo Petrópolis a cidade mais importante e populosa da Região Serrana do Rio de Janeiro, e tendo passado por um processo de industrialização e desindustrialização marcantes no último século (AMBROZIO, 2008), estudar o desenvolvimento de seu espaço urbano torna-se indispensável ao empreendimento desta pesquisa. Para tanto, foram utilizadas as técnicas de Cartografia Histórica, Sensoriamento Remoto e o método de análise geográfica, proposto por Santos (1985), a fim de verificar a organização espacial em Petrópolis.

A Cartografia Histórica foi o apoio na busca pelo passado das formas espaciais da cidade, a partir da Planta de Petrópolis (1846) ou, como é comumente chamada, Planta Koeler. No que diz respeito ao Sensoriamento Remoto, foi utilizada uma imagem orbital de alta resolução espacial e espectral para identificar as formas urbanas nos dias atuais, a fim de gerar um documento cartográfico que seja passível de comparação. Sabendo da dificuldade de classificação de ambientes com respostas espectrais tão variadas, utilizou-se nesta pesquisa a técnica GEOBIA para gerar um mapa de cobertura da terra, a fim de evidenciar, como dito anteriormente, as formas espaciais urbanas nos dias atuais. Para chegar à etapa de classificação, a imagem passou por vários processos que visavam melhorá-la ou corrigi-la. Para definição dos parâmetros que foram utilizados na classificação, foi empreendida a técnica de mineração de dados, que faz uma varredura num banco de dados à procura de padrões nos atributos selecionados. Esse padrão caracteriza-se por um conjunto de atributos e seus limiares que melhor representam as classes trabalhadas.

Os procedimentos de aquisição de formas espaciais, apoiados na Cartografia Histórica e no Sensoriamento Remoto, deram subsídio para a análise geográfica, a partir da criação de dois cortes de tempo sobre o mesmo recorte espacial. Além disso, foram utilizados trabalhos e documentos históricos que tratam das alterações do espaço urbano de Petrópolis, e que evidenciam as diversas funções que as formas urbanas assumiram ao longo do tempo, sob influência dos diversos grupos da sociedade que mais se destacaram na referida cidade.

É importante ressaltar desde já que, nesta pesquisa, a expressão “forma urbana” assume, como prevê Santos (1985), o sentido de arranjo e padrão espacial de objetos no espaço urbano. Estes objetos podem ser edificações, ruas, praças, e todas as formas visíveis. Não se pretende fazer aqui uma revisão das edificações e suas funções em variados momentos do tempo, ainda que algumas edificações mais notáveis apareçam isoladamente na análise.

Para se chegar a esta análise, foi traçado um objetivo geral que é contemplado por objetivos específicos que norteiam o trabalho. Esses são apresentados a seguir.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo geral

Analisar a organização espacial urbana da área gênese de Petrópolis, com suporte de Geotecnologias e da Cartografia Histórica, buscando compreender de que maneira o espaço urbano se modificou em relação ao planejamento inicial de Julio Frederico Koeler ao longo do tempo.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar formas urbanas do Plano de Povoação - Palácio de Petrópolis, reconstruindo cartograficamente essas formas e feições urbanas da Planta Koeler;
- Apresentar um quadro atual da distribuição destas formas urbanas, a partir do mapeamento da cobertura da terra, utilizando imagens de alta resolução espacial e espectral;
- Discutir e avaliar a organização espacial de Petrópolis, buscando fazer paralelos entre o que havia de proposição em seu planejamento, com o apoio da Cartografia Histórica, e o que é apresentado em sua atualidade, baseado na interpretação de imagens de Sensoriamento remoto.

1.3. Justificativa

Petrópolis, enquanto cidade polarizadora na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, tem uma importância histórica que vai além do seu objetivo inicial de construção. Além de cidade de cura e descanso, de vilegiatura, Petrópolis foi também

uma cidade que polarizou indústrias de todos os portes. Esse passado industrial vai ao encontro de sua colonização feita por alemães, em sua maioria, que não tinham aptidão para a atividade agrícola, primeiro grande objetivo do plano de colonização, e, na medida do possível, adaptavam sua vida na terra com a produção de alimentos com algum tipo de transformação (compotas, laticínios, embutidos, etc.) (SILVA, 2000). Ademais, o passado de Cidade Imperial também é de importância notável, haja vista que Petrópolis era polarizada pela moradia do Imperador e não pela Igreja Matriz, como era de costume em colônias portuguesas (SILVA, 2000). Aliado a isso, há o fato de Petrópolis ter sido uma cidade planejada, com suas formas e funções pensadas e estabelecidas de modo a reproduzir as condições sociais do Rio de Janeiro, mas sem os problemas da capital.

Neste sentido, acredita-se que Petrópolis é uma área de estudo de extrema importância para análise da organização espacial, por ter um passado peculiar em relação às cidades da época. Aliado ao fato de ser usada nesta pesquisa de mestrado a metodologia que une Cartografia Histórica, Geotecnologias e as categorias de análise espacial propostas por Santos (1985).

Para melhor entendimento, destacar-se-ão os pontos-chave que vão reger a análise da organização espacial na área gênese de Petrópolis. A necessidade de respostas mais rápidas, mais detalhadas e com maior facilidade de interpretação de alvos, sobretudo urbanos, vem impulsionando uma constante evolução dos sensores orbitais, melhorando a resolução espacial das imagens geradas, além das resoluções radiométrica, espectral e também temporal. Nesta perspectiva, este trabalho gerou um mapa de cobertura da terra atualizado para a área de gênese do município de Petrópolis para ser comparado aos quarteirões, formas e feições urbanas contemplados pelo projeto urbanístico Plano de Povoação - Palácio Petrópolis.

Neste contexto de identificação de formas espaciais, Florenzano (2007) destaca que as imagens de satélite dão uma contribuição fundamental em estudos de dinâmica do Espaço Geográfico, pois possibilitam ao pesquisador, não só uma visão sinóptica, que facilita a identificação de objetos no espaço, como também, o poder de visualizar, processar, comparar e avaliar mudanças ocorridas em grandes porções da superfície terrestre.

A utilização do Sensoriamento Remoto e, portanto, de imagens de satélite, se justifica, porque representa um ganho para a pesquisa científica em termos de

trabalho, tempo e custo, pois atualmente pode-se contar com sensores orbitais com resoluções temporais favoráveis a estudos de dinâmica urbana, com baixo custo, quando não são distribuídos gratuitamente, e de fácil aquisição.

Outro ponto é o constante crescimento na utilização da Cartografia Histórica como recurso a estudos de evolução do espaço, visto que mapas históricos são documentos que ajudam o pesquisador a resgatar espaços em períodos pretéritos, evidenciando formas e feições muitas vezes já superadas.

Ainda no contexto das Geotecnologias, seu constante desenvolvimento também favorece a Cartografia Histórica, visto que os documentos cartográficos históricos poderão ter suas feições cartográficas digitalizadas e preservadas, havendo, desta maneira, possibilidade de consulta das formas urbanas no passado, além da maior facilidade no que diz respeito às análises espaciais necessárias.

No que diz respeito à perspectiva sócio-ambiental, observa-se que, atualmente, Petrópolis sofre com problemas decorrentes da ocupação de espaços que, segundo o plano de construção, não deveriam ser ocupados. Estes problemas, tais como enchentes e deslizamentos, são naturais, mas têm sua frequência e magnitude aumentada a partir do crescimento da ação antrópica sobre o espaço.

A pesquisa se justifica, portanto, pela relevância da ação conjunta das Geotecnologias e Cartografia Histórica, sem as quais, acredita-se que as análises de forma, função, estrutura e processo, apresentariam problemas relativos à profundidade dos resultados e, logo, na conclusão dos objetivos. Ademais, essa metodologia ajuda a observar o passado para facilitar o entendimento do presente e entender possíveis caminhos para o futuro.

2. REVISÃO TEÓRICO-CONCEITUAL DOS PONTOS-CHAVE ABORDADOS NA PESQUISA

A análise da organização espacial em Petrópolis é realizada com apoio de pontos-chave, cujos conceitos foram aprofundados neste capítulo, visando maior

esclarecimento sobre o tema proposto. A figura 1 dispõe como os pontos-chave se relacionam nesta pesquisa.



Figura 1 – Organização conceitual.

A discussão se inicia com uma contextualização histórica da estrutura sócio-político-econômica de Petrópolis, destacando pontos do plano de construção urbana e algumas formas espaciais importantes presentes na Planta de Petrópolis (1846). Posteriormente, trata-se dos conceitos referentes ao Sensoriamento Remoto e seus métodos referentes ao processamento digital de imagens. Ao final, discute-se o conceito de espaço urbano e as categorias de análise da organização espacial, propostos por Santos (1985).

2.1 Contexto histórico: apresentação da área de estudo e formas espaciais do passado

O município de Petrópolis possui, segundo o IBGE (2010), 295.917 habitantes, em uma área de 795,8 km². Em meio à Mata Atlântica, Petrópolis é a principal cidade

da Região Serrana do Rio de Janeiro, carregando também potencial turístico ligado não somente pela natureza, como também por seu cunho histórico, já que, em 1981, por meio de decreto, o então Presidente da República João Figueiredo, assegurou a Petrópolis o título de Cidade Imperial, o que fez elevar, frente à comunidade turística, o *status* da cidade (SOUZA, 2014).

O ideário de Cidade Imperial, concedido no decreto de João Figueiredo, de 6 de março de 1981, começou a ser construído muitos anos antes, quando, em busca de apoio político de influentes personalidades, D. Pedro I viajou até Minas Gerais, pernoitando nos arredores da Serra da Estrela, considerada a melhor hospedagem da região, causando no ilustre visitante um enorme encantamento pela paisagem (FROÉS, 2006).

Nos anos seguintes, D. Pedro I teve como destino a tão estimada fazenda de Padre Correia, mostrando apreço pela região, inclusive hospedando-se lá com a Família Real, em razão de doença de sua filha, Princesa Paula Mariana. Com o falecimento de Padre Correia, D. Pedro I fez uma oferta de compra desta fazenda à sua viúva, Arcângela Joaquina da Cunha Barbosa Correia da Silva Goulão. Contudo, com alegação de ser herança de família, a viúva negou tal oferta (SOUZA, 2014). Por indicação da viúva, D. Pedro I comprou a fazenda Córrego Seco, renomeando-a de Fazenda da Concórdia. Com a aquisição, D. Pedro I pretendia, segundo Taulois (2007), construir um palácio para abrigar a Família Real nos dias quentes do verão do Rio de Janeiro, além de fugir das condições insalubres da capital.

Contudo, Froés (2006) explica que as crises políticas no Império e divergências da sucessão da Coroa Portuguesa fizeram com que D. Pedro I abandonasse seus planos do Palácio de Verão. Em 1841, no entanto, com a coroação de D. Pedro II, o projeto Palácio de Verão foi retomado, aproveitando o arrendamento de parte das terras da fazenda da Concórdia e propriedades no entorno, de posse da Família Real, para quitação de antigas dívidas (SOUZA, 2014).

Retomado o plano de construção da residência de verão, Petrópolis teve seu planejamento iniciado, resultando em um processo incomum de iniciação urbana, pois não passou pelos processos normais de evolução de uma cidade. Ou seja, não seguiu

“um movimento espontâneo de povoamento’ quando numa certa localidade tinha início um processo de aglutinação gradativa de determinados indivíduos, em torno de um objetivo comum. A partir daí, aquela comunidade

embrionária prosseguia, passo a passo, em busca dos patamares mais elevados de uma cadeia evolutiva, passando pelas situações de Arraial - ou Povoação -, Vila e Cidade.” (FRÓES, 2006)

Atualmente, Petrópolis é dividida em cinco distritos. O primeiro distrito (figura 2), também chamado de Petrópolis, concentra o planejamento inicial da cidade, elaborado pelo Major do Exército Imperial Julio Frederico Koeler, cujo arrendamento da supracitada Fazenda da Concórdia recebeu do Mordomo da Casa Imperial, Paulo Barbosa.

A partir do Decreto Imperial nº 155 de 16 de março de 1843, também conhecido como Plano Koeler ou Plano de Povoação - Palácio Petrópolis (SOUZA, 2014), iniciou-se oficialmente o processo de edificação de Petrópolis, como se pode verificar no trecho abaixo:

“(...) arrendar a minha fazenda denominada “Córrego Seco” ao major dos Engenheiros Koeler pela quantia de um conto de réis anual, reservando um terreno suficiente para nele se edificar um palácio para mim, com suas dependências e jardins, outro para uma povoação que deverá ser aforada a particulares, e assim como cem braças dum e outro lado da estrada geral que corta aquela fazenda, o qual também deverá ser aforado a particulares em datas ou prazos de cinco braças indivisíveis, pelo preço porque se convencionarem, nunca menos de mil réis por braça: hei por bem autorizar o sobredito mordomo a dar execução ao dito plano sob estas condições. E outro sim autorizo a fazer demarcar um terreno para nele se edificar uma Igreja com a invocação de São Pedro de Alcântara (...) do qual terreno faço doação para este fim e para o cemitério da futura povoação.” (Decreto Imperial, 16 de março de 1843 *apud* RABAÇO, 1985, p. 48).

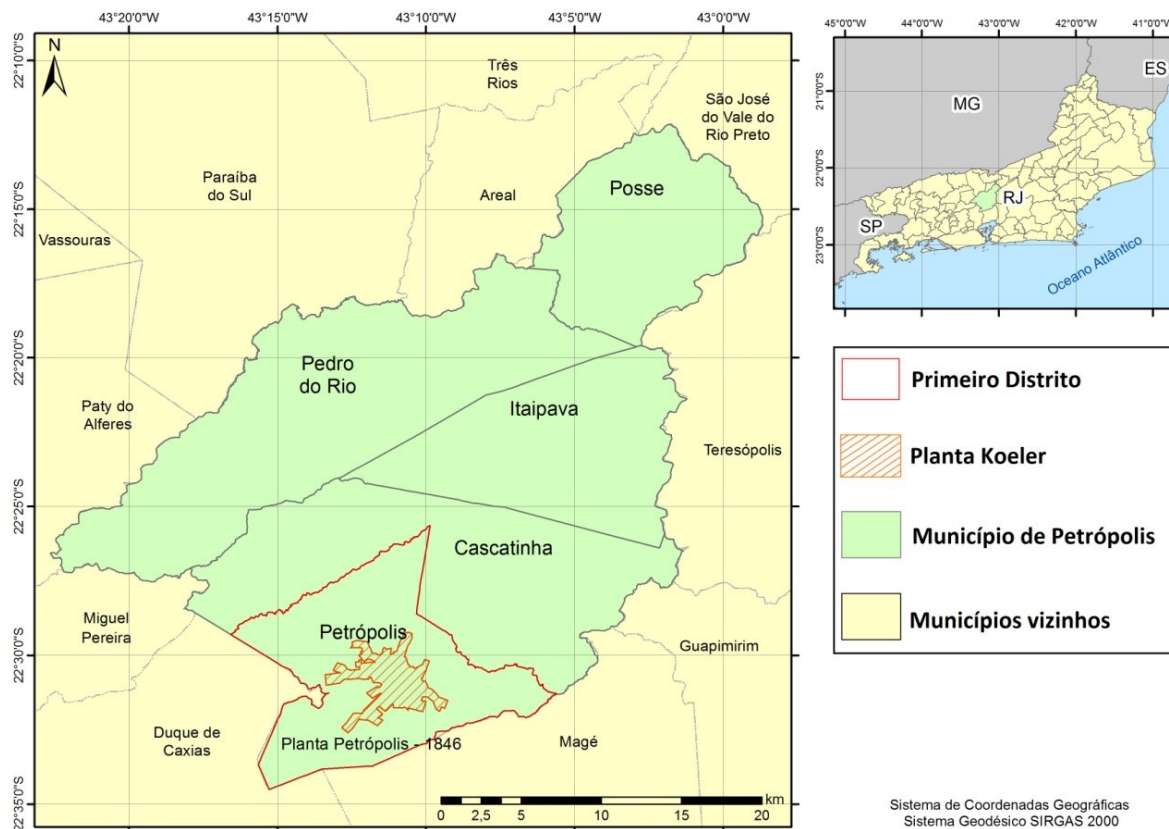


Figura 2–Área atual do município de Petrópolis, de seus cinco distritos e da área da Planta Koeler.

Este processo urbanístico liderado por Koeler teve influência das cidades européias, sobretudo das alemãs (FRIDMAN, 2001). Segundo Pedroso (2007), houve uma fuga da forte influência francesa da época, o que confere personalidade ao planejamento de Koeler. Já nessa época, o engenheiro tinha grande preocupação com a Mata Atlântica e os rios da região, tanto que, no desenvolvimento do plano urbanístico, proibiu a ocupação de topos de morros, onde seriam preservadas as matas, e traçou as vias da cidade acompanhando os três principais rios da região - Palatino, Quitandinha e Piabanha, evitando, dessa maneira, o desvio exagerado do curso natural dos mesmos, evidenciando moldes de cidade-jardim (SOUZA, 2014).

A preocupação com os rios e a topografia da região tem expressão nas edificações da cidade, no que diz respeito aos prazos de terra, pois Koeler configurou, segundo Souza (2014), os prazos de terra com suas frentes voltadas para os rios, contrariando o estilo colonial português, que tinha como padrão as edificações com os fundos voltados para os rios, em razão de serem considerados lugares de descarte de dejetos.

A cidade foi dividida no que foi chamado, à época, de quarteirões que possuíam graus de importância relativos à sua distribuição espacial. Os prazos dos quarteirões mais próximos ao Palácio Imperial eram aforados aos moradores com maior categoria social, de acordo com a avaliação da Família Imperial, ao passo que aqueles mais distantes do Palácio foram aforados aos colonos. Grande parte destes pertencia à classe de trabalhadores da construção da recém-criada cidade de Petrópolis, que, a princípio, dedicaram-se, principalmente, à atividade agrícola, para fins de abastecimento da elite das Villas Imperial e Theresa.

Seguindo os moldes alemães, as edificações residenciais ficam na parte da frente dos prazos e as fossas sépticas, na parte de trás, havendo, portanto, já naquela época, uma grande preocupação com o meio ambiente em Petrópolis. Além disso, no chamado Plano Koeler, estava posta a impossibilidade de divisão dos prazos de terra de forma paralela à sua frente, ou seja, em caso de herança, só era possível dividir tal prazo de forma perpendicular à sua frente. Dessa maneira, respeitava-se a composição espacial das formas estabelecidas anteriormente, em que a construção residencial ficaria com sua frente sempre voltada para o rio e a fossa séptica, para os fundos. Rabaço (1985) destaca que essas regras em relação aos prazos de terra são pontos de grande originalidade no plano urbanístico de Koeler. Segundo Souza (2014), Koeler estabeleceu um período de dois a quatro anos para as construções nos prazos de terra aforados e de, no máximo, um ano para a criação de cercas e muros no entorno destes, além da obrigatoriedade de avaliação prévia das fachadas destas construções.

Este plano urbanístico levou à confecção de um documento cartográfico de trabalho de Koeler, comumente chamado de Planta Koeler (figura 3), cuja atualização posterior deu origem a outros documentos históricos, como a Planta da Imperial Colônia de Petrópolis para guia dos visitantes (1854), elaborada por Otto Reimarus. Esta serviu de base para o estabelecimento da cobrança do laudêmio¹ e do IPTU da área da antiga Fazenda Imperial, que inclui a área gênese do município.

¹ Laudêmio é uma taxa paga até hoje à Família Imperial (por intermédio da Companhia Imobiliária de Petrópolis) sempre que ocorre uma transação de compra e venda (2,5% do valor total do imóvel) com escritura definitiva dos direitos de ocupação, ou aforamento de terrenos.



Figura 3– Planta de Petrópolis (1846) ou Planta Koeler.

Por estas peculiaridades, Petrópolis torna-se uma importante e proveitosa área de estudo, por concentrar em seu território diversas possibilidades de pesquisa, em diversas áreas do conhecimento e por oferecer uma considerável coleção de documentos cartográficos históricos que dão subsídios a adoção de pesquisas fundamentadas neste ramo da Cartografia.

2.2 Características do espaço urbano e o método de análise geográfica

Neste trabalho, o conceito de espaço urbano tem fundamental importância, pois é nele que se desdobraram todas as análises e é sobre ele que se incidem as reflexões inerentes a essas análises. No âmbito da Geografia, análises do espaço urbano e fazem na organização espacial, na análise das formas, das funções, estruturas e processos (CORRÊA, 1989). Entre os muitos espaços que a Geografia tenta entender, o espaço urbano tem em si grande complexidade, e esta complexidade se dá também pela justaposição de usos da terra no ambiente da cidade. Estes diferentes usos tendem a criar áreas de concentração, fragmentando, então, o espaço urbano como um todo (CORRÊA, 1989).

Contudo, Corrêa (1989) lembra que a fragmentação tem suas partes articuladas por fluxos que podem ser de pessoas que vão à outra parte da cidade trabalhar, visitar, procurar lazer, ou por fluxos de mercadorias, que são produzidas em um local e vendidas em outro, além de todo fluxo material que circula na cidade. Além disso, existem também os fluxos menos visíveis mantidos por uma cidade capitalista, que se configuram no espaço, como a circulação de decisões de investimentos de capital, salários, juros, prática do poder, etc. Se o espaço urbano é fragmentado e articulado por fluxos da sociedade, então é também reflexo dessa sociedade que o molda (CORRÊA, 1989).

Nesse sentido, se o espaço urbano é fragmentado, articulado e reflexo da sociedade, então é um espaço de conflitos, no qual, entende-se, portanto, que existe mais de um interesse agindo sobre ele. Esses interesses são atribuídos aos diferentes setores e grupos da sociedade, chamados por Corrêa (1989) de *agentes modeladores do espaço urbano*: proprietários dos meios de produção; proprietários fundiários; promotores imobiliários; o Estado; e os grupos sociais excluídos. A ação dos quatro primeiros agentes sobre o espaço urbano tem, sobretudo em uma cidade capitalista, mais poder que os grupos sociais excluídos, que, portanto, estarão condicionados à porção do espaço que lhes é designada. Neste contexto, o espaço urbano é, então, fragmentado, articulado, reflexo e condicionante social.

A diversidade de ações que os agentes desenvolvem no espaço urbano resulta em sua constante reorganização espacial que pode se dar de diversas maneiras, tais como densificação do uso do solo, ocupação de áreas impróprias para moradia,

deterioração de certas áreas, renovação de outras, emprego diferenciado de infraestrutura, polaridades diferenciadas, etc.

Na tentativa de analisar os diferentes espaços, Santos (1985) propõe um método para a Geografia. Este método é a análise da organização espacial e é, atualmente, base epistemológica da ciência geográfica. Neste sentido, a análise da organização espacial tem caráter essencial nos estudos geográficos. Os trabalhos de Santos (1985) e Corrêa (1986) têm destaque nesta perspectiva, sobretudo porque suas ideias são as que melhor se encaixam nas análises do espaço urbano de Petrópolis, e, a partir das concepções destacadas até agora, é preciso lembrar alguns pontos teóricos que farão parte das análises desta pesquisa.

O espaço urbano de Petrópolis, sobretudo a área gênese, preserva as formas espaciais que mostram toda a história pela qual passou, até os dias atuais. Ao percorrer as principais ruas e avenidas de Petrópolis, planejadas e construídas pelo Império Brasileiro, é possível identificar as formas do passado de vilegiatura, como o Palácio Imperial, o Palácio de Cristal, casas e palacetes construídos pela elite que frequentava Petrópolis sazonalmente. Junto dessas formas pretéritas, notam-se formas mais recentes, como prédios comerciais de vários pavimentos, edifícios residenciais multi-familiares e também os corriqueiramente chamados “puxadinhos”. Esse acúmulo de formas espaciais, datados de tempos diversos, em um mesmo espaço é definido por Santos (1978) como *rugosidades*. O espaço urbano é produzido continuamente pelos agentes atuantes na cidade, resultando em novas formas, às vezes, em detrimento das antigas; contudo, os agentes não dão conta de renovar a cidade por completo continuamente. Ou seja, sempre permanecerão as formas mais resistentes a esse processo de transformação do espaço urbano (SANTOS, 1985).

Sobre as transformações espaciais, resultantes das atividades humanas e produtivas, Carlos (1992) destaca que:

“Essa paisagem [espaço urbano] é humana, histórica e social; existe e se justifica pelo trabalho do homem, ou melhor, da sociedade. É produzida e justificada pelo trabalho enquanto atividade transformadora do homem social, fruto de um determinado momento do desenvolvimento das forças produtivas, e aparece aos nossos olhos, por exemplo, através do tipo de atividade, do tipo de construção, da extensão e largura das ruas, estilo e arquitetura, densidade de ocupação, tipo de veículos, cores, usos, etc.” (CARLOS, 1992, p. 38)

Dessa maneira, é importante entender que a produção urbana de uma cidade e, portanto, Petrópolis, é reflexo da sociedade a qual ela pertence, e as transformações em seu espaço refletirão o desenvolvimento das forças produtivas, aparecendo aos olhos de quem vê, através do tipo de atividade, do tipo de construção, da extensão e largura das ruas, densidade de ocupação, etc.

Com estes pressupostos teóricos, Santos (1985) dispõe as quatro categorias de análise utilizadas para entender a organização espacial e sua evolução no tempo. Esse entendimento, segundo Santos (1985) e Corrêa (1986), se dá com a análise em conjunto das *formas, funções, estrutura e processo*.

Santos (1985) define *forma* como sendo a concretude do espaço, materializada por casas, ruas, prédios, uma vila industrial, ou seja, é o aspecto visível do todo, referindo-se, ademais, ao arranjo ordenado dos objetos, a um padrão; a *função* se caracteriza pela atividade desempenhada por uma forma, que pode ser morar, comprar, etc. A *estrutura* pode ser entendida como a inter-relação entre as partes de um todo, ou seja, o modo de organização ou construção, não é um padrão espacial, não é visível, mas, como Corrêa (1986) explica, é a “natureza social e econômica de uma sociedade em um dado momento de tempo”. O *processo* se dá como uma ação contínua em direção a um resultado qualquer, levando, necessariamente, a mudanças.

Santos (1985) esclarece que sempre que há uma mudança na sociedade, há, então, mudança no espaço, nas formas, nos objetos geográficos, que podem ser do presente ou do passado, tendo suas funções alteradas. A mudança da sociedade (estrutura), das formas e funções ao longo do tempo (processo) leva a uma nova organização espacial. Nesta perspectiva, fica claro que, em qualquer ponto no tempo a estrutura social vai atribuir determinados valores às formas espaciais, tanto às recentes quanto às antigas (SANTOS, 1985).

É preciso salientar que a análise geográfica utilizando as categorias supracitadas só poderá atingir seu total objetivo se forem observadas as quatro categorias de forma conjunta. Ainda que sejam disjuntivas, as quatro categorias se completam e contribuem para uma visão holística do espaço analisado. Caso empreenda-se análise de qualquer uma das categorias isoladamente, corre-se o risco de uma mera descrição do espaço.

2.3 Sensoriamento Remoto: Geotecnologia de apoio ao retrato do presente

NOVO (2010) define Sensoriamento Remoto como sendo

“a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir de registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações” (NOVO, 2010, p. 28).

Neste trabalho, foi utilizado uma área do conhecimento dentro da Ciência da Informação Geográfica, que utiliza imagens e/ou produtos de Sensoriamento Remoto, chamada GEOBIA (Análise de Imagens Baseada em Objetos Geográficos). Esta passou a ser pesquisada e estruturada com maior ênfase a partir do início dos anos 2000 e teve como alguns motivadores a disponibilidade de imagens de alta resolução espacial, o desenvolvimento computacional e a percepção de que a análise por pixel não seria uma unidade espacial ideal, havendo no segmento uma aproximação para este fim. Nesta perspectiva, para melhor apresentar esta área do conhecimento, este trabalho abordou onde e como surgiu o conceito GEOBIA, seus variados aspectos e algumas de suas aplicações.

2.3.1 Análise de Imagens Baseada em Objetos Geográficos (GEOBIA)

Segundo Hay & Castilla (2008), em uma definição simples, GEOBIA é a análise de imagem de Sensoriamento Remoto da Terra, baseada em objetos geográficos. Mais especificamente, é um subcampo da Ciência da Informação Geográfica dedicada ao desenvolvimento de métodos automatizados para identificar em imagens de Sensoriamento Remoto objetos de imagem, e avaliar suas características por meio de escalas espacial, espectral e temporal, de modo a gerar nova informação geográfica em formato SIG.

SOUSA (2013) entende esta nova técnica como sendo um agrupamento de *pixels* adjacentes com valores de atributos semelhantes, constituindo, desta forma, os objetos. A segmentação, ou agrupamento, destes objetos respeita propriedades características como cor, textura, tamanho, forma, etc.

Para que o algoritmo realize a classificação de forma automática, é necessário que sejam adicionados parâmetros, funções e limiares, para identificar cada objeto na

imagem, podendo aliar, inclusive, dados de outras fontes e formatos (FEITOSA *et al.*, 2005), como vetores, por exemplo.

DEFINIENS (2007) ressalta que a utilização do conceito de objeto é peça-chave neste tipo de análise de imagens, visto que, a informação semântica necessária para a interpretação de uma imagem não está presente apenas no *pixel*, e sim em objetos da imagem e nas relações existentes entre eles.

O principal objetivo da GEOBIA é a geração de informação geográfica, a partir de produtos de Sensoriamento Remoto, por meio da qual pode ser obtida inteligência, que permite aos usuários perceber, interpretar e responder, de forma eficaz, algumas questões específicas, como mudanças no clima, gestão de recursos naturais, mapeamento do uso e cobertura da terra, entre outros.

Dessa forma, GEOBIA, como uma disciplina, desenvolve teorias, métodos e ferramentas suficientes para replicar a interpretação humana de imagens de Sensoriamento Remoto em formas semi-automatizadas/automatizadas, que por sua vez irá resultar em maior precisão, menor subjetividade, tempo e a tentativa de criar modelos padrões, que possam ser retrabalhados com parâmetros similares (HAY & CASTILLA, 2008). Este subcampo da Ciência da Informação Geográfica se destaca por possibilitar o particionamento de uma imagem em objetos, semelhante à forma como os analistas conceitualmente organizam a paisagem para compreendê-la. Estes objetos reduzem a carga do classificador computacional por ordens de magnitude, podendo o usuário tirar proveito de técnicas mais complexas, além de exibirem características importantes como forma, textura e relações contextuais com outros objetos, o que não é possível em pixels individuais.

Até o final da década de 1990, a classificação de imagens de Sensoriamento Remoto da Terra era produto de algoritmos que realizavam a verificação da resposta espectral de cada *pixel*, a fim de alocá-los em uma classe previamente estabelecida (BLASCHKE & STROBL, 2001). Então, a partir do final da década de 1990, foram lançados satélites que adquiriam imagens orbitais da Terra com resolução muito alta (*pixels* de 1 metro), possibilitando a melhor identificação de alvos geográficos na imagem. Contudo, a melhora substancial da resolução espacial trouxe novos problemas para a extração automática de feições geográficas nas imagens de Sensoriamento Remoto da Terra. Como lembra Pinho (2005), os *pixels* ficaram menores do que os alvos e para mapeamentos urbanos, por exemplo, esse fato

aumenta a variação dos números digitais dentro da mesma classe, como mostra a figura 4, que exemplifica a variação da resposta espectral de diferentes *pixels* dentro de um mesmo objeto ou tipo de cobertura, observando as curvas espectrais dos *pixels* do telhado, expostas nos gráficos (a), (b), (c), (d), (e) e (f).

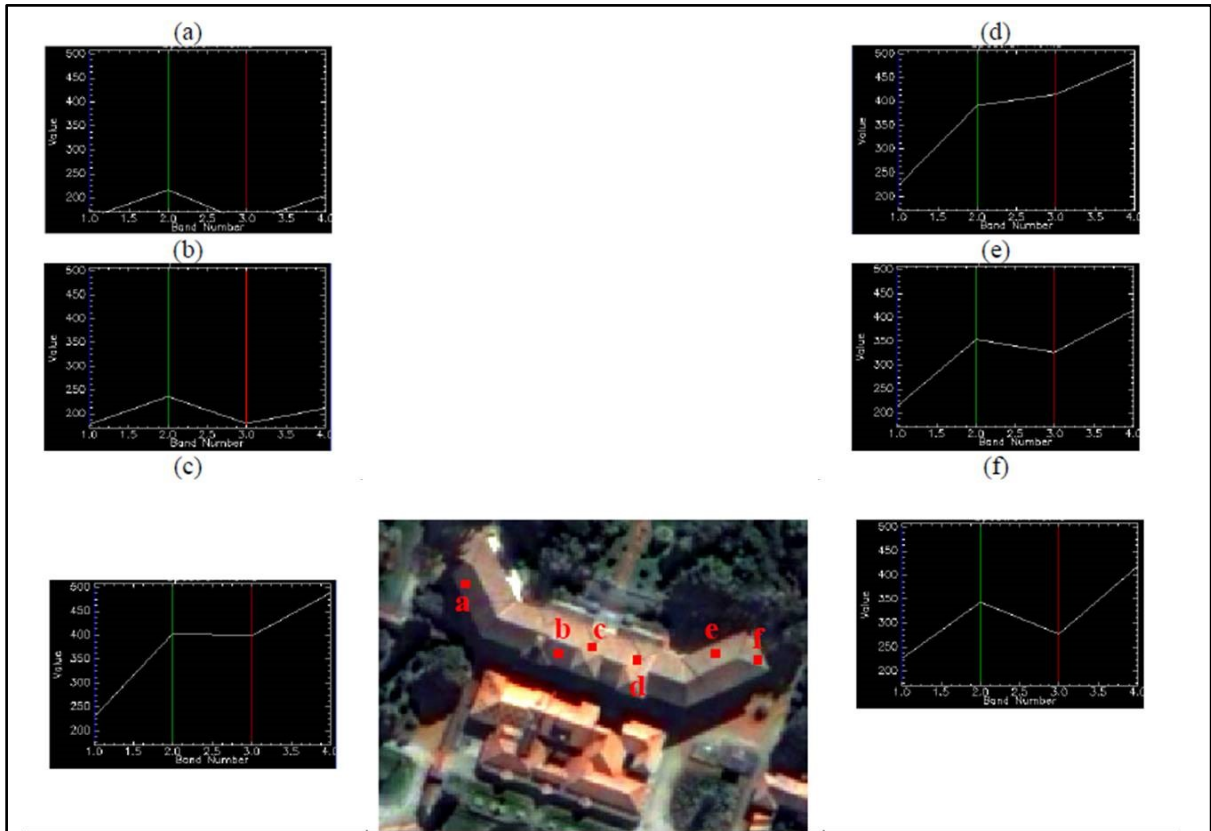


Figura 4—Exemplo de diferentes respostas espectrais de um mesmo objeto (PINHO, 2005).

Outra inconsistência é relacionada à abordagem *pixel-a-pixel* que apresenta, segundo (SCHIEWE, 2002; SCHIEWE E TUFFE, 2007; NEUBERT, HEROLD & MEINEL, 2005), eficiência reduzida devido a maneira de classificação, que se baseia somente nas respostas espectrais de cada pixel, deixando o mapa temático com um aspecto “*salt-and-pepper*” (sal e pimenta), como mostra a figura 5 (PINHO, 2005).

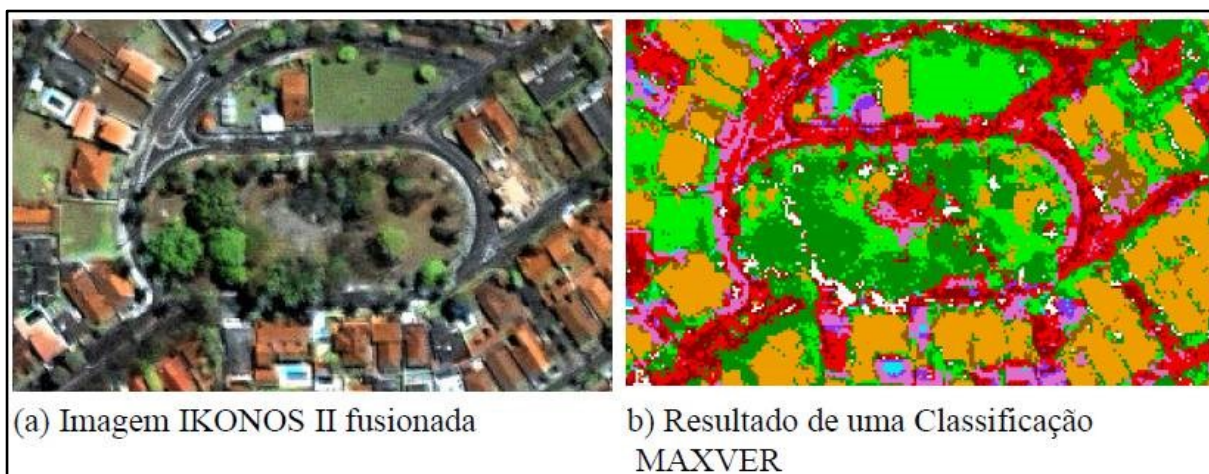


Figura 5—Exemplo de classificação pixel-a-pixel (PINHO, 2005).

É possível perceber na figura 5 que existe grande confusão de classificação no interior da área de qualquer uma das classes. Isso ocorre, porque o algoritmo faz a leitura da resposta espectral e interpretação de cada *pixel*, individualmente, e não da área da classe como um todo.

GEOBIA surgiu como uma alternativa a essa abordagem *pixel-a-pixel*, pois, utiliza técnicas de fotointerpretação que identificam na imagem a cor, textura, forma, localização, contexto, etc. A concepção desta abordagem se dá pela construção de regras geradas automaticamente por um sistema computacional, que utiliza as técnicas do fotointérprete para classificar produtos de Sensoriamento Remoto.

Sistemas computacionais que simulam técnicas de fotointerpretação são conhecidos como sistemas baseados em conhecimento (PINHO, 2005) e utilizados para classificar produtos de Sensoriamento Remoto da Terra de duas maneiras complementares: *modelagem do conhecimento* e *descoberta de conhecimento*. A classificação feita a partir da *modelagem do conhecimento*, que é a criação de um modelo de ação por parte do software que simula justamente a forma como o analista classificaria uma imagem, leva em consideração seu conhecimento sobre a área estudada e a relação entre os objetos, suas formas, etc. Já a classificação realizada por meio da *descoberta de conhecimento*, visa, a partir de amostras de objetos de cada classe, descobrir os atributos que melhor representam as classes trabalhadas.

No que se refere aos pontos negativos ou às possíveis fraquezas com que o usuário de GEOBIA se depara, Hay & Castilla (2008) destacam que alguns softwares comerciais, baseados em objeto, buscando ser “flexíveis”, fornecem opções

excessivamente complicadas, resultando em demorados 'ajustes' feitos pelos analistas.

Outro fator contra produtora é a existência de conjuntos de dados muito grandes para serem processados. Mesmo sendo GEOBIA mais eficiente que abordagens baseadas em *pixel*, segmentar uma imagem multiespectral com um número alto de *pixels* é uma tarefa que necessita de eficientes soluções de processamento. Por sua vez, a segmentação não tem solução exclusiva, logo, alterando a profundidade da sua pouca medida de heterogeneidade, pode levar a diferentes segmentações. Mesmo fotointérpretes não delineariam exatamente as mesmas coisas.

Hay & Castilla (2008) advertem também sobre a falta de consenso e pesquisa a respeito da relação entre objetos de imagem (segmentos) e paisagem-objetos (manchas), porque permanecem os questionamentos (i) de qual seria a base para confirmar que a segmentação derivada de objetos é representação fiel de unidades de paisagem estrutural-funcional, (ii) de como saber quando a segmentação está boa, e (iii) se existiria uma base conceitual formalmente declarada e aceita.

2.3.2 Mineração de dados e descoberta de conhecimento

Com o advento das Tecnologias de Informação, desenvolvem-se tudo o que a elas está atrelado. Nesse sentido, as diversas áreas do conhecimento que avançam junto com a computação geram dados e, na maioria das vezes, esses dados são produzidos em grandes volumes.

As grandes massas de dados produzidas dia após dia, ano após ano, tornam-se muitas vezes inutilizáveis, pois a demanda de trabalho para interpretar tais bancos de dados é sobre-humana. Em meados dos anos 1990, ainda em ambiente acadêmico, surgiram os primeiros *softwares* que fariam uma análise robusta das enormes massas de dados (SOUZA, 2012). A partir de então, a utilização de sistemas para análise robusta de banco de dados, à procura de ganho de conhecimento, chegou a outras aplicações fora da academia, como análise de mercado, controle de produção, medicina diagnóstica, gerenciamento de negócios, dentre outros (HAN & KAMBER, 2006).

Segundo Sousa (2013), existe um campo de atuação principal que trabalha com esses bancos de dados robustos, denominado Descoberta de Conhecimento em

Bancos de Dados (*Knowledge Discovery in Databases* - KDD). Sousa (2013) destaca ainda que a mineração de dados é a etapa da KDD que se encarrega dos métodos que serão utilizados para identificação de padrões nos dados analisados, a fim de servirem de parâmetros para atingir, da melhor maneira possível, um determinado objetivo final.

Han & Kamber (2006) destacam que uma das técnicas mais eficientes para a utilização da mineração de dados demanda utilização de árvores de decisão. Para Novack & Kux (2009) essas técnicas de mineração de dados podem ser utilizadas para separação de classes de mapeamento, provendo limiares mais objetivos para os descritores de cada classe, deixando para o analista a elaboração da rede hierárquica, o processo de segmentação e a coleta de amostras.

Apesar de ser um método de análise de dados que remonta à metade da década de 1990, não é muito antiga a utilização de mineração de dados para fins de mapeamentos da cobertura e/ou uso da terra. Martins & Fonseca (2009) valeram-se de mineração de dados para mapear o uso do solo em ambiente agrícola, utilizando imagem SPOT/HRG-5 com cinquenta e sete atributos de forma, textura, espectral e de posição. Após a análise, a árvore de decisão foi construída a partir de cinco atributos mais significativos do universo de atributos: dois de textura, dois espectrais e um de forma. Autores como Novack (2009) e Carvalho (2011) utilizaram a mineração de dados para definição dos melhores atributos para mapeamento do uso e cobertura do solo urbano, usando GEOBIA. Aliado à mineração de dados e GEOBIA, esses autores se valeram de imagens de alta resolução espacial, devido à necessidade de melhor reconhecimento da diversidade de alvos no espaço urbano. Já Sousa (2013) e Saito (2011) empregaram mineração de dados para definição dos melhores atributos para mapeamento em ambiente florestal.

Amo (2004) descreve as etapas para realização da mineração de dados:

1. Limpeza dos dados: eliminação de ruídos e dados inconsistentes;
2. Integração dos dados: integração de diferentes fontes de dados, produzindo um único repositório de dados;
3. Seleção: seleção de atributos de interesse do usuário;
4. Transformação dos dados: ajuste dos dados para um formato apropriado à aplicação de algoritmos de mineração;

5. Mineração: ponto-chave do processo, que consiste na aplicação de técnicas inteligentes (algoritmos) para se extrair os padrões de interesse;
6. Avaliação ou pós-processamento: etapa em que são identificados os padrões interessantes, de acordo com algum critério do usuário;
7. Visualização dos resultados: etapa em que são utilizadas técnicas de representação de conhecimento, a fim de apresentar o conhecimento minerado.

Visualmente, Amo (2004) exemplifica as etapas acima em um fluxograma, adaptado por Souza (2012), na figura 6:

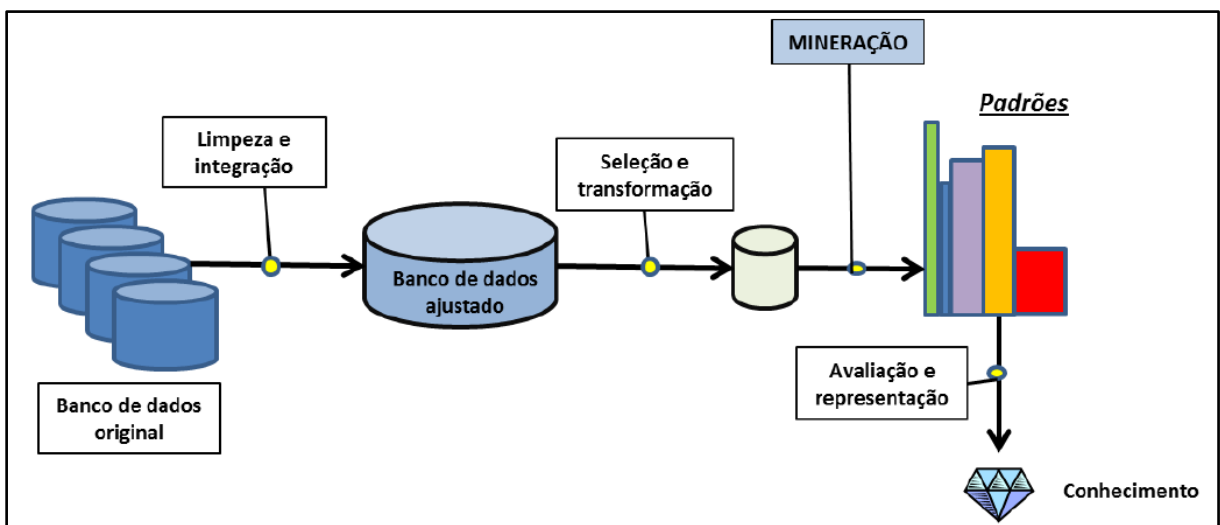


Figura 6– Etapas da mineração do KDD (SOUZA, 2012).

Amo (2004) ressalta que ao trabalhar com mineração de dados e, portanto, KDD, é necessário atentar-se a dois conceitos fundamentais: *tarefa* e *técnica*. A *tarefa* diz respeito à especificação do que se pretende encontrar nos dados, quais tipos de regularidades ou padrões ou até mesmo, como esclarece a autora, aquilo que foge do padrão rotineiro, como, por exemplo, quando uma quantia grande de dinheiro, sacada em um caixa eletrônico bem longe da cidade de residência do titular da conta, não se enquadra nos padrões construídos pela pessoa. A *técnica*, diz respeito à especificação de como descobrir os padrões que interessam ao analista.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para empreendimento do percurso metodológico, o trabalho foi dividido em quatro grandes etapas, como apresenta a figura 7.

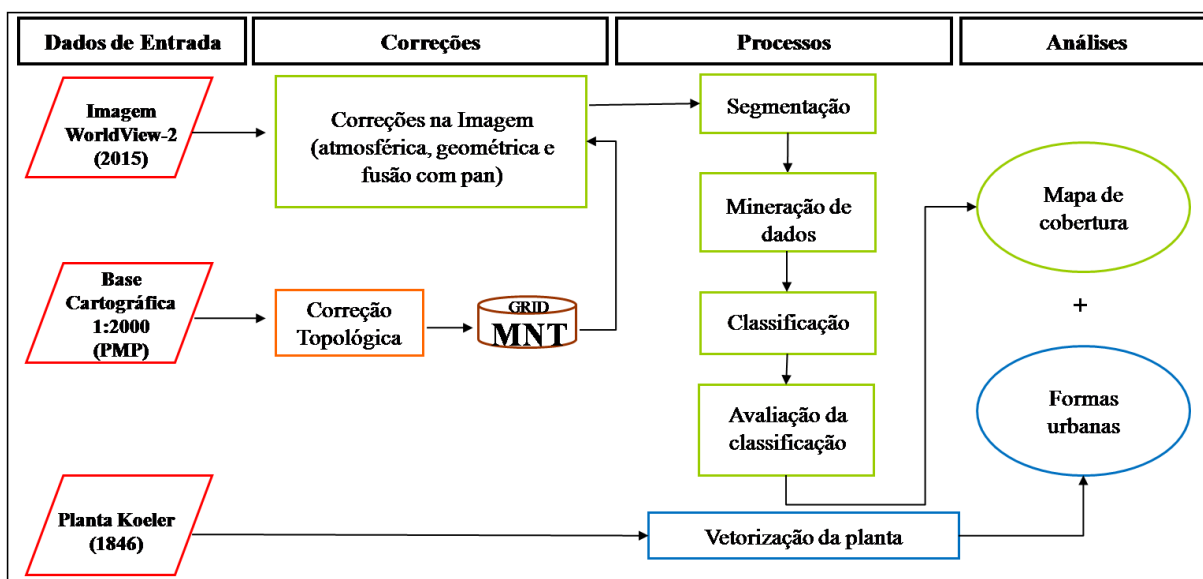


Figura 7–Fluxograma de trabalho.

A primeira etapa consiste na aquisição dos dados de entrada. Os dados são: base cartográfica na escala 1:2.000, da Prefeitura Municipal de Petrópolis; imagem orbital *WorldView-2* para a classificação da cobertura da terra; e a Planta Koeler, elaborada por Júlio Frederico Koeler no planejamento da construção de Petrópolis.

A segunda etapa consiste em processos de correção dos dados adquiridos na etapa anterior. Em detalhe, foi feita a correção da topologia de linhas na base cartográfica, para possibilitar a construção de um modelo numérico de terreno no formato GRID, a ser usado posteriormente na correção da imagem *WorldView-2*. Entende-se que, no processo de correção geométrica, o melhor produto em termos de modelo numérico de terreno deva ser utilizado, portanto, justifica-se o processo de correção de todas as linhas de curvas de nível e hidrografia da área da imagem.

A terceira fase consistiu no andamento dos processos de construção do mapa que foi analisado na quarta e última fase. Nesta última, com as correções feitas, foi realizado o processo de segmentação da imagem, repetidas vezes, até que os segmentos representassem da melhor forma possível os objetos geográficos na imagem. Em seguida, iniciou-se o processo de classificação da imagem *WorldView-*

2, utilizando Análise de Imagens Orientada a Objetos Geográficos (GEOBIA). Este processo resultou em um mapa temático da cobertura da terra na área da Planta Koeler (área gênese de Petrópolis), que foi submetida à avaliação temática para garantir a confiabilidade do produto cartográfico. Além disso, na terceira fase também foi realizada a vetorização das feições cartográficas da Planta Koeler, tornando possível a comparação dos prazos de terra e quarteirões com o mapa de cobertura da terra.

Na última fase, com os produtos cartográficos prontos, foi possível realizar a análise das formas espaciais de Petrópolis, na sua construção e nos dias atuais, aliada ao estudo da estrutura social que modificava essas formas ao longo do tempo.

3.1 Dados de entrada

Em relação aos dados de entrada, foi obtida a base cartográfica na escala 1:2.000, da Prefeitura Municipal de Petrópolis, a fim de construir um modelo numérico de terreno para ser usado na correção geométrica da imagem *WorldView-2*. Além disso, estas bases forneceram as informações das edificações, que auxiliarão na identificação de formas urbanas em Petrópolis, de acordo com a estrutura social atual, como por exemplo, as servidões e escadarias.

Bases cartográficas digitais podem apresentar problemas quanto à topologia, portanto, foram feitos testes em SIG para a checagem destes problemas. O processo de correção consistiu em editar linhas de curva de nível e de hidrografia, além de reconstruir as linhas antes descontínuas destas feições.

A imagem *WorldView-2*, utilizada neste trabalho, foi adquirida com data de imageamento de 28/04/2015. As características do satélite e o sensor estão na tabela 1.

Tabela 1–Características do sensor a bordo do satélite *WorldView-2* (CARVALHO, 2011).

Sensor	Pancromático (PAN)	Multiespectral (MS)
Bandas e Resolução Espectral	Pancromática: 450 - 800 nm	Coastal: 400 - 450nm Blue: 450 - 510 nm Green: 510 - 580nm Yellow: 585 - 625 nm Red: 630 - 690 nm Red Edge: 705 - 745 nm NIR-1: 770 - 895 nm NIR-2: 860 - 1040 nm
Resolução espacial	Pancromática: 46 cm* GSD** no nadir, 52 cm GSD a 20° fora do nadir Multiespectral: 1,85 m* no nadir GSD**, 2,07 m GSD** a 20° fora do nadir	
Resolução radiométrica	11 bits	
Área imageada	16,4 km no nadir	
Resolução temporal	1,1 dias no nadir e 3,7 dias a 20° fora do nadir	

* Dados liberados mediante autorização do Governo dos EUA.

** GSD – *Ground Sample Distance*.

Fonte: DigitalGlobe (2010).

3.2 Correções dos insumos cartográficos

3.2.1 Correção topológica

Fez-se adequação da base cartográfica 1:2.000 da Prefeitura Municipal de Petrópolis (PMP) às regras topológicas. Para tanto, foi construído um Banco de Dados Geográfico para abrigar as linhas desta base cartográfica, a fim de realizar uma consulta a erros topológicos de sobreposição e descontinuidade de linhas, etc.

Dentre as edições feitas na base, destaca-se a correção de sobreposição (figura 8A) e a vetorização das descontinuidades nas linhas de curva de nível (figura 8B). Estes procedimentos são importantes, já que esta base cartográfica servirá de insumo para a criação do modelo numérico de terreno.

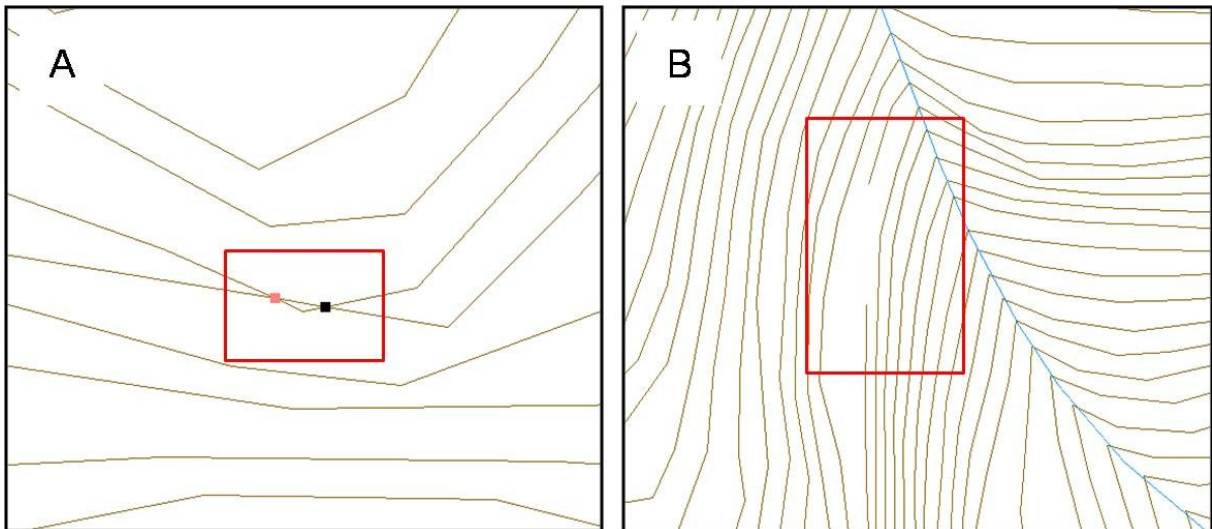


Figura 8 – Exemplos de correção da topologia da base cartográfica 1:2.000.
A: correção de sobreposição. B: vetorização de descontinuidades.

A escolha desta base cartográfica de grande escala para geração do modelo digital de elevação deve-se à resolução espacial da imagem *WorldView-2*, que é de 50 centímetros na pancromática e 2 metros na multiespectral. Dessa maneira, entende-se que quanto mais detalhadas forem as informações cartográficas, mais preciso será o modelo e, portanto, melhor será o produto da correção geométrica.

3.2.2 Correção atmosférica

Muitas vezes, o procedimento de correção atmosférica deve ser adotado por usuários de Sensoriamento Remoto, visto que existem interações entre a radiação solar e a radiação refletida pela superfície terrestre com componentes presentes na atmosfera. Estas interações podem ser o espalhamento ou absorção da energia eletromagnética, que levam a mudanças na direção de propagação e até mesmo perda dessa energia, podendo afetar a correta interpretação dos alvos terrestres.

Assim, Antunes *et al.* (2017), entendem que “a correção atmosférica tem por objetivo, corrigir distorções que distanciam as curvas espectrais da radiância aparente da realidade espectral dos objetos imageados, permitindo, assim, acessar as propriedades espectrais desses objetos”. Ponzoni & Shimabukuro (2012) lembram que existem pelo menos dois tipos de algoritmos bastante comuns de correção atmosférica. Um deles, proposto por Chavez (1988), chama-se *Dark Object Subtraction – DOS* e o outro, são os modelos de transferência radiativa, como o

Moderate Spectral Resolution Atmospheric Transmittance – MODTRAN, que foi utilizado nesta pesquisa.

O primeiro, resumidamente, avalia a diferença entre *pixels* escuros, que deveriam ter o valor do número digital igual a zero. Desta forma, ele aplica a diferença entre o valor do número digital que este *pixel* escuro apresenta e o valor que deveria ter (zero) a todos os outros *pixels* da imagem. Segundo Ponzoni & Shimabukuro (2012), uma das principais críticas a esse método é que, além de assumir que toda a atmosfera referente à área da imagem é homogênea, essa correção considera apenas o fenômeno do espalhamento da atmosfera, desprezando completamente o de absorção. O segundo método utiliza o meio computacional para permitir que o usuário entre com os parâmetros referentes à atmosfera, como nível de vapor d'água, Ozônio e tipos de aerossóis, a fim de simular com mais variedade e coluna atmosférica no momento da passagem do satélite.

3.2.3 Fusão de imagens

A imagem *WorldView-2* tem a grande vantagem de possuir oito bandas multi-espectrais, de dois metros de resolução espacial e uma pancromática de meio metro de resolução espacial. Para melhor aproveitamento deste produto, é utilizada a técnica de fusão de imagens.

A fusão de imagens, segundo WALD (1999), pode ser entendida como uma técnica de obtenção de um produto sintético que traz as melhores características de seus produtos-base. Em Sensoriamento Remoto, significa dizer que ao fusionar uma imagem multiespectral com uma imagem pancromática, o usuário terá como produto uma imagem multiespectral com melhor resolução espacial. As técnicas de fusão de imagens visam gerar produtos que aumentarão a identificação de alvos terrestres e, portanto, foi utilizada, neste trabalho, permitindo maior ganho no processo de segmentação da imagem e, conseqüentemente, maior ganho na identificação das formas espaciais de Petrópolis.

3.2.4 Correção geométrica

A correção geométrica pode ser entendida como uma correção pontual do pixel de uma imagem em relação à elevação do relevo no momento de sua tomada, acarretando no correto posicionamento deste pixel (SCHOWENGERDT, 2007).

Utilizou-se na correção geométrica o método RFM (*Rational Function Model*), que faz uso de pontos de controle (GCP, ou *Ground Control Points*), um modelo numérico de terreno e os RPC (*Rational Polynomial Coefficients*). Este último, fornecido junto com a imagem *WorldView-2*.

Anterior à coleta dos pontos de controle em campo, foi realizada uma checagem de áreas bem distribuídas na imagem onde tais pontos deveriam constar. Após essa tarefa, foram selecionados 41 pontos na imagem em feições que seriam de fácil identificação tanto na imagem quanto no terreno, como exemplo da figura 9.



Figura 9—Exemplo de feição identificável tanto na imagem, quanto em campo utilizada para posicionar receptor GNSS.

Após a seleção em gabinete, foi possível ir a campo realizar o levantamento das coordenadas dos pontos pré-selecionados. Esse levantamento foi feito com os receptores GNSS *Pro-Mark 2* e *Pro-Mark 3*, que possibilitaram, após o processamento dos pontos, realizar a correção geométrica da imagem, apoiada no modelo numérico de terreno, gerado a partir da base cartográfica já corrigida topologicamente.

3.3 Modelo numérico de terreno

Segundo FELGUEIRAS (1997) modelos numéricos de terreno (MNT) têm como principal característica a utilização de coordenadas x , y associadas a uma variável z . Esta variável z pode conter valores de elevação de cada coordenada x , y . MNT são modelos computacionais de representação da superfície terrestre, cuja elaboração

considera as características físicas presentes no espaço, tais como a hidrografia e pontos cotados. Há alguns anos, o uso de MNT vem crescendo, seja para visualização 3D, em sobreposição com imagens orbitais ou como um fator fundamental de análises ambientais.

Comumente é visto na literatura dois MNT, o de *Grade Regular* e o de *Redes Triangulares* (CÂMARA *et al.*, 2001). Segundo Câmara *et al.* (2001), o modelo de Grade Retangular (figura 10A) oferece uma configuração em que elementos da matriz se associam a um valor numérico, compondo uma representação matricial. É necessário, para células da matriz que não apresentem valores de elevação, estimar estes valores a partir das medidas de elevação de sua vizinhança, resultando na chamada interpolação de dados.

O outro modelo é o de *Redes Triangulares* (ou do inglês *TIN*, “*Triangular Irregular Network*”) que, segundo CÂMARA *et al.* (2001), é

“uma estrutura do tipo vetorial com topologia do tipo arco-nó e representa uma superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas. Para cada um dos três vértices da face do triângulo são armazenadas as coordenadas de localização (x, y) e o atributo z, com valor de elevação ou altitude”. (CÂMARA *et al.*, 2001, p. 2-16)

Neste modelo também é utilizada a interpolação de dados e, com isso, é possível obter dados de elevação para qualquer ponto na face de cada triângulo gerado (figura 10B).

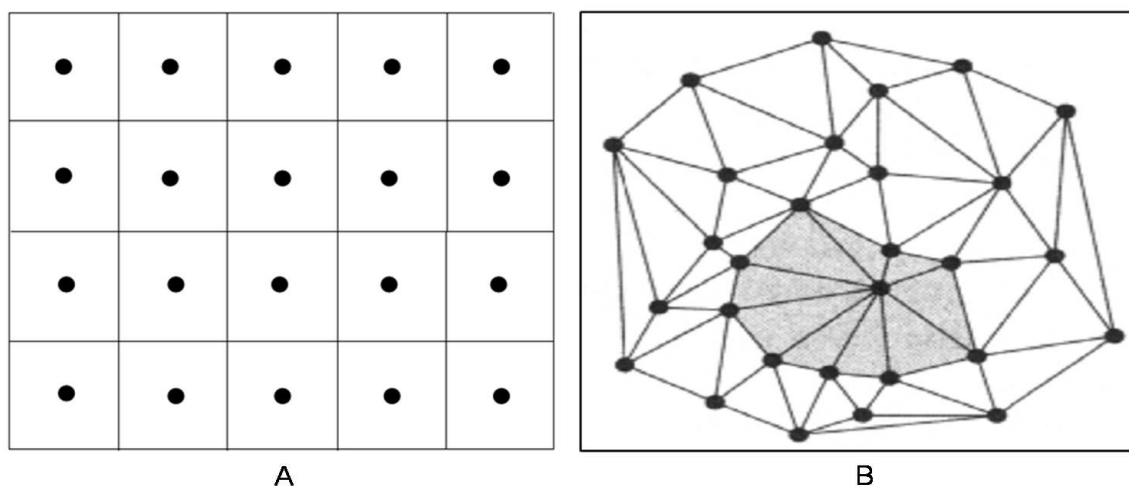


Figura 10 – A - grade regular; B - rede triangular (ou TIN) (adaptado de FERNANDES, 2004).

Para a utilização do MNT na correção geométrica da imagem *WorldView-2*, é necessário que este seja de Grades Regulares, para atender às exigências do *software*. Dessa forma, foi construído um modelo numérico de terreno hidrologicamente consistente (MNTHC), a fim de ser o mais detalhado possível no que diz respeito à topografia, para garantir o sucesso da correção geométrica.

3.4 Processamento digital de imagens

3.4.1 Segmentação

Partindo do produto das correções feitas na etapa anterior, deu-se início à etapa de processamento digital de imagens. O primeiro processo executado foi a segmentação da imagem *WorldView-2*, com o propósito de criar polígonos que agrupassem *pixels* da imagem com características semelhantes, sejam elas forma, resposta espectral, tamanho, textura, etc.

No processo de segmentação, não existem limiares padronizados, como por exemplo, fator de escala. Foi necessário, então, gerar alguns resultados da segmentação para que os parâmetros fossem aperfeiçoados, até que os segmentos estivessem coerentes com os objetos geográficos visualizados na imagem.

Levando em consideração que grande parte da imagem trabalhada apresenta área urbana, foi decidido dar um peso maior à propriedade de formas dos objetos para que a segmentação respeitasse os limites mais regulares dos objetos urbanos. Este é um processo trabalhoso e demorado, visto que existe, em ambiente urbano, uma quantidade variada de objetos, com formas e respostas espectrais bem diversificados, exigindo, portanto, que haja uma lógica nos parâmetros, além de vários testes, até que o produto esteja contemplando bem os limites dos objetos.

O processo de segmentação de uma imagem orbital é um dos procedimentos mais importantes para GEOBIA, visto que nesta fase são criados os segmentos que representam os objetos geográficos expostos na imagem, para, então, classificá-los segundo os critérios pré-estabelecidos. Nesse sentido, houve preocupação com este processo e muitas tentativas foram feitas até que se chegasse a um nível pertinente de representatividade dos objetos geográficos pelos segmentos.

Pinho (2005) e Carvalho (2011) utilizaram diversos níveis de segmentação, utilizando quadras da área de estudo e suas ruas como super objetos, repetindo o

procedimento no interior destes, criando assim, níveis de segmentação cada vez menores. Essa metodologia é bastante útil quando o interior do espaço urbano é bem delimitado, o que não é o caso de Petrópolis. Como a área urbana de Petrópolis está inserida entre morros, as ruas seguem um padrão irregular e não fecham quadras, na maioria da área de estudo. Além disso, a utilização de quadras poderia inviabilizar a análise desta pesquisa a partir dos quarteirões de Koeler. Desta forma, optou-se por realizar a segmentação em toda a imagem, procurando sempre melhor representar os objetos no interior da área urbana.

3.4.2 Mineração de dados e descoberta de conhecimento

Após o processo de segmentação, com os objetos bem representados, foi iniciada a etapa de mineração de dados. Assim como foi exposto no subcapítulo 2.3.2, a mineração de dados avalia atributos em um banco de dados, geralmente grande, à procura de padrões que melhor representam as classes pré-definidas. Dessa forma, no *software eCognition*, foram selecionadas amostras para cada classe, como pode ser visto na tabela 2.

Tabela 2– Amostras de cada classe.

Classe	Descrição	Amostras
Asfalto	Segmentos de asfalto	356
Telhados Brilhantes	Todo tipo de cobertura de edificação com brilho alto	446
Telhados Cerâmica	Telhados de cerâmica, cor coral	1374
Telhados Cinzas	Geralmente lajes sem cobertura, cor cinza	615
Outros	Segmentos de rochas, água, piscina, grandes sombras, solo exposto e outras coberturas	617
Vegetação	Grandes apanhados de segmentos de vegetação florestal, além de áreas de gramínea	17304

Após a seleção das amostras, foram escolhidos mais de 160 atributos que seriam analisados no *software WEKA*. O *software eCognition* possui centenas de atributos (ou descritores) disponíveis para serem utilizados em seus processamentos, portanto, optou-se por utilizar o máximo possível, a fim de que o minerador tivesse uma gama extensa de possibilidades para achar os padrões desejados. Após a geração

das estatísticas dos atributos para cada um dos segmentos amostrais, foi exportado como arquivo csv e editado, com o propósito de retirar incongruências e caracteres que o *WEKA* não identifica. No *WEKA*, foi inserido o arquivo csv no módulo de mineração de dados J48, que utiliza o algoritmo C45, criando árvores de decisão que vão particionando os limiares dos atributos até que se chegue ao padrão mais descritivo de cada classe.

Ao final desse processo, a árvore de decisão foi transposta para o *eCognition*, respeitando a hierarquia dos atributos e seus limiares. A partir de então, foi feita uma intensa verificação visual da classificação da imagem e, quando a avaliação visual foi considerada pertinente e coerente com a área de estudo, foram feitas avaliações quantitativas do mapa temático gerado. Estas avaliações são clássicas, presentes em diversos trabalhos que apresentam produtos de Sensoriamento Remoto, tais como: a matriz de confusão, coeficiente *Kappa*, acurácia global e acurácia por classe (CONGALTON & GREEN, 2009). Desta forma, foi possível avaliar, estatisticamente, a qualidade do mapa temático gerado na etapa de processos.

3.5 A Planta Koeler

A origem das formas espaciais da área gênese de Petrópolis é a Planta de Petrópolis (1846) (Planta Koeler) que foi restaurada pela Cia. Imobiliária de Petrópolis, proprietária do documento. Anterior ao processo de restauro, foi feita uma tomada fotográfica da Planta Koeler e esta imagem foi georreferenciada a partir de dados vetoriais de vias e hidrografia da base cartográfica 1:10.000, da Prefeitura Municipal de Petrópolis, alcançando a escala de uso de 1:50.000 (LAETA, inédito). Utilizando o *raster* georreferenciado, Laeta (inédito) vetorizou todos os quarteirões construídos por Koeler.

Com base nos quarteirões, foi feito, então, o georreferenciamento da Planta Koeler restaurada e digitalizada. Foram utilizados todos os vértices dos quarteirões para garantir o melhor posicionamento possível. A partir daí, foi feita a vetorização dos prazos de terra para serem utilizados nas análises posteriores, como mostra a figura 11.



Figura 11—Processo de vetorização dos prazos de terra da Planta Koeler.

4. RESULTADOS DOS PROCESSAMENTOS DOS INSUMOS CARTOGRÁFICOS

4.1 Fusão de imagens

Como dito anteriormente, foi utilizado nesta pesquisa o *MODTRAN* para correção atmosférica da imagem *WorldView-2*. O procedimento é simples e os parâmetros são extraídos, em sua maioria, dos metadados da própria imagem. O resultado da correção atmosférica é a imagem com as interferências da atmosfera corrigidas ou diminuídas. Desta forma, buscou-se reproduzir, da forma mais fiel possível, o modelo atmosférico do primeiro distrito de Petrópolis, no mês de abril, em área urbana, com clima tropical.

Não estava disponível, no entanto, uma maneira quantitativa de avaliar o produto da correção atmosférica, restando apenas a comparação entre os resultados com os mais variados modelos de aerossóis, o que ofereceu, portanto, uma avaliação visual e qualitativa para a imagem.

Ao encontrar o melhor resultado possível, deu-se início à fusão das bandas multiespectral e pancromática. Este procedimento, gerou uma imagem híbrida, de cinquenta centímetros de resolução espacial e oito bandas do espectro eletromagnético.

Seguindo os resultados obtidos nos testes de Pinho *et al.* (2005) para uma imagem de alta resolução espacial, foi utilizada a técnica *Gram-Schmidt* para fazer a fusão das bandas multiespectrais e pancromática. Levando em consideração que não há uma forma quantitativa realmente eficaz para avaliar o produto da fusão de imagens, foi feita uma avaliação visual, com a preocupação de observar os detalhamentos de feições geográficas importantes, que deveriam ser discriminadas pelo processo de segmentação. A figura 12 apresenta a diferença entre as imagens antes e depois da fusão. Todos os procedimentos que se sucederam foram feitos, então, com a imagem-produto da fusão de bandas, devido às suas excelentes características, em que é possível perceber a riqueza de detalhes visuais.



Figura 12 - Imagem multiespectral bruta (A) e imagem fusionada (B), na mesma composição.

4.2 Modelo numérico de terreno

Como dito anteriormente, era necessário construir um MNT de Grades Regulares, para que este pudesse ser utilizado na etapa de correção geométrica. O MNT da área de estudo foi construído com dados de curva de nível, pontos cotados, hidrografia, lagos, lagoas e reservatórios e uma área de limite. Essa área de limite é a área da imagem *WorldView-2*, acrescida de dois quilômetros, na tentativa de minimizar o efeito de borda no modelo.

Houve preocupação com os dados cartográficos referentes ao modelo, no que diz respeito à sua integridade. Além da correção topológica exposta anteriormente, foi feita uma verificação minuciosa em cada segmento de hidrografia, a fim de garantir que o sentido desses segmentos fosse sempre montante-jusante, como ocorre em ambiente físico. A figura 13 apresenta este procedimento, onde percebe-se que o vértice final do segmento está, pelas curvas de nível, mais baixo que o vértice inicial.

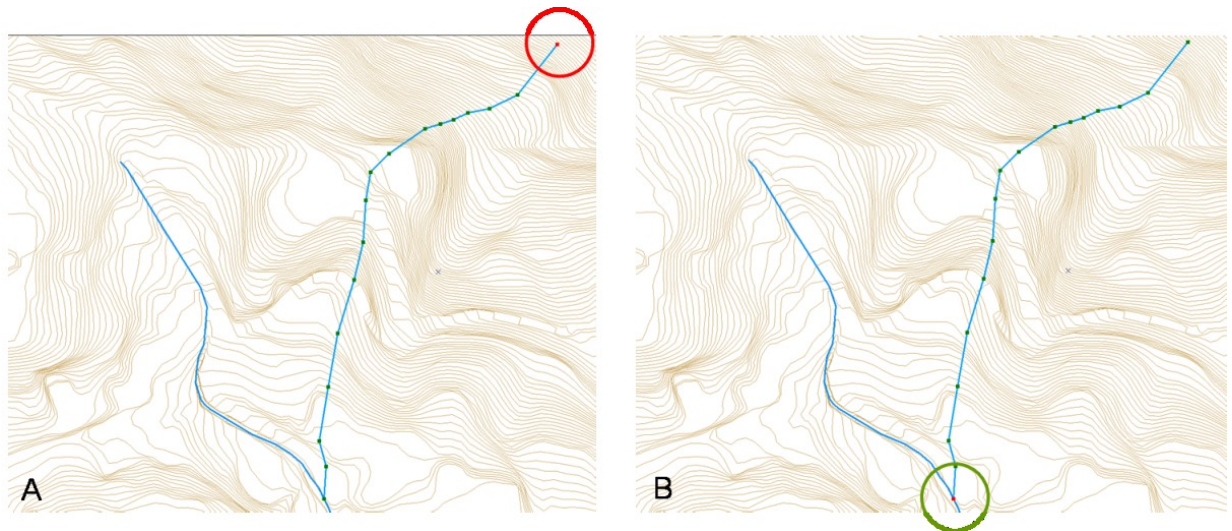


Figura 13–Verificação do sentido montante-jusante nos segmentos de hidrografia. Na parte A, errado; na parte B, correto.

Com os dados cartográficos verificados e/ou corrigidos, foi possível, então, construir o modelo, com resolução espacial de 1 metro (1x1 metro), como pode ser visto na figura 14.

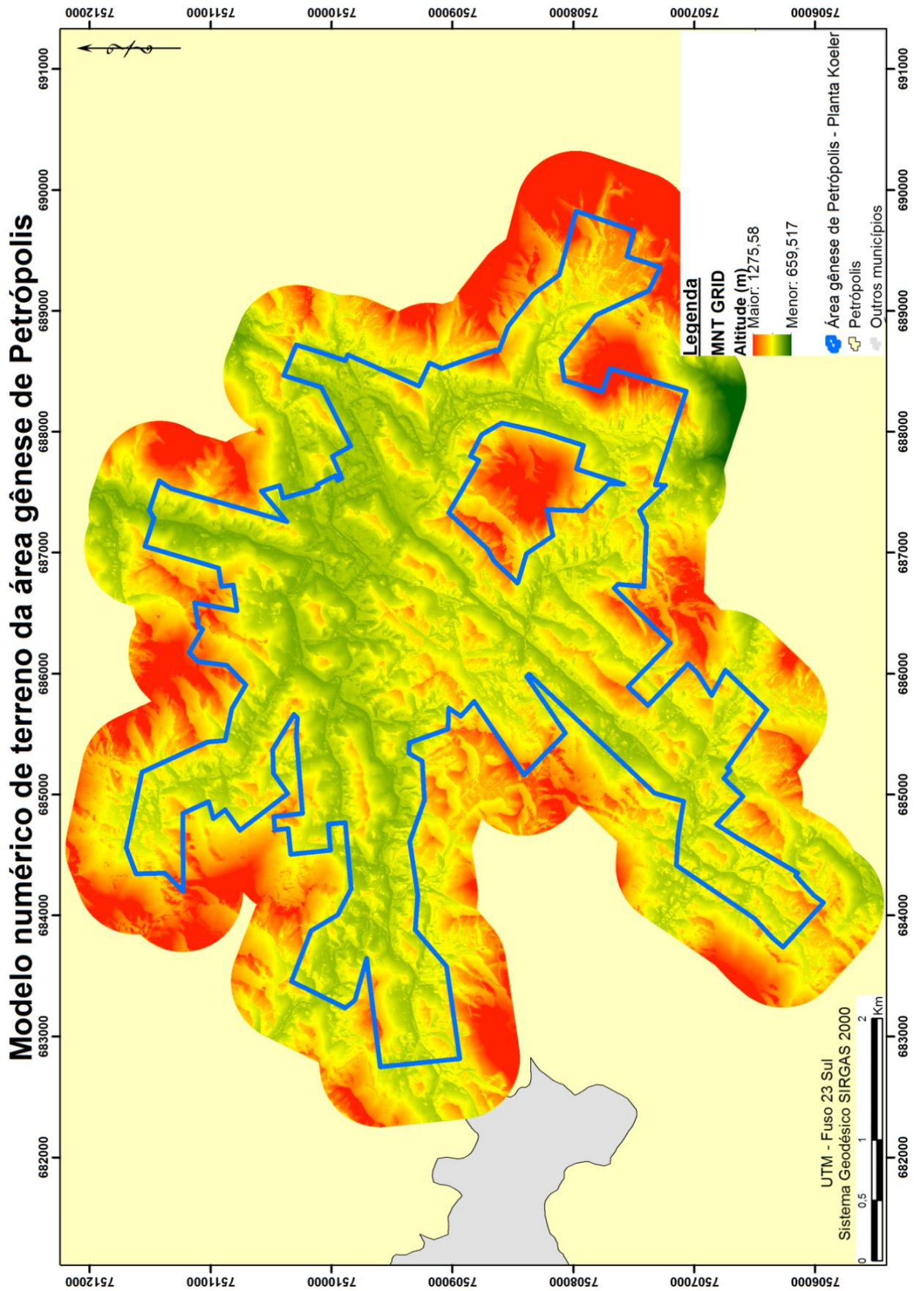


Figura 14 – MNT da área de estudo.

4.3 Correção geométrica

A correção geométrica é parte fundamental para a continuidade do trabalho, pois ela vai permitir que sejam justapostas as diversas camadas que compõem a análise do espaço urbano.

Para tanto, foram adquiridos 38 pontos em campo e processados 35 pontos em gabinete, distribuídos em toda a área correspondente à imagem, utilizando os receptores GNSS Promark-2 e Promark-3. Em campo, a primeira tarefa foi criar uma base, ou seja, um local seguro e de fácil acesso para deixar um dos receptores GNSS coletando coordenadas. Foi necessário rastrear, ao mesmo tempo, as coordenadas na base e em um ponto conhecido, com exatidão comprovada. Tal ponto escolhido para a criação da base é o SAT 91870 do IBGE, localizado no distrito de Itaipava, em Petrópolis/RJ. Este procedimento teve duração de, aproximadamente, oito horas, assegurando, desta forma a confiabilidade do procedimento, minimizando os erros de interferência.

Após a criação da base, foi possível levantar as coordenadas dos pontos selecionados previamente em gabinete, sempre posicionando o receptor GNSS no local exato que foi selecionado na imagem *WorldView-2*. Importante lembrar que para a aquisição de coordenadas nos pontos previamente selecionados, é necessário que o receptor GNSS da base esteja ativado e coletando coordenadas, ao mesmo tempo em que os outros, pois as coordenadas da base servirão como uma referência de maior exatidão e irão auxiliar na correção das demais. Para cada um dos pontos levantados, o receptor GNSS coletava um par de coordenadas a cada segundo; este processo ocorria durante, no mínimo, quarenta minutos. Em alguns pontos, a interferência na recepção do sinal dos satélites era grande, então o procedimento era abortado e a equipe era realocada para o ponto mais próximo, também selecionado em gabinete. A figura 15 apresenta os pontos levantados em campo.

Para cada ponto que uma equipe levantava, um relatório previamente construído era preenchido com informações de PDOP (interferência no sinal dos satélites), horário de início, horário de fim, variação do PDOP, equipe responsável, o receptor utilizado, data e fotos orientadas para Norte, Sul, Leste e Oeste. Além disso, nesse relatório também continha imagens *Street View* da Google, mostrando, a nível de rua, a localização do ponto, para facilitar a identificação por parte das equipes.

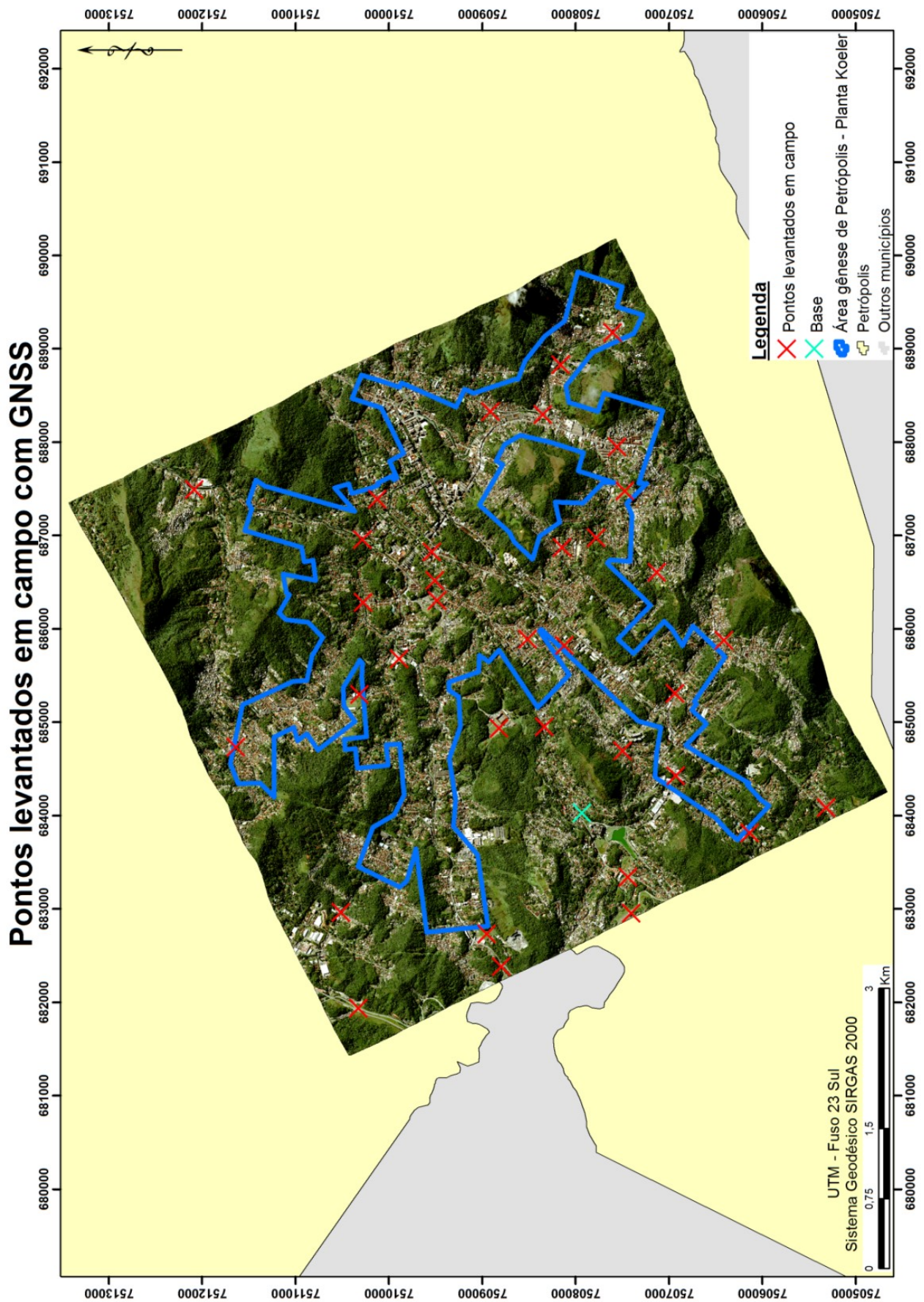


Figura 15—Mapa de distribuição dos pontos levantados em campo.

Caso o local exato do posicionamento do receptor GNSS não estivesse disponível, o mesmo era posicionado em alguma feição que pudesse ser vista na imagem bem próxima da posição original. Essa mudança deveria constar no relatório, bem como a criação de um croqui detalhado, mostrando as formas/feições geográficas presentes no espaço, a posição original e a nova daquele ponto, para que na correção geométrica, fosse selecionada, na imagem, a posição que foi utilizada.

Após todos os pontos disponíveis terem sido coletados, já em gabinete, deu-se início à fase de pós-campo, em que foi realizado o processamento no *software Ashtech Solutions*, a fim de proceder a correção das coordenadas dos pontos coletados com a base. Inicialmente, a primeira correção foi feita entre as coordenadas coletadas pelo receptor GNSS da base com as coordenadas levantadas pelo receptor GNSS posicionado no ponto SAT do IBGE. Este procedimento visava calcular a diferença média de coordenadas adquiridas durante o rastreamento e a coordenada conhecida, fornecida pelo IBGE. A partir disso, essa diferença média era aplicada nas coordenadas da base, resultando em uma coordenada com exatidão muito boa. Para cada ponto, era feito esse cálculo, visando aumentar a exatidão de suas coordenadas.

Ressalta-se que este trabalho de campo para aquisição de pontos com coordenadas com boa exatidão foi necessário para que se pudesse fazer a correção geométrica, utilizando o método RFM.

Dessa forma, utilizando os processos anteriormente descritos, obteve-se uma nova imagem, mas geometricamente corrigida. Foi, então, realizada a validação do procedimento de correção, utilizando o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC). A PEC está definida nas Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional, por meio do Decreto-Lei nº 89.817 de 20 de junho de 1984 (ET-ADGV, 2015).

Existem diversas formas de avaliação da exatidão cartográfica, segundo Galo & Camargo (1994), contudo decidiu-se por utilizar o PEC, pois esta é, apesar de conter limitações quanto aos produtos cartográficos digitais, a metodologia oficial de avaliação.

O procedimento de avaliação se dá a partir dos ICP (*Image Control Points*). Estes são pontos levantados em campo que não foram usados como GCP (*Ground Control Points*) na correção geométrica. Com a imagem corrigida, foi feita no SIG, uma medição entre a distância das coordenadas dos ICP, levantadas em campo, e as

coordenadas dos ICP, identificadas na imagem. A diferença dessas distâncias leva ao cálculo do erro médio quadrático (EMQ), pela equação abaixo:

$$EMQ = \sqrt{\frac{\sum_i (X_i - X_g)^2}{N - 1}}$$

Onde:

X_i = coordenadas do ICP posicionado na imagem;

X_g = coordenadas do ICP com levantamento GNSS;

N = número total de ICP.

Além do erro médio quadrático, deve ser calculado o *CE90*. Este garante que a exatidão planimétrica seja atendida por 90% dos pontos utilizados. O método estatístico de Erro Circular (CE90) calcula a porcentagem de pontos com a exatidão planimétrica exigida para cada escala e, segundo Souza (2009), pode ser feito pela equação $CE90 = 2,15 \times EMQ$. Após todos os cálculos, obteve-se o valor de 1,4 metros para o *EMQ* e 2,2 para o *CE90*. A tabela 3 destaca as principais escalas utilizadas para estudos em ambiente urbano e os valores correspondentes de *EMQ* e *CE90* para cada uma delas. Ao analisá-la, juntamente com os resultados dos cálculos do *EMQ* e do *CE90*, observa-se que a escala cartográfica que a imagem corrigida atende é 1:5.000, classe A.

Tabela 3– Escalas e PEC.

PADRÃO EXATIDÃO CARTOGRÁFICO									
Escala	1:10.000			1:5.000			1:2.000		
Classe	A	B	C	A	B	C	A	B	C
EMQ (m)	3	5	6	1,5	2,5	3	0,6	1	1,2
CE90	5	8	10	2,5	4	5	1	1,6	2

Dessa forma, obteve-se um resultado satisfatório, principalmente ao levar em conta o relevo da área de estudo e sua complexidade.

4.4 Processamento digital de imagem

4.4.1 Segmentação

Após várias tentativas, o processo de segmentação obteve o melhor resultado utilizando o algoritmo *Multiresolution Segmentation* com os parâmetros: fator de escala: 50; forma: 0,9; compacidade: 0,9. Foi feita uma intensa varredura visual em todas as tentativas, até que se decidiu pela segmentação representada na figura 16, com os parâmetros supracitados.



Figura 16 – Exemplo da segmentação da imagem *WorldView-2*.

4.4.2 Classificação da cobertura da terra com GEOBIA e mineração de dados

A classificação da imagem *WorldView-2*, utilizando GEOBIA e mineração de dados, foi realizada no *software eCognition*, a partir de hierarquia de classes derivada da árvore de decisão resultante da análise do *software WEKA*. A mineração de dados se deu em duas etapas, visando facilitar a classificação. Primeiramente, foram agregadas todas as classes que não eram vegetação (outros, asfalto, telhados de cerâmica, telhados brilhantes e telhados cinzas) em uma classe chamada “não-verde”. Dessa maneira, o *software* trabalharia com a classe “verde” para vegetação e “não-verde” para todas as outras. Posteriormente empreendeu-se uma análise no *WEKA* para descobrir os atributos que melhor separavam essas duas categorias, testando o

número mínimo de objetos para cada folha da árvore de decisão, enquanto o índice *Kappa* informado pelo minerador estivesse aceitável. Abaixo a árvore de decisão resultante da análise de verde (vegetação) e não-verde (todas as outras classes), que utilizou o atributo RAZÃO DA BANDA 7 (NIR1) e as estatísticas da mineração de dados (tabela 4):

A52 <= 0.33075: não-verde (3555.0/29.0)

A52 > 0.33075: verde (17297.0/22.0)

Tabela 4– Estatísticas da mineração de dados para vegetação e não-vegetação.

Número mínimo de objetos	25
Amostras classificadas corretamente	20801
Amostras classificadas incorretamente	51
Índice <i>Kappa</i>	0.9913
Erro médio absoluto	0.0045
Erro médio quadrático	0.0485
Erro relativo absoluto	1,5779%
Erro relativo quadrático	13%
Número total de amostras	20852

Após a transposição das classes agregadas “verde” e “não-verde” para o *eCognition*, foi feita a classificação com o operador *classification*, para realizar a conferência visual. Após confirmar a relevância do resultado, deu-se início à mineração das classes individuais (outros, asfalto, telhados de cerâmica, telhados brilhantes e telhados cinzas) no *WEKA*. As estatísticas da mineração de dados das classes individuais constam na tabela 5.

Tabela 5– Estatísticas da mineração de dados para as classes outros, asfalto, telhados de cerâmica, telhados brilhantes e telhados cinzas.

Número mínimo de objetos	12
Amostras classificadas corretamente	3138
Amostras classificadas incorretamente	271
Índice <i>Kappa</i>	0.8932
Erro médio absoluto	0.0426
Erro médio quadrático	0.1653
Erro relativo absoluto	14,3187%
Erro relativo quadrático	42,8491%
Número total de amostras	3409

Os atributos utilizados nessa árvore estão apresentados na tabela 6 e a árvore de decisão gerada pelo WEKA pode ser vista na figura 17.

Tabela 6– Atributos escolhidos pela mineração de dados.

NDVI (A1)	mode[Maximum] B1 (A19)	mode[Maximum] B7 (A21)	Standard deviationB8 (A37)
SkewnessB2 (A47)	RatioB3 (A57)	RatioB5 (A58)	RatioB6 (A59)
RatioB7 (A52)	RatioB8 (A53)	RatioB4 (A54)	RatioB2 (A55)
Mean of inner border B7 (A76)	Mean of inner border B4 (A78)	Min. pixel value B8 (A61)	RatioB1 (A56)
Asymmetry (A123)	Number of edges pol (A139)	GLCM Correlation (45°) (A168)	

A transposição da árvore de decisão criada pelo *WEKA* para o *eCognition* é deveras trabalhosa e demanda cuidado para que não haja erro tanto na inserção dos limiares, quanto na organização dos nós dentro da hierarquia de classes. A figura 18 apresenta a árvore de decisão no *eCognition* e é possível observar que existem diversas classes com o mesmo nome, diferenciadas por um numeral, como, por exemplo, “Telhado_Cerâmica1”, “Telhado_Cerâmica2”, “Telhado_Cerâmica3”, etc. Isso é necessário, pois o algoritmo de mineração de dados adiciona uma folha (classe) à árvore de decisão caso identifique que um determinado atributo consegue determinar o número mínimo de objetos, estipulado pelo analista, nesse caso, 12 objetos. Contudo, o *eCognition* não aceita mais de uma classe com o mesmo nome e, portanto, leva o analista a criar nomes parecidos, que o ajudem a identificar a real

classe à qual esta pertence. No caso desta pesquisa, foram utilizados numerais sequenciais no final do nome da classe.

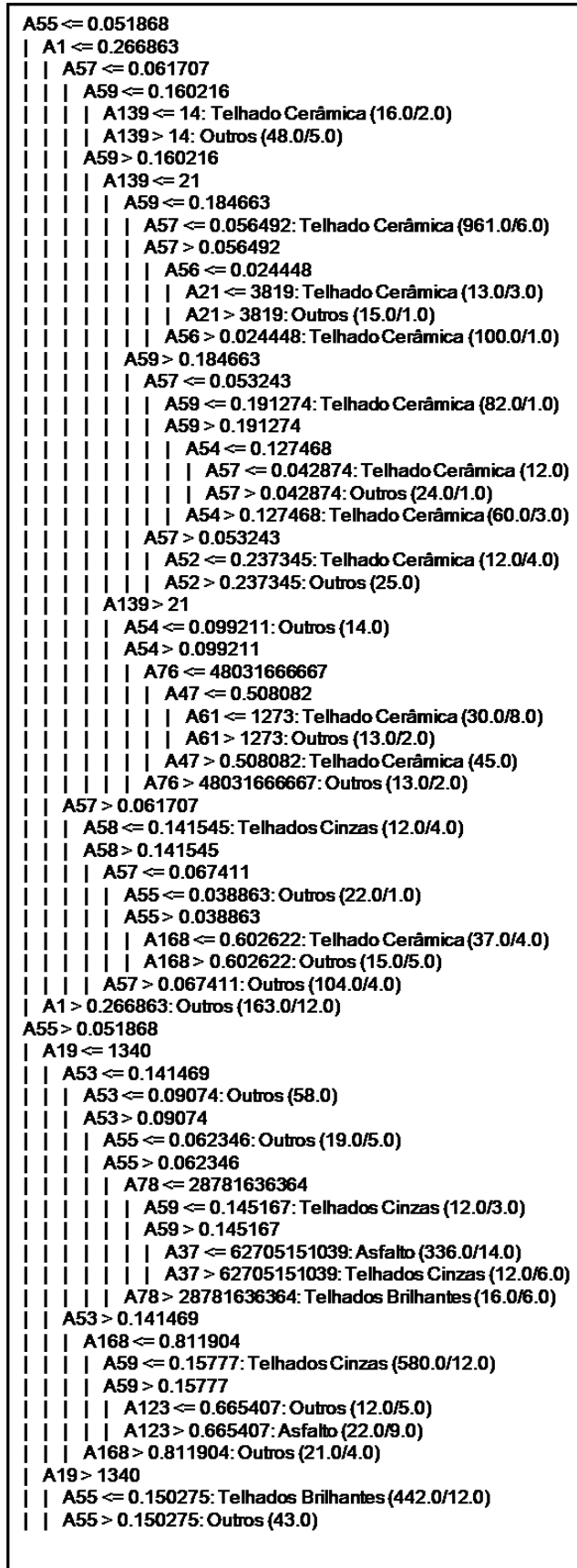


Figura 17–Árvore de decisão gerada pelo WEKA.

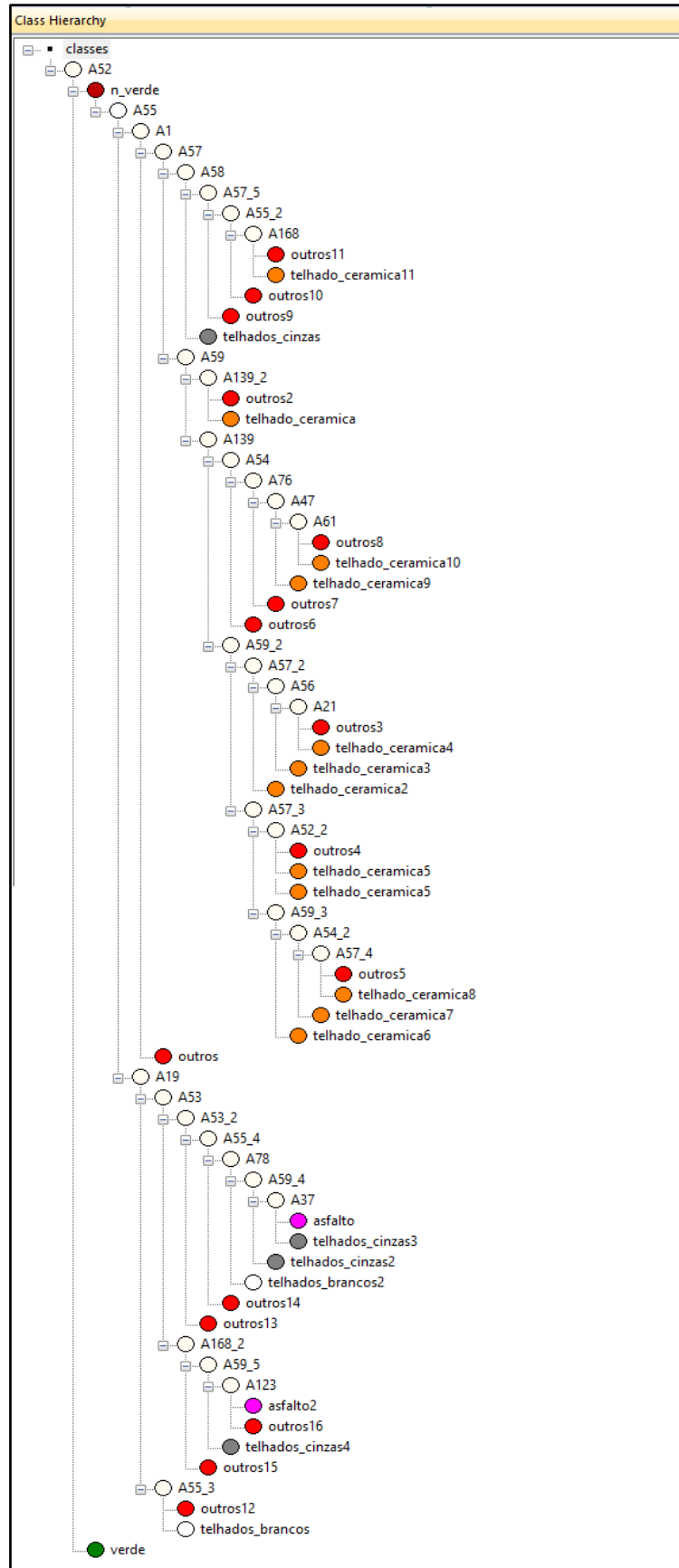


Figura 18–Árvore de decisão transposta no eCognition.

Selecionadas todas as classes de interesse no operador *classification*, foi então gerada a classificação da cobertura da terra. Ao final deste processo, com a avaliação visual atendendo às expectativas, a classificação foi exportada em formato vetorial e aberta no SIG para melhorar a classe asfalto. No SIG, foi feita uma seleção espacial dos segmentos sobrepostos ao vetor de ruas da área de estudo. Desta seleção, foram removidos todos os segmentos que não pertenciam às classes “asfalto” e “outros”. Dessa forma, garantiu-se que fosse respeitada a classificação de árvores que cobrem as ruas, além de não mudar a classe original dos telhados, caso houvesse alguma sobreposição errônea do vetor de ruas nos mesmos, inclusive por conta do ângulo *off-nadir*, que faz com que algumas edificações não apresentem a direção ortogonal em relação à superfície da Terra. O mapa final após os ajustes no SIG pode ser observado na figura 19.

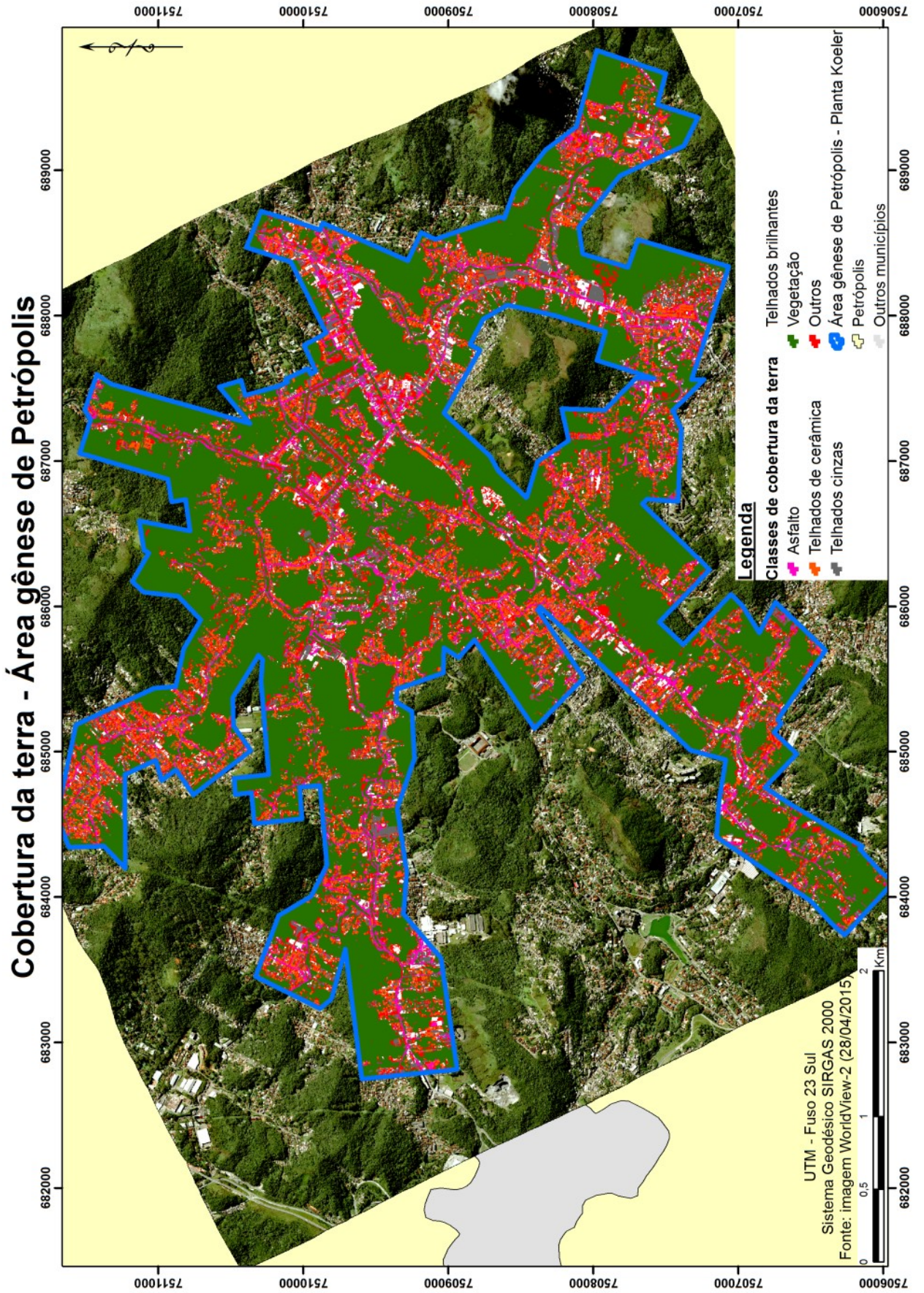


Figura 19—Mapa de cobertura da terra na área gênese de Petrópolis.

4.4.3 Avaliação da classificação da cobertura da terra

A classificação no *eCognition* resultou no mapa temático da figura 19. A inspeção visual mostrou que existe coerência na classificação apresentada, sobretudo na classe de vegetação, que se mostrou consistente, apesar da presença de pequenas áreas de sombra ao redor das árvores. Esta consistência, acredita-se, se dá pela forma como foram tomadas as amostras (figura 20) para esta classe, levando em consideração a seleção de grandes áreas contíguas, que seriam analisadas em conjunto como parte da classe vegetação, não só as árvores, mas também as pequenas sombras destas árvores. Ainda sobre a classificação, é importante ressaltar o ganho de acerto, ao separar as macro-classes verde e não-verde. Quando realizado o teste com todas as classes no mesmo nível, o resultado visual era consideravelmente pior. Desta maneira, além de melhorar o resultado da classificação final, houve um ganho na construção da árvore de “verde” e “não-verde” no *eCognition*, que utilizou apenas um atributo, diferentemente de quando foi testado com todas as classes no mesmo nível.

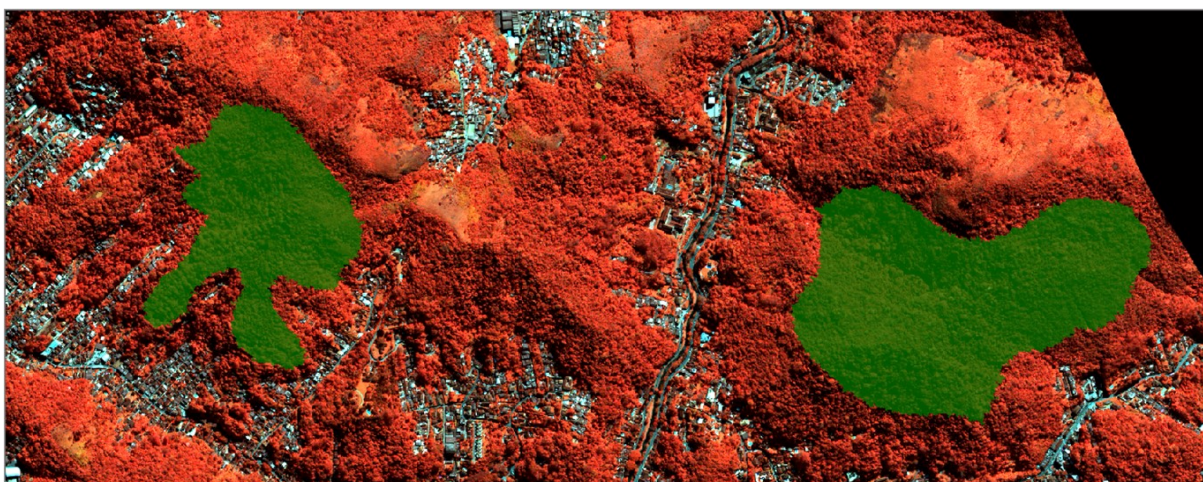


Figura 20—Amostra da classe vegetação.

Os índices *Kappa* (CONGALTON & GREEN, 2009) e exatidão global foram calculados para o mapeamento da cobertura da terra. Estes índices são clássicos nos trabalhos de mapeamento de uso e cobertura da terra, além de outros, como exatidão por classe. Estes índices foram calculados com auxílio de um fotointérprete que identificou 710 amostras com base na imagem *WorldView-2*. As amostras avaliadas pelo fotointérprete foram produzidas a partir de pontos gerados aleatoriamente pelo

SIG, para cada uma das classes do mapeamento. A quantidade de amostras por classe variou, sendo diretamente proporcional ao tamanho de sua área total e a classificação manual destas amostras foi confrontada com a classificação do *eCognition*, gerando uma matriz de confusão (tabela 7) e o cálculo dos índices citados anteriormente.

Tabela 7– Matriz de confusão da classificação da imagem *WorldView-2*.

Fotointérprete \ <i>eCognition</i>	Asfalto	Outros	Telhados Cerâmica	Telhados Cinzas	Telhados Brilhantes	Vegetação	TOTAL
Asfalto	19	6	1	1	0	3	30
Outros	4	49	7	2	0	8	70
Telhados Cerâmica	1	11	31	2	0	0	45
Telhados Cinzas	4	14	0	26	0	1	45
Telhados Brilhantes	1	3	0	5	11	0	20
Vegetação	0	12	0	0	0	488	500
TOTAL	29	95	39	36	11	500	710
Exatidão por classe (%)	63,3	70	68,8	57,7	55	97,6	

O resultado do índice *Kappa* foi 0,74, classificado como muito bom (tabela 8), segundo Landis & Koch (1977), e a exatidão global foi de 87,9%. Como esperado, a classe que apresentou melhor resultado foi a de “vegetação”, por diferenciar-se mais facilmente das outras classes. Acredita-se que a maneira em que as amostras de “vegetação” foram selecionadas para a mineração de dados ajudou muito para que as heterogeneidades desta classe fossem bem analisadas. O bom resultado da classe “outros”, acredita-se, está atrelado ao fato desta agregar diversas coberturas, além disso, conta com grandes áreas de sombras, o que pode aumentar a exatidão. Por outro lado, o resultado mediano da classe de “telhados brilhantes” pode ter relação com a proximidade com as respostas dos objetos cinzas, como os telhados. A metodologia de classificação por GEOBIA, aliada à mineração de dados, mostrou-se

proveitosa neste trabalho, ajudando a identificar as diversas respostas presentes no espaço urbano.

Tabela 8– classificação do índice *Kappa* (LANDIS & KOCH, 1977).

Índice <i>Kappa</i>	Desempenho
< 0	Péssimo
$0 < k \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	Bom
$0,6 < k \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

5. ANÁLISE DA ORGANIZAÇÃO ESPACIAL DA ÁREA GÊNESE DE PETRÓPOLIS

5.1 Petrópolis e sua organização espacial nos anos iniciais

As motivações de criação ou evolução de uma cidade podem variar para diferentes regiões, sociedades, tempos e culturas. Esta diferenciação pode ter objetivos específicos ou pode ser algo orgânico, sem planejamento inicial determinado. Foi visto anteriormente que, em um espaço urbano, a atuação de diferentes grupos tem objetivos conflitantes. Objetivos esses que se materializam no espaço, às vezes como formas, às vezes como valores, às vezes como funções que se apropriam das formas espaciais, agregando a elas novos valores. Esses grupos, motivações (conflitos) e a conseqüente materialização das formas no espaço figuram como organização espacial para a Geografia.

A cidade de Petrópolis terá aqui a sua organização espacial discutida com resultados trazidos pelos produtos da Geotecnologia, aliando Cartografia Histórica, para se trabalhar as formas espaciais em determinados momentos do tempo, em uma tentativa de aproximar-se da estrutura social urbana desta área, mostrando quais funções elas atribuíram aos padrões espaciais existentes.

Será discutido aqui o conceito de organização espacial enquanto método de análise, trazido por Santos (1985) e Corrêa (1986), nas categorias *forma*, *função*, *estrutura* e *processo* e, nesse sentido, “*explicar como o espaço social está estruturado [estrutura], como os homens organizam sua sociedade no espaço [forma] e como a concepção e o uso que o homem faz no espaço [função] sofrem mudanças [processo]*” (SANTOS, 1985). Inicialmente serão analisadas as categorias citadas anteriormente, a partir da Planta Koeler, e estrutura da época, para então evoluir no processo que efetivou a mudança na área gênese de Petrópolis. A figura 21 apresenta os padrões e formas espaciais da área gênese de Petrópolis, a partir da Planta Koeler

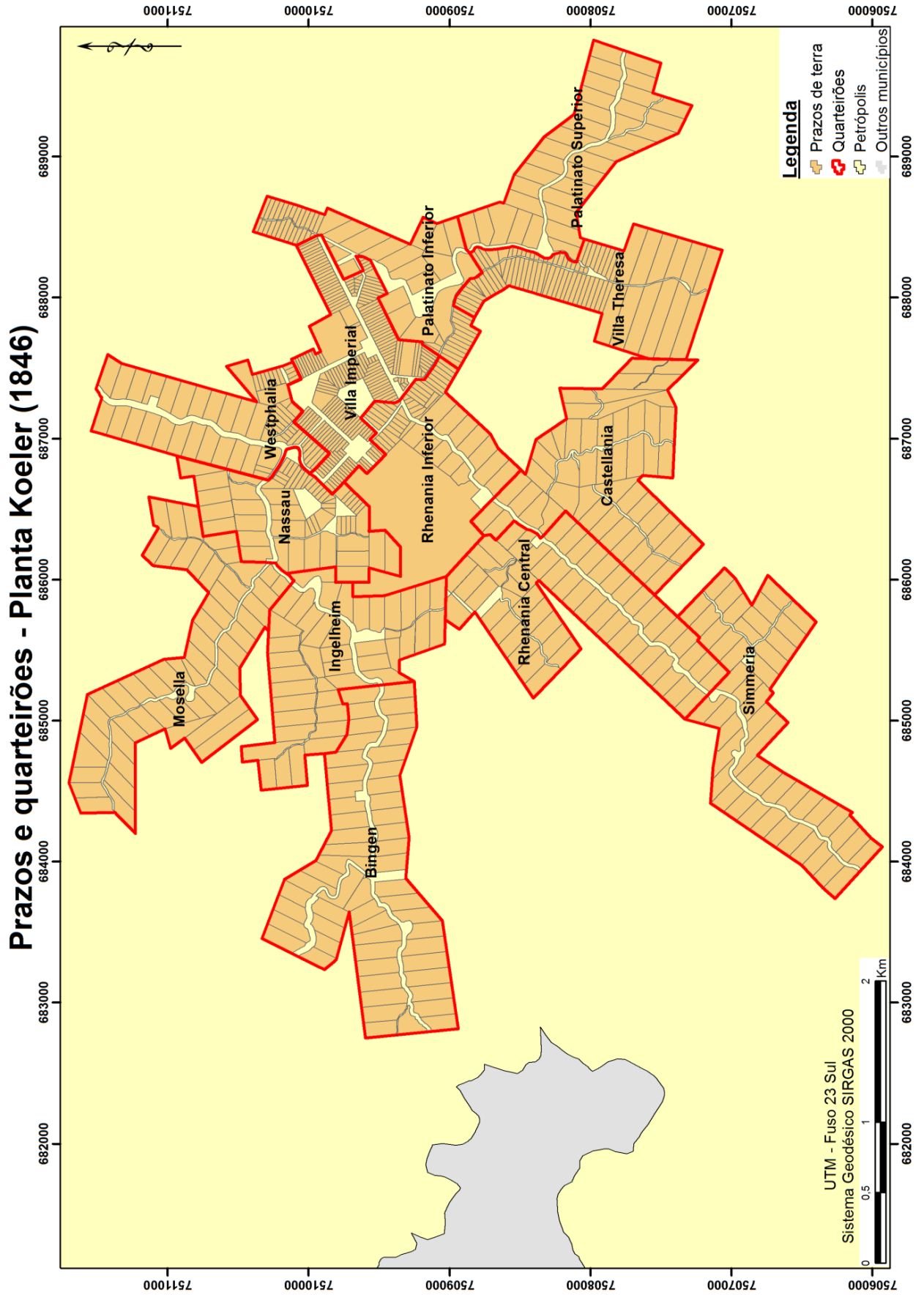


Figura 21—Planta Koeler – Prazos e Quarteirões.

Em uma análise rápida do mapa da figura 21 é possível notar diferenciações no espaço da área gênese de Petrópolis, quando do seu planejamento. Essas diferenciações de tamanho e localização, por si só, já apresentam a ideia de centralidades e importâncias. É notável que existem diferentes tamanhos (áreas) dos prazos de terra e que esses tamanhos estão relacionados aos diferentes quarteirões. Estas formas estão diretamente relacionadas com seus usos, pois foram criadas para tal. Os usos, como lembra Ambrozio (2008), são, inicialmente, vilegiatura e agrícola, que posteriormente viria a modificar-se para industrial.

Em relação às formas espaciais como um todo, é importante destacar impressões importantes presentes no traçado de Koeler, como uma forte conotação higienista da cidade. Ele propôs um modelo de planificação que começava a ser empreendido na Europa, com possibilidade de expansão do espaço da cidade, segundo modelo de projeto pré-estabelecido, em que se percebe (i) a disposição dos prazos de terra, sobretudo nos quarteirões mais distantes da Villa Imperial, permitindo uma expansão ao longo dos vales, sem que esse padrão de disposição mude (prazos de terra perpendiculares aos rios); (ii) planificação de quase todo o território adjacente à área gênese, visando a constituição de uma cidade em meio às matas, vales e rios; e (iii) composição estético-formal baseada nos moldes europeus (SILVA, 2000).

Silva (2000) traz ainda uma série de elementos inovadores, quanto ao planejamento das formas espaciais urbanas, empreendido por Koeler. São visíveis na figura 21, (i) o aproveitamento do traçado dos rios como principal definidor da planificação das formas (na figura 21, as frentes dos prazos de terra eram separadas por rios), indo contra a trama reticulada, que era comum no século XIX; (ii) vias seguindo os traçados dos rios, sendo duas pistas de oito metros e meio, uma em cada margem; (iii) configuração das edificações no interior dos prazos de terra, como dito anteriormente, onde estas teriam suas frentes voltadas para o rio principal de cada quarteirão, contrariando o modelo português, comumente utilizado nesta época, que mantinha a parte de trás das edificações voltadas para os rios. Esse modelo tem fundamental importância no planejamento das formas, visado por Koeler.

Segundo Ambrozio (2008), na composição espacial das formas descritas, o rio tinha uma função embelezadora da paisagem, compondo juntamente com as árvores das alamedas e calçadas, que também eram de responsabilidade dos ocupantes dos prazos de terra (foreiros), a função paisagística, contrapondo-se à função da

composição espacial portuguesa, que tinha os rios como locais de descarte de dejetos, justificando, portanto, o arranjo espacial de construção das edificações nos prazos de terra.

Ao relacionar tamanho dos prazos de terra com a localidade dos quarteirões, nota-se uma diminuição de seu tamanho ao aproximar-se das Villas Imperial e Theresa. Essas villas, como destaca Ambrozio (2008), eram destinadas à vilegiatura da elite brasileira, que buscava fugir do calor do Rio de Janeiro e das doenças intensificadas no verão. O tamanho e proximidade dos prazos de terra eram inversamente proporcionais à importância de seus proprietários para a Família Imperial, no que diz respeito à sua posição social. Nesse sentido, os diferentes padrões dos prazos de terra foram classificados em quatro classes (figura 22): os de primeira classe, destinados à elite, como negociantes, artistas e pessoas da corte, tinham dimensões de 10 braças de frente e 70 braças de fundo, ocupando as frentes das ruas e praças da Villa Imperial, em volta ao palácio do Imperador; os de segunda classe tinham dimensões de 15 braças de frente e 100 ou mais de fundo e eram localizados na Villa Theresa, destinados à mesma função que os de primeira classe; os de terceira classe, destinados a artistas ou pessoas que não tinham muita aptidão para a agricultura, tinham 15 braças de frente e 70 ou 100 braças de fundo; os de quarta classe, localizados na periferia da área gênese, destinados à atividade agrícola, tinham 50 braças de frente e 100 ou mais de fundo (COUTINHO, 1853). Importante lembrar que 1 braça portuguesa equivale a, aproximadamente, 2,2 metros.

Observa-se no exposto sobre a classificação dos prazos, que já havia uma clara ideia de segregação sócio-espacial de Petrópolis, que se aprofundaria com o desenvolvimento da cidade. Essa segregação ficava refletida não só na localização dos prazos de terra, mas também nos equipamentos urbanos de descanso e contemplação, já que Ambrozio (2008) chama atenção para o fato de que para as quinze praças planejadas por Koeler, cinco localizavam-se nas Villas Imperial e Theresa ou em suas proximidades, e foram, de fato, as únicas construídas ou que permaneceram com suas funções originais até hoje, o que leva Ambrozio (2008) a afirmar que *“Vinculado à obra centralizadora do Império, o planejamento da elite imperial para Petrópolis permitiu o estival afastamento do Rio de Janeiro em benefício de exclusivo núcleo urbano e serrano”* (AMBROZIO, 2008, p. 235).

Classes dos prazos de terra - Planta Koeler (1846)

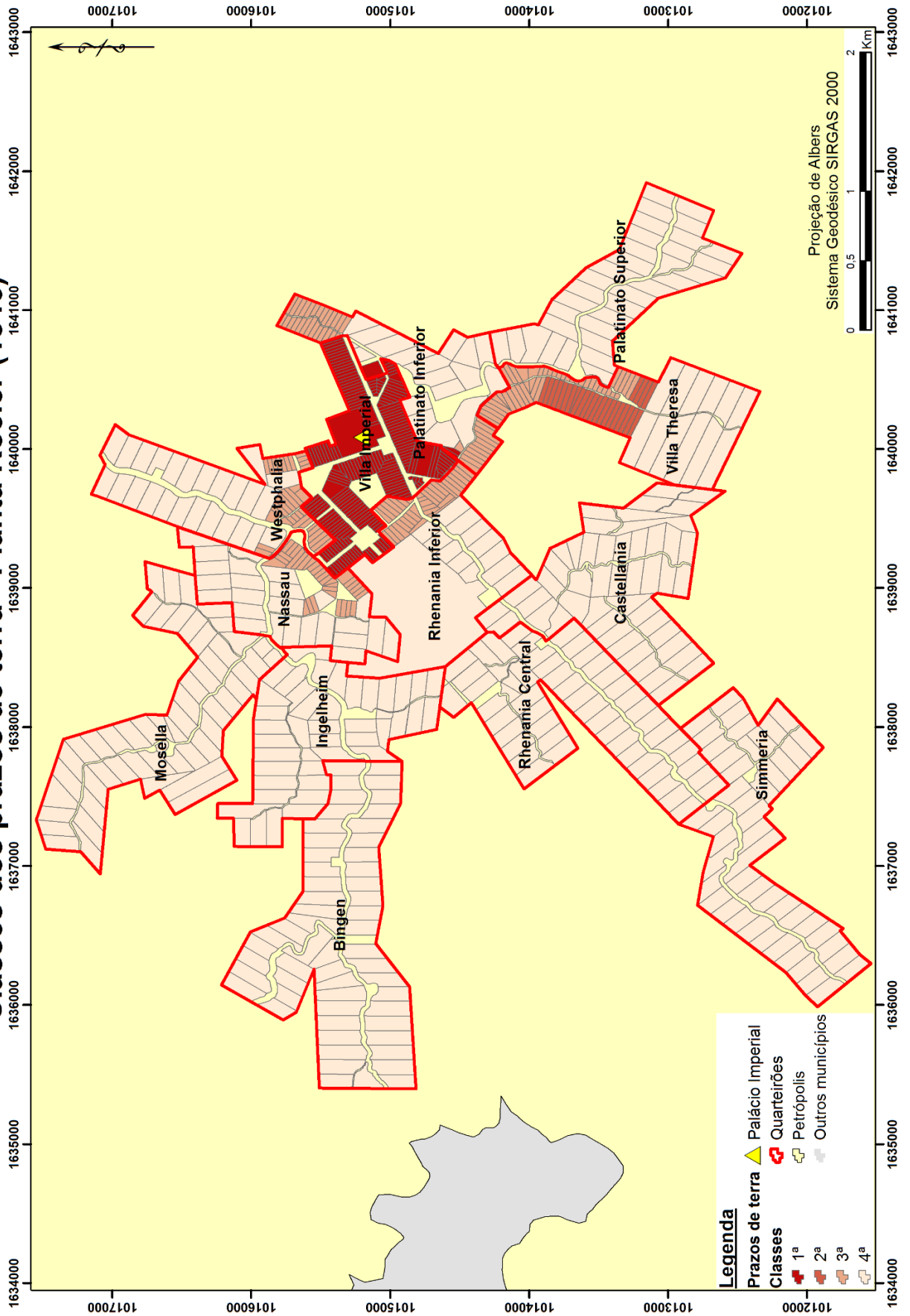


Figura 22– Hierarquia dos prazos de terra por classes.

Koeler, em um relatório público publicado no *Jornal do Comércio*, em 1845, dizia que:

“Poderá parecer, á primeira vista, odiosa e demasiadamente exepcional a clausula do contracto que reserva para o arrendatário o monopólio de certos ramos de negocio, porém esta idéia se desvanecerá logo que se reflectir que é este o único meio de livrar Petrópolis do flagello de um sem numero de tabernas e botequins, focos de vadiação e de immoralidade, e que, sem offerecer recursos satisfatórios aos habitantes e passageiros, impossibilitão o estabelecimento em ponto grande de uma empreza que faculte ao publico todos os objectos de precisão e de commodidade por preços razoáveis.” (KOELER, J., 1845 *apud* AMBROZIO, 2008)

O trecho acima evidencia, portanto, a estrutura social vigente e que iria refletir na produção do espaço urbano de Petrópolis, desde sua fundação. E mostra a possibilidade de afastamento sazonal da elite brasileira de seu local de moradia (a quente e pestiosa Rio de Janeiro) e a atraente construção territorial, concebida desde seu planejamento, com o intuito de segregação sócio-espacial nas terras da Casa Imperial.

A Casa Imperial, importante salientar, era o poder centralizador, pois Ambrozio (2008), destaca que, já em seu planejamento, Petrópolis crescia

“sob a autoridade do palácio no interior da antiga Vila Imperial, valendo determinação política e não religiosa, diversamente de inúmeras cidades brasileiras que se constituíram ao redor de uma igreja e de sua praça. Salta aos olhos nas plantas de Koeler e de Reimarus o palácio de campo de Pedro II. Não era a praça diante da igreja matriz o centro de interesse e de difusão da cidade em formação. Era a residência do imperador. Um edifício determinando o mercado de terras e situando as relações sócio-espaciais na produção de Petrópolis” (AMBROZIO, 2008, p. 234).

A importância do Palácio Imperial fica evidente, também, pelo padrão espacial de distribuição das formas da cidade, chamado de tentacular radial, que tende sempre à Villa Imperial, quarteirão que abriga o Palácio, não havendo, dentro de cada quarteirão, uma centralidade, seja de praça ou outro equipamento de importância sobressalente, sendo apenas uma divisão administrativa para lances de casas contíguas.

No trecho do texto de Ambrozio (2008), citado acima, o autor destaca um mercado de terras, fato destacado por Silva (2000) que afirmara que Koeler

“(...) querendo imprimir ‘maior velocidade’ na construção da cidade, necessitava de maior investimento, recursos que poderiam vir através de capitais particulares que, aliados aos limitados numerários oficiais, viabilizaram o empreendimento. Para tal, idealizou Júlio Koeler, uma empresa, a qual denominou Companhia de Petrópolis (...)” (SILVA, 2000, p. 103).

Nesse sentido, fica clara a concepção mercadológica do setor imobiliário da Companhia de Petrópolis, desde sua criação, demonstrando, portanto, mais uma vez, a produção de espaços de segregação sócio-espacial por interesse de agentes como o Estado e o setor privado, como lembra Corrêa (1989).

Ainda sobre os prazos de terra, todo o território demarcado na Planta Koeler estava arrendado a Koeler, para que distribuísse como bem entendesse os usos de cada um destes prazos. Neste sentido, Koeler detinha o poder de determinar quais os tipos de comércio e serviços poderiam atuar em Petrópolis e quando o faria (AMBROZIO, 2008).

5.2 Desenvolvimento da organização espacial a partir da industrialização da área gênese

Foi a partir de 1851, quando a Família Real trocou os verões na Fazenda Santa Cruz por Petrópolis, que a cidade, de fato, crescera com mais vigor, aliado ao fato de que no Rio de Janeiro, em 1851, houve uma epidemia de febre amarela e em 1855, de cólera (AMBROZIO, 2008). Desta forma, Petrópolis viu crescer, não somente as idas da Família Real para suas serranias, mas também o número de membros da elite brasileira encaminhando-se para o refúgio na serra (RAFFARD, 1895). A partir de então, foi rápido o desenvolvimento de Petrópolis, no que diz respeito a suas formas, e entre elas, as funções de lazer, moradia, entretenimento e convivência:

“Em 1858, quinze anos após o decreto fundador de Petrópolis, a cidade já contava com quatro prados para corridas de cavalos, teatros, hotéis, abundância de edifícios palacianos, igreja matriz, várias capelas, confeitarias, bilhares, colégios, casa de saúde, sociedades

musicais, casas de banho e duchas, fábrica de cerveja (...)”
(AMBROZIO, 2008, p. 248)

O contínuo desenvolvimento de Petrópolis, sobretudo de suas atividades produtivas, se intensificaria com a acidental formação de uma colônia alemã. Acidental, porque, segundo Ambrozio (2008), não havia nenhum decreto ou declaração do Império acerca da criação desta colônia de alemães e tudo deu-se início em 1837, com um navio amotinado que dirigia-se para a Austrália, com 238 migrantes alemães, que acabou por aportar no Rio de Janeiro. Esses migrantes, insatisfeitos com as más condições de viagem, foram abrigados pelo governo provincial e parte deles aproveitados por Koeler para trabalhar nas obras da Estrada Normal da Serra da Estrela. Com o bom trabalho, Koeler, em relatório para a Presidência da Província, elogiou os migrantes e sugeria a imigração de mais alemães, que fossem “oficiais de ofício”. O governo da Província acatou o pedido e o processo de incentivo de imigração alemã deu-se início e, em 1845, chegaram a Petrópolis 2.111 migrantes alemães (AMBROZIO, 2008). Importante notar que, Petrópolis, era uma cidade frequentada pela elite brasileira e tinha como trabalhadores, migrantes, de fato, europeus, o que dava uma conotação ainda mais especial para os que nela tinham como objetivo a vilegiatura.

Ademais, os alemães implantados em Petrópolis para, principalmente, trabalhar na colônia agrícola, não demoraram a ver que esta atividade não iria pra frente. Logo estavam se ocupando de trabalhos no comércio da cidade, fabricação de laticínios, artesanatos e obras de infraestrutura. Alegavam, os colonos, o Diretor da Colônia Alemã e o Superintendente da Casa Imperial em Petrópolis, que as terras eram inférteis, a área dos prazos destinados à colônia agrícola era menor do que a necessária para atividades desse fim; parte dessa área tinha alta declividade, devido ao fato da cidade ter se estabelecido em vales estreitos; e o que se conseguia plantar era usado para subsistência. Desta forma, solicitava-se à Casa Imperial autorização e, principalmente, incentivo para instalação de indústrias em Petrópolis, visando maior aproveitamento da força de trabalho, que já se ocupava de artesanatos, produção de laticínios e beneficiamento de material madeireiro, aliado aos benefícios locais, como lenha, fonte de água corrente e limpa e clima ameno (MAGALHÃES, 1966).

Ainda que as diversas solicitações à Casa Imperial acerca do estímulo à industrialização de Petrópolis não tivessem surtido muito efeito, iniciou-se a instalação

de indústrias maiores por parte dos industriais cariocas, que frequentavam Petrópolis sazonalmente. O movimento industrial em Petrópolis foi, portanto, de fora pra dentro, num movimento de transporte das plantas industriais do Rio de Janeiro para Petrópolis (MAGALHÃES, 1966). Magalhães (1966) explica também que a construção da primeira estrada de ferro do Brasil, em 1854, partindo do porto de Mauá até a raiz da serra e, em 1883, até o alto da serra foi um fator preponderante para a acomodação da produção industrial em Petrópolis. Por parte dos colonos, o desenvolvimento industrial foi mais brando, tendo estes iniciado com fábricas de cerveja, oficinas têxteis, serrarias (para fabricação de tinhas, rodas e outros produtos de madeira), compotas, evidenciando uma iniciativa industrial supracitada da qual já dispunham por suas experiências em terra natal (MAGALHÃES, 1966).

Magalhães (1966) destaca um fato sobre a aptidão dos migrantes na produção industrial, em que era possível observar nomes de estabelecimentos e firmas de origem alemã:

“Seguiram-se as atividades mais variadas, quase tôdas com dirigentes de origem germânica, aparecendo esporadicamente um português ou brasileiro: Ferragens (Shaeffer&Flescher), primeiras relojarias (Eugênio Culon e José Siebber), primeiras ourivesarias (Augusto e Carlos Rittmeiyer), fábrica de móveis e oficinas de marceneiros (Conrado Vogt, Lemcke& Irmãos, José Zimmermann, Guilherme Nicolay, Heinrich Luís Jeger e Teodoro Eppinghaus); no gênero das olarias, encontram-se Tomás Holden, Nicolau Becker e Luciano Jamden, aparecendo esporadicamente um português ou brasileiro; Silvestre José Pinto de Carvalho. Entre os fabricantes de canos, destacam-se Nicolau Echternach, E. Falhaubel e Augusto Schoen; entre os serralheiros, Frederico Eppescheimer, H. Lempecht; funileiro e cobridor em zinco, Carlos Lange, cobridores em vidro, Henrique Kraemmer, Killiam Webber, Jacob Pochr, cobridor em taboinhas, o mesmo Henrique Kraemmer e ferreiros Pedro Wagner e A. Balter” (MAGALHÃES, 1966, p. 28).

Com esse desenvolvimento industrial, a colônia de Petrópolis via desenvolver também o número populacional, visto que, em 1852, possuía 2.936 habitantes e, em 1858, saltou para 4.179 habitantes; um aumento de 42,3% em seis anos (MAGALHÃES, 1966). Dessa maneira, a indústria tornou-se com o passar dos anos a principal atividade produtiva de Petrópolis, atraindo, como visto anteriormente, migrantes e brasileiros para a região.

Em 1873, fundava-se a primeira indústria têxtil em Petrópolis, a Imperial Fábrica São Pedro de Alcântara, no quarteirão Rhenania Inferior, sendo a primeira indústria de grande porte em Petrópolis, utilizando máquinas importadas da Inglaterra e empregando 120 operários, entre adultos e crianças; em 1874, foi fundada pelo cubano Bernardo Caymari a Cia. Petropolitana de Tecidos, maior complexo fabril de Petrópolis (já no atual segundo distrito, Cascatinha), empregando 400 funcionários; em 1889 foi fundada a Dona Isabel, primeiro estabelecimento fabril fundado por capitais petropolitanos (AMBROZIO, 2008).

Todo esse processo industrial contextualizado até agora ocorrera nos quarteirões e prazos de terra formados para a função agrícola. Destaca Ambrozio (2008) que, desde a primeira planta industrial instalada no quarteirão Rhenania Inferior (adjacente à Villa Imperial), espalharam-se instalações fabris nos quarteirões Villa Theresa, Bingen, Palatinato Inferior e Superior. O fato é que, diferentemente da atividade agrícola, Petrópolis obterá êxito na indústria como atividade produtiva.

Ao analisar o mapa da figura 23, é possível notar certo padrão da distribuição das indústrias. No eixo principal da cidade (sudoeste-nordeste), por onde se prolongam as Avenidas Coronel Veiga e Washington Luiz, paralelas ao rio Quitandinha, observam-se poucas indústrias de médio ou grande porte (mais de 100 operários), com exceção da Fábrica São Pedro de Alcântara. Nesse eixo, as indústrias presentes até 1966 eram de pequeno porte (menos de 100 operários). A necessidade de maior espaço, maior acesso à água corrente levou à instalação das maiores plantas industriais de Petrópolis nos quarteirões mais afastados, em seus eixos principais, por onde corriam seus rios mais caudalosos, além, claro, da melhor infra-estrutura viária.

É possível observar, portanto, não somente a diferenciação da função dos quarteirões periféricos, que foi alterada de agrícolas para, principalmente, industriais, mas também a formação de uma centralidade no interior dos quarteirões. Nos primeiros anos de ocupação, Petrópolis, como foi dito anteriormente, tinha como centralidade, somente o quarteirão Villa Imperial, onde se localizava o Palácio Imperial. Com a implantação das indústrias, principalmente as indústrias têxteis, deu-se início a um processo de polarização nos quarteirões pelas grandes fábricas, sobretudo de pessoas. Essa polaridade movimentava toda a cidade de Petrópolis, articulando, por meio dos fluxos de operários residência-fábrica-residência, a forma espacial dos quarteirões que foi, já em sua concepção, fragmentada.

Outra centralidade importante que é evidenciada no mapa da figura 23 é a forte concentração da indústria nos bairros Palatinato Superior e Villa Theresa. Esse arranjo espacial se explica com a proximidade da linha férrea que vinha do Porto da Estrela até o Alto da Serra. Esse ramal ferroviário tinha a função de transportar matérias primas para Petrópolis e o produto industrializado para o Rio de Janeiro (MAGALHÃES, 1966). Além disso, há ainda a necessidade de energia elétrica para o funcionamento das fábricas e as instalações destas nos dois bairros supracitados (Alto da Serra) tinham o objetivo de aproveitar o rio Palatinato que vinha de altitude mais elevada para movimentar as turbinas de geração de energia elétrica, além de sua estreita calha, que favorece o represamento (MAGALHÃES, 1966). A polaridade/centralidade exercida pelas grandes fábricas levou à construção de vilas operárias em suas vizinhanças, visando facilitar o acesso dos funcionários às unidades. A forte presença industrial no bairro Villa Theresa fez mudar drasticamente a função inicial para qual grande parte dos lotes de terra foi concebida (vilegiatura e aptidão para as artes).

Na outra extremidade do eixo, é possível observar, que o padrão locacional de instalação das fábricas é menos concentrado, principalmente pela maior disponibilidade de terras, o que levou a um maior número de instalações industriais. Adicionado a isso, Magalhães (1966) lembra que em 1929 foi inaugurada a Rodovia Rio-Petrópolis (atual Rodovia Washington Luiz, BR-040) e, como pode ser visto na figura 24, a fundação da maioria das fábricas do lado superior do eixo principal aconteceu após a inauguração da rodovia supracitada. Houve, portanto, um rearranjo espacial do padrão locacional de instalação das fábricas em favor de nova estrutura rodoviária, que possibilitaria o desenvolvimento industrial principalmente dos bairros Mosella, Nassau, Ingelheim e Bingen.

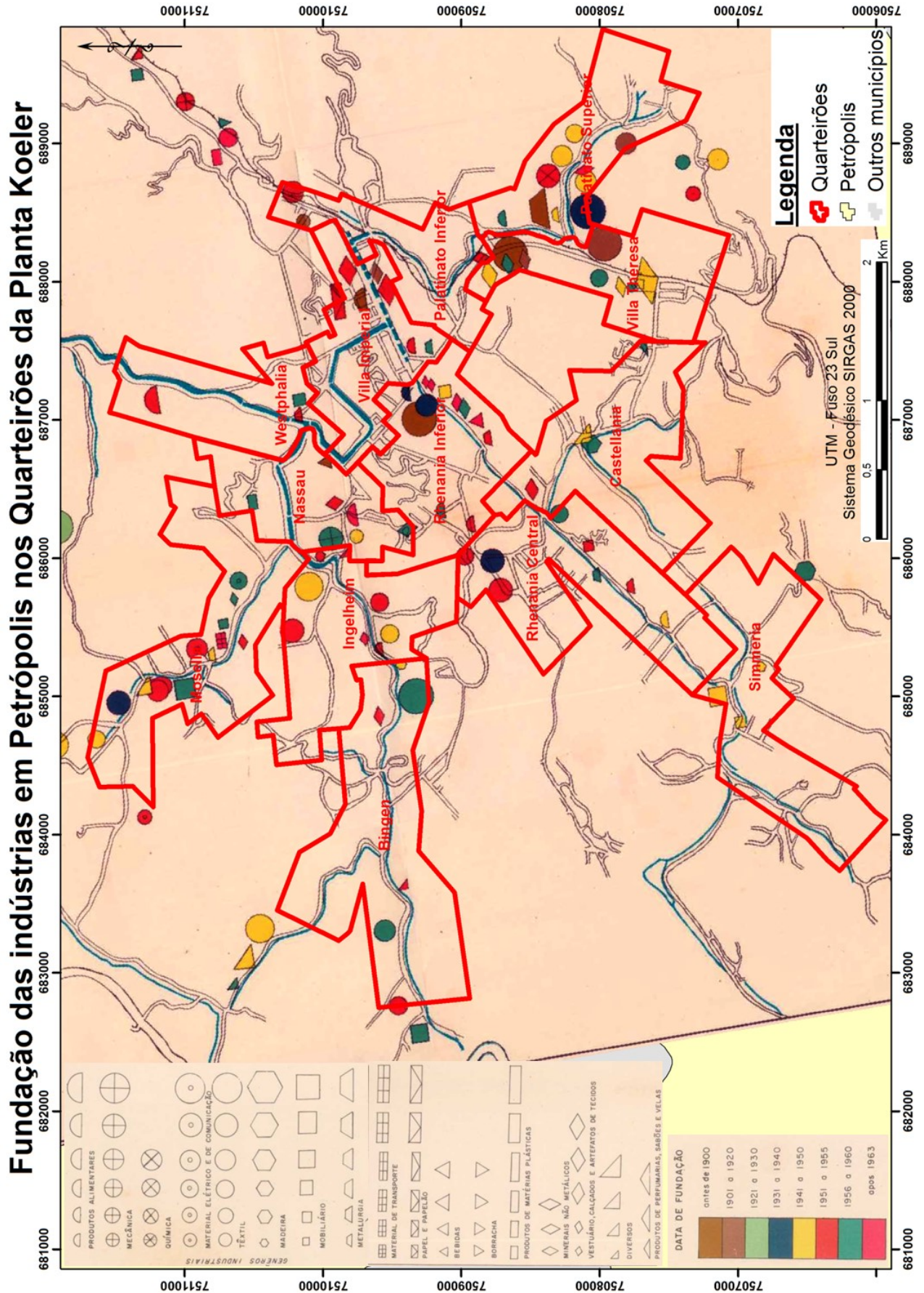


Figura 24 – Períodos de fundação das indústrias de Petrópolis. (Adaptado de MAGALHÃES, 1966)

O processo de industrialização de Petrópolis se intensificou principalmente no final da década de 1940 e durante a década de 1950, alterando a paisagem urbana, que via crescer novas formas espaciais. A população da cidade, a partir desse período, teve evolução significativa até a década de 1980 (tabela 9) o que mostra uma intensa migração para a cidade nos anos de grande desenvolvimento da indústria (AMBROZIO, 2008).

Tabela 9– População residente em números absolutos (AMBROZIO, 2008).

	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000
Pop. Total	75.418	108.307	150.300	189.140	242.009	252.600	286.537

A partir dos anos 1970, houve um intenso processo de desconcentração industrial no estado do Rio de Janeiro. Essa desconcentração industrial, dentre outros fatores, ocorreu pela intensa urbanização; urbanização essa que não mais apresentava grandes vantagens para as indústrias, visto que, com o aumento da demanda produtiva, as antigas plantas industriais necessitavam de expansão e eram impedidas pela falta de terras urbanas, causada pela intensa ocupação, sobretudo de moradia da população em rápido crescimento, aliado ao aumento de outros fatores, como congestionamentos, zoneamento do solo urbano, preservação da arquitetura, etc. Isso fez com que as indústrias procurassem novas áreas para instalação de suas fábricas, geralmente preferindo São Paulo.

A escassez de terras urbanas não dificultou somente a expansão das antigas fábricas, havia também a escassez para construção de moradia, levando ao início da ocupação de encostas e cumeadas (AMBROZIO, 2008). Contudo, para a classe média, os incorporadores imobiliários, construíram uma série de prédios residências onde antes eram casas construídas ainda na época do Império, inclusive na área compreendida pelo quarteirão Villa Imperial (tabela 10), alterando de sobremaneira as formas urbanas do passado (AMBROZIO, 2008).

Tabela 10– Número de prédios de grande porte na área da Villa Imperial (Fonte: Secretaria de Planejamento de Petrópolis, 2005. AMBROZIO, 2008).

	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000
Nº de Edifícios	14	14	21	35	24	7	4

Ambrozio (2008) define a década de 1970 como marco para o maior processo de alteração urbana de Petrópolis e com isso, suas formas espaciais e funções definidas pelo projeto da Casa Imperial e Koeler. O autor afirma essa década como marco, pois é possível notar os primeiros efeitos que a transferência da capital federal para Brasília.

Essas alterações percebidas a partir da década de 1970 botaram fim definitivamente no projeto da Casa Imperial liderado por Koeler, visto que a partir daí, segundo Ambrozio (2008), deu-se início à ocupação das encostas e cumeadas, muitas vezes atravessando os morros da área urbana. Contudo, não foi somente nas encostas e cumeadas que a alteração do planejamento das formas espaciais de Koeler, mas também nos antigos prazos de terra delimitados. Preceito básico do Plano Koeler, os prazos só poderiam ser divididos com, no mínimo, cinco braças de frente e a mesma medida de fundo do lote a ser dividido, ou seja, a divisão só poderia ocorrer de forma perpendicular à frente, e ainda assim deveria ser autorizada por Koeler. O que se observa, no entanto, é a divisão dos prazos de terra paralelamente à sua frente, levando a construção de servidões e escadarias que visam acessar as residências localizadas ao fundo dos prazos.

Ainda sobre as alterações espaciais ocorridas nas encostas e cumeadas, Gonçalves (2001) e Neves (2017) fizeram levantamentos dos movimentos de massa ocorridos em Petrópolis, e esses levantamentos evidenciaram um vertiginoso aumento de ocorrências entre as décadas de 1970 e 1980, justamente o período de maior alteração do espaço petropolitano.

Desta maneira, foi feita uma busca na base cartográfica 1:2.000 da Prefeitura Municipal de Petrópolis a fim de localizar as escadarias e servidões que caracterizariam a divisão fora dos moldes de Koeler. A busca encontrou 811 servidões (figura 25 - A) e 841 escadarias (Figura 25 - B), um total de 1652 destas feições.

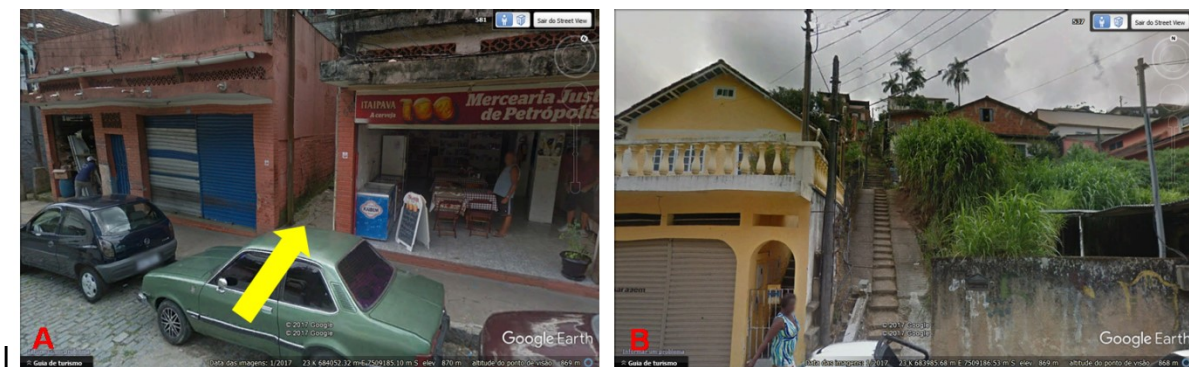


Figura 25—Exemplos de servidão (A) e escadarias (B)

Na figura 26, é possível observar a distribuição dessas formas espaciais por quarteirão da Planta Koeler.

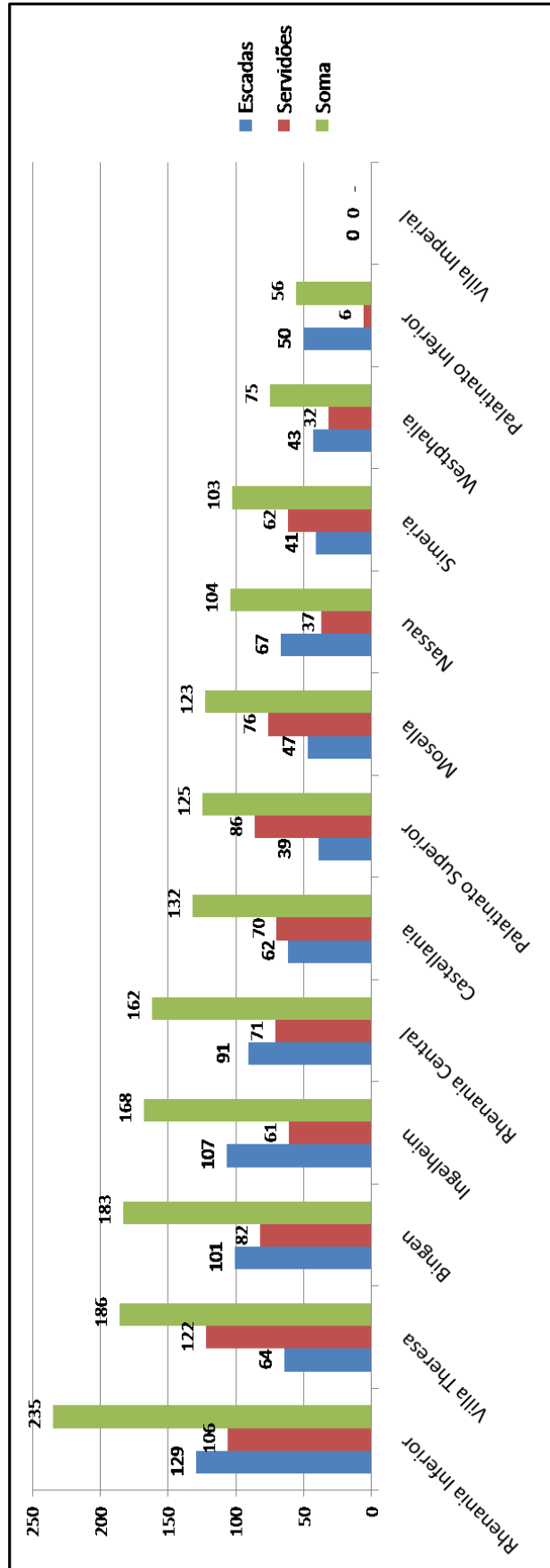


Figura 26– Número de escadarias e servidões por quarteirão da Planta Koeler.

Ao sobrepor os quarteirões da Planta Koeler com o mapa de distribuição das indústrias de Petrópolis, foi possível, em uma estimativa visual, contabilizar o número de fábricas em cada quarteirão, apresentada na figura 27.

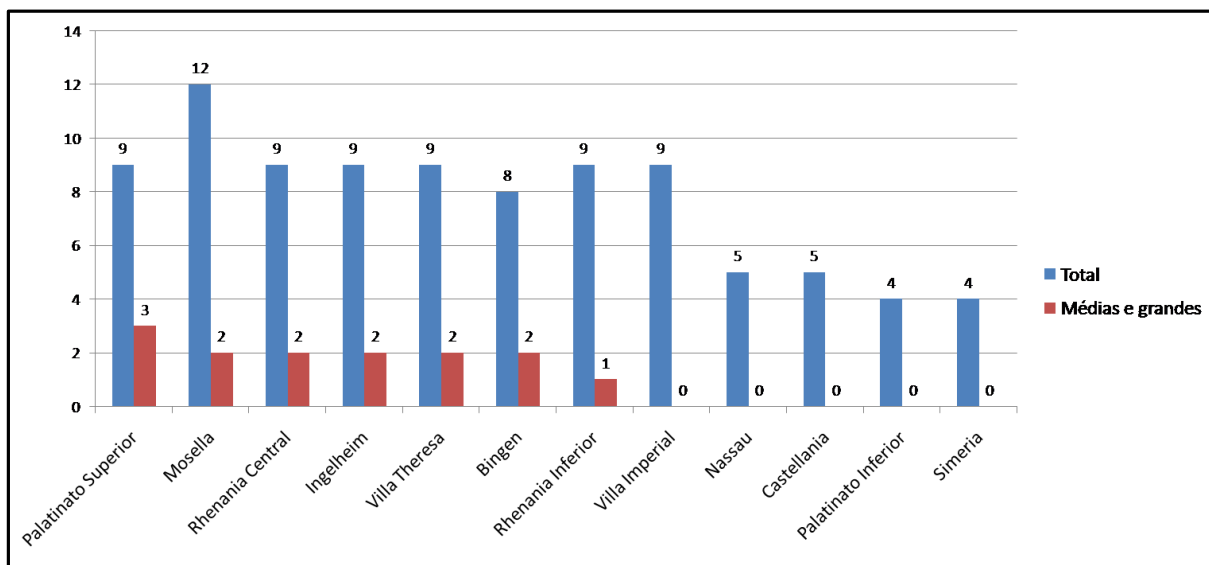


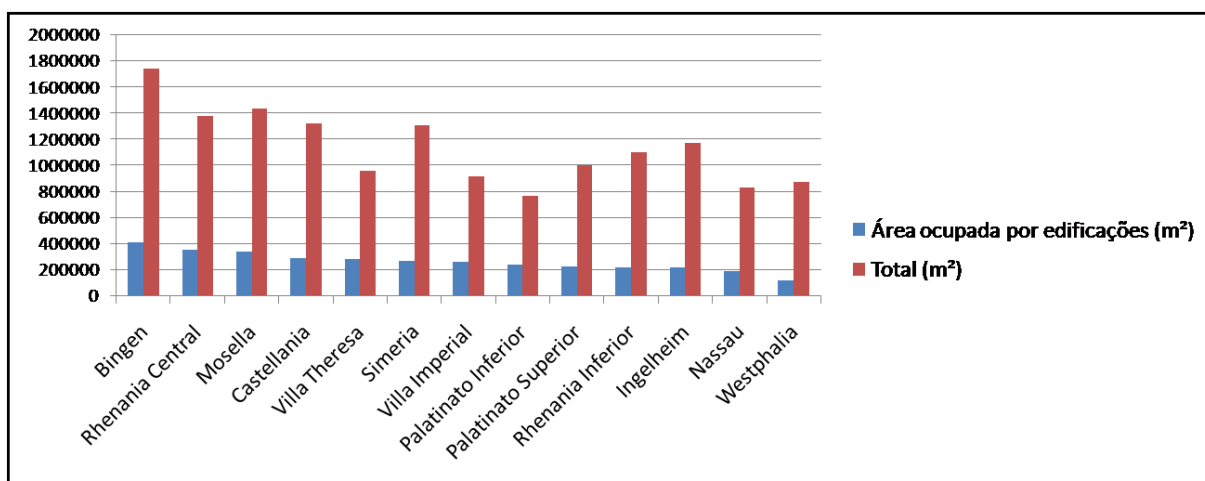
Figura 27– Quantidade de fábricas em cada quarteirão da Planta Koeler.

Inicialmente imaginou-se que os quarteirões que apresentariam maior número de escadarias e/ou servidões seriam os quarteirões que continham maior concentração de fábricas, contudo, ao analisar os números, ficou claro que a relação fábrica-servidões/escadarias se dava com as fábricas de médio e grande porte. É possível notar que, com exceção de Castellania, os oito quarteirões que mais tem servidões/escadarias são os sete que possuem fábricas de médio e grande porte, mostrando que a polarização destas fábricas atraiu grande quantidade de edificações (grande parte de residência) para os quarteirões em que estavam instaladas, para além de suas vilas operárias.

Ao observar na figura 26 os três quarteirões que mais tem servidões/escadarias (Rhenania Inferior, Villa Theresa e Bingen) e verificar esses mesmos quarteirões no mapa da figura 23, pode-se notar que estes possuíam fábricas de grande porte até 1966. Nessa perspectiva, entende-se, mais uma vez, que as fábricas, principalmente as de grande porte, tiveram grande influência na refuncionalização dos quarteirões e dos prazos de terra. Além disso, os prazos de terra tiveram também suas formas espaciais alteradas, evidenciada pela identificação de servidões e/ou escadarias;

alterados, tanto no seu arranjo espacial, quanto na forma de sua arquitetura, que sem determinada fiscalização de construção de edificações, a obrigatoriedade de certo padrão de fachada, presente no código de obras determinado por Koeler, se perdeu.

O mapa de cobertura da terra foi recortado pelos bairros da Planta Koeler e as classes “telhados de cerâmica”, “telhados cinzas” e “telhados brilhantes” tiveram suas áreas somadas para determinar a área total ocupada por edificações (m²). Este procedimento visa avaliar se a área edificada de cada bairro vai ao encontro dos resultados obtidos nas análises dos gráficos anteriores. O resultado pode ser visto na figura 28.



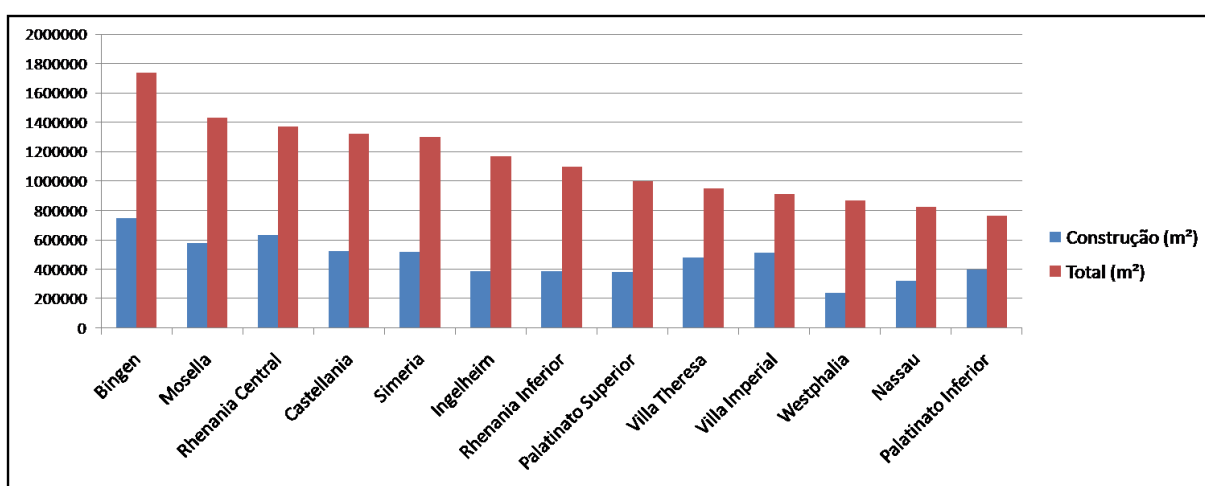
Quarteirão	Área ocupada por edificações (m ²)	Total (m ²)	Área relativa
Bingen	409095,19	1736618,11	23,56%
Rhenania Central	351280,06	1374072,45	25,56%
Mosella	334582,00	1431309,38	23,38%
Castellania	287910,76	1320280,35	21,81%
Villa Theresa	280349,04	950354,62	29,50%
Simeria	266046,02	1299753,90	20,47%
Villa Imperial	256993,80	912092,07	28,18%
Palatinato Inferior	233292,79	764052,12	30,53%
Palatinato Superior	223303,54	999785,59	22,34%
Rhenania Inferior	214177,52	1096943,42	19,52%
Ingelheim	214149,24	1168298,48	18,33%
Nassau	184864,61	824387,82	22,42%
Westphalia	113853,80	869781,46	13,09%

Figura 28– Área ocupada por edificações.

Analisando a figura 28, observa-se que os bairros de maior área edificada são, de fato, os bairros que tiveram atividade fabril de grande porte. Por outro lado, ao analisar as áreas relativas, percebe-se que o maior percentual de área edificada pertence ao bairro Palatinato Inferior (30,53%), que é adjacente ao

quarteirão Villa Theresa, segunda maior área edificada relativa (29,5%) que possuía duas fábricas de grande porte, e também adjacente ao Palatinato Superior, que não tem das maiores áreas edificadas relativas (22,34%), mas tinha três fábricas de médio e grande porte, além de mais nove outras fábricas de menor porte. Alia-se a isso o fato de que o Palatinato Superior ficava num vale extremamente estreito, dificultando a expansão da ocupação.

A figura 29 apresenta a medição das áreas construídas para cada quarteirão. Foi considerado como área construída o somatório das áreas das classes de cobertura da terra “telhados de cerâmica”, “telhados cinzas”, “telhados brilhantes” e “asfalto”.



Quarteirão	Construção (m²)	Total (m²)	Área relativa
Bingen	748188,9793	1736618,1176	43,08%
Mosella	580345,8539	1431309,3857	40,55%
Rhenania Central	636383,2755	1374072,4544	46,31%
Castellania	526262,8382	1320280,3561	39,86%
Simeria	516884,8159	1299753,9065	39,77%
Ingelheim	386640,8889	1168298,4810	33,09%
Rhenania Inferior	387548,1514	1096943,4235	35,33%
Palatinato Superior	384384,3767	999785,5957	38,45%
Villa Theresa	480018,5751	950354,6234	50,51%
Villa Imperial	513805,7838	912092,0785	56,33%
Westphalia	238008,1406	869781,4672	27,36%
Nassau	321989,6222	824387,8243	39,06%
Palatinato Inferior	401544,2502	764052,1274	52,55%

Figura 29– Quantificação de área construída nos quarteirões da Planta Koeler.

Nota-se, na figura 29, que o padrão se repete, sendo os quarteirões Bingen, Mosella e Rhenania Central os mais alterados, com relação à impermeabilização do solo, visto que umas das preocupações de Koeler para com a cidade de repouso e

cura era, exatamente, a preservação das florestas de fundamental importância para a cenografia da Cidade Imperial.

Atualmente, a maioria das plantas industriais de Petrópolis estão desativadas e abandonadas ou têm suas funções alteradas para atender às novas demandas. Na figura 30, a fábrica de tecidos Werner, fundada em 1904 e ainda em funcionamento.



Figura 30 – Fábrica de tecidos Werner.

Na figura 31, uma das primeiras fábricas de Petrópolis, a Imperial Fábrica de Tecidos São Pedro de Alcântara, atualmente fechada.



Figura 31 – Antiga Imperial Fábrica de Tecidos São Pedro de Alcântara.

Na figura 32, delimitada por um polígono vermelho, a Cia. Petropolitana de Tecidos e delimitado por polígono amarelo, parte de sua vila operária. Atualmente a edificação da fábrica foi dividida em várias partes, abrigando empresas de diversos ramos de atividade.



Figura 32 – Cia Petropolitana de Tecidos e parte de sua vila operária.

A figura 33 mostra parte da vila operária da Cia. Petropolitana de Tecidos, em 2011. É possível observar que, ainda que algumas casas estejam alteradas, elas preservam o mesmo padrão de construção.



Figura 33 – Vila operária da Cia. Petropolitana de Tecidos (2011).

A fábrica Dona Isabel (figura 34) foi uma das maiores fábricas de Petrópolis. Atualmente fechada, a antiga fábrica é centro de um projeto da Prefeitura para aproveitamento da área, que visa criar um centro administrativo municipal, mas ainda sem previsão de construção.



Figura 34 – Antiga fábrica Dona Isabel.

6. CONCLUSÕES

A análise da organização espacial tem o objetivo de evidenciar os padrões e rearranjos espaciais e, às vezes, suas diferenças. Além disso, também evidencia como as funções desses padrões podem mudar ao longo do tempo. Nessa perspectiva, ao longo desta pesquisa, o principal objetivo foi compreender como a organização espacial se modificou do planejamento urbano inicial e quais foram os fatores que levaram a essa modificação, utilizando como apoio metodológico as Geotecnologias, a Cartografia Histórica e o método de análise geográfica composto pelas categorias *forma, função, estrutura e processo*.

Primeiro ponto a ser ressaltado nestas conclusões deve ser a proposta de metodologia de análise da organização espacial, elaborada nesta pesquisa. Essa metodologia trouxe ao mesmo quadro de raciocínio vertentes para a aquisição de dados (Sensoriamento Remoto e Cartografia Histórica) e as consagradas categorias de análise geográfica de Santos (1985). Apesar de consagradas, estas categorias não são utilizadas com frequência e a bibliografia que as aplica em suas análises são escassas, causando diversas dúvidas, durante o trabalho, sobre qual seria a melhor maneira de abordá-las. Nesse sentido, o êxito em sua utilização não seria possível, se não estivessem embarcadas no desafio, a Cartografia Histórica e as Geotecnologias, visto que seria deveras mais complicado analisar forma e função sem reconstituir a Planta Koeler em SIG. Em mesma medida, seria menos detalhada a análise da organização espacial se não houvesse aqui a utilização de um mapa de cobertura da terra que nos desse um panorama das formas urbanas da área de estudo, nos dias atuais.

Com relação à Geografia, esta pesquisa trouxe uma discussão racional daquilo que é seu objeto maior, ou seja, a organização/disposição/configuração espacial, definida a partir de agentes atuantes no espaço em questão. Esta discussão permitiu apreender como as relações produtivas da sociedade se materializam no espaço geográfico e como essa materialidade condiciona a própria sociedade, na medida em que os diversos agentes têm conflitos entre si. Em suma, a Geografia e seu método de análise possibilitaram a apreensão da formação do espaço urbano de Petrópolis.

Na idealização e nos primeiros anos de Petrópolis, a Casa Imperial exercia total controle do que seria a cidade. Nesse período, a influência da elite brasileira no espaço urbano de Petrópolis evidenciou-se pelo arranjo espacial dos quarteirões, que

alongavam-se nos vales a partir e em direção às Villa Imperial e Theresa. Além disso, a classificação dos prazos de terra, de acordo com a proximidade do Palácio Imperial, e a determinação de suas funções no conjunto do espaço, evidenciam a estrutura sócio-político-econômica daquele momento. Em relação aos arranjos espaciais demonstrados na Planta Koeler, é visível a preocupação com os rios da área, e, por conseguinte, do ambiente natural. Essa preocupação, aliás, levou a elaboração de um padrão espacial dos prazos de terra, diferente do que era elaborado nas colônias portuguesas. Esse novo padrão tornara o componente rio um elemento embelezador, que compunha a cidade de cura e veraneio, tanto que os prazos de terra foram idealizados, concebidos e construídos com suas frentes voltadas para os rios, ou seja, isso impedia a edificação diferente do que regia o Código de Obras de Koeler. A própria existência de um Código de Obras naquela época já mostrava a preocupação da elite com as formas espaciais, que manteria as diversas camadas sociais espacialmente distribuídas de acordo com o interesse dessa elite. Esta discussão vai ao encontro do que destaca Corrêa (1986), em que as formas e suas funções são concebidas pela elite para garantir que sejam minimizados os custos de reprodução de sua estrutura dominante.

As análises feitas nesta pesquisa tiveram como pontos fundamentais os insumos cartográficos adquiridos ou gerados. A vetorização da Planta Koeler foi fundamental para que as análises se dessem no mesmo espaço.

Em relação ao mapa de cobertura da terra, foi fundamental a utilização da técnica de mineração de dados, devido à grande variedade de respostas espectrais do ambiente urbano. Fundamental também foi a utilização de GEOBIA para a tarefa de classificação da cobertura da terra, visto que, áreas urbanas geralmente têm como característica a grande variedade de respostas espectrais, que causaria ainda mais confusão se fosse utilizado o método pixel-a-pixel. Merece destaque a verificação de qualidade da classificação, que teve resultado de 0,74 no índice *Kappa* e 89% na exatidão global.

O processo de ortorretificação mostrou-se fundamental para a imagem correspondente a uma área de estudo com relevo acidentado. Sem esse processo, não seria possível a sobreposição de camadas para ajudar na análise.

O desenvolvimento industrial, necessário mencionar aqui, teve como principal pilar de apoio, os alemães que compunham a colônia produtiva de Petrópolis. Os

problemas de produtividade agrícola de Petrópolis, aliados às iniciativas e experiências pretéritas dos alemães foram fundamentais para o início da atividade fabril.

O contexto da localidade de implantação de novas indústrias em Petrópolis é um ponto importante a salientar, visto que, a escolha apresentava uma lógica espacial. O padrão de distribuição das indústrias priorizava a proximidade com os principais rios de cada quarteirão da Planta Koeler no início da industrialização de Petrópolis. Com o desenvolvimento e desmembramento dos quarteirões, novas ruas foram abertas e novas localizações foram priorizadas, mas sempre buscando a proximidade com os rios. A infraestrutura viária e de transportes era fundamental para a alocação das fábricas, sobretudo as de médio e grande porte.

A polarização dos quarteirões pelas grandes fábricas evidenciou uma nova estrutura sócio-político-econômica em Petrópolis, sobretudo com a decadência do Império. Ainda que os detentores do meio de produção, em muitos casos, fossem habitantes de veraneio de Petrópolis, e por isso viram bons fatores locacionais para atividade fabril, a influência maior deixou de ser o Palácio Imperial. Nesse ponto, é importante destacar que a estrutura de classes sociais não se modificou em Petrópolis, no que diz respeito ao proletariado e elite (agora industrial), ainda que o proletariado alemão tenha sido pioneiro, tanto no beneficiamento de alimentos e de artesanato, quanto na indústria propriamente dita.

O papel da indústria na produção do espaço urbano de Petrópolis vai de encontro ao abandono crescente do projeto da Casa Imperial. Ainda que tenha resistido até meados da década de 1960, com a explosão demográfica, os padrões espaciais e funções eram aos poucos alterados, por conta de uma ocupação mais orgânica, que viria a tornar-se evidente, principalmente, a partir da década de 1970.

Ao voltar à Planta Koeler e comparar suas formas e padrões espaciais com a atividade industrial, percebe-se que a mudança de formas e ocupação era iminente, sobretudo porque, ainda que Koeler tenha pensado em expansão, suas formas e funções, até então, eram extremamente rígidas para atividades econômicas mais dinâmicas, como a industrial. Do mesmo modo, as formas urbanas mantidas minimamente até a década de 1960 engessavam a expansão industrial que, devido a fatores de intensificação da ocupação de terras urbanas em Petrópolis, acabou por

engessar as fábricas, esbarrando em sua limitação de tamanho frente à demanda de produção e modernização.

Dois fatores já comentados aqui devem agora ser correlacionados, são eles: a polarização das fábricas e a intensificação da ocupação nos quarteirões. Estes dois fatores estão diretamente relacionados, contudo não foi, necessariamente, a quantidade de fábricas que fez intensificar a criação de novas formas espaciais urbanas, mas sim, as grandes fábricas que demandavam grande número de operários na produção e de serviços indiretos.

O êxodo rural, a partir do final da década de 1950, levou para cidades densamente industrializadas uma quantidade enorme de pessoas em busca de emprego nas indústrias. Petrópolis não fugiu dessa configuração, o que fez intensificar ainda mais a alteração espacial das formas urbanas de maneira singular na história da cidade. Atualmente, pouco resta da espacialidade dos quarteirões na área correspondente à gênese, prevalecendo a ideia dos bairros. Esses bairros são construídos na ideia de espaço vivido, de pertencimento e identidade em relação a um determinado lugar, já que, oficialmente, hoje, Petrópolis não tem uma divisão de bairros.

Em relação ao método geográfico de análise espacial sugerido por Santos (1985), pode-se afirmar que é de extrema necessidade o estudo da estrutura sócio-político-econômica que rege as formas e funções de um determinado espaço. Nesse contexto, de que maneira seria possível saber como Petrópolis, de cidade de cura e descanso, com colônia agrícola para abastecimento da elite, tornou-se uma cidade industrial? Somente a partir do estudo da estrutura sócio-político-econômica foi possível estabelecer que o tipo de trabalhador (assalariado, europeu, com ofícios diferentes do esperado para Petrópolis – agricultor), não teria sucesso na atividade agrícola, além das deficiências locais para esta atividade. Pode-se concluir, portanto, que as formas espaciais atuais de Petrópolis muito respondem pela polaridade que as grandes fábricas exerceram nos quarteirões da Planta Koeler.

Portanto, houve êxito ao analisar a organização espacial de Petrópolis, percebendo a mudança (processo) dos padrões espaciais (forma) e atividades funcionais que a sociedade capitalista industrial petropolitana (estrutura sócio-político-econômica) refletiu, condicionou e foi condicionada, no espaço urbano da área gênese de Petrópolis.

REFERÊNCIAS

AMBROZIO, J. C. G. **O Presente e o Passado no Processo Urbano da Cidade de Petrópolis (Uma História Territorial)**. 2008. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo. 2008.

AMO, S. **Técnicas de Mineração de Dados**. 2004. Trabalho apresentado ao XXIV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Salvador, 2004.

ANTUNES, F. S.; NEVES, L. V.; SANTOS, K. S.; GRAÇA, A. J. S. Análise da integração entre Sensoriamento Remoto e SIG na classificação da cobertura da terra em Duque de Caxias/RJ. **Revista Brasileira de Geomática**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 82-102, jan/mar. 2017.

BLASCHKE, T., STROBL, J. **What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS**. *GIS-Zeitschrift für Geoinformationssysteme*. 14(6):12–17, 2001.

CARLOS, A. F. A. **A Cidade**. São Paulo: Contexto, 1992.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>> Acesso em: 15 abril 2015.

CARVALHO, M.V.A. (2011) **Classificação da cobertura e uso do solo com imagens Worldview-2 utilizando mineração de dados e análise baseada em objetos**. 2011. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos. 2011.

CHAVEZ, P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multi-spectral data. **Remote Sensing of Environment**, v.24, i. 3, p. 459- 479, abril. 1988

CONGALTON, R.G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 2009.

CORRÊA, R. L. **O Espaço urbano**. Rio de Janeiro: Editora Ática, 1989.

CORRÊA, R. L. **Região e Organização Espacial**. São Paulo: Editora Ática, 1986.

COUTINHO, A. S. O. **Relatório do presidente da província do Rio de Janeiro, o senador Aureliano de Souza e Oliveira Coutinho, na abertura da**

Assembléa Legislativa Provincial no 1.o de março de 1846, acompanhado do orçamento da receita e despesa para o anno financeiro de 1846 a 1847. Niterói: Typographia de Amaral & Irmão, 1853.

DEFINIENS. **DEFINIENS Professional 7: Reference Book.** Munich: DEFINIENS (The ImagingIntelligenceCompany), 2007. Disponível em: <http://www.irfanakar.com/gis_remote_sensing_files/eCognition%20Definiens/Definiens%20Developer%207.pdf> Acesso em 15 fev 2016

DIGITALGLOBE. **Feature classification: worldview-2.** Longmont. 2010. Disponível em: <http://satimagingcorp.s3.amazonaws.com/site/pdf/Feature_Classification_Datasheet.pdf>. Acesso em: 12 mar 2015.

ET-ADGV 2015. **Norma da especificação técnica para aquisição de dados geoespaciais vetoriais de defesa da força terrestre.** Disponível em <<http://www.geoportal.eb.mil.br/index.php/inde2?id=140>>. Acesso em: 25 outubro 2016.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

FERNANDES, M. C. **Desenvolvimento de Rotina de Obtenção de Observações em Superfície Real: Uma Aplicação em Análises Geoecológicas.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2004. 263 f. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Geografia, IGEO/UFRJ, 2004.

FEITOSA, R.Q.; MATTOS, C.; SANTOS, R.V.; REGO, L.F.G.; PEREIRA, A.A.C. **Impacto de técnicas baseadas em conhecimento na análise de imagens de média resolução para mapeamento do desflorestamento na Amazônia.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 4065-4072.

FELGUEIRAS, C.A. **Apostila do Curso de Modelagem Digital de Terreno e Aplicações.** INPE, São José dos Campos, 1997.

FRIDMAN, F. **De núcleos coloniais a vilas e cidades: Nova Friburgo e Petrópolis.** In: Encontro Nacional da ANPUR, 9., 2001, Rio de Janeiro... Rio de Janeiro: Associação Nacional de Planejamento Urbano e Regional, 2001. p. 610-623.

FROÉS, C. O. **Petrópolis - A Saga De Um Caminho**. Petrópolis: Instituto Histórico de Petrópolis, 2006. Disponível em: <http://www.ihp.org.br/site/ixcof.htm>. Acesso em: 13 abril 2015.

GALO, M.; CAMARGO, P.O.; **O uso do GPS no controle de qualidade de Cartas**. In.: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. 1., Florianópolis, 1994. p. 41-48.

GONÇALVES, L. F. H. Movimentos de Massa na Cidade de Petrópolis, In: **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. GUERRA, J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

HAY, G. J.; CASTILLA, G. **GeographicObject-BasedImageAnalysis (GEOBIA): A new name for a new discipline**. In: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. 2008, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

HAN, J.; KAMBER, M. **Data Mining: Concepts and techniques**, USA: Morgan Kaufmann Publishers, 2006.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. 2010. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49230.pdf>>

KOELER, J. Petrópolis. In: **Jornal do Comércio**. 31 de janeiro de 1845.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. **The measurement of observer agreement for categorical data**. *Biometrics*, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.

LORDEIRO, M.S. **A atualidade do plano urbanístico de Koeler**. Petrópolis: IHP, 2000. Disponível em: <http://ihp.org.br/26072015/lib_ihp/docs/msl20000309.htm>. Acesso em: 13 jan 2016.

MAGALHÃES, C. **A Função Industrial de Petrópolis**, Revista Brasileira de Geografia, IBGE, ano XXIII, Janeiro-março, n. 1, pp.19-55, jan-mar1966.<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1966_v28_n1.pdf>. Acesso em: 10 mar2017

MARTINS, V. A.; FONSECA, L. M. G. Classificação de uso de solo baseada na análise orientada a objeto e mineração de dados utilizando imagens SPOT/HRG-5. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009, Natal. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 2009. p.7837-7844.

Neubert, M., Herold, H., Meinel, G. 2006. **Evaluation of Remote Sensing image segmentation Quality – Further Results and concepts**. In: Arch Photogram Rem Sens Spatial Inform Sci XXXVI-4/C42, 6 p.

<[http://www.commission4.isprs.org/obia06/Papers/10_Adaption and further development II/OBIA2006_Neubert_Herold_Meinel.pdf](http://www.commission4.isprs.org/obia06/Papers/10_Adaption_and_further_development_II/OBIA2006_Neubert_Herold_Meinel.pdf)>. Acessado em: 14/01/2016.

NEVES, L. V. **Estudos geocológico de deslizamentos e inundações em Petrópolis (RJ): reflexões sobre o paradoxo do Primeiro Distrito**. NEVES, L. V. Estudos geocológico de deslizamentos e inundações em Petrópolis (RJ): reflexões sobre o paradoxo do Primeiro Distrito. Dissertação de Mestrado em Geografia, Departamento de Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro 2017.

NOVACK, T. **Classificação da cobertura da terra e do uso do solo urbano utilizando o sistema InterIMAGE e imagens do sensor QuickBird**. 2009. 214 p. (INPE-16594-TDI/1580). Dissertação de Mestrado. São José dos Campos: INPE, 2009. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/08.31.21.23>>. Acesso em 28 out 2016.

NOVACK, T.; KUX, H. (2009). **Classificação da cobertura do solo urbano inserindo árvores de decisão a rede hierárquica**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009, Natal. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 2009. p.7871-7876.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto, Princípios e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

PEDROSO, M. M. M. **Petrópolis, de Fazenda à Núcleo Urbano, a Cidade Imperial em sua Formação**. Instituto Histórico de Petrópolis, Petrópolis. 2007. Disponível em: http://www.ihp.org.br/lib_ihp/docs/mmmp20071008.htm. Acesso em: 14/12/2015.

PINHO, C. M. D. (2005) **Análise orientada a objetos de imagens de satélites de alta resolução espacial aplicada à classificação de cobertura do solo no espaço intra-urbano: o caso de São José dos Campos**. São José dos Campo: INPE. 2005. Dissertação de Mestrado. 180p.

PINHO, C. M. D.; RENNÓ, C. R.; KUX, H. J. H. **Avaliação de técnicas de fusão aplicadas à imagem Quickbird**. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. 12, 2005, Goiânia. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 2005. p. 4225-4232.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. São José dos Campos, SP: Oficina de Textos, 2012.

RABAÇO, H.J. História de Petrópolis. Petrópolis: Instituto Histórico de Petrópolis/Universidade Católica de Petrópolis, 1985.

RAFFARD, Henri. **Jubileu de Petrópolis**. Rio de Janeiro: Companhia Typográfica do Brazil, 1895.

SAITO, É. A. **Caracterização de trajetórias de padrões de ocupação humana na Amazônia Legal por meio de mineração de dados**. São José dos Campos: INPE. 158f. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto – INPE. 2011.

SANTOS, M. **Por uma Geografia Nova: da crítica da Geografia a uma Geografia Crítica**. São Paulo: HUCITEC, 1978

SANTOS, M. **Espaço e Método**. São Paulo: Nobel, 1985.

SCHIEWE, J., **Segmentation of high-resolution remotely sensed data - Concepts, applications and problems**. In: Joint International Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications, 2002, Ottawa. Proceedings...Canada, 2002.

SCHIEWE, J.; TUFTE, L. **O potencial de procedimentos baseados em regiões para a avaliação integrada de dados de SIG e sensoriamento remoto**. In: BLASCHKE, T.;KUX, H. (Orgs.). Sensoriamento remoto e SIG avançados. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2007. p.56-65

SCHOWENGERDT, R. A. **Remote sensing: models and methods for image processing**. Burlington: Academic Press, Inc, 2007.

SILVA, A. G. **Petrópolis: idealismo e inovações na gênese de uma cidade no Brasil-Império**. Dissertação de Mestrado, 142f. Rio de Janeiro: IPPUR-UFRJ. 2000

SOUSA, G. M. **Modelagem do conhecimento aplicada ao estudo da susceptibilidade à ocorrência de incêndios no Parque Nacional do Itatiaia**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2013. 161f. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 2013.

SOUZA, B. C. P. 2014. **Os nomes geográficos de Petrópolis/RJ e a imigração alemã: memória e identidade**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2013. 145f. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 2013.

SOUZA, E.M.F.R.; CRUZ, C.B.M.; SILVA, R.B.; CARVALHO, I.H.C. Análise de MDE Radarsat1 em área de relevo misto no entorno da Baía de Guanabara/RJ: planimetria, altimetria, declividade e uso do solo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2009, Natal. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p.7497-7504. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/10.21.12.10/doc/7497-7504.pdf>>. Acesso em: 20 jul 2016.

SOUZA, E.M.F.R. 2012 **Diferenças nas respostas espectrais de floresta em encosta por meio de imagem hiperespectral**. Niterói: UFF, 2012. Tese de doutorado. Departamento de Geografia/IGEO/UFF, Niterói.

TAULOIS, A. E. **História de Petrópolis**. 2007. Disponível em: <http://www.petropolis.rj.gov.br/fct/index.php/turismo/conheca-petropolis/historia-de-petropolis.html>. Acesso em: 13/01/2013.

Wald, L. **Some terms of reference in data fusion**. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing.v.37, n. 3, p.1190-1193, 1999.