**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**Análise Orientada a Objeto para detecção de favelas
e classificação do uso do solo em Taboão da
Serra/SP**

JULIO CESAR PEDRASSOLI

São Paulo
2011

JULIO CESAR PEDRASSOLI

**Análise Orientada a Objeto para detecção de favelas
e classificação do uso do solo em Taboão da
Serra/SP**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre em Geografia Física

Área de concentração: Geografia Física
Orientador: Prof. Dr. Ailton Luchiari

São Paulo
2011

Julio Cesar Pedrassoli

Análise Orientada a Objeto para detecção de favelas e classificação do uso do solo em Taboão da Serra/SP

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre em Geografia Física

Área de concentração: Geografia Física
Orientador: Prof. Dr. Ailton Luchiari

Aprovado em:

Banca Examinadora:

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Agradecimentos

À Deus,

À minha mãe Maria Elizabeth, pela confiança e pelos momentos tranquilos onde pude continuar o trabalho mesmo nos momentos de indefinição ou insegurança;

Ao meu irmão Vitor Santo, por todas as vezes que ele me fez e ainda me fará cantar com ele;

Ao Professor Dr. Ailton Luchiari, pela orientação e ajuda, somados a confiança de que eu chegaria ao fim deste trabalho;

À Professora Dra. Rubia Gomes Morato, a qual me abriu as portas da pós-graduação despertou minha paixão pela pesquisa;

À amiga, assistente social e psicologia Cleo Dias, cuja presença, incentivo e alegria me deram e dão motivos para escrever;

À amiga Mônica Fonseca e ao seu esposo Professor Dr. Fernando Fonseca, ambos pelo incentivo incondicional e especialmente à amiga Monica por sua paciência e bondade ao dividir seus conhecimentos e espaço durante todo o trabalho;

À arquiteta Ângela Amaral, pelo apoio, idéias, discussões, compreensão e incentivo, além dos dias dispensados do trabalho para prosseguimento na pós-graduação;

Ao arquiteto Nílcio Dias, pela compreensão e ajuda na organização de meus horários para continuidade do mestrado;

À todos os amigos que de alguma forma estiveram presente nesta etapa da minha caminhada;

À Prefeitura Municipal de Taboão da Serra pelos dados e informações necessárias e a todos os amigos que compartilharam seu dia a dia comigo nesta instituição, especialmente no Núcleo de Geoprocessamento e na coordenadoria de Desenvolvimento Urbano;

Ao Raul Seixas, por tocar nos momentos necessários durante esta caminhada.

Chego ao fim que não é fim, é um passo, mais um passo, de uma caminhada que não abandonarei por acreditar na ciência, na educação e no papel que ambas têm na melhora da vida das pessoas, na construção de um mundo melhor e no caminho para um planeta saudável.

Resumo

O crescimento acelerado das cidades e os reflexos desse aumento das populações urbanas é preocupação constante na atualidade. Nesse processo, o surgimento de ocupações precárias, especialmente nas regiões metropolitanas, torna-se uma das características mais explícitas, caracterizando a própria lógica de ocupação, uso e direito desigual ao território. O monitoramento dessas áreas, sua formação e expansão, são uma necessidade crescente, em diversos locais no mundo, visto que a inclusão dessas áreas à cidade formal é tido como gatilho para a melhoria das condições de vida de mais de 100 milhões de pessoas que vivem em favelas no mundo todo, como colocam as Metas de Desenvolvimento do Milênio propostas pela Organização das Nações Unidas. Contudo, para que os habitantes das favelas sejam atendidos em seu direito a uma vida digna, faz-se necessário seu conhecimento e principalmente quantas são e onde estão. Um importante instrumento, com relação benéfica entre tempo de aquisição, custo de aplicação e possibilidade de replicabilidade e transferência de conhecimento é o uso de dados de Sensoriamento Remoto. Estes possibilitam o estabelecimento de metodologias através de procedimentos de detecção de feições e classificação do uso do solo, para identificação dessas áreas. Não obstante, os métodos de classificação clássicos quando aplicados a imagens de altíssima resolução espacial não conseguem extrair de forma satisfatória, em determinados casos, informações para uso intra-urbano. Nesse ínterim surgem novos paradigmas de classificação de imagens como a Análise Orientada a Objeto, onde o processo de classificação parte do objeto geográfico definido a partir da segmentação da imagem, aproximando o objeto de feições do mundo real. Sobre estes objetos é possível a aplicação de regras de pertinência e de contexto através de linguagens e softwares específicos que permitem a transposição do conhecimento humano de fotointerpretação relação contextual para o meio computacional. Este trabalho objetivou avaliar o uso desta técnica de classificação para a detecção e mapeamento de favelas no município de Taboão da Serra/SP, utilizando dados auxiliares para a caracterização destas áreas e seus graus e tipos de precariedade. Os resultados demonstram a validade da aplicação da técnica.

Palavras Chave: Sensoriamento Remoto, Análise Orientada a Objeto, favelas, expansão urbana

Abstract

The accelerated growth of the cities and the reflections of the increase of the urban population has been a constant concern nowadays. In this process, the occurrence of precarious occupancies, mainly in the metropolitan regions, has become one of the most explicit characteristics, describing the logic of occupancy itself, unequal use and right to the territory. The monitoring of these areas, their lineup and expansion, are an increasing need in several places in the world, as the inclusion of these areas in the formal city is considered a trigger for the living conditions improvement of over 100 million people who live in slums all over the world, as the Developments Goals of the Millennium proposed by the United Nations Organization. However, in order to meet the rights to a dignified life of the slums inhabitants, it is necessary to know about them mainly their number and where they are. An important tool related to the beneficial relation among the acquisition time, application cost and possibility of applying again, and transference of knowledge is the use of data from Remote Sensing. These data make it possible to establish the methodologies through the detection of features procedures and classification of the land use for these areas identification. Nevertheless the classical methods of classification cannot obtain, in certain cases, information on the interurban use, in a satisfactory way. In the interim, new paradigms of images classification appear like the Object Based Image Analysis (OBIA) which goes from the defined geographic object to the image segmentation, approaching the object to features of the real world. The application of pertinent rules and context over these objects is possible through specific languages and softwares that allow the transference of human knowledge of photo interpretation and contextual relation to the computing environment. This work aimed at evaluating the use of this classification technique for detection and zoning of slums in Taboão da Serra/SP town using supporting data for the areas characterization, its grades and kinds of precarious conditions. The results show the validity of the technique application.

Key Words: Remote Sensing, Object Based Image Analysis (OBIA), slums, Urban Expansion.

(versão corrigida)

Sinto-me nascido a cada momento
Para a eterna novidade do mundo...

(Fernando Pessoa)

Sumário

Introdução a temática e divisão do trabalho	6
PARTE I:	7
O Contexto	7
PARTE II:	12
A pesquisa	12
1. Introdução	13
1.1. Objetivos	14
1. Justificativa e escolha da área de estudo	15
2. Embasamento Teórico.....	20
2.1 . O sensoriamento remoto do espaço urbano.....	20
2.2. A interpretação de imagens e fotografias aéreas e os processos de classificação de imagens aplicáveis ao espaço urbano.....	22
2.2.2. As necessidades de resolução urbana.....	22
2.2.1.a. Apontamentos sobre a resolução temporal urbana	22
2.2.1.b. Apontamentos sobre a resolução Espectral urbana	25
2.2.1.c. Apontamentos sobre a resolução espacial urbana	26
2.3. A interpretação de imagens	27
2.4. Os elementos de interpretação de imagens.....	31
2.5. Classificação de imagens e fotografias aéreas.....	34
2.6. A cobertura da terra, o uso do solo e a reprodução do espaço	35
2.7. A classificação de imagens pixel a pixel e as imagens de alta resolução.....	36
2.8. Análise de imagens orientada a objeto	37
2.9. Representação computacional do conhecimento para interpretação e classificação de imagens orbitais.....	39
3. A favela como objeto: da definição a detecção	46
3.1. O que é uma favela?	46
3.2. As favelas frente ao poder público no Brasil.....	49
3.3. Global, Nacional, Local... As favelas em Taboão da Serra	51
3.4. Estado da arte no mapeamento de favelas	54
3.4.1. Alguns casos de mapeamento na literatura	55
4. Metodologia e procedimentos técnicos	62

4.1.	Avaliação e preparação dos dados (para todos os experimentos)	62
4.1.1.	Procedimentos Técnicos (eCognition)	63
4.1.1.a.	Segmentação.....	63
4.1.1.b.	Análise exploratória: Definição da rede semântica, hierarquia de classes e de regras de pertinência e atributos.....	67
4.1.1.c.	Classificação (testes) e avaliação da análise exploratória	69
4.1.2.	Procedimentos técnicos (ENVI EX <i>Feature Extraction</i>)	74
4.1.2.a.	Análise exploratória: Definição da rede semântica, hierarquia de classes e de regras de pertinência e atributos (ENVI EX <i>Feature Extraction</i>).....	74
4.1.2.b.	Segmentação.....	76
4.1.2.c.	Definição do <i>rule set</i> (da ontologia à linguagem específica)	79
5.	Resultados e discussões.....	83
5.1.	Avaliação dos objetos detectados e das classes definidas através dos procedimentos técnicos.....	83
5.1.1.	O Processo de detecção e classificação de favelas via AOO	85
5.1.1.a.	Vila Nova Esperança	85
5.1.1.b.	CDHU – Parque Laguna	89
5.1.1.c.	Pós-processamento e refinamento da classificação	90
5.2.	Avaliação da acurácia da classificação	92
5.3.	Considerações finais e recomendações	96
6.	Bibliografia	99
7.	Anexos.....	107
	Anexo 1: Classificação do uso do solo e detecção de favelas.....	107
	Anexo 2: <i>Rule Set</i> desenvolvido.....	109

Índice de figuras

Figura 1: imagem QuickBird sobre a área de Taboão da Serra.....	9
Figura 2: assentamentos precários em Taboão da Serra.....	10
Figura 3: Área de estudo – Município de Taboão da Serra – organização do autor	15
Figura 4: Áreas de risco em assentamentos precários.....	17
Figura 5: espacialização da qualidade de vida em Taboão da Serra	19
Figura 6: Divisão Sócio-Territorial	19
Figura 7: A esquerda terrenos limpos e demarcados para loteamento em San Diego; a direita residências unifamiliares em diferentes etapas de construção em Denver: aproximadamente um ano de diferença	23
Figura 8: estágios de construção de prédios de apartamentos em 2004 (preparação do canteiro) e 2007 (torres construídas) – Taboão da Serra. Organização do autor	23
Figura 9: relação entre resolução temporal e espacial dos principais sensores	24
Figura 10: Imagem QuickBird obtida em 16 de Abril de 2005 (a esquerda) e em 4 junho de 2005 (a direita) - Fonte: Jensen 2009, p.133	29
Figura 11: registro histórico da evolução da favela do Irati Córrego.....	31
Figura 12: Associação entre dados de sensoriamento (qualidade ambiental) remoto e censitários (nível sócio-econômico e educação)	31
Figura 13: Níveis de complexidade e análise <i>multi</i>	33
Figura 14: etapas no processamento digital de imagens	34
Figura 15: fluxo OBIA (softwares) – adaptado de Weber, 2008	41
Figura 16: exemplo de segmentação por crescimento de Regiões.....	42
Figura 17: exemplo de segmentação por Limiarização – 150 ND	42
Figura 18: exemplo de segmentação Quadtree.....	43
Figura 19: fluxo de funcionamento da segmentação multiresolução	43
Figura 20: exemplo de segmentação Multiresolução	44
Figura 21: Crescimento da população em favelas.....	49
Figura 22: Concentração de favelas em São Paulo e Taboão da Serra	51
Figura 23: Avanço populacional na região metropolitana de São Paulo , 2000 - 2010	52

Figura 24: teste de segmentação multiresolução – parametrização: escala 0,75; forma 0,5; compacidade 0,00.....	65
Figura 25: teste de segmentação multiresolução – parametrização: escala 0,75; forma 0,5; compacidade 0,00.....	66
Figura 26: Aproximação da segmentação	66
Figura 27: Estratégia implementada para teste de detecção de favelas assim classificadas por precariedade urbanística.....	68
Figura 28: Estratégia implementada para teste de detecção de favelas assim classificadas por precariedade fundiária.....	69
Figura 29: busca de objetos representativos – nesta imagem um trecho da favela Irati HBB	70
Figura 30: teste de classificação baseado no desvio padrão.....	72
Figura 31: teste de classificação baseado no desvio padrão.....	73
Figura 32: teste de classificação baseado no desvio padrão.....	73
Figura 33: Área teste – ENVI.....	75
Figura 34: Processo de ocupação 1962-2004	76
Figura 35: Segmentação – parâmetro de escala 29	77
Figura 36: Nível de Agregação: 95	78
Figura 37: Resultado dos parâmetros 29-95.....	79
Figura 38: Variáveis selecionáveis para cada objeto.....	80
Figura 39: Definição das regras de classificação e interação entre os elementos de contexto....	81
Figura 40: Linhas de detecção da Vila Nova Esperança (acima) e detalhe das linhas de detecção no CDHU- Parque Laguna (abaixo).....	82
Figura 41: exemplo de problemas na classificação de vegetação	83
Figura 42: Exemplo de estrutura viária e cobertura em residências de baixo padrão	85
Figura 43: Representação das classes de usos antrópicos detectadas.....	86
Figura 44: Distribuição interna das Classes – Vila Nova Esperança	87
Figura 45: correlação entre área de risco alto e classe favela.....	88
Figura 46: Padrões de ocupação – Vila Nova Esperança.....	88
Figura 47: Distribuição interna das classes detectadas – CDHU – Laguna	89

Figura 48: processo de refinamento – CDHU – Laguna	90
Figura 49: Classificação antes do processo de refinamento.....	91
Figura 50: Classificação após processamento do refinamento de vegetação	91
Figura 51: Associação dos dados detectados via AOO ao <i>GeoDataBase</i> de assentamentos	93
Figura 52 - Classificação Final.....	95
Figura 53 - Fluxo de trabalho do módulo ENVI Feature extraction - ENVI EX	96

Índice de tabelas

Tabela 1: as dez maiores densidades demográficas do Estado de São Paulo.....	16
Tabela 2: Elementos para interpretação visual de imagens:.....	32
Tabela 3: Definições locais de favela: quadro comparativo.....	47
Tabela 4: Objetivos de desenvolvimento do milênio	50
Tabela 5: Tipos e totais de Assentamentos precários (favelas) – Taboão da Serra.....	53
Tabela 6: assentamentos precários (favelas) por níveis de precariedade – Taboão da Serra	54
Tabela 7: Material Utilizado	62
Tabela 8: <i>Softwares</i> utilizados.....	63
Tabela 9: Distribuição interna das classes – Vila Nova Esperança.....	87
Tabela 10: Distribuição interna das classes detectadas – CDHU – Laguna.....	89
Tabela 11: classificação CDHU – Laguna	92
Tabela 12: resultados da classificação – Vila Nova Esperança.....	94

Introdução a temática e divisão do trabalho

Esta dissertação está dividida em duas partes principais: a primeira parte, chamada de Contexto, trata do contexto e motivação para escolha do tema, bem como uma breve reflexão sobre as possibilidades de pesquisa que ele representa.

A segunda parte trata do embasamento teórico e do desenvolvimento da pesquisa envolvendo três partes principais: a concepção teórica, a proposição dos testes e a avaliação dos resultados.

Ao longo destes grandes blocos que norteiam o trabalho aqui apresentado, outras subdivisões e classificações quanto ao andamento do trabalho são colocadas, conforme sua necessidade.

PARTE I:
O Contexto

O Núcleo de Geoprocessamento da Prefeitura Municipal de Taboão da Serra desde meados de 2009 tem a responsabilidade pela elaboração e manutenção de uma grande base de dados geoespaciais, sobre os quais diariamente são feitas análises espaciais para fins de planejamento urbano, meio ambiente e tomadas de decisão. Cabe aqui ressaltar algumas atividades:

- mapeamento de áreas públicas e particulares;
- sobreposição de plantas de loteamento (situação legal de ocupação) sobre ortofotos e imagens de satélite (situação real de ocupação) para subsidiar os projetos de regularização fundiária em andamento na cidade;
- diagnóstico da situação vegetacional do município;
- delimitação de Área de Preservação Permanente – APP (cursos hídricos, topo de morro e declividade) e sua situação de ocupação em vistas da legalidade;
- assessoria técnica na contratação de mapeamento e implementação de sistemas de informação geográfica e cadastro multifinalitário na municipalidade;
- assessoria técnica no contrato para elaboração do plano diretor de Geoprocessamento – PDGeo;
- manutenção geral da base cartográfica municipal;
- implantação de sistema de distribuição de mapas via internet através de ferramenta SIG online – WebGeo Taboão da Serra (convenio com a prefeitura de Guarulhos);

Entre outras atividades diárias.

É observada uma grande demanda por dados georreferenciados para a gestão municipal, visto que grande parte da informação rotineira da prefeitura tem, além de outras dimensões, caráter espacial.

O acesso a esta gama de informações e as demandas geradas representam uma primeira motivação para a definição da proposta de pesquisa.

E outubro de 2009, após assinatura de um contrato de doação de imagem de satélite à prefeitura de Taboão da Serra pelo Governo Federal através do Ministério das Cidades, o departamento de Cartografia recebeu uma imagem QuikBird com tomada de junho de 2008, apresentada na figura 1:

Figura 1: imagem QuickBird sobre a área de Taboão da Serra

O recebimento da imagem cria a possibilidade de atualização dos dados restituídos, até então, a partir das ortofotos de 2004 e 2007, as duas principais referencias utilizadas pelo departamento de Cartografia para geração de mapas e análises.

Com a grande quantidade de dados gerados e armazenados no Departamento de Cartografia da PMTS, a aplicação destes ainda é muito ampla, especialmente para pesquisa científica. Alguns exemplos de trabalhos na área de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto realizados por pesquisadores do Departamento de Geografia da USP sobre o município podem ser destacados: o trabalho de Nascimento (2008) que tratou do desenvolvimento de uma metodologia para mapeamento de áreas públicas em Taboão da Serra para auxílio nos processos de regularização fundiária, o Trabalho de Nader (2008) cujo foco é a proposição de um servidor de mapas para a prefeitura de Taboão da Serra e o trabalho de Morato (2005), avaliando a qualidade de vida da população do município através da integração de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, espacializando privilegiados e desprivilegiados através da associação de informações em três dimensões: qualidade ambiental, educação e nível socioeconômico.

Taboão da Serra é uma área urbana, assim como todos os demais municípios que compõe a região metropolitana de São Paulo, de grande complexidade, tanto

estrutural quanto funcional. O município tem uma área total de 20,4 km², onde se concentra uma população de aproximadamente 238.000 habitantes aproximadamente (IBGE; SEADE, 2009). A cidade possui a segunda maior densidade populacional do estado de São Paulo e a quinta maior densidade populacional do Brasil (SEADE 2009), num território com 100% de sua área urbanizada. Soma-se a isto a grande quantidade de assentamentos precários presentes na área, num total de 81 núcleos mapeados, pela secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação com apoio do Núcleo de Geoprocessamento, conforme figura 2:

Figura 2: assentamentos precários em Taboão da Serra

Os assentamentos precários delimitados consideram duas possibilidades: precariedade fundiária e precariedade urbanística, em alguns casos enquadrados em ambos, reflexo do processo de ocupação de áreas públicas e privadas no município e da condição das construções.

especialmente a partir da utilização de imagens de altíssima resolução espacial como as geradas pelos sensores do QuickBird ou adquiridas via vôo aerofotogramétrico, onde as altíssimas resoluções espaciais traz uma quantidade de informação por unidade de área muito elevada.

Para estes produtos os métodos automáticos de classificação desenvolvidos para e utilizados em imagens de baixa e média resolução, em geral acarretam grande grau de confusão com o incremento da resolução espacial ou grande perda de informação devido a complexidade inerente ao sistema representado por áreas densamente urbanizadas, cujas características espectrais e de contexto tornam seu entendimento e classificação uma tarefa que necessita de aprofundamento. Por outro lado, a própria complexidade destas áreas e o alto grau de resolução das imagens orbitais tendem também a ampliar a possibilidade de análise contextual, há um incremento significativo na quantidade de variáveis para utilização na classificação e além das informações espectrais é possível descrever cada região usando parâmetros em relação à forma do objeto como a área, altura, largura, densidade, altura da borda, entre outros), à textura, às relações entre objetos vizinhos, e outras.

PARTE II:

A pesquisa

“Análise Orientada a Objeto para detecção de favelas e classificação do uso do solo em Taboão da Serra/SP”

1. Introdução

O rápido crescimento das cidades é marcante nas questões ambientais e sociais da atualidade, isso deixa explícitas as enormes disparidades sócio-espaciais e ambientais, especialmente nas regiões metropolitanas.

Para a análise do espaço urbano é necessário considerar que em seu caminhar histórico a cidade .-traz consigo as marcas das configurações espaciais de seu surgimento, dos períodos pelos quais passou e de suas transformações atuais. A apreensão deste processo dinâmico se expressa na configuração e mudanças do espaço urbano. É a realidade do visível (AB'SABER 1969, p. 4 *apud* por Zacharias 2006, p. 43), a qual:

“[...] destaca-se por suas propriedades visuais, pelo seu caráter dinâmico e por suas peculiaridades, as mudanças sociais, abrigando formas (do passado, do presente e as possíveis tendências ao futuro), funções, estruturas e processos distintos[...]” (SANTOS 1986, p. 37)

Neste sentido Corrêa ressalta que *“o espaço urbano, especialmente o da cidade capitalista, é profundamente desigual, uma vez que, a desigualdade constitui-se em característica própria do espaço urbano capitalista”* (CORRÊA 2006, p. 8) e, *“por ser reflexo social e porque a sociedade tem a sua dinâmica, o espaço urbano é também mutável, dispondo de uma mutabilidade que é complexa, com ritmos e natureza diferenciados”* (Corrêa 2006, p. 8), onde a temporalidade do capital não vai ao encontro da temporalidade da natureza, que é por vezes geológica e cujo tempo de recuperação não obedece aos anseios de lucro. Segundo Folke et al (2002):

“a urbanização e muitos aspectos da globalização tendem a distanciar as pessoas de sua relação com o ecossistema que as suporta... as pessoas se tornam alienadas de sua dependência de acesso aos recursos e funções do ecossistema que ultrapassam as fronteiras de sua própria jurisdição” (FOLKE et al 2002)

Ao olhar a cidade sob a criticidade de sua produção no espaço, o que se vê são indícios de um ambiente urbano socialmente desigual em função das necessidades capitalistas. Os acessos aos meios, pela população, para o usufruto urbano são diferenciados, trazendo em seu bojo, componentes espacialmente correlacionados. Assim sendo, as diferentes formações espaciais urbanas nos levam a perceber a desigualdade urbana em suas diversas facetas, muitas vezes percebidas de forma disjunta e sem uma consideração sistêmica de seu caráter enquanto processo. O surgimento e desenvolvimento dos assentamentos precários no território são um dos reflexos mais visíveis do funcionamento do sistema de reprodução do espaço associado ao modo de produção capitalista.

A cidade como expressão da vida contemporânea deixa a olhos nus seu funcionamento perverso no espaço-tempo, sendo que a difusão geográfica das iniquidades associa-se à própria expansão das cidades como centro aglomerador de pessoas e espelho local dos problemas ambientais e suas causas e reflexos sociais associadas, em escala mundial. Hoje, numa condição pós-moderna tem-se que a não linearidade se contrapõe à linearidade do pensamento moderno, fato que põe a mostra os efeitos de uma crise urbana que se alastra, a qual se pode perceber intensamente, a cada dia na dinâmica e funcionamento das cidades. Esta realidade é correspondente a experimentada pelos municípios que compõe a região metropolitana de São Paulo, incluindo Taboão da Serra, área de estudo definida para este trabalho, representativa da urbanização atual e explicativa de muito dos processos experimentados a nível mundial na questão ambiental urbana.

Para avaliação científica dessa problemática surge a necessidade de utilização de técnicas capazes de proporcionar uma possibilidade de integração entre variáveis de diversas dimensões. O espaço como ponto comum coloca a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e dados de Sensoriamento Remoto (SR) como ferramentas de grande aplicabilidade. Face aos desafios da questão urbana em seus vários aspectos a necessidade de entendimento da expansão urbana e seus reflexos na área de habitação, meio ambiente e desenvolvimento, tanto a nível global quanto local, o desenvolvimento de metodologias para mensuração desse problema que se utilizam dessas técnicas ligadas a tecnologia geoespacial são caminhos possíveis e necessários, e extremamente incentivadas considerando o contexto atual.

A complexidade da questão das favelas no mundo urbano metropolitano atual exige um aprofundamento dos métodos de avaliação desta áreas, cujo tempo de resposta é, indispensavelmente, o tempo da vida humana, suas necessidades básicas e direitos mínimos à qualidade de vida e a um ambiente ecologicamente saudável

1.1. Objetivos

1.1.1. Geral:

O objetivo deste trabalho é a detecção, identificação e mapeamento de favelas no município de Taboão da Serra, usando como recursos o Sensoriamento Remoto e a Análise Orientada a Objeto, nos dados disponíveis: ortofoto 2004, ortofoto 2007, imagem QuickBird 2008;

1.1.2. Específicos:

- 1) A realização de testes para detecção de favelas automática nos dados utilizados através de análise orientada a objeto, buscando a definição de uma estratégia de conhecimento para detecção e classificação de assentamentos precários;
- 2) A avaliação da classificação obtida nos testes, com apontamento dos erros, vantagens e desvantagens da técnica e da estratégia metodológica;
- 3) Avaliação da empregabilidade das informações geradas;
- 4) Avaliar a acurácia da classificação.

1. Justificativa e escolha da área de estudo

Limítrofe aos municípios de Embu, Cotia, Osasco e majoritariamente São Paulo, Taboão da Serra é parte conurbada da Região Metropolitana de São Paulo, conforme figura 3, e seu processo de surgimento e desenvolvimento está dessa forma ligado ao movimento que agrega a própria Região Metropolitana.

Figura 3: Área de estudo – Município de Taboão da Serra – organização do autor

Não obstante, observa-se que não há para o município, tanto em trabalhos acadêmicos quanto em rotinas internas da prefeitura uma metodologia para mapeamento de classificação do uso do solo urbano ou uma metodologia estabelecida para utilização deste

processo como subsídio ao planejamento urbano na cidade, levando em conta as especificidades locais e demandas internas, mas também mirando as necessidades advindas dos projetos de planejamento regional, nacional e das diretrizes globais para melhoria da qualidade de assentamentos precários.

Sua emancipação política se dá em 1959 a partir da lei estadual 8091/59, sendo que parte de seu território era originalmente pertencente ao bairro de Santo Amaro em São Paulo e a outra parte ao município de Itapeverica da Serra (Nascimento 2006, p. 37). Taboão da Serra possui uma área de 20,4 km² (IBGE), 100% urbanizada e com alta densidade populacional, possuindo a segunda maior densidade populacional entre os municípios paulistas, conforme tabela 1 a seguir:

Tabela 1: as dez maiores densidades demográficas do Estado de São Paulo

<i>Ordem</i>	<i>Município</i>	<i>Densidade Demográfica (hab/km²)</i>
1	Diadema	12.951.22
2	Taboão da Serra	11.562.21
3	Carapicuíba	11.538.52
4	Osasco	11.128.90
5	São Caetano do Sul	9.654.82
6	São Paulo	7.221.86
7	Mauá	6.761.39
8	Jandira	6.533.68
9	Poá	6.454.31
10	Ferraz de Vasconcelos	6.234.49

Os principais tipos de solo encontrados na região do município são os podzólicos vermelho amarelos e os cambissolos, associados a granitos, migmatitos, gnaisses e micaxistos. Geomorfologicamente o município está inserido na unidade denominada planalto paulistano ou Alto Tietê, no cinturão orogênico do Atlântico, com predominância de morros médios e altos de topos convexos, apontando características de regiões que se submeteram a intensos processos erosivos. (ROSS e MOROZ, 1997).

Essa estrutura Geológica e Geomorfológica indica algumas características atuais do município, em termos de ocupação, no que diz respeito à ocorrência de eventos de risco tais como inundações e escorregamentos, especialmente em áreas com entalhe mais acentuado e cuja ocupação é em geral associada à população de baixa renda, conforme as áreas de risco apresentadas na figura 4:

a partir principalmente das décadas de 1960 e 1970, com a construção e duplicação da rodovia Regis Bittencourt, que liga São Paulo a Curitiba, que a atratividade e instalação de indústrias no município se intensificou.

Nascimento (2008, p. 38) coloca que:

“a função de pólo industrial atraiu muitos migrantes para a cidade, em especial nordestinos, que eram empregados em indústrias locais. Acelera-se o crescimento populacional, sua economia diversificada – surgem centros de comércio e serviços e Taboão da Serra destaca-se entre os municípios da Região metropolitana de São Paulo”

É também a partir da década de 1960 que começam a surgir as primeiras aglomerações urbanas. Rapidamente as áreas vazias e também as mais distantes foram sendo ocupadas, na maioria das vezes sem infra estrutura. A ocupação dessas áreas representa uma alternativa a população de baixa renda no contexto da Região Metropolitana de São Paulo:

“O histórico de ocupação de Taboão da Serra, que passou de ‘povoado de entroncamento’ para um município industrial, demonstra que o seu rápido crescimento populacional entre as décadas de 1960 e 1980, simultaneamente ao período de grande expansão metropolitana.” (FUSP 2011, p. 25)

A partir da década de 1980 e década de 1990 ocorre a aceleração do processo de ocupação do município, com reflexos ambientais, com ocupação de áreas suscetíveis a eventos de risco, áreas de preservação permanente, entre outros, além de reflexos urbanísticos e fundiários, os quais caracterizam os assentamentos precários ou comumente conhecidas como favelas.

A proximidade com o centro (São Paulo) e as vias de acesso ou de passagem, tornam Taboão da Serra uma cidade propensa ao crescimento populacional elevado, mesmo com sua área reduzida. Grande parte da população realiza atividades profissionais ou de outro escopo fora do município, o que caracteriza Taboão da Serra como uma cidade dormitório.

A grande concentração de pobreza na cidade se dá em assentamentos precários. Em termos de qualidade de vida no município, com Morato et al (2005) indicam que 32,58% da população apresentam índices elevados de qualidade de vida enquanto 67,41% da população possuem índices indicativos de baixa qualidade de vida, conforme figura 5:

Org.: MORATO, R. G.; KAWAKUBO, F. S.; PRESOTTO, A.; LUCHIARI, A. (2005)

Figura 5: espacialização da qualidade de vida em Taboão da Serra

Fonte: Morato, 2005

Estruturalmente, do ponto de vista sócio territorial, pode-se dividir o município em dois grandes blocos: bloco sul e bloco norte, conforme a figura 6:

Figura 6: Divisão Sócio-Territorial
Organização do autor

Bloco Norte: 1/3 da área, caracterizada pela área centro norte densamente vegetada e área de indústrias em expansão e a nordeste caracterizada por área de urbanização consolidada

Bloco Sul: representam 2/3 do território, com área de urbanização consolidada, poucos núcleos habitacionais esparsos, previsão de verticalização e concentração de assentamentos precários de alta densidade a sudoeste;

De maneira geral, a caracterização de interesse para este trabalho indica que a área do município é 100% urbanizada, com alta densidade populacional e de construções, associada urbanisticamente a assentamentos precários, 84 mapeados pela prefeitura do município. Nesse contexto as propostas de regularização fundiária provocam grandes mudanças nessas áreas em diversos níveis, como acesso à posse da terra (legalidade) à mudança do traçado urbano dessas áreas, fatos que representam um ponto importante para entendimento da dinâmica da produção e reprodução do espaço nesses locais.

Dessa forma, a escolha do município de Taboão da Serra como área de estudo justifica-se principalmente por suas características de ocupação, as quais agregam atributos propícios aos testes de classificação automática de imagens propostos.

Justificativas diversas ainda podem ser aqui elencadas, como a importância e necessidade da produção desse tipo de informação para monitoramento e planejamento da gestão municipal e a aplicação e desenvolvimento das técnicas de Análise Orientada a Objeto (AOO) como contribuição científica ao avanço da metodologia proposta e auxílio no estabelecimento conceitual e teórico do tema apoiado na Geografia.

2. Embasamento Teórico

2.1 . O sensoriamento remoto do espaço urbano

Segundo Novo “a definição clássica do termo sensoriamento remoto (SR) refere-se a um conjunto de técnicas destinado a obtenção de informação sobre objetos, sem que haja contato físico com eles” (NOVO 2001, p. 6). A técnica do sensoriamento remoto “atualmente se constitui num instrumento imprescindível aos planejadores, aos geógrafos, aos ambientalistas e aos pesquisadores de várias ciências...”, levando em conta que ela “... possibilita a obtenção de informações a respeito de determinada área, bem como dos fenômenos e das feições que nela ocorrem” (LUCHIARI 2008, p. 7).

A expressão sensoriamento remoto surgiu em 1960 e se refere à utilização de sensores, os quais são dispositivos capazes de captar a energia eletromagnética refletida ou emitida, total ou parcialmente, por objetos e feições naturais na superfície da Terra, tais como construções (casas e edifícios), rodovias, rochas, rios, matas e muitas outras. Estes sensores são colocados a bordo de plataformas como aviões ou satélites orbitais, que situados a determinada distância da superfície terrestre obtêm dados, em geral sob a forma

de imagens, sendo esta fase definida como aquisição de dados. Após a aquisição segue-se a fase de interpretação, a qual consiste na apreensão das informações sobre as feições naturais e objetos representadas nos produtos dos sensores, gerando a partir daí mapas, tabelas, relatórios, etc., envolvendo também esta fase o treinamento e conhecimento do intérprete.

Nas áreas urbanas a utilização dos dados dos sensores é de extrema importância e adequabilidade levando-se em conta os processos de urbanização e degradação socioambiental a que se submetem as cidades. Contudo “seu grande avanço, para pesquisadores do meio urbano, ocorre somente entre o final do século XX e início de século XXI, com o aparecimento de sistemas destinados a fornecer imagens com altíssima resolução espacial” (LUCHIARI 2008, p 80). Podemos destacar entre os sensores de alta resolução, por sua adequabilidade aos estudos urbanos, os produtos dos satélites IKONOS e Quick-Bird, que possuem respectivamente resolução espacial de 1m e 0,67 cm, o que corresponde a grande detalhamento da informação.

Apesar da qualidade de dados para estudos urbanos das imagens de altíssima resolução, algumas pesquisas pioneiras se utilizaram de sensores muito conhecidos como o Landsat e são referências básicas como aponta Luchiari (2008, p. 9). Este autor destaca os trabalhos realizados na Região Metropolitana de São Paulo por Foresti et al (1981) com imagens Landsat de 1973, 1975, 1977 e 1978 que permitiram a verificação de áreas de expansão urbana, além de classificação à imagem de 1978 que permitiu o estabelecimento de classes de uso e revestimento da terra, além disso as imagens de média resolução como as do Landsat representam baixo custo e acessibilidade na aquisição de dados, o que torna atrativo o desenvolvimento de metodologias de estudos urbanos que possam utilizar estes sensores.

Não obstante, o incremento de resolução espacial dos sensores representa também um avanço e ganho de possibilidades para os estudos urbanos, em especial a partir da interpretação dos dados agora gerados, com grande detalhamento, revelando a complexidade envolvida na interpretação e classificação dos usos do espaço urbano, onde as formas e estruturas, especialmente as apreensões difusas, mas perceptíveis, associadas a construção do espaço em função do capital (SANTOS 2008), são captadas em riqueza de detalhes.

2.2. A interpretação de imagens e fotografias aéreas e os processos de classificação de imagens aplicáveis ao espaço urbano

No espaço urbano, seus fixos, são compostos de uma grande diversificação de materiais (asfalto, concreto, plástico, metal, telhas de madeira, cerâmica, solo, vegetação arbustiva, grama...), complexamente dispostas, associadas aos sistemas implantados para habitação, infra-estruturas em geral, comércio, indústria e outros tantos diferentes usos associados ao solo urbano.

Os fixos apresentam-se, neste sentido, como uma grande quantidade de materiais espalhados sobre o terreno, mas obedecendo a uma lógica de associação e contexto, seja este apreensível numa imagem de forma direta ou a partir de um pensamento abstrato de contextualização levando em conta o sistema sócio-econômico em vigência e seus desdobramentos no espaço.

Tecnicamente, o uso de fotografias aéreas e imagens orbitais e sua interpretação, são importantes ferramentas em órgãos de gestão pública, associadas a outros temas (BURROUGH, 1998; GOODCHILD, 1992). Todos estes profissionais e órgãos que produzem e utilizam este tipo de informação representam os usuários qualificados e profissionais da informação urbana (CUILLINGWORTH, 1997; JENSEN e HODGSON, 2004) apud Jensen 2009, p. 446.

2.2.2. As necessidades de resolução urbana

A dinâmica de produção e reprodução do espaço urbano tem características que tornam seu estudo, avaliação e monitoramento, processos com necessidades específicas na escolha de produtos de sensoriamento remoto destinado a estes fins. Existem em sensoriamento remoto quatro tipos de resolução que devem ser consideradas no uso de seus produtos: a resolução espacial; a resolução espectral; a resolução temporal; e a resolução radiométrica (JENSEN 2010, LILLESAND & KIEFER, 2000). Destas, a configuração das resoluções espacial, espectral e temporal são essenciais para entendimento da dinâmica urbana. Em geral, o surgimento de um empreendimento.

2.2.1.a. Apontamentos sobre a resolução temporal urbana

Segundo Jensen (2009, p. 446) três tipos de resolução temporal devem ser considerados no monitoramento de ambientes urbanos: em primeiro lugar os fenômenos urbanos/periurbanos ocorrem em um ciclo de desenvolvimento (comparativamente a um

ciclo fenológico, apenas para efeito de entendimento) como ilustrados na figuras 7 e 8, o qual é observável. Esta temporalidade é variável e pode ter especificidades.

Figura 7: A esquerda terrenos limpos e demarcados para loteamento em San Diego; a direita residências unifamiliares em diferentes etapas de construção em Denver: aproximadamente um ano de diferença

Fonte: Jensen 2009, p.450

Figura 8: estágios de construção de prédios de apartamentos em 2004 (preparação do canteiro) e 2007 (torres construídas) – Taboão da Serra. Organização do autor

O segundo tipo de resolução temporal faz referência ao tempo de revisita do próprio sistema sensor. De forma geral e ideal, informação atualizada é necessária para monitoramento do espaço urbano. A resolução espacial do sensor vai depender de suas especificações, podendo ser de 16 dias como o Landsat que tem média resolução espacial, e mais uma inúmera variação dependendo do sensor utilizado (JENSEN 2010, LILLESAND

& KIEFER, 2000) ou até mesmo com resolução temporal sob encomenda, como possibilitam as plataformas suborbitais ou uso de veículos aéreos não tripulados (VANTS), os quais dependendo da área imageada podem ter revisita diária. Abaixo seguem as resoluções espacial e temporal dos principais satélites atuais, conforme figura 9:

Figura 9: relação entre resolução temporal e espacial dos principais sensores
 Fonte: http://www.labgis.uerj.br/gis_atualizada/sensoriamento/colorida.html

De forma geral, sensores que possuem visada *off-nadir*¹ apresentam resolução temporal mais elevada, como por exemplo o Digital Globe QuickBird e o Geo-Eye IKONOS. Diversos fatores podem impactar o segundo tipo de resolução necessária, associadas ao primeiro tipo que leva em conta a temporalidade dos fenômenos urbanos e também a necessidade dos gestores urbanos que requerem tais informações. Neste sentido, é esta a terceira resolução temporal em áreas urbanas, associada às necessidades dos gestores, dependendo da aplicação por eles demandada. Podemos pensar, de forma simplificada, para definição da resolução temporal ideal para monitoramento fenômenos urbanos partindo da natureza do próprio fenômeno: Um empreendimento residencial em área metropolitana por exemplo demanda em média dois anos e meio para efetivo término, o que demanda uma revisita temporal que seja no mínimo anual para detecção de seus estágios de evolução e modificação da paisagem urbana, por outro lado, uma ocupação pode surgir em um período inferior a uma semana, sendo em alguns casos inferior a um único dia o termino das primeiras construções precárias estas áreas, assim, a demanda temporal de dados teria de ser necessariamente menor quando comparada a um empreendimento formal. Contudo, a realização do calculo do período ideal para monitoramento urbano tem obrigatoriamente que passar também pela curva de custo benefício para geração destes dados, sendo que o calculo se torna ainda mais variável considerando-se esse aspecto, e em suma, a realidade regional e local tem papel fundamental nessa definição.

2.2.1.b. Apontamentos sobre a resolução Espectral urbana

Para extração de informações em áreas urbanas, segundo Jensen (2009 p. 447), muitos analistas de imagens concordam que com frequência nestas áreas é mais importante uma maior resolução espacial, menor que 5m, do que uma elevada resolução espectral. Podemos pensar em aplicações para estimativas populacionais intercensitárias ou na definição de Zonas Residenciais Homogêneas (SOUZA 2004; GONÇALVES et al 2004), a alta resolução espacial possibilita uma acurácia maior na delimitação das residências unifamiliares. Esta operação pode ser feita praticamente com qualquer banda espectral da região do visível, que corresponde ao intervalo de 0,5 μ m – 0,7 μ m, em imagens preto e branco e 0,4 μ m – 0,7 μ m em imagens coloridas, desde que haja contraste suficiente entre o substrato da imagem e o objeto de interesse.

---

¹ Com visada fora de sua linha de trajetória

No entanto, bandas espectrais fora da faixa do visível podem ser bastante úteis em áreas urbanas, por exemplo bandas espectrais referentes a porção do infravermelho termal do espectro (3 μm – 12 μm), que podem ser utilizadas para obtenção de medidas de temperatura da superfície de áreas urbanas (MOREIRA 2009; PERES, 2009) entre outros.

Cabe citar também a capacidade dos sensores ativos, como os radares, na obtenção de imagens mesmo em condições de cobertura de nuvens em áreas urbanas. (banda C do satélite Canadense RADARSAT e dos satélites da agência espacial Européia ERS 1 e 2, por exemplo).

Aplicações de LiDAR (*Light Detection and Ranging*) também são utilizadas para a modelagem da superfície urbana, útil para determinadas análises como adensamento vertical. Mesmo sensores hiperespectrais têm aplicabilidade em áreas urbanas, visto que os fixos componentes da estrutura urbana apresentam uma grande diversidade de materiais componentes, o comportamento espectral desses materiais apresenta igual diversidade, podendo ser identificados por sua assinatura. A fusão de imagens entre sensores de diferentes características também é muitas vezes uma excelente forma de extração de dados em áreas urbanas, técnica conhecida como fusão² de dados multissensores. É a característica de proporcionar a aquisição de informação além da percepção visual que sintetiza o uso destes atributos na interpretação e classificação das imagens. A sensibilidade dos olhos humanos é primariamente as luzes azul, vermelha e verde, limitando a possibilidade a uma faixa pequena do espectro eletromagnético. Neste sentido a utilização de sensores multispectrais em áreas urbanas pode trazer informações para além da percepção visual convencional, como exemplo na quantificação de biomassa intra-urbana composta pela arborização viária, ou da medida de temperatura da superfície em estudos de ilhas de calor

2.2.1.c. Apontamentos sobre a resolução espacial urbana

A base para interpretação em fotografias aéreas ou outros tipos de imagem são os tons de cinza ou cores. Não obstante, os elementos espaciais geométricos presentes em uma cena são utilizados para a interpretação, tais como a forma do objeto, tamanho, textura, orientação, padrão e formato de sombra. Ainda assim não são informação suficiente

---

² “a fusão de dados multisensores, se refere à aquisição, processamento e combinação sinérgica de informações adquiridas de variadas fontes de conhecimento e sensores, a fim de prover um melhor entendimento do fenômeno considerado” Varshney (1997) apud Shayamala & Wood (2000)

para e extração da informação desejada, exigindo a concepção de contexto, o qual chamamos na interpretação visual de associação ou convergência de evidências, e de conhecimento do local.

Em geral, quanto maior a resolução espacial de determinada imagem, maior a quantidade de informação presente e tanto maior as possibilidades de interpretação detalhada, envolvendo proporcional complexidade na interpretação.

O critério para escolha da resolução espacial adequada para uso em áreas urbanas relaciona-se ao tipo de informação que se deseja extrair. Por exemplo, assentamentos precários, conhecidos popularmente como favelas, em geral necessitam de uma resolução espacial muito elevada para análise, visto que o adensamento das construções é alto, de difícil delimitação entre uma unidade habitacional e outra e, além disso, as construções são pequenas, exigindo um tamanho de pixel que possibilite a observação de laterais muito pequenas, muitas vezes inferiores a 2,5 m e construídas a partir de materiais muito diversificados, gerando um padrão de reflectância complexo. Em conjunto, um assentamento precário é de fácil isolamento em relação à áreas residenciais bem estruturadas, especialmente em resoluções espaciais mais grosseiras, (pixel acima de 20m), contudo sua estrutura interna não é facilmente apreensível, e quando vista em detalhe demonstra a variação que pode existir numa área desse tipo, onde podem haver áreas estruturalmente melhores entremeadas por estruturas extremamente precárias, além disso em resoluções espaciais, em vista inclusive dos locais de ocupação, especialmente terrenos com alta declividade e instabilidade representando ocupações de risco, e provocando padrões e texturas complexos.

Neste sentido, é a partir da necessidade que se pode definir a resolução espacial adequada, e as imagens de alta resolução espacial, a exemplo da QuickBird, vem representando avanço para aplicações de detalhe urbano.

2.3. A interpretação de imagens

A interpretação de imagens pode ser definida como “o exame de imagens com o propósito de identificar objetos e avaliar o seu significado” (PHILIPSON, 1997; MCGLONE, 2004 apud JENSEN, 2009 p. 129).

Sob muitos aspectos, a interpretação de fotografias aéreas ou imagens orbitais é uma poderosa ferramenta científica considerando suas habilidades de registro histórico que podem documentar mudanças; uma perspectiva que possibilita a aquisição de conhecimento para além da percepção visual humana; profundidade; a perspectiva regional;

a possibilidade de fácil associação com outras fontes de informações, a tridimensionalidade entre outras.

Considerando as características da tridimensionalidade, tanto em fotografias aéreas quanto em imagens orbitais, este efeito possibilita a observação do terreno em profundidade através de uma técnica chamada estereoscopia, onde uma mesma área é imageada sob dois ângulos diferentes e a sobreposição desses pares estereoscópicos possibilita a visualização tridimensional do terreno.

Para interpretação de imagens percebe-se que não apenas a forma dos objetos tem grande importância, mas muitas vezes sua altura e volume também são essenciais para extração de informação. Além da técnica dos estereopares em áreas urbanas, produtos como sensores de LIDAR³ podem gerar modelos tridimensionais da superfície.

Considerando a possibilidade da perspectiva regional, esmo que apenas uma aproximação, uma imagem orbital ou fotografia aérea engloba informação detalhada, ainda que reduzida, da realidade. De maneira ampla, a perspectiva vertical ou oblíqua obtida a partir de plataformas de Sensoriamento Remoto é capaz de uma abrangência muito maior que a visada adquirida por um ser humano ao percorrer o terreno com o olhar, ao menos em quantidade de área coberta e informação regional.

Essa perspectiva adquirida pelas imagens orbitais e fotografia aéreas exige do interprete o conhecimento das distorções associadas aos sensores e a atmosfera, além de treinamento visto que é uma perspectiva não usual para o homem.

2.3.1. Registro histórico e poder de integração de informações

Cada fotografia aérea ou imagem de satélite, seja qual for sua resolução temporal, registra determinada parte da superfície terrestre e a coluna atmosférica num momento único. Uma sequência de dados deste tipo é um registro de mudanças, drásticas ou sutis, cuja significatividade

de está no aumento de nossa capacidade de reconhecimento dos fenômenos e de sua previsão e modelagem:

*“Os progressos técnicos que, por intermédio dos satélites, permitem a fotografia do planeta, permitem-nos uma visão empírica da totalidade dos objetos instalados na face da Terra. Como as fotografias⁴ se **sucedem em intervalos***

---

³ Light Detection and Ranging – tal sensor trabalha com uma nuvem de pontos, ativamente, onde a nuvem forma um modelo da superfície imageada.

⁴ O termo “fotografia” não é empregado quando se tratam de imagens de satélite, o termo imagem abarca conceitualmente o dado produzido por um satélite imageador. É necessária essa ressalva na citação.

*regulares*⁵, obtemos, assim, o retrato da própria evolução do processo de ocupação da crosta terrestre. A simultaneidade retratada é fato verdadeiramente novo e revolucionário para o conhecimento do real e o correspondente enfoque das ciências do homem, alterando-lhes, assim, os paradigmas” (SANTOS 2008 p. 117).

De acordo com Jensen (2009, p. 132) “o sensoriamento remoto é especialmente útil no monitoramento da atividade do homem através do tempo, indicando um caminho promissor para o desenvolvimento sustentável e para as decisões governamentais”. O autor coloca o exemplo que documenta o efeito na ocupação do solo da decisão do Presidente Robert G. Mugabe, que em 2005 determinou a demolição dos estabelecimentos rurais de construção informal nas cidades do Zimbábue. Estima-se que a chamada “operação de limpeza urbana” deixou mais de duzentas mil pessoas sem teto, cujos efeitos no espaço podem ser vistos na figura 10:

Figura 10: Imagem QuickBird obtida em 16 de Abril de 2005 (a esquerda) e em 4 junho de 2005 (a direita) - Fonte: Jensen 2009, p.133

---

⁵ Características de resolução temporal

Em Taboão da Serra, é possível captar através de imagens históricas os desdobramentos no espaço da política de regularização fundiária⁶ por exemplo, através da observação da mudança do traçado urbano em assentamentos precários provocados pelas obras de intervenção, ilustrado na figura 11 a seguir:

⁶ O termo regularização, quando voltado para a questão urbana, assume uma série de significados: por vezes, se relacionando à intervenção por projeto urbanístico (com a realização de obras) e a mudanças construtivas nas unidades edilícias (moradias e até comércios), por outras, relacionando-se à legalização fundiária promovida pelo setor público (Fernandes 2002 apud Nascimento 2008)

Figura 11: registro histórico da evolução da favela do Irati Córrego

Fonte: PMTS – elaboração e organização do autor

A quantidade de informações passíveis de extração em imagens orbitais e fotografias aéreas é também uma possibilidade para associação a diversos tipos de dados com caráter espacial, especialmente através do uso de Sistemas de Informação Geográfica.

Como exemplo, podemos citar os estudos de qualidade de vida em áreas urbanas ou desigualdade ambiental (MORATO 2005; 2006; 2008; 2009), realizados na região metropolitana de São Paulo incluindo o município de Taboão da Serra, e também na Região do Médio Paranapanema no interior do estado (PEDRASSOLI 2009), onde as informações sobre índice de vegetação (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index) extraídos de imagens de média resolução espacial foram associados a dados socioeconômicos para avaliação da qualidade de vida, conforme figuras 12:

Org.: MORATO, R. G.; KAWAKUBO, F. S.; PRESOTTO, A. LUCHIARI, A. (2005)

Figura 12: Associação entre dados de sensoriamento (qualidade ambiental) remoto e censitários (nível sócio-econômico e educação)

2.4. Os elementos de interpretação de imagens

O processo de interpretação de fotografias aéreas e imagens orbitais é a utilização conjunta dos elementos conhecidos que definem os objetos geográficos e suas

associações e interações. É um trabalho de complexidade crescente, onde fatores humanos são importantes, como o conhecimento da área pelo fotointérprete além de sua experiência prévia em reconhecimento de alvos na superfície terrestre.

A interpretação visual assim como a Análise Orientada a Objeto (AOO) tem um direcionamento ontológico, que parte do conhecimento a priori dos objetos a serem identificados, sua estrutura e contexto, um processo que parte do conhecimento teórico para aplicação nos dados (*theory driven*) em detrimento de uma indução pelo próprio dado (*data lead*).

Para tanto, a interpretação se utiliza de elementos concretos, que refletem a ontologia dos objetos nas fotografia e imagens analisadas.

Basicamente, os elementos para interpretação visual numa imagem ou fotografia aérea são os apontados na tabela 2:

Tabela 2: Elementos para interpretação visual de imagens:

<i>Elemento</i>	<i>Adjetivos Comuns</i>
<i>localização (x,y - coordenadas)</i>	coordenada (x) e coluna (y) linha em uma imagem não retificada; coordenadas x, y de carta imagem: os cristais de aletto de prata ou pixels em fotografia ou imagem são retificados para projeção de mapas (p. ex. UTM)
<i>tom, cor</i>	tons de cinza: claro (brilhante), intermediário (cinza), escuro (negro); cor: IHS = intensidade, matiz, saturação, RGB = vermelho, verde e azul; Tabela de Munsell (solos)
<i>tamanho</i>	Objetivos: comprimento, largura, perímetro, área (m ²); Subjetivos: pequeno, médio (intermediário), grande
<i>forma</i>	características geométricas de um objeto: linear, curvilinear, circular, elíptico, radial, quadrado, retangular, triangular, hexagonal, pentagonal, estrela, amorfo, etc
<i>textura</i>	arranjo e disposição característicos de repetições de tom e cor; liso, intermediário (médio), rugoso (grosseiro), mosqueado, salpicado
<i>padrão</i>	arranjo espacial de objetos no terreno: sistemático, não sistemático ou randômico, linear, curvilinear, retangular, circular, elíptico, paralelo, centrípeto, serrilhado, estriado, trançado
<i>sombra</i>	uma silhueta causada por iluminação solar lateral (convergência de evidências)
<i>altura/profundidade/volume/declividade/aspecto</i>	elevação “z” (altura), batimetria “z” (profundidade), volume (m ³), declividade (°), aspecto (°)
<i>situação, associação (convergência de evidências)</i>	Situação locacional: elevação, declividade, aspecto, exposição, adjacente e água, meios de transportes, serviços públicos; Situação de associação: os objetos estão colocados em uma ordem ou orientação um em relação ao outro; Associação: fenômenos relacionados estão normalmente presentes (Conceito <i>MULTI</i>)

Fonte: adaptado de Jensen, p.135, 2009

Dessa forma, a interpretação para classificação de determinado elemento caminha através da convergência de evidências, através de todos os elementos apresentados na tabela anterior e podendo ainda se valer de dados colaterais, auxiliares, que sobrepostos podem confirmar ou refutar as hipóteses geradas pelas evidências.

É uma visão *multi*. Robert Colwell (1997) apud Jensen (2009, p. 147) sugeriu o conceito *multi* na década de 60, como sendo mais útil e cientificamente preciso na interpretação e classificação de imagens, especialmente embasado por seus estudos sobre vegetação, onde observou que a utilização de dados multibandas e multiescalas através de diferentes fotografias aéreas possibilitava resultados mais satisfatórios. Além disso, o professor Colwell afirmava a necessidade de equipes de profissionais multidisciplinares nestes tipos de estudo.

Em suma, a complexidade tende ao aumento na interpretação e classificação de imagens orbitais e fotografias aéreas na medida em que se aproxima da utilização da convergência de evidências e da utilização do conceito *multi*, conforme a figura 13:

Figura 13: Níveis de complexidade e análise *multi*
Fonte: Adaptado de Jensen, 2009

A interpretação de imagens é baseada em conhecimento, e partir da convergência de evidências e do conceito *multi* produz resultados suficientes para a classificação visual de uma fotografia aérea ou imagem orbital.

Não obstante, a classificação de imagens não apenas se baseia em métodos visuais, mas também em métodos automáticos auxiliados por computador e revela também vantagens e desvantagens.

2.5. Classificação de imagens e fotografias aéreas

O processamento digital de imagens envolve uma série de procedimentos, desde o pré processamento que inclui o registro ou georreferenciamento dos dados, a ortorretificação e a correção atmosférica, até o pós processamento que inclui procedimentos como o realce, contraste, composições coloridas entre as bandas espectrais, fusão multissensores e a análise do erro gerado na classificação entre outras para extração de informações visualmente ou automaticamente, conforme segue a figura 14:

Figura 14: etapas no processamento digital de imagens
Elaboração do autor

A etapa de análise inclui a classificação de uma imagem da superfície terrestre, de acordo com sua cobertura ou uso. Fitz (2008, p. 129) define a classificação de imagens como, no paradigma de análise pixel a pixel, como “a identificação de determinados elementos nelas presentes pela associação de cada um de seus pixels a uma determinada classe preestabelecida”. Desse modo, a classificação pode ser supervisionada, que envolve o processamento digital ha a supervisão ou participação do operador, não supervisionada, onde há automatização de partes do processo ou ainda processos híbridos, com inserção de novas abordagens como a utilização de lógica *fuzzy* ou nebulosa, redes neurais para simulação da estrutura cerebral humana. A Análise Orientada a Objeto tem sido proposta no sentido de melhorar a classificação.

Para entendimento do que é a classificação da cobertura da terra e do uso do solo é necessário o entendimento claro de tais conceitos em ambientes modificados pelo homem.

2.6. A cobertura da terra, o uso do solo e a reprodução do espaço

Há distinção conceitual entre cobertura da terra e uso do solo. Sumarizando o conceito a partir de alguns autores (TREITZ & ROGAN 2004; BARNESLEY, 2001; NOVACK, 2009), podemos entender a cobertura da terra como o conjunto dos elementos físicos que se sobrepõe ao terreno, naturais, construídos e modificados pelo homem, sobre uma determinada parcela do solo (concreto, grama, água, floresta, edifício, etc)

Segundo Déak apud FAU/USP (online), o uso do solo é:

“ o conjunto de atividades – processos individuais de produção e reprodução – de uma sociedade por sobre uma aglomeração urbana assentados sobre localizações individualizadas, combinadas com seus padrões ou tipos de assentamento, do ponto de vista da regulação espacial. Pode-se dizer que o uso do solo é o rebatimento da reprodução social no plano do espaço urbano” (Deak, 1985, 2001).

Analogamente, considerando teoria do espaço de Milton Santos (2006), podemos dizer que a “cobertura natural da terra”, vinculada a primeira natureza de Marx, é transformada e reproduzida através das técnicas e da informação, na medida em que reflete no espaço essa mudança por meio de seu uso.

Para além de um simples entendimento dos fixos, o conceito do uso do solo leva a reflexão sobre a lógica e a vida que os anima, os fluxos.

De maneira geral, tomamos como verdade que as áreas urbanas se reproduzem em função do sistema de produção capitalista no estágio atual. Tão mais o custo de produção se eleva em função do preço da terra mais afasta a maioria pobre de utilização do solo mais valorizado, resultando em formações de aglomerados subnormais no processo de reprodução do espaço.

Na medida em que os padrões de urbanização se voltam para os interesses de uma sociedade de elite, mesmo que leis de regulação possam intentar evitar os efeitos da anarquia do mercado através da intervenção do estado por meio do planejamento urbano, a regulação do uso do solo é ainda assim exercida sobre a uma porção restrita do espaço do aglomerado urbano, e o que remanesce disso constitui os já citados assentamentos informais, aglomerados subnormais ou favelas, já citados, na verdade ilegais.

Estando o uso do solo associado às práticas sociais ele tenda a admitir uma variedade de usos tão extensa e variada quanto podem ser as próprias atividades sociais, assim as categorias ou classificações de uso do solo tendem a ser criadas principalmente com o intuito de

tipificação das atividades e tipos de assentamento para efeito de sua regulação e controle através de leis de uso do solo urbano (Zoneamento).

A classificação do uso do solo tem como potente ferramenta disponível as imagens orbitais, especialmente as advindas de novos sensores de alta resolução espacial como as do QuickBird ou do IKONOS.

2.7. A classificação de imagens pixel a pixel e as imagens de alta resolução

As técnicas clássicas de classificação automática e semi-automática de classificação de imagens baseiam-se puramente nos valores dos pixels. A classificação pixel a pixel vem sendo utilizada desde a década de 1970, e ainda hoje, mesmo com um incremento crescente de disponibilidade de novas imagens e sensores, especialmente de alta resolução espacial, esta técnica é grandemente utilizada.

Mas como colocam Blaschke e Strbl (2004), “O que há de errado com os pixels?⁷”. É aconselhável neste ponto recuperar as discussões e conceitos descritos sobre interpretação visual de imagens, onde os nível de complexidade tendem ao aumento, para além de um valor de nível de cinza ou uma cor, onde a associação entre objetos, o contexto e o conhecimento local do intérprete são a chave para uma interpretação confiável.

Blaschke e Strbl, (2004) discutindo os desenvolvimentos recentes na interface entre o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informação Geográfica colocam que:

“enquanto o Sensoriamento Remoto teve enorme progresso nos últimos anos em termos de aumento de resolução, disponibilidade de dados e acesso ao público, a vasta maioria de aplicações continua se apoiando em conceitos básicos de processamento de imagens desenvolvidos na década de 1970: classificações pixel a pixel num espaço que é multidimensional. Argumenta-se que esta metodologia não faz uso de qualquer conceito espacial” (Blaschke e Strbl, 2004, p. 12)⁸

Ressalte-se que os autores não criticam a importância do pixel e sua quantificação para a análise de imagens, mas argumentam pela inserção de conceitos como vizinhança, distancia e localização, contextuais, na construção de modelos de conhecimento para a classificação automática de imagens orbitais. Colocam ainda os autores que disciplinas inteiras, como a Geografia, são baseadas nestes conceitos.

Segundo Novack (2009, p. 25):

---

⁷ “What is wrong with pixels?”

⁸ Tradução nossa

“Atualmente, as metodologias elaboradas para o mapeamento automático, seja da cobertura da terra ou do uso do solo utilizando imagens de Sensoriamento Remoto de alta resolução, baseiam-se, devido a uma série de potencialidades, no paradigma da análise orientada a objeto (AOO).”

2.8. Análise de imagens orientada a objeto (AOO)

Os métodos de classificação automáticos comumente utilizados baseados em métodos supervisionados, não supervisionados ou híbridos, são os mais acurados quando tais algoritmos são utilizados em imagens de baixa resolução espacial. Contudo para imagens com resolução espacial menor que 1 m estes métodos não oferecem resultados satisfatórios frente a diversidade e quantidade de informações encontradas nestas imagens em termos de cobertura da terra e uso do solo.

Os classificadores tradicionais se focam nos valores dos pixels. Blaschke e Strobl (2004, p. 13) colocam em discussão “porque o Sensoriamento Remoto e o Processamento Digital de Imagens continuam tão focados na análise estatística de pixels isolados do que nos padrões espaciais que eles constroem?” A questão é ampla, mas os autores apontam como caminho reflexivo o pensar em como construir ou reconhecer objetos com poder explicativo nas imagens que coincidam com padrões da realidade.

Segundo Lewinski e Zaremski:

“Novas técnicas de classificação, baseadas em orientação a objeto, tem sido desenvolvidas ha alguns anos. Em contraste aos métodos tradicionais, o novo procedimento operacional não envolve a classificação de pixels isolados, mas de objetos inteiros, nos quais o conteúdo das imagens de satélite é dividido. Para além dos valores espectrais dos pixels, a forma dos objetos criados pelos pixels e as relações entre estes objetos, também são considerados durante a análise. Similar a interpretação visual, a variação da textura da imagem também pode ser levada em conta neste caso” (Lewinski e Zaremski, 2004, p. 349)

O objeto é a base da classificação. É a partir dele que se pode fazer a ponte entre o conhecimento, envolvido na interpretação visual de imagens, e a classificação automática.

Definiens (2010) coloca que:

“Ao contrário dos métodos tradicionais para a classificação digital de imagens, na classificação orientada ao objeto, análise é realizada sobre objetos ou segmentos na imagem e não apenas sobre os pixels. Na imagem um objeto representa uma entidade que pode ser individualizada, tem atributos próprios e as mesmas propriedades das classes que lhe deu origem”

Para Durkin (1996) apud Moreira et al (2009, p. 6790), “a Análise Orientada a Objeto propõe uma abordagem intuitiva em que, frequentemente, as soluções de programação se assemelham a métodos que os humanos utilizam para resolver problemas

cotidianos”. Neste sentido, os métodos de organização presentes nesta abordagem estão baseados em conceitos referentes a aprendizagem humana desde a infância, sendo o Objeto, o Atributo, a Classe, os Membros, o Todo e suas partes componentes (Coad, Yourdon, 1992; Fichman e Kemerer, 1992) apud Novack, 2009.

No computador, o Objeto é a representação de um ente do mundo real (Objeto Geográfico), detentor de atributos, operações associadas e nome, fornecendo a instância concreta de determinada classe, e qualquer ação sobre este objeto em meio computacional tem que estar associado a uma determinada classe, que descreve as características dos objetos a ela pertencentes:

“A lógica do processamento orientado a objeto é ligada a idéia de que as unidades apropriadas para processamento não são pixels isolados, mas sim objetos da imagem. Os sets de pixels, ou segmentos a serem extraídos, baseiam-se na idéia assumida que os objetos na imagem tem mais informações relevantes que os pixels individualmente e que os objetos podem ser definidos usando mais informações do que apenas as características espectrais isoladas. A Análise Orientada a Objeto (AOO) introduz a possibilidade de definir critérios para os objetos na imagem em várias escalas pré-definidas, usando as características de reflectância espectral associados a uma grande variedade de outras medidas possíveis: internamente aos objetos ou entre estes a partir de seus índices de textura e morfologia, forma do objeto, relações de contexto (como o contraste), relações espaciais (adjacência, continuidade, densidade, etc) e dados espaciais auxiliares (redes de estradas, unidades administrativas, etc) consistindo em dados com características temáticas e valores contínuas ao mesmo tempo. Uma AOO baseia-se nos sets das regras de conhecimento acerca das características que descrevem cada segmento. Esse manuseio e o conhecimento das relações espaciais é essencial quando um objeto na cena não pode ser discriminado através de suas próprias características. A AOO aproxima a prática humana do fotointérprete através da introdução do conhecimento e da experiência no processamento de imagens através de linguagens formais (inteligência artificial, Support Vector Machine, redes neurais e outras lógicas) aprimorando a extração do objeto e o processo de classificação. São criadas possibilidade para introdução de conhecimento técnico no processo racional o que o aproxima muito da prática de interpretação humana.” (WEBER, 2008).

Através de relacionamentos e interações, as funções de distribuição de mensagens numa análise orientada a objetos podem solicitar que um determinado objeto execute uma operação. Essa estrutura de distribuição das mensagens é visualizada através do diagrama de classes, o qual nada mais é do que a abstração em meio computacional de um problema do mundo real, considerando-se uma análise orientada a objeto.

Quatro níveis essenciais associam as classes num digrama de classes:

- Associação: permite a especificação de que objetos de uma classe se comunicam com objetos de outra classe;

- Generalização: relaciona a herança de operações existentes entre uma classe geral e as subclasses;
- Agregação: representa a relação de que um objeto tem em seu todo, parte composta de outro objeto;
- Dependência: alterações no elemento independente provocam alterações no objeto dependente;

A estruturação desse paradigma voltado a interpretação automática associada a representação do conhecimento ontológico em meio computacional através de linguagens específicas, é evidente. Posto isso diante da bibliografia crescente e dos inúmeros trabalhos científicos que apresentam tal técnica em variados contextos de utilização e interpretação. Para além disso, a AOO apresenta-se também como mais um caminho para inserção de dados geoespaciais e metodologias adotadas associadas a eles na tomada de decisão, pois aponta para uma interação com conhecimentos humanos mais efetiva.

2.9. Representação computacional do conhecimento para interpretação e classificação de imagens orbitais

Existe aqui uma contradição aparente: ao mesmo tempo em que o objetivo é a classificação automática das imagens, é necessário que seja frequentemente fornecido e atualizado conhecimento ao sistema pelo intérprete. Não obstante tal contradição aparente sugere um modelo integrativo entre ferramentas computacionais e conhecimento humano traduzido para tais ferramentas.

A integração de dados para interpretação com utilização de conhecimentos encontra sua forma mais avançada atualmente na análise orientada a objeto, sendo neste caso a problemática da interpretação, pode ser representada por dois tipos de conhecimento: conhecimento implícito e conhecimento explícito. O conhecimento implícito é associado, dentro da análise orientada a objeto, ao conceito de operação. Tal conhecimento é uma construção de procedimentos, muitas vezes interna a um programa, envolvendo algoritmos classificadores, de detecção de bordas ou de um elemento específico numa imagem, seleção, ou mesmo procedimentos de álgebra de mapas customizados, mas ainda assim codificados dentro de um software, podemos ou não entender ou saber de seu funcionamento, estando ligado este conhecimento mais a uma expressão de tarefa específica realizada por um algoritmo do que propriamente a solução do problema geral.

O conhecimento explícito está associado às soluções alternativas para uma determinada tarefa. Assemelha-se na classificação de imagens aos procedimentos complexos de associação para interpretação visual em uma fotografia aérea, onde existem alternativas e o intérprete define, dentro de conhecimentos fornecidos, qual a melhor opção.

O digrama de classes descreve o conhecimento explícito, e o programa utilizado deve escolher a classe mais adequada por meio de uma função, no caso de um processo de classificação. Sistemáticamente, o conhecimento explícito pode ser dividido em *declarativo*, o qual descreve como os objetos se relacionam com a realidade (mundo real), englobando aí as mensagens de associação, agregação e generalização. O segundo tipo é chamado de conhecimento de *procedimento*, que descreve a relação do problema e sua resolução através de regras aplicadas em alguma ordem seqüencial, hierarquia de atributos ou regra de decisão (PAHL, 2003). O digrama de classes, como expressão do conhecimento explícito, assume duas formas: rede hierárquica e rede semântica, a primeira se referindo as operações entre as classes genéricas e classes específicas hierarquicamente, através do uso da generalização como forma de relacionamento. Esta rede descreve a subdivisão dos problemas gerais em subproblemas, para facilitação do problema através de regras lógicas. Na rede do tipo semântica o relacionamento entre as classes, gerais ou específicas, podem ser hierárquicas ou topológicas.

A escala de análise na abordagem orientada a objeto é a própria escala de análise da imagem, não simplesmente a escala do pixel, visto que o objeto reconhecido na cena é uma entidade espacial, e é sobre esta escala que as redes semânticas e hierárquicas serão estruturadas. O conhecimento explícito, neste caso, é o modelo teórico conceitual.

Seqüencialmente, em função da escala de análise ser a da própria cena, duas abordagens são possíveis partindo do conhecimento explícito:

1º: Solução parcial dos problemas, avançando assim do específico para o geral (de baixo para cima);

2º: Tentativa de reconhecimento de estruturas maiores do problema, partindo do geral para o específico através de refinamento em busca de soluções mais fáceis ou desaparecimento (de cima para baixo);

De forma geral, todos os *softwares* utilizados para classificação orientada a objeto se utilizam da lógica acima colocada, com o conhecimento implícito presente nos algoritmos internos de classificação e segmentação, e o conhecimento explícito através das regras de decisão, árvores de conhecimento, redes semânticas e hierárquicas, dependendo do

software utilizado. De forma genérica, o fluxo de trabalho na AOO segue os processos de segmentação, análise e definição de regras ou supervisão de classificação, refinamento, associação de dados ancilares e classificação, num processo de mão dupla, onde os parâmetros são modificados constantemente ao longo do processo. O fluxo simplificado é esquematizado na figura 15 a seguir:

Figura 15: fluxo OBIA (softwares) – adaptado de Weber, 2008

Os softwares e suas linguagens específicas são as ferramentas que possibilitam a transferência dessa carga teórica para a representação computacional do conhecimento, e aplicação de estratégias para a resolução dos problemas na AOO.

2.9.1. Segmentação e Classificação

O princípio básico dos algoritmos de segmentação é o de que a partir de uma imagem digital, se extrai ou se reduz as informações, a priori contida nos pixels da imagem, em regiões homogêneas (objetos). Estas regiões tem uma correlação direta ao problema considerado, que é detecção, definição e classificação de regiões em uma imagem digital.

O resultado da segmentação dependerá do algoritmo utilizado e dos parâmetros fornecidos para a execução do algoritmo. De forma ampla e simplificada os processos de segmentação podem ser classificados em dois grandes grupos:

- 1) *Descontinuidade*, leva em conta mudanças drásticas ou abruptas nos níveis de cinza de uma imagem, detectadas através das matrizes de convolução que percorrem a imagem, caracterizando pontos isolados, linhas e bordas;
- 2) *Similaridade*, a qual trabalha no nível de similaridade entre os pixels e apresentam seus resultados de acordo com o método de segmentação utilizado, sendo seus principais métodos a seguir apresentados:

Crescimento de Regiões (Region Growing), o qual parte de um pixel semente e através das características dos pixels vizinhos (intensidade, textura, cor, etc) em

uma matriz definida, agrega pixels similares até a formação de uma região onde não há mais possibilidade de agregação. Este processo pode agregar pixels, sub-regiões ou grandes regiões, conforme a figura 16:

Figura 16: exemplo de segmentação por crescimento de Regiões

Fonte: <http://geotecnologias.wordpress.com/2010/08/19/classificacao-orientada-a-objeto-consideracoes>

Limiarização (*Contrast Split*), método onde, a partir de um limiar, é definido sobre o histograma da imagem uma discretização dos objetos, onde objetos assumem valor 1 e ao fundo da imagem é atribuído o valor 0, conforme figura 17:

Figura 17: exemplo de segmentação por Limiarização – 150 ND

Fonte: <http://geotecnologias.wordpress.com/2010/08/19/classificacao-orientada-a-objeto-consideracoes>

Pirâmide (*Quadtree*), consiste na divisão da imagem em quadrados alinhados o topo e as bordas da imagem, construindo uma estrutura de *grid* com quadrados

de diferentes tamanhos⁹⁹. No caso do *software eConition*, por exemplo, o algoritmo empregado define um tamanho máximo que o quadrado pode assumir, o que corresponderia ao tamanho máximo de um objeto: 256 x 256, ou 65.536 pixels, conforme a figura 18:

Figura 18: exemplo de segmentação Quadtree

Multiresolução (*Multiresolution Segmentation*), Este método agrupa consecutivamente pixels ou objetos já existentes. Consiste num procedimento otimizado, onde, para um determinado número de objetos da imagem, ele minimiza a dispersão da heterogeneidade e maximiza sua respectiva homogeneidade, como mostra a figura 19:

Figura 19: fluxo de funcionamento da segmentação multiresolução

Fonte: adaptado de *eCognition Reference Book*, p. 38

⁹⁹ No caso da Segmentação do tipo Chessboard, todos os quadrados formados na imagem tem o mesmo tamanho.

Para tanto segue os seguintes passos:

1. O processo inicia com um único objeto composto de um único pixel, e os agrupa repetidamente de dois em dois através contínuas operações em *loop* formando unidades cada vez maiores até que a diferença de homogeneidade local não seja excedida. O critério que define a homogeneidade é definido através da combinação da homogeneidade espectral e da homogeneidade de forma (a influência do operador é dada através da definição dos parâmetros de escala);
2. O primeiro passo realizado pelo pixel semente é a busca pelo vizinho com maior potencial para ser agregado;
3. Caso não haja mutualidade em algum ponto do processo, o melhor candidato para agregação se torna um novo objeto semente e retoma o processo;
4. Quando há mutualidade, ocorre a agregação dos objetos;
5. Em cada *loop*, cada objeto será pesquisado pelo menos uma vez;
6. Os *loops* continuam até que se findem as possibilidades de agregação;

Este método de segmentação é o que possui o maior grau de abstração, não obstante requer um grande tempo de processamento e não é a melhor opção em todos os casos. Um exemplo de segmentação Multiresolução é apresentado na figura 20:

Figura 20: exemplo de segmentação Multiresolução

2.9.2. Sistemas computacionais (*softwares*) para análise orientada a objeto

Podemos definir os sistemas computacionais com capacidade para análise de imagens orientada a objeto como aqueles que possuem recursos e funcionalidades para representação do conhecimento humano, o conhecimento explícito, baseado em conceitos da análise orientada a objeto.

Existem alguns softwares no mercado com tais capacidades, apresentaremos aqui três deles, divididos em duas categorias principais: *Livres* e *Proprietários*.

1) Plataformas Livres:

SPRING, que é um SIG em estado da arte, e apresenta a classificação por regiões. Não possibilita um processo totalmente automatizado e não trabalha com a possibilidade de criação de regras de classificação, utilizando para a classificação das regiões algoritmos de classificação supervisionada e também não supervisionada (ISOSEG);

InterIMAGE, é resultado da cooperação DSR/DPI (INPE), do departamento de Engenharia Elétrica da PUC-RJ e Universidade de Hannover (Alemanha). Esse aplicativo livre congrega a escrita da biblioteca TerraLIB e do software GeoAIDA, implementando uma estratégia de interpretação própria. Tal estratégia é baseada e guiada por uma descrição hierárquica do problema de interpretação, estruturado em uma rede semântica.

SPT, software em desenvolvimento pela PUC-RJ para ajustes de parâmetros de segmentação através de algoritmos genéticos, visando a identificação de parâmetros ótimos dentro de um espaço de busca;

2) Plataformas Proprietárias

eCognition, Este é sem dúvida o mais conhecido software de mercado usado para análise orientada a objeto. Seu desenvolvimento e aplicações remontam a avaliação de imagens médicas geradas por sensores eletrônicos. Seus principais pontos são a grande capacidade de extração de informação de contexto dos objetos, grande quantidade de algoritmos de segmentação e classificação, possibilidade de automatização de processos e de desenvolvimento de rotinas de análise.

ENVI Feature Extraction, neste módulo apresenta um fluxo de trabalho para análise de imagens orientada a objeto, utilizando um segmentador único (multiresolução), e possibilidade de aplicação de criação de regras de classificação,

classificadores supervisionados e não supervisionados a partir dos objetos detectados e definidos.

3. A favela como objeto: da definição a detecção

3.1. O que é uma favela?

Varias definições de segregação sócio-espacial se apresentam na literatura no campo da Geografia. Favelas, contudo, apresentam definições, apesar de diversas, ainda não consolidadas para uso geral (tabela 3). Em parte, isso se deve aos níveis de entendimento de uma favela: Global e Local. Lemma (2005) pontua a partir de sua pesquisa as principais características de uma favela, definidas e usadas por governos nacionais e locais, instituições de pesquisa estatística envolvidas na problemática das favelas e advindas da percepção pública:

- ausência de serviços básicos: saneamento básico, água potável, são as características consideradas mais importantes, seguidas algumas vezes de falta de coleta de lixo, abastecimento por energia elétrica, sistema viário, iluminação ou sistema de drenagem de águas pluviais;
- habitações subnormais, ilegais ou estruturas construtivas inadequadas: construções com materiais inadequados, prejudiciais a condições de clima e habitabilidade;
- sobreposição de construções e alta densidade: grande número de habitantes por unidade de espaço, altos índices de ocupação, co-habitações e grande número de residências com um único cômodo;
- Condições de vida inadequadas frente à saúde pública e a suscetibilidade à desastres naturais: a própria condição inadequada de saneamento associa-se a ambientes com alto nível de contaminação, e a localização com valores de terra baixos indicam terrenos ou localizações suscetíveis a desastres naturais;
- Insegurança jurídica: assentamentos irregulares ou informais, representados pela ausência de documentos legais que garantam a propriedade da terra ou da propriedade;
- pobreza e exclusão social: não entendida como uma característica inerente das favelas, mas como causa e em muitos casos consequência da condição que a favela representa.

Tabela 3: Definições locais de favela: quadro comparativo

Cidade	Definição Oficial	Definição não oficial
<i>Nairobi, Kenya</i>	não há	Área com alta dificuldade, que apresentam a ausência da maioria dos serviços básicos e infra-estrutura
<i>Abidjan, Costa do Marfim</i>	Práticas informais, as quais infringem as regulações urbanas no processo de acesso a terra	Local de andarilhos, drogados e todo tipo de estrangeiros pobres
<i>Durban, África do Sul</i>	assentamentos previamente informais, degenerados, com uma determinada extensão que necessita de reabilitação	Áreas ruins onde atividades não sociáveis acontecem
<i>Metro Manilla, Filipinas</i>	Construções ou área deterioradas, sujeitas a risco, com falta de saneamento ou ausência de conveniências básicas	Agrupamento desorganizado de barracos, feitos de sobras, onde pessoas pobres residem, com esgoto a céu aberto e mau cheiro associado
<i>Moscow, Russia</i>	Construções deterioradas	<i>Baracks</i> são casas primitivas, construídas usualmente por trabalhadores da construção civil para o período da construção
<i>Bogotá, Colômbia</i>	Assentamentos urbanos nos quais a ocupação e desenvolvimento do terreno ocorreu sem nenhum tipo de planejamento e as permissões correspondentes e licenças oficialmente requeridas	Assentamentos espontâneos, que não se adequam as regras urbanas, nos quais se concentram migrantes e populações pobres
<i>Taboão da Serra, Brasil</i>	Assentamentos urbanos que apresentem uma das ou mais características associadas: precariedade fundiária; precariedade urbanística; precariedade edilícia.	Ocupação de área pública / particular caracterizada pela falta de infraestrutura, alto adensamento, famílias de baixa renda, ausência histórica do Estado e fortalecimento de "poder paralelo".

Fonte: http://.ucl.ac.uk/dpu-projects/Global_Report/world_map.htm, 2004.

Traduzido, adaptado e complementado por Pedrassoli, 2011.

A nível global, a definição do significado de uma favela é restrita as características físicas e legais do assentamento, excluindo as dimensões sociais mais complexas, visando nessa abordagem os objetivos de desenvolvimento do milênio (ONU, 2003). Tal abordagem pode ser alvo de crítica quando se pensa na grande heterogeneidade e diversidade de tipos e configurações de assentamentos precários, favelas, que se estabelecem e se consolidam em varias partes do mundo, associados a características físicas, sociais,

econômicas e históricas próprias, e a própria disponibilidade de recursos para monitoramento e ações nestas áreas são diferenciadas no mundo.

Segundo o relatório da ONU denominado “Slums of the world: the face of urban poverty in the new millennium?”, a palavra favela foi originalmente usada na Inglaterra para denominar “locais de baixa reputação”, ou partes da cidade “mal freqüentadas”. Ao redor do mundo diferentes termos são empregados e todos em algum ponto apresentam como ponto em comum a pobreza associada. A própria ONU adota como entendimento do termo as áreas deterioradas ocupadas por populações pobres, e cuja produção acrescenta uma cada vez maior divisão interna, caracterizada além disso por ausência de condições básicas em muitas dimensões da vida humana. Não obstante, considera ainda que a tal entendimento deve-se hoje pensar em agregar a este termo todas as áreas de ocupação informal, seja previamente construída e abandonada ou não, que representam a mesma ausência de condições e acessos, e tem se tornado a expressão mais visível da pobreza urbana.

Em suma, favela ou assentamento precário, define-se socialmente como área de concentração de pobreza, irregularidade perante o estado ou a propriedade privada ou ambos, localizada em locais de baixo preço da terra, associada a áreas de risco, estrutura de saneamento precária, e geograficamente periférica em relação ao acesso aos equipamentos urbanos. Estruturalmente é bastante heterogênea, tanto em seu interior quanto com relação a outras áreas assim denominadas, ou seja, o grau de estrutura, a intra-forma e a generalização de áreas similares é peculiar, evidentemente representativa de questões históricas, políticas e diversa em todo o mundo. Sociologicamente a favela é um modo de vida, subcultura com valores e modo de ação dos indivíduos com características próprias, reflexo das condições que a causa e das características que a descreve.

As favelas têm se tornando um fenômeno inevitável da indústria da urbanização nos países em desenvolvimento (LEMMA 2008, p. 1).

Como ponto comum bem definido as favelas são moradia, são reflexo da necessidade básica das pessoas de morar, representam a concentração de pobreza e a falta de planejamento estrutural em relação a cidade formal. Além disso, em todo o mundo, as favelas tendem a crescer (22), e assim representar um novo desafio para um antigo problema: o bem estar das populações com condições mínimas de qualidade de vida e direitos assegurados.

Figura 21: Crescimento da população em favelas

Fonte: Estimado Pela ONU-HABITAT, 2005, adaptado de Hoffman, 2008

Mudanças climáticas, eventos extremos, crescimento populacional, justiça social, questões são colocadas como essenciais impulsionam uma série de discussões nos mais variados campos da ciência, especialmente como suporte para o entendimento e mitigação que se espera dela para o impacto que estes tópicos trazem as populações. Nas favelas a vulnerabilidade social representada pelas condições das populações residentes nelas encontra-se de forma agressiva a vulnerabilidade ambiental das áreas por elas ocupadas, são as favelas neste sentido lugar do risco em sua multidimensionalidade.

3.2. As favelas frente ao poder público no Brasil

Frente aos anseios mundiais de melhoria das condições de vida das populações e das metas pensadas para aproximação de tais objetivos, os governos nacionais têm papel fundamental, incluindo a questão habitacional:

*“A questão habitacional no Brasil é entendida como uma **política de Estado**, uma vez que o **poder público é agente indispensável** para a regulação urbana e do mercado imobiliário, e para a provisão da moradia e a regularização de assentamentos precários” (FUSP 2011, p. 13).*

Para além desse entendimento, as forças locais representam também uma pressão sobre as ações em escala governamental regional e nacional como respostas as demandas explícitas. O Estado Nacional norteia, a partir de alguns instrumentos, as ações efetivas a serem tomadas, e faz isso através de instrumentos que possibilitem aos governos locais, em interlocução com os movimentos civis populares, não esquecendo os interesses

comerciais e políticos locais que se manifestam. A lei federal nº 10.257/2001, conhecida como Estatuto da Cidade, representa no Brasil um desses instrumentos. Como exemplo, ele estabelece o controle social na elaboração dos planos municipais de habitação, e indica o próprio plano e sua forma de construção como instrumento para as ações nos assentamentos precários, informais, irregulares, em geral, favelas.

Tal fluxo é o que estabelece na elaboração de instrumentos, onde mundialmente se tentam estabelecer as metas para amenização das más condições habitacionais no mundo (tabela 4 a seguir), traduzidas em instrumentos legais, econômicos, políticos e científicos nos níveis de governos nacionais, os quais têm como função ou missão responder aos anseios que emanam do lugar, dos governos municipais, da população em si, que a priori é o principal objetivo.

Tabela 4: Objetivos de desenvolvimento do milênio

Escopo da Metas de Desenvolvimento do Milênio e seus alvos

Meta 1: Erradicar a extrema pobreza e a fome

Alvo 1. Reduzir pela metade a proporção de pessoas vivendo com menos de 1 dólar por dia
Alvo 2. Reduzir pela metade a proporção de pessoas que sofrem com a fome

Alvo 10. Reduzir pela metade a proporção de pessoas sem acesso sustentável a água potável
Alvo 11. Garantir a melhora significativa da qualidade de vida para mais de 100 milhões de habitantes de favelas, até 2020

Meta 2: Atingir o ensino básico universal

Alvo 3. Garantir que todos os meninos e meninas completem o ensino fundamental

Meta 8: Desenvolver uma parceria Global pelo desenvolvimento

Alvo 12. Proporcionar o acesso ao sistema financeiro é regra básica, não discriminatória e planejável. Inclusão de um compromisso com um bom governo, desenvolvimento e redução da pobreza – nacionalmente e internacionalmente
Alvo 13. Focar nos países em desenvolvimento com necessidades especiais. Incluindo a liberação de taxas para exportação; Alívio da dívida externa de países pobres altamente endividados. Cancelamento de débitos mútuos e esquemas oficiais assistência ao desenvolvimento mais generosos engajados na redução da pobreza

Meta 3: Promover a igualdade de gênero e a autonomia das mulheres

Alvo 4. Eliminar a desigualdade de gênero no ensino primário e secundário preferencialmente até 2005, e em todos os níveis até 2015

Alvo 14. Atender as necessidades especiais de estados isolados em desenvolvimento

Meta 4: Reduzir a mortalidade Infantil

Alvo 5. Reduzir em 2/3 o índice de mortalidade entre crianças abaixo de 5 anos

Alvo 15. Tratar globalmente o problema das dívidas de países em desenvolvimento através de medidas nacionais e internacionais para torná-la sustentável a longo prazo

Meta 5: Melhorar a saúde materna

Alvo 6. Reduzir em 3/4 os índices de mortalidade infantil

Alvo 16. Em cooperação com países em desenvolvimento desenvolver trabalho decente e produtivo para a juventude

Meta 6: Combater a AIDS/HIV, malária e outras doenças epidêmicas

Alvo 7. Parar e iniciar a reversão do espalhamento do HIV/AIDS
Alvo 8. Parar e iniciar a reversão da incidência de malária e outras grandes epidemias

Alvo 17. Em colaboração com companhias farmaceuticas promover acesso aos remedios essenciais em países em desenvolvimento

Meta 7: Garantir a sustentabilidade ambiental

Alvo 9. Integrar os princípios de desenvolvimento sustentável nos programas e políticas públicas: reverter a perda de recursos ambientais

Alvo 18. Em cooperação com o setor privado, tornar acessíveis os benefícios das novas tecnologias – especialmente tecnologias da informação e comunicação

Fonte: adaptado de *Slums of the world: the face of urban poverty in the new millennium*, p. 15

3.3. Global, Nacional, Local... As favelas em Taboão da Serra

O município de São Paulo tem uma estimativa de área ocupada por favelas (IBGE, 2000/Prefeitura de São Paulo) de 30,6 km² (adaptado de Marques et AL, 2003). É uma grande área, representativa espacialmente e que se reflete em clusters de concentração de pobreza, e não apenas reflete a situação do município, mas é indicativa de toda a região metropolitana, incluindo Taboão da Serra, conforme a figura 23:

Figura 22: Concentração de favelas em São Paulo e Taboão da Serra
Fonte: Hoffman (2008), PMTS (2011), (adaptado pelo autor).

O município de Taboão da Serra está na esteira de um dos vetores mais proeminentes da expansão da mancha urbana da metrópole Paulista sentido sudoeste (Figura

24), onde a valorização de novas áreas ao redor do centro da cidade de São Paulo pressiona o aumento populacional nessas regiões (Taboão da Serra, Embu das Artes, Itapequerica da Serra, Osasco e demais municípios). Como um dos resultados desse processo surge novas áreas periféricas, concentradoras de pobreza, resultando em ocupações de áreas de risco e formações de novas favelas.

Figura 23: Avanço populacional na região metropolitana de São Paulo , 2000 - 2010

Fonte: Fonte: Folha online/IBGE/SEADE – adaptação do autor, 2011.

Especificamente no município objeto deste trabalho, encravado na zona de expansão da metrópole e inserido em área de grande concentração de favelas, existem mapeados pela prefeitura municipal 84 núcleos de assentamento precários, definidos para fins de planejamento, conforme a tabela 3:

Tabela 5: Tipos e totais de Assentamentos precários (favelas) – Taboão da Serra

<i>Tipo de precariedade</i>	<i>nº de Assentamentos</i>	<i>nº de Domicílios</i>
Assentamentos com precariedade fundiária	20	4528
Pública	9	934
Particular	11	3594
Assentamentos com precariedade urbanístico-fundiária	61	16333
Pública	26	5808
Particular	7	5428
Pública + Particular	28	5097
Total	84 *	

* considerando as sobreposições de tipo

Fonte: SEMUDUH/PMTS – FUSP, 2011 – adaptado pelo autor – Plano Municipal de Habitação de Interesse Social

Adjetivando aquilo que foi indicado como fluxo de pensamento interconectado Global/Local, Taboão da Serra classificou seus assentamentos precários (favelas) agrupando-os em 5 níveis de precariedade levando em conta critérios muito próximos aos apontamentos das metas de desenvolvimento do milênio especificamente para a habitação estabelecidos pela ONU-HABITAT:

- a) Infraestrutura precária;
- b) Predominância do tipo de construção;
- c) Densidade média de ocupação dos assentamentos;
- d) Estruturação da malha viária;
- e) Presença de áreas de risco físico;

Os níveis definidos (tabela 6) consideram a intervenção necessária para regularizar os assentamentos do ponto de vista fundiário e urbanístico, em função da garantia de habitação digna e do direito legal de posse (PMTS/FUSP, 2011):

“Nível 1: assentamentos que possuem apenas precariedade fundiária, não requerendo intervenções urbanísticas ;
Nível 2: assentamentos que são bem estruturados mas que apresentam precariedade fundiária e possuem carência de infraestrutura;
Nível 3: assentamentos com alguma estruturação da malha viária, divisão de lote e organização das construções, mas que apresentam elevado grau de carência de infraestrutura e urbanização, requerendo uma urbanização

simples, pois podem ser consolidados sem muitas remoções, haja visto que não possuem uma grande quantidade de moradia em alto grau de risco físico;

Nível 4: assentamentos de ocupação caótica, sem malha viária estruturada ou delimitação de lotes definida, forte carência de infraestrutura e grande ocorrência de risco físico. A urbanização destes núcleos são mais complexas, com alta taxa de remoções tanto por conta dos riscos físicos quanto para abertura de sistema viário e implementação de infra estrutura;

Nível 5: são núcleos não consolidáveis seja pela complexidade da ocupação, pela fragilidade ambiental ou geotécnica da área, ou ainda por questões fundiárias que impeçam a permanência das famílias na área.” (PMTS/FUSP, 2001).

Tabela 6: assentamentos precários (favelas) por níveis de precariedade – Taboão da Serra

<i>Nível de precariedade</i>	<i>nº de assentamentos</i>		<i>nº de domicílios</i>		<i>Área (m²)</i>	
	<i>Absoluto</i>	<i>Relativo (%)</i>	<i>Absoluto</i>	<i>Relativo (%)</i>	<i>Absoluto</i>	<i>Relativo (%)</i>
N1	22	27,16	4902	23,5	681078	31,25
N2	9	11,11	3264	15,65	413989	18,99
N3	10	12,35	1542	7,39	149146	6,84
N4	35	43,21	10487	50,27	856560	39,3
N5	5	6,17	666	3,19	78943	3,62
Total		100	20861	100	2179716	100

Fonte: SEMUDHU-PMTS/FUSP – adaptado pelo autor

3.4. Estado da arte no mapeamento de favelas

As abordagens metodológicas adotadas no mapeamento de favelas variam de acordo com o interesse específico da informação gerada, o que por sua vez tem uma relação direta com a escala do mapeamento e seu fim como produto. Em geral, a detecção e mapeamento destes núcleos associam-se a necessidade de gestão territorial, especialmente em áreas como as favelas, onde a ação governamental é por muitas vezes inexistente e ignorada. De forma geral são áreas que concentram informalidade e os olhos da ciência e da política voltam-se para sua identificação e entendimento no contexto atual de aumento da população urbana no mundo, pela tendência de aumento destas áreas e dos efeitos que tais ocupações podem sofrer frente às mudanças ambientais globais.

3.4.1. Alguns casos de mapeamento na literatura

Joshi, Sen e Robson (2002), descrevem o mapeamento, usando SIG, das favelas em Pune e Sangli na Índia, a partir das informações colhidas em conjunto com uma ONG feminista local. Os dois casos são comparados visto que cada um deles representa uma abordagem e interesse do governo: no caso de Pune existe um alto interesse das autoridades, em Sangli o interesse é baixo.

Estima-se que 45% da população de Pune viva em favelas, e em Sangli este número é estimado em 10%. Na Índia, para uma área ser considerada uma favela, ela tem que ser declarada como tal, sendo que se essa área atinge um nível de “pobreza” abaixo de um limite definido, de acordo com o *Maharashtra Skum Improvement Act* (1971), no caso de áreas particulares ocupadas. No caso de áreas públicas estas áreas podem receber infra-estrutura por parte do governo sem necessidade da declaração. O problema é que a área elegível para receber infra-estrutura é aquela que esta dentro dos limites constantes da declaração, e em muitos casos, como as declarações são antigas, a maior parte da favela já extrapolou tal limite, contudo não pode receber melhorias.

As cidades envolvidas têm uma péssima noção da integração de suas favelas ao restante da cidade em virtude da falta de informação e conhecimento sobre as favelas, o que resulta em sérios problemas na formulação de políticas para o desenvolvimento destas áreas e também para o restante da cidade.

Castro ET al 2008, abordam a concepção e percepção que se tem de uma favela e sua falta ou quase falta de planejamento, com surgimento espontâneo associado a ausência de estruturas básicas e condições de higiene. Contudo, estudos sociológicos e antropológicos apontam que as favelas tem uma organização e funcionalidade.

O estudo propõe investigar a existência de cinco padrões espaciais componentes: crescimento; condições de existência, territorialidade, funcionalidade, circulação e padrões de configuração, na favela de *BASECO*:

- 1) Padrões de configuração: Quais as formas básicas constituintes? Como as considerações sobre orientação/personalização do espaço podem contribuir?
- 2) Padrões de circulação: Os padrões cronológicos do assentamento afetam os padrões de circulação? A privacidade é um fator na ligação/hierarquia de ligações?

- 3) Padrões funcionais: Quais espaços respondem pelas atividades básicas? Qual o impacto que as relações sociais e funcionais têm na determinação do uso do espaço?
- 4) Padrões de crescimento: Qual o padrão cronológico do assentamento e do crescimento? Como isso afeta o padrão espacial de crescimento?
- 5) Padrões territoriais: Como o território é definido? Existem enclaves territoriais na comunidade? Qual a organização física/territorial de cada territorialidade?

Sartori, Nembrini e Stauffer (2001), apontam que tem-se observado uma grande mudança na forma das cidades nos últimos 50 anos em função da migração urbano-rural, processo que pode ser observado na Europa ao longo de todo o século XX. Contudo este processo tem demonstrado diminuição, em benefício de centros urbanos menores que vem se desenvolvendo ao redor de grandes centros. Em países em desenvolvimento este ritmo também apresentou diminuição, contudo ainda apresenta números muito elevados e com um numero de pessoas em busca de melhores condições indo para as cidades, situação considerada alarmante.

Na África principalmente, mas também em outros continentes, os dados para monitoramento desse fenômeno são escassos, por vezes baseados em base de dados antigas e se recentes, muito pobres de informação. Contudo as favelas são uma realidade presente e de difícil monitoramento. É “missão” de muitas organizações internacionais a “erradicação da pobreza”, contudo não consegue se quer de fato medir a extensão do problema relacionado ao crescimento urbano. Novas tecnologias podem ajudar como é o caso do sensoriamento remoto.

Essas tecnologias podem produzir uma importante ferramenta para aqueles que estão a cargo de tomar decisões a cerca dessas áreas esquecidas, essa ferramenta é o mapa. O que define o mapa é sua capacidade de representar de forma clara objetos e escalas de observação de interesse. Outra tecnologia que hoje é inegavelmente presente é o SIG:

“ Um SIG é sem dúvida nenhuma o “método” para desenhar, editar, e modificar um mapa urbano e para inserir, de um modo interativo, qualquer tipo de dados associados a objetos específicos representados nele. SIG é um sistema que combina computador, software, informação geográfica e operadores que podem receber, manusear, analisar e visualizar de um modo eficiente qualquer tipo de dado espacial que possui uma referência geográfica. O dado é representado em um mapa e qualquer objeto representado deve conter informação que pode ser analisada, a partir das

quais modelos podem ser construídos, visualizados e, ao final, se necessário reproduzidos numa cópia impressa” (Sartori, Nembrini e Stauffer, 2001).

Os autores visam neste trabalho estimar a população residente em assentamentos precários em Nairobi. Levantaram dados da área administrativa da cidade, mapas disponíveis e dados censitários.

Sliuzas e Kuffer (2008) tratam da definição de áreas de pobreza a partir de dados censitários de 2001 em Delhi e sua associação com dados do sensor do satélite IKONOS, buscando o entendimento físico dos fatores indicados pela coleta de dados censitários no intuito de estabelecer as bases para uma metodologia de identificação de áreas de pobreza associando dados vindos de sensoriamento remoto aos indicadores.

Como reflexão inicial os autores colocam a necessária diferenciação entre áreas de pobreza urbana e favelas, as quais não são sinônimas, mas apresentam grande correlação. A análise apresenta tal caráter em aproximação aos objetivos do milênio colocados pela ONU para habitação, onde o desafio é garantia de condições mínimas de segurança, saneamento e habitação aos moradores de assentamentos precários. Delhi, segundo os autores, se apresenta como ótimo estudo de caso, levando em consideração as definições das áreas de pobreza a nível estatístico censitário, e os apontamentos tais como colocados para necessidade de metodologias no reconhecimento das heterogeneidades e fornecimento de uma visão mais detalhada da distribuição dos níveis de pobreza urbana.

A metodologia proposta pelos autores baseia-se em duas questões principais:

- 1) O quanto a delimitação física das áreas de pobreza correspondem com os múltiplos índices de privação?
- 2) Qual o grau de homogeneidade considerado na elaboração dos dados censitários?

Através do uso de imagens orbitais (Terra Aster e IKONOS) realizou-se a delimitação visual de tipos de áreas de pobreza destacadas: assentamentos informais não autorizados (áreas que surgiram sem aprovação governamental, prioritariamente em áreas particulares e sem planejamento formal); assentamentos informais regularizados (processos de regularização fundiária, incluindo a provisão de serviços básicos); clusters de favelas (geralmente ilegais, ocupando áreas públicas, alta densidade de ocupação e ausência de serviços básicos); colônias de reassentamento (em

função de políticas de reassentamentos dos moradores, construções pobres, sobrepostas, em sua maioria em áreas periféricas com difícil acesso as áreas de trabalho). Apontam os autores a dificuldade de acesso e produção de dados de campo na Índia, e colocam os resultados do trabalho apenas como indicações, em especial a classificação visual das áreas como ponto inicial para definição e quantificação dessas áreas. Os resultados também indicam que não há coincidência entre as fontes de indicadores, além da não coincidência com a tipologia proposta a partir dos dados de SR, indicando a multidimensionalidade do fenômeno e a demonstração de como a agregação de dados pode esconder a variação visível da pobreza.

Turkstra e Raithelhuber (2009) especificam que uma das metas de desenvolvimento do milênio (UN-HABITAT) é melhorar significativamente a vida de mais de 100 milhões de moradores de favelas até 2020. Para monitorar o progresso dessa meta é necessário o estabelecimento de uma definição operacional para identificação desses assentamentos precários. O artigo aqui descrito apresenta uma metodologia para identificação de favelas no nível intra-urbano em diferentes regiões do mundo através de indicadores selecionados: acesso a água e saneamento; área suficiente para subsistência; residência feita de material durável em local fora de risco e segurança legal.

O fenômeno pode ser definido como “urbanização da pobreza”, essa imagem figura o movimento migratório e o crescimento populacional natural que vem tornando as cidades o lugar onde a pobreza é cada vez mais facilmente encontrada. A informalidade, reflexo da falta de condições e oportunidades, tende a ser generalizada, desde a ocupação e uso do solo até as atividades de trabalho. Em 2003 a ONU já afirmava que 31.6% de toda a população mundial vivia em condições habitacionais inadequadas.

A Agregação dos dados que revelam as informações sobre as condições de vida das pessoas e a errônea comparação dos índices do meio urbano em relação ao meio rural, tem mascarado a verdadeira crise que as cidades têm encarado face a face.

Netzband, Banzhaf, Höfer e Hannemann (2009) em seu artigo tratam de trazer uma demonstração do estado da arte do uso de dados de sensoriamento remoto, além de sua combinação com dados ancilares e fontes de dados socioeconômicas diversas, para identificação de assentamentos precários, apresentando

metodologias diversas utilizando imagens VHR¹⁰. O autor aponta o uso do NDVI e do UST¹¹ como elemento essencial nas caracterizações de uso do solo urbano, pela combinação ter a capacidade de definir os tipos de usos (estruturas, construções) e os espaços verdes e abertos. Considera-se que altos valores de NDVI tem uma ligação positiva com a qualidade do ambiente urbano.

O artigo apresenta alguns estudos de caso. O primeiro é o de Dhaka, em Bangladesh, país mais densamente povoado do mundo, com crescimento devido a migração do campo para a cidade imenso, formando aglomerados precários. Estima-se que um terço da população viva em favelas. O estudo apresentado trata da identificação da estrutura da favela em uma imagem Quickbird, utilizando o NDVI e Análise Orientada a Objeto. Descreve também a situação precária, com as enchentes de monção e a altíssima densidade de construções. O segundo caso trata da identificação de moradias de baixa renda em Santiago do Chile. Considera a grande exposição destas a situações de risco (enchentes, deslizamentos e no caso até terremotos), em relação a classes de alta renda, que ocupam uma superfície muito grande, mas com concentração de áreas verdes, permeabilidade e distância de cursos d'água sujeitos a transbordo. Aponta-se também o problema causado pelo adensamento das construções, cujo adensamento e falta de permeabilidade, especialmente nas ocupações ao longo dos rios tem trazido imensos problemas, cuja diminuição a capacidade de infiltração vem agravando os casos de enchente.

Ali, Hegazy e Nour Eldien (2008), apresentam as limitações do SIG e a necessidade de integração deste com redes neurais artificiais e outros sistemas para torná-los mais “inteligentes”, essencialmente no suporte a decisão.

Enquanto o SIG é focado na simples análise de sobreposição e extração de conhecimento e informação a partir de dados estatísticos, as relações atuais entre as variáveis tendem a ser dinâmicas e incertas. As dificuldades permanecem encerradas na natureza das interdependências entre as variáveis que podem ser oferecidas por outros meios.

Foi feito um modelo de predição baseado em dados censitários, usando SIG, de onde os dados de interesse foram acoplados ao MatLab, após normalizados entre -1 e 1, em duas dimensões: características físicas e sócio-

---

¹⁰ Very High Resolution

¹¹ Urban Structure Type

econômicas. O modelo usou como calibração o teste nos dados censitários de 1996, fazendo uma predição para 10 anos e ajustando os dados para ajuste aos dados censitários existentes de 2006. Concluem que os tomadores de decisão devem se atentar principalmente ao crescimento da população e a pobreza como fatores determinantes, e que o mapa gerado deve servir como base para planejamento e tomada de decisões.

Hoffman (2008) aponta o desafio da detecção e mapeamento de assentamentos informais e apresenta uma abordagem baseada na segmentação multiresolução e na análise orientada objeto aplicada a imagens orbitais de alta resolução espacial. O autor aponta para ontologia da estrutura dos assentamentos precários, a partir da qual se pode partir para definição de regras de classificação utilizando o apoio computacional. Hoffman utiliza o software *eCognition* para criação da rede semântica e das relações internas entre seus elementos componentes.

Em outro artigo Hoffman (2001) aponta os conceitos básicos para detecção de feições em áreas urbanas utilizando a análise orientada a objeto com apoio do software *eCognition*:

- 1) O processo de segmentação multiresolução, onde os pixels são agrupados, de acordo com parâmetros fornecidos, em objetos com significado;
- 2) A criação de regras baseadas nas variáveis espaciais, espectrais e contextuais de cada objeto de interesse, através da representação da ontologia de conhecimento da feição de interesse;
- 3) A classificação, resultado do processo de definição dos objetos e sua caracterização através das regras componentes da rede semântica definida e suas inter-relações.

Hoffman et al (2006) apresentam as relações ontológicas entre as feições urbanas e os assentamentos precários para detecção de favelas na cidade do Rio de Janeiro. O trabalho traz também os conceitos básicos da detecção de objetos urbanos através da análise orientada a objeto, apontando o processo iterativo de experimento constante, variando os parâmetros estabelecidos nas regras de classificação no intuito de estabelecimento de um refinamento no processo de classificação. Esse processo iterativo é colocado como essencial, especialmente pela especificidade local de cada realidade.

A análise de imagens de alta resolução espacial através da abordagem orientada a objetos aparece como uma alternativa promissora na detecção e

mapeamento de favelas. Entre os dias 21 e 23 de Maio de 2008 ocorreu em Enschede, Holanda, a reunião do *Expert Group Meeting on Slum Mapping*, o qual teve como objetivos:

- 1) Estabelecer os requisitos necessários para o mapeamento de favelas para aplicação no Observatório Urbano Global da ONU;
- 2) Apresentar o estado da arte dos métodos utilizados em imagens orbitais de altíssima resolução para o mapeamento de favelas;
- 3) Identificar os métodos mais acessíveis para continuidade de desenvolvimento, transferência de conhecimento e capacitação;

Uma das principais indicações do encontro é a necessidade de detecção e monitoramento dos assentamentos informais através de métodos robustos e com capacidade de replicação. Uma das metodologias apontadas como promissoras é o uso da Análise Orientada a Objeto (AOO)¹² (HOFFMAN; HUANG; JAIN; WEBER, 2008)¹³. Como aponta Hoffman (2008), a possibilidade trazida pela AOO é a de aplicação metodológica dirigida pela ontologia em alternativa ou integração a metodologia dirigida pelos dados. A combinação de dados ancilares ao conhecimento do interprete é o fluxo essencial da AOO (WEBER, 2008), possibilitando a integração de informações espectrais, espaciais e estruturais. Esse caminho em que o que vem a priori é a definição do conhecimento ontológico do problema, a partir do qual se pode, através de linguagem específica, representá-lo em meio computacional, é apontado como procedimento com grande possibilidade de replicação, em largas escalas e não dirigida a casos específicos.

O uso de algoritmos de detecção de lacunaridade também é apontado como uma técnica eficiente para diferenciação entre assentamentos formais e informais (FILHO; KUFFER, 2008). O uso da lacunaridade em imagens de satélite basicamente compreende a medição complementar da dimensão fractal, que se associa a variação de textura numa imagem em diferentes escalas. Utiliza em seus experimentos o algoritmo Gliding-Box (ALLAIN & CLOITRE, 1991), o qual define a curva de lacunaridade na imagem, assim o autor indica que a técnica fornece indicadores importantes para diferenciação entre áreas de favelas e áreas formais.

---

¹² OBIA (Object Based Image Analysis)

¹³ Apresentações realizadas na reunião do *Expert Group Meeting on Slum Mapping*, 21 a 23 de maio de 2008, ITC, Holanda.

Não obstante, como indicação essencial para a ação frente ao fenômeno crescente das ocupações informais e precárias no mundo, a manutenção sequencial, com resolução espacial e temporal compatíveis com o fenômeno e em escala e limites coincidentes adequados, faz necessária a geração de dados pelo estado através de *surveys* também nestas áreas (PEREZ-MACHADO et al., 2008).

4. Metodologia, materiais e procedimentos técnicos

Este trabalho utiliza o método experimental. Como concepção teórica para entendimento e classificação do uso do solo entende-se a teoria do espaço.

Para desenvolvimento do trabalho, preparação e desenvolvimento do experimento, a metodologia apresenta as seguintes etapas, cada qual com procedimentos técnicos associados a sua realização:

4.1. Avaliação e preparação dos dados (para todos os experimentos)

Esta fase constitui a escolha da imagem utilizada no testes, compreendendo também seu devido registro geométrico junto a outros dados auxiliares usados durante a realização dos experimentos, refinamento dos testes e análise e apresentação dos resultados. Basicamente, os dados e *softwares* utilizados estão abaixo apresentados nas tabelas 7 e 8:

Tabela 7: Material Utilizado

<i>Dado</i>	<i>Fonte</i>	<i>Data</i>	<i>Resolução</i>	<i>Descrição</i>
Ortofoto 2007	EMPLASA/PMTS	jun/07	0,55 cm (espacial)	imagem 2326-3 do mosaico EMLASA
Ortofoto 2004	BASE/PMTS	dez/04	0,30 cm (espacial)	imagem 318-383 mosaico PMTS
Delimitação de Assentamentos Precários	Núcleo de Geoprocessamento/PMTS	jul/11	compatível com escala de planejamento	Material gerado sobre ortofoto e discussão multidisciplinar

Fonte: organização do autor

Tabela 8: *Softwares* utilizados

<i>Software</i>	<i>Fabricante</i>	<i>Versão</i>	<i>Aplicação</i>	<i>Descrição</i>
<i>eCognition</i>	Definiens	8.64 (trial)	Análise exploratória	Análise e classificação de imagens
ENVI EX	ITTVS	EX	Análise Exploratória e Construção de regras	Análise e Classificação de imagens com funções SIG
ArcGIS	ESRI	10.1	rotinas de pós processamento	SIG no estado da arte

Fonte: organização do autor

Observou-se nesta etapa a definição da área teste, observando as seguintes condições:

- Definição da dimensão da imagem, considerando a capacidade computacional de processamento;
- Seleção de áreas sem cobertura de nuvens (caso de imagens orbitais);
- Seleção de áreas com densa ocupação urbana e representativas de tipos de ocupação diversos para avaliação dos testes realizados frente ao mapa de referência (etapa aplicada sobre a ortofoto 2004(GSD = 0,30m) no *eCognition* e sobre ortofoto 2007 (GSD = 0,55m) no ENVI).

4.1.1. Procedimentos Técnicos (*eCognition*)

4.1.1.a. Segmentação

Nesta etapa definiram-se os objetos primitivos através de níveis de segmentação, com parametrização de quais objetos de interesse pertencem a cada nível e definição de quais arquivos serão utilizados na segmentação em cada um deles.

A segmentação é o primeiro passo para a análise da imagem, onde ela é cortada em “pedaços” através da aplicação de um algoritmo. O *eCognition* fornece basicamente três opções de segmentação: *QuadTree*, algoritmo que basicamente divide a imagem em quadrados de diferentes tamanhos, sendo esta segmentação do tipo *TopDown*. Define-se o parâmetro de escala dessa segmentação através da definição do limite superior da

diferença de cor entre cada quadrado. (*eCognition Users Guide*, 2011). Esse tipo de segmentação para imagens como uma boa separação de fundo, com grande quantidade de fundo de fácil separação.

O segundo tipo de segmentação fornecido é chamado *Merge Objects*, o qual agrupa objetos já definidos em objetos de uma classe superior. (*eCognition Users Guide*, 2011).

O terceiro tipo de segmentação é chamado de *Multiresolution*, usado para a criação de objetos. É uma segmentação customizada, do tipo *BottomUp* que trabalha maximizando as diferenças entre os objetos e minimizando as diferenças intra-objetos:

O algoritmo de segmentação multiresolução agrega, consecutivamente, pixels ou imagens de objetos já existentes. Essencialmente o procedimento identifica objetos do tamanho de um único pixel e os agrega aos seus vizinhos, baseado no critério de homogeneidade relativa. Este critério de homogeneidade é uma combinação de critérios de ordem espectral e de forma.” (eCognition Users guide 2011, p. 56).

O chamado *homogeneity criterion* utilizado na segmentação multiresolução mostra em que medida um objeto é internamente homogêneo ou heterogêneo, considerando cor e forma. A homogeneidade de cores é baseada no desvio padrão da resposta espectral das cores, a homogeneidade de formas é baseada no desvio padrão da compactação da forma.

A escolha do uso da segmentação multiresolução se dá pela complexidade de formas, padrões e contexto do objeto alvo. O *software* utilizado permite a definição dos parâmetros de escala, forma e compacidade:

- o parâmetro de **escala** é subjetivo, indicando o nível de ação do processo do algoritmo, o que em geral demanda teste para definição do melhor número de parâmetro de escala, e tal é extremamente variável considerando diferentes imagens e diferentes objetivos de segmentação. Para o teste realizado sobre a ortofoto 2004 foi utilizado o parâmetro de escala 0,75 (este valor é variável de 0,1 a 1);

- o parâmetro de **forma** define o a variação radial, regular ou irregularmente, do objeto a ser definido. Valores maiores indicam que objetos tenderam ao maior volume segundo tal critério. Para o teste realizado foi utilizado o valor 0,5 (este valor é variável de 0,1 a 1);

- o parâmetro de **compacidade** indica o grau de homogeneidade interna e heterogeneidade externa do objeto a ser definido. Valores mais elevados indicam alto grau de homogeneidade interna o que tende a formação de objetos menores para satisfação de tal critério, enquanto valores menores tendem a aumentar o tamanho dos objetos. Para o teste

realizado foi aplicado o valor 0,0 (este valor é variável de 0,0 a 0,9). Para fins de teste, o valor aplicado se justifica pela grande heterogeneidade interna do objeto buscado, sendo assim, valores maiores aplicados durante a calibração demonstram a formação de objetos muito pequenos nas áreas de controle, em função da estrutura interna dos assentamentos precários como ausência de lotes definidos, construções muito pequenas, sobreposição de construção e grande variedade de materiais utilizados nas construções.

O software ENVI EX, em seu módulo *Feature Extraction*, utiliza apenas o modo de segmentação multiresolução, o qual para o caso aqui testado é também o mais adequado. Da mesma maneira que o *eCognition* o ENVI trabalha com critérios de escala e homogeneidade, os quais são subjetivos e passíveis de troca a todo momento. De maneira geral esse fluxo de constante alteração dos parâmetros para a segmentação e posterior classificação constitui o processo básico de trabalho nestes softwares.

Inicialmente, os testes para segmentação e processo exploratório das variáveis atribuídas aos objetos gerados foram feitos no *eCognition*, utilizando a ortofoto de 2004. As figuras 25 e 26 abaixo mostram o resultado da segmentação multiresolução:

Figura 24: teste de segmentação multiresolução – parametrização: escala 0,75; forma 0,5; compacidade 0,00

Figura 25: teste de segmentação multiresolução – parametrização: escala 0,75; forma 0,5; compacidade 0,00

A partir da segmentação inicial pode-se dar início ao processo de análise do resultado dessa etapa do processo. Inicialmente pode-se observar que o algoritmo identifica bem formas com geometria formal (do ponto de vista fundiário), além de apresentar objetos bastante representativos quanto a áreas livres ou recobertas por vegetação homogênea, mesmo com referência do parâmetro de compacidade mínimo, conforme figura 27:

Figura 26: Aproximação da segmentação

Tal característica pode prover informações importantes na definição e implementação da estratégia de classificação. Não obstante para o teste proposto buscamos a definição de parâmetros explicativos ou característicos das áreas de favelas.

4.1.1.b. Análise exploratória: Definição da rede semântica, hierarquia de classes e de regras de pertinência e atributos

Analogamente a uma chave de classificação usada por um fotointérprete, uma rede semântica construída num sistema especialista representa de forma objetiva, dentro da linguagem específica e sob uma estratégia adequada, a transposição do conhecimento ontológico de determinado fenômeno do mundo real usando uma linguagem própria.

O conhecimento ontológico se torna então a base para definição da estratégia de classificação, pois conhecendo o fenômeno abordado e tendo claro o ponto de vista adotado sobre o fenômeno poderemos traçar estratégias para analisá-lo. Esse nosso caso, o entendimento complexo sobre o conceito de favela, sob o ponto de vista geográfico nos permite traçar uma estratégia para responder as nossas questões centrais: onde eles se localizam no espaço? E qual sua relação com este mesmo espaço que o cerca?

Teoricamente buscamos definir uma favela, sua concepção, características e sua representação física no espaço, um conhecimento ontológico, a partir disso traçamos uma estratégia de classificação, buscando dados que utilizados de forma conjunta e relacionados de tal forma que possam automatizar para determinada porção do espaço o processo de classificação. A linguagem específica é possível através da tecnologia envolvida, representada pelos softwares utilizados e pelos algoritmos implementados por estes.

No caso específico da detecção de favelas em Taboão da Serra dois casos para teste são considerados, definidos a partir dos dados disponíveis e como forma de complementação:

1) Envolve a estratégia para detecção de favelas assim classificadas por características urbanísticas, considerando ainda a limitação dos dados utilizados, contudo prevendo a classificação de casos denominados como níveis de precariedade 5 e 6.

No teste realizado sobre parte da ortofoto de 2004 o fluxo presente na figura 28, abaixo apresentado, foi aplicado:

Figura 27: Estratégia implementada para teste de detecção de favelas assim classificadas por precariedade urbanística
 Fonte: elaboração do autor

2) Envolve a estratégia para detecção de favelas assim classificadas por características fundiárias, considerando ainda a limitação dos dados utilizados, contudo prevendo a classificação de casos de invasões de áreas públicas (a priori qualquer tipo de ocupação irregular, podendo passar por refinamento para indicação de áreas com precariedade urbanística para inclusão posterior de uma terceira classe: urbanística + fundiária).

No teste realizado sobre parte da ortofoto de 2004 o fluxo presente na figura 29, abaixo apresentado, foi aplicado:

Figura 28: Estratégia implementada para teste de detecção de favelas assim classificadas por precariedade fundiária

Fonte: elaboração do autor

4.1.1.c. Classificação (testes) e avaliação da análise exploratória

Tendo como base a segmentação e a avaliação dos objetos primitivos originados buscamos apreender características que desagreguem as áreas de interesse previamente controladas do restante dos dados de entorno. Há de se considerar a limitação das imagens utilizadas, cuja principal característica preservada após a fusão de suas bandas espectrais é sua resolução espacial (0,30m – 2004; 0,55m - 2007). A estratégia para o teste foi a seguinte:

1) Localização de objetos bem definidos, com forma e tamanho representativos, de áreas de favela previamente conhecidos ou visualmente detectáveis, como é exemplificado na figura 30, referente a uma parte da favela conhecida como Irati Antena em Taboão da Serra.

Figura 29: busca de objetos representativos – nesta imagem um trecho da favela Irati HBB

Inúmeras variáveis associadas ao objeto podem ser prospectadas via sistema. Consideramos, todavia para a análise exploratória utilizando o *eCognition*, como característica conhecida a heterogeneidade interna do objeto em questão, levando-se em conta o padrão de ocupação interno, buscamos uma característica estatística que indicasse de forma mais objetiva tal heterogeneidade. O desvio padrão dos valores agregados aos objetos segmentados representa a variação estatística em relação à média do objeto. A concepção de aplicação da segmentação multiresolução trabalha na quantificação da homogeneidade ou heterogeneidade para delimitação do objeto, tanto nos parâmetros de cor quanto de forma, com base no desvio padrão dessas variáveis. Significativamente podemos considerar para aplicação e efeito de testes que se estabelece uma hipótese de relação entre o objeto (considerando sua homogeneidade interna) e o desvio padrão das características espectrais da imagem utilizada na construção do objeto.

Não obstante, transporta-se essa característica para o nível de objeto e não de pixel para conformação do próprio objeto. Para tanto foi adotado o seguinte critério na aplicação da classificação (favelas ou outros):

$$\{[(\text{desvio padrão em RED}) + (\text{desvio padrão em GREEN}) + (\text{desvio padrão em BLUE})]/3\}$$

Sobre essa média ponderada foram aplicados os limiares, superior e inferior, respectivamente de 35 e 39, através da construção de uma rotina personalizada.

Findo o este teste, os resultados obtidos são apresentados nas figuras 31, 32 e 33 a seguir. A avaliação dos testes indica que uma maior integração de dados ancilares tende a aumentar as possibilidades de estratégia de classificação e acurácia, não obstante, tal já é prevista na construção dos digramas conceituais e fluxos de estratégia indicados no item 6.4 deste capítulo. O controle de erros do teste é feito através de mapas de referência com o mapeamento de assentamentos precários (favelas) de Taboão da Serra. Tal delimitação das áreas e classificação foi construída sob interpretação visual das ortofotos seguindo critérios específicos para mapeamento de áreas irregulares com auxilio de outros dados para delimitação de problemas fundiários.

A classificação aqui apontada mostra boa detecção de algumas partes de interesse, com pouca confusão com áreas vazias e sistema viário. Observando o mapa base de controle do teste podemos observar que há uma heterogeneidade alta (presença de áreas vegetadas em meio a favela, diferentes alturas de construções, diversidade de materiais). Tal indica que a classificação apresentou bons resultados uma vez que as discrepâncias internas como a presença de vegetação estariam caracterizadas em outras classes ou ainda pode ser alvo de pós-processamento, através da aplicação de rotinas em outros *softwares* para melhora da qualidade da

Figura 30: teste de classificação baseado no desvio padrão

No caso da favela do Irati Córrego a classificação mostrou-se bastante apurada, com identificação da quase totalidade da área indicada no mapa base de controle.

Figura 31: teste de classificação baseado no desvio padrão

Figura 32: teste de classificação baseado no desvio padrão

O resultado dos testes demonstra que há possibilidade de melhora para boa aplicabilidade da técnica. Cabe observar que muitas áreas identificadas preliminarmente nos testes como favelas não coincidem com as áreas mapeadas no mapa base de controle. É

interessante considerar que mesmo o mapa base de controle segue critérios específicos e de interesse local e com significado temporal. Neste sentido, ainda que áreas não consideradas “oficialmente” favelas em Taboão da Serra, podem apresentar tais características. Além desta observação cabe também colocar que mesmo áreas isoladas classificadas em outros pontos, com pequenas dimensões, podem de qualquer forma apresentar características comuns as áreas de favelas com respeito a precariedade urbanística, há de se considerar então tais possibilidades de casos e levá-las em conta para avaliação dos testes.

4.1.2. Procedimentos técnicos (ENVI EX *Feature Extraction*)

4.1.2.a. Análise exploratória: Definição da rede semântica, hierarquia de classes e de regras de pertinência e atributos (ENVI EX *Feature Extraction*)

A análise exploratória objetivou o refinamento do processo de segmentação. Conforme descrito no item 3.9.2, o uso comparativo entre o *eCognition* e o ENVI *Feature Extraction* apresenta vantagens e desvantagens para ambos os *softwares*. Ponto importante a ser considerado é a curva de aprendizado extensa do *eCognition* frente ao ENVI. Essa demanda de tempo maior acarreta em um dispêndio de tempo menor na avaliação de testes e análise dos resultados. Levando em conta que é papel importante também deste trabalho o seu caráter didático e também prático, na medida em que gerou informações que foram associadas ao banco de dados geoespaciais da Prefeitura Municipal de Taboão da Serra e pretende, ainda que timidamente, servir como mais uma fonte de apoio para a utilização, adaptação e difusão da metodologia aqui aplicada.

Como sequência, selecionamos uma área para aplicação do experimento utilizando o ENVI *Feature Extraction*. A área selecionada corresponde a imagem 2326-3 do mosaico EMPLASA/PMTS. A área é representativa por possuir na mesma cena duas situações de precariedade distintas e proposta na ontologia do trabalho, sendo elas a favela conhecida como Vila Nova Esperança, situada na divisa entre os municípios de Taboão da Serra e de São Paulo e a área conhecida como CDHU-Parque Laguna, conforme figura 34 a seguir:

Figura 33: Área teste – ENVI

A favela Nova Esperança caracteriza-se pela ocupação de áreas particulares em Taboão da Serra e áreas públicas em São Paulo na área de proteção Ambiental conhecida como Parque Tizzo. Essa favela é reflexo da expansão das ocupações no vetor sudoeste de São Paulo frente a pressão imobiliária de valorização de terras nas última década. A seguir a figura 35 apresenta a evolução da ocupação de uma das áreas teste ao longo do tempo:

Figura 34: Processo de ocupação 1962-2004

O CDHU-Parque Laguna, caracteriza-se pela presença de infra-estrutura, tendo sua precariedade determinada pela posse da terra, onde os moradores que ocupam os prédios não possuem título de propriedade. Na mesma cena observamos também a presença de um condomínio de alto padrão a oeste, inteiramente no município de Taboão da Serra, chamado Jardim Yolanda. Nessa área há alta concentração de renda e construções com padrão elevado, caracterizadas pelo tamanho, presença de piscinas arborização abundante. Em campo, esta área também se caracteriza pelo difícil acesso, restringido pelos portões e controle de fluxo.

As características descritas acima justificam a cena escolhida como área teste significativa para os objetivos do trabalho.

4.1.2.b. Segmentação

O procedimento de segmentação se deu através de testes de diferentes parâmetros de escala. O processo é simples e no ENVI a visualização é instantânea via portal sobre a imagem, conforme a figura 36 a seguir:

Figura 35: Segmentação – parâmetro de escala 29

Como já definido anteriormente, além do parâmetro de escala também é definido o parâmetro de agrupamento dos segmentos. Do mesmo modo, a definição desse limiar é experimental, e o objetivo principal é estabelecer uma combinação de parâmetros que resultem na imagem um delineamento satisfatório dos objetos geográficos pretendidos. Nesse caso, após a aplicação do parâmetro 29 para escala da segmentação, a aplicação do parâmetro 95 para agrupamento se mostrou adequado, apresentado na figura 37 a seguir:

Figura 36: Nível de Agregação: 95

A aplicação dos parâmetros resulta na delimitação dos objetos raízes da imagem, sobre os quais serão extraídas as variáveis espectrais, espaciais e de contexto. O ajuste adequado dos parâmetros para segmentação é etapa essencial em todo o processo de extração de informação das imagens. Uma boa segmentação resulta numa boa classificação.

Dos parâmetros aplicados resultou a delimitação dos objetos, resultado mostrado na figura 38:

Figura 37: Resultado dos parâmetros 29-95

4.1.2.c. Definição do *rule set* (da ontologia à linguagem específica)

Definidos os limites dos objetos, três possibilidades se apresentam: exportam os vetores formados a partir da segmentação para utilização em outros sistemas; classificação supervisionada através de seleção de amostras; criação de regras. Nos dois últimos casos, o princípio parte das variáveis em 4 dimensões que agora estão ligadas a cada objeto, apresentadas na figura 39 a seguir:

Figura 38: Variáveis selecionáveis para cada objeto

A construção dessas regras de classificação parte do conhecimento do objeto favela, sua estrutura interna e sua diferenciação quanto ao entorno. Basicamente, a favela Nova Esperança representativa das áreas de precariedade urbanística, com moradias pequenas, poucos acessos internos, estrutura viária precária, difícil acesso, área sujeita a risco e baixa arborização. No caso do CDHU-Laguna, a situação urbanística apresenta estrutura consolidada, formada por prédios coletivos, portanto grandes (400 m² ou mais),

com espaçamento adequado entre as construções, estrutura viária e acessos consolidados. O trabalho de criação do conjunto de regras (*rule set*) consistiu basicamente na transposição desse conhecimento para uma linguagem específica, aplicada sobre as variáveis calculadas pelo ENVI, apresentado na figura 40:

Figura 39: Definição das regras de classificação e interação entre os elementos de contexto

A definição das classes via criação de regras resultou na formação de polígonos correspondentes a cada classe avaliada. Preliminarmente o ENVI finaliza o

processo de classificação, onde cada classe pode ser exportada em polígonos ou linhas para pós-processamento, conforme figura 41 a seguir:

Figura 40: Linhas de detecção da Vila Nova Esperança (acima) e detalhe das linhas de detecção no CDHU- Parque Laguna (abaixo)

Para o pós-processamento foi utilizado o ArcGIS 10.1, onde cada classe gerada foi adicionada como uma camada e a sobreposição destas permitiu a visualização dos casos de omissão e erros de classificação.

5. Resultados e discussões

5.1. Avaliação dos objetos detectados e das classes definidas através dos procedimentos técnicos

A *Classe vegetação*, caracterizada basicamente pelas grandes áreas ocupadas pelos objetos definidos e pelos valores de brilho na cena analisada. Áreas pequenas de vegetação também puderam ser detectadas encravadas em áreas construídas pequenas áreas verdes espalhadas por grandes áreas vazias. O principal problema da definição homogênea da classe vegetação foram os *speckles* formados em meio a vegetação densa (figura 42), conde a presença de sombras muito extensas por vezes são classificadas como áreas de baixo padrão residencial, além de áreas de omissão representadas por copas isoladas de vegetação arbórea altamente florida em meio ao dossel denso e homogêneo:

Figura 41: exemplo de problemas na classificação de vegetação

Contudo o problema ora apresentado representa também uma possibilidade no refinamento de diferenciação interna dos padrões de vegetação. Esta classe é parte importante para que fossem isoladas classe com cobertura antrópica do solo.

A Classe *Solo Exposto* caracterizou-se basicamente pelas extensas áreas e baixo brilho, além de formato com padrão alongado. Para áreas vazias menores o baixo brilho associado a áreas menores ajudou na detecção da classe.

A classe *Caminho Não Pavimentado* definiu-se segundo critérios de brilho próximo aos das áreas vazias, levando em conta sua forma alongada enquanto estradas e vias de acesso. A definição dessa classe se mostrou pertinente e importante para o objetivo deste trabalho visto ela representa um indicativo da precariedade de estruturas em assentamentos humanos em áreas urbanas, sendo que contextualmente pode ser associada a favelas, como foi o caso.

A Classe **Indústria** foi caracterizada pela forma básica de seus fixos no solo, que se entende por áreas grandes, superior a 400 m² e fator de forma retangular alto, em geral associados a estruturas do mesmo tipo no entorno e próximos a vias de acesso consolidadas. Deve-se entender que os materiais de coberturas das estruturas industriais são também materiais encontrados em favelas no que concerne a composição destes materiais, o que acarreta em semelhanças espectrais pontuais. Basicamente nas favelas estes materiais ocupam áreas menores por unidade habitacional e produzem um padrão espectral difuso em função da junção de outros materiais utilizados que caracterizam tais habitações. Não obstante, por vezes a sobreposição de construções nessas áreas produzem um efeito de grande área homogênea em alguns casos, o que pode caracterizar um objetos geográfico que se confunda com um padrão industrial, caso sua classificação seja apenas estatística. O, a priori, problema, na AOO é uma variável contextual importante, e foi nesse caso também para o entendimento da detecção da favela Nova Esperança.

A classe **Residencial Consolidado** foi caracterizado por valores de médio a baixo de saturação e intensidade, para detecção de telhas de cerâmica, além de seu padrão de forma retangular. Esta classe representa moradias com estrutura básica e consolidada, sendo detectada tanto em áreas de alto padrão, caso do Jardim Yolanda, como em conjunto habitacional de baixa renda, o CDHU Laguna e pontos isolados desses materiais no Nova Esperança. É importante salientar que esta classe representa um objeto que em si, sem utilização de dados auxiliares, não responde totalmente a questão, é o caso do CDHU-Laguna, onde a presença dessa classe, indicando estrutura consolidada é predominante, e fator fundamental para diferenciação de classes de baixo padrão e favelas, mas ainda assim, área é considerada um assentamento precário por possuir questões fundiárias pendentes. Nessa classe também há a presença da classe vegetação.

A Classe **Residencial Baixo Padrão** caracteriza-se também por padrões de brilho médio, contudo áreas menores e forma regular menos pronunciada. Contextualmente caracteriza-se também por ser entremeada por estruturas detectadas como precárias.

A Classe **Favela** caracteriza-se pela baixa resposta da média das bandas da ortofoto. É uma classe de difícil detecção, possuindo padrões e formas muito diversificados, seguindo caminhos abertos, clareiras, morros. Sua informalidade a coloca como adaptativa. De forma geral seus objetos tem áreas pequenas (barracos), estruturas precárias (na ortofoto aqui utilizada essa relação de contexto pôde ser estabelecida através da detecção da classe caminho não pavimentado), e é composta por uma diversidade de materiais, o que a define

muitas vezes como uma mistura heterogênea de classes diversas além da baixíssima presença de vegetação interna. Exemplos são mostrados n figura 43:

Figura 42: Exemplo de estrutura viária e cobertura em residências de baixo padrão

O objetivo principal deste trabalho constituiu-se na avaliação da AOO para detecção e mapeamento de favelas, resultados apresentados e avaliados a seguir.

5.1.1. O Processo de detecção e classificação de favelas via AOO

5.1.1.a. Vila Nova Esperança

O resultado da representação é apresentado a seguir na figura 44 (apresentado com a classe vegetação desligada para facilitação de visualização das classes habitacionais de interesse),:

Figura 43: Representação das classes de usos antrópicos detectadas

A avaliação da classificação acima permite concluir que no caso da Favela Nova Esperança o entendimento de seu limite se dá pela análise contextual da configuração interna extremamente heterogênea, com predominância das classes *Favela* e *Residencial de Baixo Padrão*. A composição interna associa-se a estrutura viária de acesso não pavimentada e presença de materiais diversos associados, oriundos de padrões encontrados nas classes *Residencial Consolidado* e *Indústria*, conforme figura 45 e a tabela 9 a seguir:

Figura 44: Distribuição interna das Classes – Vila Nova Esperança

Tabela 9: Distribuição interna das classes – Vila Nova Esperança

<i>Composição Interna (rule based)</i>		
<i>Classe</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>%</i>
Favela	10420	23,094483
Vegetação	4806	10,651832
Area Vazia	7242	16,050888
Residenc. Baixo Padrão	8949	19,834216
Residenc. Consolidado	1231	2,7283406
Industrial	4892	10,842439
Cam. Não Pav.	2341	5,1885015
Impermeável (Misto)	5238	11,6093
Total	45119	100

Observa-se que a maior concentração de classes internas são Residencial Baixo Padrão (19,83 %) e Favela (23,09 %), as quais correspondem a 42,93 % da área total abrangida por 8 classes diferentes. Por outro lado a Classe vegetação representa apenas 10,6 % da área total classificada, corroborando com a ontologia estabelecida sobre a composição estrutural de assentamentos precários marcados pela ocupação irregular.

Também observa-se uma concentração da classe *Favela* em áreas associadas a risco a deslizamento Médio e Alto, conforme figura 46:

Figura 45: correlação entre área de risco alto e classe favela

A figura 47 mostra a situação estrutural presente no Vila Nova Esperança e permite a associação com a variedade de classes mapeadas:

Figura 46: Padrões de ocupação – Vila Nova Esperança

5.1.1.b. CDHU – Parque Laguna

Essa área diferencia-se essencialmente da anterior por apresentar estrutura consolidada, caracterizando-se sua precariedade por questões exclusivamente fundiárias, sob o ponto de vista de intervenções urbanísticas. Assim, ela representa a aplicação do experimento visando avaliar sua viabilidade no processo de detecção e mapeamento desse tipo de situação.

Internamente o CDHU – Laguna caracteriza-se por áreas construídas bem definidas, representadas pelos prédios e áreas abertas de entorno, conforme figura 48 e a tabela 10 a seguir:

Figura 47: Distribuição interna das classes detectadas – CDHU – Laguna

Tabela 10: Distribuição interna das classes detectadas – CDHU – Laguna

<i>Composição Interna (rule based)</i>		
<i>Classe</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>%</i>
Resid. Consolidado	10234	38.08850348
Area Livre/Solo Exposto	7736	28.79154416
Area Industrial (Galpão)	1848	6.877814582
Vegetação	7051	26.24213778
Total	26869	100

Observa-se que a maior parte da área é ocupada pela classe *Residencial Consolidado* (38 %), e estruturalmente existe planejamento de acesso com grandes áreas livres (mesmo que impermeáveis) entre as construções (classe *Área Livre/Solo Exposto* – 28%). Pode-se observar na imagem uma excelente detecção dos prédios que formam o conjunto residencial, fruto da definição precisa de parâmetros espaciais de área e forma retangular associadas aos limites satisfatórios vindos do processo de segmentação.

5.1.1.c. Pós-processamento e refinamento da classificação

Sobre a cena toda e nas duas áreas teste dentro desta, foram aplicadas rotinas de refinamento através do software ArcGIS. Tais rotinas consistiram na detecção de omissões de classificação, objetos classificados em classes erradas e uso de dados ancilares e conhecimento de campo para inserção de informações adicionais no processo de classificação, bem como extração de informações advindas dos objetos então detectados e associação destas informações a base de dados de controle contendo os limites dos assentamentos precários do município de Taboão da Serra.

No caso da vegetação foi aplicada uma rotina personalizada para remoção de polígonos pequenos (*remove small polygons*), visando a eliminação dos *speckles* e omissões causadas pela variação pontual de espécies no dossel.

Para outros casos omissos definiu-se uma nova classe denominada *IMPERMEÁVEL/MISTA*, considerando apenas áreas impermeáveis não classificadas.

A seguir na figura 49 segue o exemplo do processo de refinamento aplicado sobre o trecho da cena correspondente e as figuras 50 e 51 para toda a área teste na cena:

Figura 48: processo de refinamento – CDHU – Laguna

Para toda a cena testada o processo foi concluído:

Figura 49: Classificação antes do processo de refinamento

Figura 50: Classificação após processamento do refinamento de vegetação

5.2. Avaliação da acurácia da classificação

A avaliação da classificação feita através da Análise Orientada a Objeto frente aos dados de controle permite concluir alguns pontos para a área teste em questão neste trabalho.

Não obstante, essa discussão deve ser dividida e avaliada em duas partes principais, propostas como meta de avaliação nos objetivos deste trabalho: a primeira parte refere-se a acurácia da classificação usando como base os dados de assentamentos precários mapeados pelo Núcleo de Geoprocessamento da Prefeitura Municipal de Taboão da Serra; A segunda refere-se a aplicabilidade dos dados gerados no próprio funcionamento e atividades de planejamento e análise do Núcleo de Geoprocessamento acima citado.

1) CDHU - Acurácia da classificação para os objetos propostos e interoperabilidade de informações geradas – favelas e assentamentos precários:

No caso do CDHU – Laguna, sua configuração estrutural bem definida marcam sua diferenciação sobre o caso do Vila Nova Esperança. Vale ressaltar que para este caso especificamente o conhecimento e uso de dados auxiliares, como informações sobre titularidade da terra e delimitação de áreas públicas, foram necessários e imprescindíveis para posterior agrupamento dos objetos. Estatisticamente os resultados da classificação para esta área são apresentados na tabela 11 a seguir:

Tabela 11: classificação CDHU – Laguna

<i>Acurácia de Detecção – CDHU - Laguna</i>			
<i>Método</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>%</i>	<i>Diferença (%)</i>
Visual (controle)	47210	100	0
Rule Based	26869	57	43

A diferença de 20.341m² atribuí-se às área omitidas, as quais visualmente verificam-se vazias, e no contexto são parte fundamental para o entendimento da estrutura da área

Quanto a possibilidade de inserção dos dados detectados via AOO no banco de dados de assentamentos precários do Núcleo de Geoprocessamento, a metodologia mostrou-se eficiente. Dados de estrutura interna dos assentamentos precários como quantidade de área edificada e quantidade de vegetação, puderam ser agregados aos polígonos de limite destas áreas, representando mais uma informação na análise e tomada de

decisão para ações nestas áreas. Vale salientar que tal possibilidade de extração de informações de estrutura interna das áreas é de grande validade visto que grande parte destas áreas precárias (assentamentos, favelas) são marcadas pela extrema informalidade, não respeitam limites ou situações projetadas em plantas de loteamento e fontes de informação sobre sua estrutura interna são escassas, quando existem são geradas para projetos de intervenção específico e não se constituem em geração de informações regulares com fins de gestão territorial ampla.

A seguir segue o exemplo da inserção de área construída e quantidade de vegetação interna associada ao banco de dados do CDHU – Parque Laguna a partir da classificação via AOO, apresentado na figura 52:

Figura 51: Associação dos dados detectados via AOO ao GeoDataBase de assentamentos

2) Vila Nova Esperança - Acurácia da classificação para os objetos propostos – o caso da precariedade urbanística:

O caso da Vila Nova Esperança caracteriza-se pela detecção de precariedade urbanística como principal abordagem para sua delimitação. É a representação clara da transposição ontológica geral sobre áreas de favelas, através de uma linguagem específica.

Estatisticamente, os resultados de detecção e classificação da área em questão são apresentados na tabela 12 a seguir:

Tabela 12: resultados da classificação – Vila Nova Esperança

<i>Acurácia de Detecção</i>			
<i>Método</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>%</i>	<i>Diferença (%)</i>
Visual (controle)	47627	100	0
Rule Based	45119	94.7	5.3

Observa-se uma diferença de 5,3% entre a área mapeada visualmente e a área extraída a partir da AOO, resultado considerado excelente. O resultado da classificação completa do uso do solo e detecção de favelas encontra-se na figura 53 a seguir:

Figura 52 - Classificação Final

5.3. Avaliação das vantagens e desvantagens dos softwares utilizados

O fluxo básico da AOO nos softwares é apresentado na figura 53 a seguir:

Figura 53 - Fluxo de trabalho do módulo ENVI Feature extraction - ENVI EX

Fonte: adaptado de ENVI *Users Guide*

Com relação aos softwares livres, como principais problemas podemos apontar a sua aplicabilidade ainda muito focada em trabalhos acadêmicos, em geral possuindo uma curva de aprendizado extensa e necessidade de conhecimentos em alguma linguagem de programação, não obstante, sua principal vantagem é a de possibilitar o acesso e transferência de conhecimento e trabalho gratuitamente, em uma área de trabalho e pesquisa onde o custo de acesso a softwares com tais funcionalidades é bastante alto.

Quanto aos softwares proprietários o principal problema constatado é seu alto custo de aquisição e treinamento, não obstante são os que apresentam hoje a maior possibilidade

de aplicação rotineira em análise orientada a objeto. Especificamente quanto ao eCognition, este apresenta uma gama de possibilidade de análises que o colocam tecnicamente a frente de seus pares, contudo, mesmo que com interface acessível, sua curva de aprendizado é extensa e bons resultados a partir de sua aplicação demandam um aprofundamento conceitual bastante amplo. Quanto ao ENVI *Feature Extraction*, este apresenta como ponto negativo sua limitação frente a outros softwares de mercado para análise orientada a objeto, como o eCognition por exemplo, visto que apresenta uma gama de algoritmos e de análise contextual reduzida, em relação a estes. Não obstante possui uma interface muito amigável, e um fluxo de trabalho no modulo *Feature Extraction* que se mostra bastante ágil. Por ter uma curva de aprendizado menor que a do eCognition, este possibilita um dispêndio maior de tempo na análise dos resultados dos experimentos, ponto positivo importante para o trabalho acadêmico aqui desenvolvido. De forma geral, os custos dos softwares proprietários é uma barreira para sua utilização em ensino e pesquisa nos cursos de Geografia no Brasil, visto que em geral tal área do conhecimento não é detentora de grandes volumes de recursos ou verbas advindas de parcerias público-privadas. Essas dificuldades acabam por limitar em parte o desenvolvimento de trabalhos acadêmicos na área de Geografia com utilização de análise orientada a objeto, contudo também aponta para o desenvolvimento, aperfeiçoamento e disseminação cada vez maior dos softwares livres com tais capacidades, podendo assim colaborar para a inserção dessas técnicas nas pesquisas na área de Geografia no Brasil.

5.4. Considerações finais e recomendações

Com base nos resultados obtidos para avaliação da eficácia de classificação, consideramos que para a área de estudo proposta e com o material utilizado durante os testes, a AOO mostrou-se mais eficiente na detecção e classificação de assentamentos com precariedade urbanística. Ponto importante a ser ressaltado foi a possibilidade de análise da estrutura interna das áreas que a AOO possibilitou.

Considerando a possibilidade de utilização destes dados para o processo de planejamento urbano, a metodologia se mostrou robusta, gerando dados de estrutura interna das áreas que puderam ser agregados ao banco de dados de assentamentos precários usado como mapa de controle.

As ortofotos utilizadas tinham suas bandas fusionadas, fato que limitou a exploração das características espectrais dos objetos envolvidos na análise, informações que

se agregadas e utilizadas tendem a aumentar a acurácia da detecção e classificação, uma vez que pode ajudar a delinear com maior eficiência a separação entre vegetação e áreas impermeáveis, inicialmente, e utilização dessas características para delineamento da composição de materiais se cobertura componentes de uma favela com mais precisão, extraídos dos objetos geográficos definidos. Tal restrição apontada delineou a construção das regras de pertinência utilizadas neste trabalho, tendo estas uma carga maior de atributos espaciais, texturais e de contexto.

Não obstante, mesmo nas imagens fusionadas utilizadas, as componentes brilho (*hue*) e saturação (*saturation*), apresentaram boa capacidade de discriminação dos objetos através de seus histogramas.

Outras fontes de dados também são indicadas como procedimentos futuros na continuidade deste trabalho, como a utilização de dados de *LiDAR*. Podemos, por exemplo, separar através do desvio padrão dos pontos e sua altitude, as áreas de vegetação, além disso, o modelo de superfície como dado ancilar associado aos objetos geográficos definidos tem em tese grande poder de discriminação da heterogeneidade interna de formas e padrões altimétricos das habitações em favelas, cuja detecção é objetivo principal deste trabalho.

A avaliação dos *softwares* utilizados e passíveis de utilização, já apresentada em alguns momentos no desenvolvimento do trabalho, apontam para uma tendência no crescimento da utilização dos *softwares* livres em pesquisa e ensino, frente ao alto custo de aquisição e treinamento. Contudo, as limitações impostas pelo processo de desenvolvimento destes *softwares*, colocam como alternativa mais próxima para criação de processos e rotinas que envolvam a utilização da AOO como ferramenta de geração de dados para gestão territorial o uso de *softwares* proprietários, em função de sua interface mais amigável e de sua concepção e projeto de desenvolvimento voltados, há um tempo maior, para demandas de mercado.

Quanto a questão fundamental aqui proposta, da possibilidade de utilização da AOO para detecção de favelas e uso do solo, consideramos que os resultados apontam que a técnica se mostrou eficiente, mas ainda restrita a uma cena específica, mesmo frente a resultados de artigos utilizados na revisão bibliográfica, onde o esquema metodológico utilizado se aproxima do aqui apresentado. Ponto de indicação futura é a utilização de dados de unidades de agregação da classificação, essencialmente blocos, que podem ser formados por quadras, lotes ou unidades administrativas que se queira adotar.

Este instrumento associado permite a geração de informações com maior agregação sem perda de confiabilidade e com produto mais eficaz aos fins de interpretação e planejamento. Contudo, a não utilização destes dados de bloco, como feito neste trabalho, apontam para o fato de que estes não são disponíveis em todos os casos e escalas de análise, e áreas com características distintas também devem ser tratadas a partir de uma metodologia que considere outras possibilidades, neste sentido.

A indicação principal que fazemos aqui é a da necessidade, a partir de todas as outras indicações já apresentadas aqui, é a de proposição futura de um conjunto de regras de pertinência para os objetos que possam se aplicadas e testadas em áreas geográficas maiores e sobre outros dados, ou seja, a definição de uma ontologia, traduzida em linguagem específica, que garanta a flexibilidade suficiente para adequação a áreas e dados diferentes. Sabemos, contudo, que essa preocupação não é exclusividade aqui e nem recente nos trabalhos que utilizam a AOO.

Considerando o objeto geográfico de interesse aqui, a favela, e os procedimentos possíveis para sua detecção e mapeamento, uma das questões essenciais a serem respondidas é: é possível uma definição de favela única, que atenda as regras para sua detecção e mapeamento em dados de sensoriamento remoto? A diversidade do objeto e do tema é ampla e ainda longa. O trabalho aqui apresentado espera, mesmo que timidamente, participar desta discussão.

6. Bibliografia

ALI, L. A.; HEGAZY, O.; NOUR ELDIEN, M.; **A framework for integration between Artificial Neural Network & Geographical Information System, Slum prediction as the case study**. International Journal of Electrical & Computer Sciences IJECS-IJENS Vol: 10 No: 01.

ALLAN, C., CLOITRE, M., **Characterizing the lacunarity of random and deterministic fractal sets**. Phys. Rev. A 44, 3552–3558, 1991

BARNSLEY, M. J; **Monitoring urban land use by Earth Observation**, Surveys in Geophysics, 21:269–289, 2000.

ALMEIDA, C, M.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A, M, V. (orgs.); **Geoinformação em urbanismo: cidade real X cidade virtual**. São Paulo, Oficina de textos, 2009, 368 p.

AMINIPOURI, M.; **Object Oriented Analysis of very high resolution ortophotos for estimating the populations of slum areas, case of Dar-Es-Salaam, Tanzania**. Thesis submitted to the international Institute for Geo-Information Science and Earth Observation

in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of science in Geo-information Science and Earth Observation for Environmental Modelling and management – ITC, 2009.

ANTUNES, A, F, B; STURM, U; **Segmentação orientada a objeto aplicado ao monitoramento de ocupações irregulares em áreas de proteção ambiental.** Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia – Brasil. 16 a 21 de Abril de 2005; p. 2010 – 2026.

BAATZ, M & SCHÄPE, A. **Mutiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multiscale image segmentation.** München. Disponível em www.definiens.com - acesso em 05/2011.

BERNARDES, T; FONSECA, L. M. G.; MOREIRA, M. A.; CAMARGO, F. F.; **Estruturação de redes semânticas na classificação orientada a objeto de imagens orbitais para mapeamento de áreas cafezeiras.** Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal – Brasil. 25 a 30 de Abril de 2009; p. 6789 -6796 – 2026.

BLASCHKE, T.; STROBL, J.; **What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS.** Interfacing Remote Sensing and GIS, 2004.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R.A. **Principles of geographical information systems.** Oxford, Oxford University Press, 1998.

BUZZELI, M.; JERRET, M.; FINKLESTEIN, N.; **Spatiotemporal Perspectives on Air pollution and Environmental Justice in Hamilton, Canada, 1985–1996.** Annals of the Association of American Geographers, 93(3), 2003, pp. 557–573.

CASTRO, F. A.; DOROTAN, A, K.; GUALBERTO, J.; RAMOS, J.; SILVESTRE, D.; **Understanding the spatial patterns in a slum community – A case study of Baseco, Manila, Philippines.** College of Architecture, University of the Philippines, Diliman Campus, Quezon City 1101, Philippines, 2008.

CORRÊA, R. L.; **O espaço urbano.** São Paulo: Ática, 1989. (Série Princípios)

DEÁK, C. **Rent theory and the price of urban land/ Spatial organization in a capitalist economy.** 289 p. 1985. Tese (Doutorado em Filosofia) – Cambridge University, Cambridge, 1985.

DEFINIENS.; **eCognition users guide.** Trimble Germany GmbH. 2010

DIGITALGLOBE. **QuickBird Imagery Products – Products Guide.** Desenvolvido por DigitalGlobe®. Estados Unidos da America, 2005-2009. Disponível em: <http://www.digitalglobe.com> Acesso em: 10 fev. 2010.

DVP BRASIL GEOMÁTICA E AMBIENTAL & PREFEITURA MUNICIPAL DE TABOÃO DA SERRA; **Plano Diretor de Geoprocessamento do Município de Taboão da Serra - PDGeo.** Relatório Preliminar, Fevereiro de 2010.

FILHO, M. B, KUFFER.; **Slums detection through lacunarity-based texture analysis of remote sensing images.** Faculty ESUDA, Brazil. Presentation at Expert Group on Slum

Identification Using Geo-Information Technology , 21 – 23 may 2008, Enschede, Netherlands. Disponível em:
<http://www.ciesin.columbia.edu/confluence/display/slummap/Global+Slum+Mapping>

FORESTI et al.; **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações no uso da terra**. São José dos Campos, Brasil, 1981.

FITZ, P, R.; **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo, Oficina de textos, 2008.

FOLKE, C., et al. **Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations**. International Council for Science, Paris, França 2002.

FUSP/PMTS; **Plano Municipal de Habitação de Interesse Social: produto 3**. Fundação da Universidade de São Paulo/Prefeitura Municipal de Taboão da Serra – contrato de cooperação técnica. 2011.

GOODCHILD, M. **Geographical information science. International Journal of Geographical Information Systems**, 6 (2): 35-45, 1992.

HACKENCROCH, K., GRUEBNER, O.; **Land use and land cover mapping in informal settlements – The case of Dakha, Bangladesh**. Presentation at Expert Group on Slum Identification Using Geo-Information Technology , 21 – 23 may 2008, Enschede, Netherlands. Disponível em:
<http://www.ciesin.columbia.edu/confluence/display/slummap/Global+Slum+Mapping>

HOFFMAN, P.; **Detecting informal settlements using methods of object based image analysis**. Presentation at Expert Group on Slum Identification Using Geo-Information Technology , 21 – 23 may 2008, Enschede, Netherlands. Disponível em:
<http://www.ciesin.columbia.edu/confluence/display/slummap/Global+Slum+Mapping>

HOFFMAN, P.; **Detecting Informal Settlements From IKONOS Image data using methods of object oriented analysis – an example from Cape Town (South Africa)**. Disponível em:
http://www.ecognition.com/sites/default/files/395_hoffman.pdf - acesso em 04/2011.

HOFFMAN, P.; **Detecting urban features from IKONOS data using an object-oriented approach** . RSPS2001 Proceedings Algorithms. Disponível em:
http://www.ecognition.com/sites/default/files/393_phoffman_1.pdf - acesso em 04/2011.

HOFFMAN, P., STROBL, J., BLASCHKE, KUX, H.; **Detecting informal settlement from QuickBird data in Rio de Janeiro using an object based approach**. Disponível em :
http://ispace.researchstudio.at/downloads/2006/165_Hofmann_et_al.pdf

HUANG, Z.; ZHAN, Q.; **Mapping of urban villages in China**. School of Urban Design – Wuhan University. Presentation at Expert Group on Slum Identification Using Geo-Information Technology , 21 – 23 may 2008, Enschede, Netherlands. Disponível em:
<http://www.ciesin.columbia.edu/confluence/display/slummap/Global+Slum+Mapping>

HUQUE, I.; **Urban Slum Mapping in Bangladesh**. Centre for Environmental and Geographic Information Services, Dhaka, Bangladesh. Presentation at Expert Group on Slum Identification Using Geo-Information Technology , 21 – 23 may 2008, Enschede, Netherlands. Disponível em:

<http://www.ciesin.columbia.edu/confluence/display/slummap/Global+Slum+Mapping>

JAIN, S.; **Approaches for extraction of slum area from high resolution satellite data, case study: Dehra Dun, India**. Human Settlement Analysis Division, Indian Institute for Remote Sensing – Dehradun, India. Presentation at Expert Group on Slum Identification Using Geo-Information Technology , 21 – 23 may 2008, Enschede, Netherlands. Disponível em:

<http://www.ciesin.columbia.edu/confluence/display/slummap/Global+Slum+Mapping>

JENSEN, J. R.; **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. University of South Carolina. Tradução da segunda edição Editora Parênteses – São José dos Campos, 2009.

JURGENS, C.; **A multiscale remote sensing strategy for slum detection and continuous slum monitoring**. Remote Sensing and Geomatic Group, Geography department. Presentation at Expert Group on Slum Identification Using Geo-Information Technology , 21 – 23 may 2008, Enschede, Netherlands. Disponível em:

<http://www.ciesin.columbia.edu/confluence/display/slummap/Global+Slum+Mapping>

JOSHI, P.; SEN, S.; HOBSON, J.; **Experience with surveying and mapping Pune and Sangli slums on a Geographical Information System (GIS)**. Environment&Urbanization Vol 14 No 2 October 2002

KEMPER, T.; PESARESI, M.; **Searching for robust & objective EO based indicators for slum characterization**. Joint Research Centre (JRC) – Italy. Presentation at Expert Group on Slum Identification Using Geo-Information Technology , 21 – 23 may 2008, Enschede, Netherlands. Disponível em:

<http://www.ciesin.columbia.edu/confluence/display/slummap/Global+Slum+Mapping>

KUFFER, M.; KERLE, N.; SLIUZAS, R.; **Measuring of spatial configuration of informal versus formal urban development using spatial metrics**. ITC – Department of Urban and Regional Planning and Geo-Information Management, Enschede, NL. Presentation at Expert Group on Slum Identification Using Geo-Information Technology , 21 – 23 may 2008, Enschede, Netherlands. Disponível em:

<http://www.ciesin.columbia.edu/confluence/display/slummap/Global+Slum+Mapping>

LEMMA, T.; **A Comparison of Methodologies for Monitoring Slum Conditions within Millennium Development Goals: The case study of Addis Ababa, Ethiopia** . Dissertação de mestrado: International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, Enschede, Holanda, 2005.

LEMINSKI, S.; ZAREMSKI, K.; **Examples of object-oriented classification performed on high resolution satellite images**. MISCELLANEA GEOGRAPHICA, 2004, Vol. 11.

LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 2a Edição, Nova York. John Wiley & Sons. 2000. 721p. Forestry, Lago Buena Vista, Florida, 2000.

MEDEIROS, A., GOLVEIA, M., **Relação entre baixo peso ao nascer e a poluição do ar no município de São Paulo**; Rev Saúde Pública 2005, 39 (6): 965 – 72.

MITCHELL, G.; DORLING, D; **An environmental justice analysis of British air quality**, Environment and Planning A, 2003, volume 35, pages 909-929.

MORATO, R. G.; KAWAKUBO, F. S.; PRESOTTO, A., LUCHIARI, A. **Avaliação da qualidade de vida urbana em Taboão da Serra/SP – Brasil**. In: Antônio Néelson Rodrigues da Silva; Léa Cristina Lucas de Souza; José Fernando Gomes Mendes. (Org.). Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável: desenvolvimentos recentes no Brasil e em Portugal. 1 ed. São Carlos: Ministério das Cidades, 2005, v. 1, p. 271-286.

MORATO, R. G; KAWAKUBO, S. F; LUCHIARI, A; **Geografia da desigualdade ambiental na subprefeitura de Campo Limpo Município de São Paulo/SP**; Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16 – 21 de abril de 2005, INPE, p. 2281 – 2288.

NADER, R. S. **O servidor de mapas da prefeitura de Taboão da Serra – SP: uma proposta de implantação**. 2008. 106 f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

NASCIMENTO, L. D. **O uso do geoprocessamento na regularização fundiária e urbanística: uma proposta de apoio à decisão aplicada ao município de Taboão da Serra – SP**. 181f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

NETZBAND, M., BANZHAF, E., HOFER, R. HANNEMAN, K.; **Identifying the poor in cities: how can remote sensing help to profile slums in fast growing cities and megacities? Using Geospatial Technology to identify vulnerable groups and their physical environment could enhance the search for equity in megacities**. IHDP update 1, 2009. Disponível em: <http://www.ihdp.unu.edu/file/get/7222>.

NOVACK, T.; **Classificação da cobertura da terra e do uso do solo urbano utilizando o sistema InterIMAGE e imagens do sensor Quick-Bird** - Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos : INPE, 2009.

PAHL, M.; **Arquitetura de um sistema baseado em conhecimento para a interpretação de dados de sensoriamento remoto de múltiplos sensores**. Dissertação de para obtenção do título de *Doktor-Ingenieur*. Tradução: Dr. Hermann Johann Heinrich Kux Prof. Dr. Raul Queiroz Feitosa* Revisão: M.Sc. Gilson Alexandre Ostwald Pedro da Costa autorizada pela área de Eletro-Técnica e Tecnologia de Informação da Universidade de Hannover em 2003. INPE, 2008.

PEDRASSOLI, J. C.; **Análise da desigualdade ambiental nos municípios do Médio Paranapanema: Diagnósticos e Subsídios ao Planejamento Sócio-Ambiental Urbano através da Integração entre o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informação Geográfica – ISRSIG**. Trabalho de conclusão de Curso – Unesp, Campus experimental de Ourinhos, 2009.

PEDRASSOLI, J. C; ZACHARIAS, A. A.; **Integração entre Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica (ISRSIG) para análise da desigualdade ambiental em Ourinhos/SP**. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal – Brasil. 25 a 30 de Abril de 2009; p. 6789 -771– 778

PEITER, P., TOBAR, C.; **Poluição do ar e condições de vida: uma análise geográfica de riscos a saúde em volta redonda, Rio de Janeiro, Brasil**; Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 14(3):473-485, jul-set, 1998.

PÉREZ MACHADO, R. P.; **Precarious settlements studies. Actual situation in São Paulo, Brazil**. University of São Paulo, Department of Geography. Presentation at Expert Group on Slum Identification Using Geo-Information Technology , 21 – 23 may 2008, Enschede, Netherlands. Disponível em:
<http://www.ciesin.columbia.edu/confluence/display/slummap/Global+Slum+Mapping>

SANTOS, M.; **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**; Edusp, 4º ed. 2006; São Paulo.

SANTOS, M.; **Metamorfoses do espaço habitado: fundamentos teórico metodológico da Geografia**. Hucitec, São Paulo, 1998.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M, L.; **Brasil: Território e sociedade no início do século XXI**. Editora RECORD, 1996.

SANTOS, M.; **Espaço e método**. Nobel, São Paulo, 1986.

SANTOS, M.; **Técnica, Espaço, Tempo: Globalização e meio técnico-científico-informacional**; 5º Ed. 2008 – Edusp, São Paulo.

SARTORI, G.; NEMBRINI, G.; STAUFFES, F.; **Monitoring of urban growth of informal settlements (IS) and population Estimation from aerial photography and satellite imaging**. Data Exchange Platform for the Horn of Africa (DEPHA), UNEP, Kenya, 2001.

SHERBINI, A., **Integration of poverty and remote sensing data**. Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC) CIESIN, The Earth Institute at Columbia University. Presentation at Expert Group on Slum Identification Using Geo-Information Technology , 21 – 23 may 2008, Enschede, Netherlands. Disponível em:
<http://www.ciesin.columbia.edu/confluence/display/slummap/Global+Slum+Mapping>

SLIUZAS, R., KUFFER, M.; **Analysing the spatial heterogeneity of poverty using Remote Sensing: Typology of poverty areas using selected RS based Indicators**. Carsten Jurgens (Ed.): Remote Sensing – New Challenges of High Resolution, Bochum 2008.

SLIUZAS, R.; **Diversity of global conditions – is a universal spatial definition of slums feasible?**. ITC – Department of Urban and Regional Planning and Geo-Information Management, Enschede. Presentation at Expert Group on Slum Identification Using Geo-Information Technology , 21 – 23 may 2008, Enschede, Netherlands. Disponível em: <http://www.ciesin.columbia.edu/confluence/display/slummap/Global+Slum+Mapping>

SLIUZAS, R.; MBOUP, G.; SHERBINI. (compiled by); **Report: Expert group meeting on slum identification and mapping**. Columbia University/UN-HABITAT/ITC, 2008. Disponível em: <http://www.ciesin.columbia.edu/confluence/display/slummap/Global+Slum+Mapping>

SMALL, C.; **Objectives, strategies and limitations of slum mapping & monitoring**. Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University – NYC/USA. Presentation at Expert Group on Slum Identification Using Geo-Information Technology , 21 – 23 may 2008, Enschede, Netherlands. Disponível em: <http://www.ciesin.columbia.edu/confluence/display/slummap/Global+Slum+Mapping>

SOUZA, I. M.; ALVES, C. D.; ALMEIDA, C. M.; Pinho, C. M. D.; **Caracterização socioeconômica do espaço residencial construído utilizando imagens de alta resolução espacial utilizando análise orientada a objeto**. INPE ePrint: sid.inpe.br/mtc-m17@80/2007/11.27.17.48 v1 2007-11-28

STEIN, A.; **Spatial statistics and their application in (urban) remote sensing**. ITC – Department of Urban and Regional Planning and Geo-Information Management, Enschede. Presentation at Expert Group on Slum Identification Using Geo-Information Technology , 21 – 23 may 2008, Enschede, Netherlands. Disponível em: <http://www.ciesin.columbia.edu/confluence/display/slummap/Global+Slum+Mapping>

STREBEL, G.; YOUNG, G.; **Air quality and environmental justice: an analysis of air pollution and wealth distribution**; Texas State University, San Marcos, 2005.

TURKSTRA, J.; RAITHELHUBER.; **Urban slum monitoring**. Disponível em:

<http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc04/docs/pap1667.pdf> (2009) acesso em 03/2011.

TURKSTRA, J.; **Slums from space?**. UN-HABITAT/Urban Planning Agency of Libya. Presentation at Expert Group on Slum Identification Using Geo-Information Technology , 21 – 23 may 2008, Enschede, Netherlands. Disponível em: <http://www.ciesin.columbia.edu/confluence/display/slummap/Global+Slum+Mapping>

WEBER, C.; **From slums detection to slum definition...Urban remote sensing: recent technological and methodological developments**. Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS – Strasbourg – France). Presentation at Expert Group on Slum Identification Using Geo-Information Technology , 21 – 23 may 2008, Enschede, Netherlands. Disponível em: <http://www.ciesin.columbia.edu/confluence/display/slummap/Global+Slum+Mapping>

UN-HABITAT; **Slums of the world: The face of urban poverty in the new millennium**. Global Report on Human Settlement , ONU, 2003.

Sites consultados:

<http://paginas.ucpel.tche.br/~vbastos/segmenta.htm#9>
acesso em fev/2011

<http://www.segmenta.cnpm.embrapa.br/>
acesso em fev/2011

<http://www.imageprocessingplace.com>
acesso em fev/2011

<http://geotecnologias.wordpress.com/2010/08/19/classificacao-orientada-a-objeto-consideracoes>
acesso em fev/2011

http://www.labgis.uerj.br/gis_atualizada/sensoriamento/colorida.html
acesso em fev/2011

7. Anexos

Anexo 1: Classificação do uso do solo e detecção de favelas

File Name: 2326-3_subset

Segment Scale Level: 29.0

Merge Level: 95.0

Refine: No Thresholding

Attributes Computed:

Spatial

Spectral

Texture

Color Space

Band 1

Band 2

Band 3

Band Ratio

Band 1

Band 2

Classification: Rule-Based

Rule Set:

#1 (1.000): If bandratio > 0.0010, then object belongs to "VEGETAÇÃO".

#2 (1.000): If minband_1 < 55.3529, then object belongs to "VEGETAÇÃO".

#3 (1.000): If elongation < 0.9934, then object belongs to "VEGETAÇÃO".

#4 (1.000): If elongation > 3.8258 AND area > 2167.2683, then object belongs to "VEGETAÇÃO".

#5 (1.000): If intensity [0.8138, 0.8206], then object belongs to "VEGETAÇÃO".

#6 (1.000): If saturation [0.0848, 0.1091] AND area < 71.2388, then object belongs to "VEGETAÇÃO".

#7 (1.000): If hue > 211.7654, then object belongs to "VEGETAÇÃO".

#8 (1.000): If rect_fit > 0.7638 AND area > 253.8186 AND tx_mean > 83.2133, then object belongs to "INDUSTRIA".

#9 (1.000): If rect_fit NOT [0.2592, 0.6008] AND elongation < 2.6700 AND length < 36.8831, then object belongs to "INDUSTRIA".

#10 (1.000): If intensity > 0.8887 AND area > 608.2718 AND elongation < 1.1569, then object belongs to "INDUSTRIA".

#11 (1.000): If bandratio NOT [-0.0721, -0.0219] AND area NOT > 354.5193 AND formfactor > 0.4794, then object belongs to "INDUSTRIA".

#12 (1.000): If area > 9888.2588 AND elongation < 2.6528, then object belongs to "SOLO EXPOSTO_AREA VAZIA".

#13 (1.000): If area > 7703.1807, then object belongs to "SOLO EXPOSTO_AREA VAZIA".

#14 (1.000): If hue [38.1531, 62.1504] AND length > 731.8010 AND elongation > 0.9929, then object belongs to "SOLO EXPOSTO_AREA VAZIA".

#15 (1.000): If area [6859.1167, 16275.5234], then object belongs to "SOLO EXPOSTO_AREA VAZIA".

#16 (1.000): If length [335.5237, 413.4565] AND area NOT [713.5546, 5583.6592], then object belongs to "SOLO EXPOSTO_AREA VAZIA".

#17 (1.000): If intensity > 0.9256 AND elongation > 2.9365 AND area [125.0977, 1871.2052], then object belongs to "CAMINHO NÃO PAVIMENTADO".

#18 (1.000): If intensity > 0.8887 AND area > 608.2718 AND rect_fit < 0.3858, then object belongs to "CAMINHO NÃO PAVIMENTADO".

#19 (1.000): If saturation [0.1682, 0.2144] AND area [206.1335, 473.8577], then object belongs to "RESIDENCIAL CONSOLIDADO".

#20 (1.000): If intensity > 0.8887 AND area [52.2006, 105.9130], then object belongs to "RESIDENCIAL CONSOLIDADO".

#21 (1.000): If saturation NOT < 0.1556 AND hue < 43.7995 AND area [243.4718, 369.1459] AND intensity NOT > 0.7541, then object belongs to "RESIDENCIAL CONSOLIDADO".

#22 (1.000): If bandratio < -0.0575 AND elongation < 2.7910 AND area < 331.9888, then object belongs to "RESIDENCIAL CONSOLIDADO".

#23 (1.000): If solidity NOT [0.4639, 0.5784] AND area [270.2977, 305.7813] AND elongation NOT [1.1806, 2.1785] AND formfactor < 0.1348, then object belongs to "RESIDENCIAL CONSOLIDADO".

#24 (1.000): If bandratio [-0.0721, -0.0219] AND area [1122.0066, 3700.1609] AND formfactor NOT > 0.4794 AND rect_fit < 0.6651 AND elongation [1.2843, 2.8762] AND hue < 41.0944, then object belongs to "FAVELA".

#25 (1.000): If formfactor [0.1179, 0.1617] AND maindir NOT [82.5582, 90.3529] AND area NOT [1611.1383, 10216.0625], then object belongs to "FAVELA".

#26 (1.000): If hue [39.6839, 52.3784] AND area < 876.5495 AND rect_fit < 0.4249, then object belongs to "RESIDENCIAL BAIXO PADRÃO".

Export Options:

Vector	Output	Directory:	C:\Documents	and
Settings\acer\Desktop\testes_ENVI_20110724\Emplasa_2007\Nova pasta\				
Output	Class	Image:	C:\Documents	and
Settings\acer\Desktop\testes_ENVI_20110724\Emplasa_2007\Nova pasta\teste_imagem				
Output	Rule	Image:	C:\Documents	and
Settings\acer\Desktop\testes_ENVI_20110724\Emplasa_2007\Nova pasta\teste_resultados				

Feature Info:

VEGETAÇÃO Type: Polygon
INDUSTRIA Type: Polygon
SOLO EXPOSTO_AREA VA Type: Polygon
CAMINHO NÃO PAVIMENT Type: Polygon
RESIDENCIAL CONSOLID Type: Polygon
FAVELA Type: Polygon

RESIDENCIAL BAIXO PA Type: Polygon					
Smoothing: Threshold of 1					
Feature Name	Feature Count	Total Area	Mean Area	Min Area	Max Area
VEGETAÇÃO	563	1207091.90	2144.04	1.08	963646.92
INDUSTRIA	1052	37268.82	35.43	0.72	1897.56
SOLO EXPOSTO_AREA10		236054.16	23605.42	707.94	87372.54
CAMINHO NÃO PAVIM8		4401.72	550.22	131.22	1858.50
RESIDENCIAL CONSO183		19172.34	104.77	1.80	1522.26
FAVELA	63	48346.38	767.40	45.90	3659.94
RESIDENCIAL BAIXO67		28516.14	425.61	4.68	3623.58

Anexo 2: *Rule Set* desenvolvido