



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

GABRIEL GUSTAVO BARROS DE SOUZA

**PROPOSTA DE ATUALIZAÇÃO DE CADASTRO URBANO A PARTIR
DE DETECÇÃO DE ALTERAÇÕES EM IMAGENS QUICK BIRD
TOMADAS EM DIFERENTES ÉPOCAS**

Presidente Prudente

2009

GABRIEL GUSTAVO BARROS DE SOUZA

**PROPOSTA DE ATUALIZAÇÃO DE CADASTRO URBANO A PARTIR
DE DETECÇÃO DE ALTERAÇÕES EM IMAGENS QUICK BIRD
TOMADAS EM DIFERENTES ÉPOCAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas da Universidade Estadual Paulista – Campus de Presidente Prudente, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Cartográficas.

Orientador: Prof. Dr. Amilton Amorim

**Presidente Prudente
2009**

TERMO DE APROVAÇÃO

GABRIEL GUSTAVO BARROS DE SOUZA

**PROPOSTA DE ATUALIZAÇÃO DE CADASTRO URBANO A PARTIR DE DETECÇÃO DE
ALTERAÇÕES EM IMAGENS QUICK BIRD TOMADAS EM DIFERENTES ÉPOCAS**

Comissão Examinadora

Dissertação para a obtenção do título de Mestre em Ciências Cartográficas

Presidente e Orientador_____

2º Examinador_____

3º Examinador_____

Presidente Prudente (SP), 19 de junho de 2009

Resultado:_____

DEDICATÓRIA

*A Deus, por ser presença constante e real em minha vida.
À minha família, pelos ensinamentos de amor,
verdade, honestidade, doação, partilha e
pela construção do meu caráter.*

AGRADECIMENTOS

São muitos os envolvidos neste trabalho. Há aqueles que me ajudaram na produção científica que é apresentada nesta dissertação e há aqueles que não deixaram traços que somarão diretamente no meu currículo, mas que foram indispensáveis em minha vida e fazem minha história acontecer. De modo especial, meu muito obrigado:

A Deus, por ser minha direção certa e o mapa que decido seguir todos os dias.

À minha família pelos ensinamentos, amor, cuidado, colo, coragem, honestidade, educação e por ser sempre o meu porto seguro.

Às pessoas de minha paróquia, pela vida compartilhada durante tantos anos... Entre as chegadas e partidas de nossas vidas a gente sempre se encontra... Vocês me ensinam que fé é decisão diária.

Ao professor e orientador Amilton Amorim, que sempre me incentiva a ir além do caminho previamente estabelecido e pela confiança, conselhos e cuidados que não ficam restritos em páginas de publicações, mas que eu levo pra minha vida.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, pela formação acadêmica e do meu caráter profissional, pelas cobranças que a princípio pareceram agressivas, mas de fundamental importância para minha segurança profissional.

Aos amigos da Pós-Graduação, pelos estudos, pesquisas, alegrias e risadas neste período. Todos tiveram essencial participação em minha vida. Tenho aprendido com vocês a cada dia.

Aos amigos do Grupo de Estudo em Cadastro. Quantas ajudas... De modo especial a Priscila e o Marcelo.

À CAPES, pelo auxílio financeiro através da bolsa de estudo.

EPÍGRAFE

*“A voz, o brilho deste temporal
A mãe pro filho,
Desse mar, o sal
Ser essencial, ser fundamental, saber...
A roda, o ciclo desse carrossel
Da espada, o corte
Da abelha, o mel
O azul do céu que virá amanhã...
Tudo, forma, função, espécie,
Natureza, fundamento
Dessa polia, a serventia
Dar alegria na canção
Tudo, forma, expressão, vontade,
Criatividade, sentimento
Desse falar, a poesia
Do meu navio, vela e timão
Ter em Deus a razão...”*

(Essencial)
Maninho, Rodrigo Grecco e André Costa

RESUMO

A atualização cadastral de área urbana é uma das questões mais importantes a ser considerada no planejamento municipal. Por esta área tratar de uma riqueza de detalhes acentuada, quando comparada as áreas rurais e de expansão urbana, torna-se difícil traçar uma metodologia de atualização de dados cadastrais que possa ser generalizada às áreas urbanas dos municípios. Isso não apenas em metodologia, mas para atender as necessidades e realidades que se deseja atualizar no Cadastro. Neste trabalho é apresentada uma proposta de atualização cadastral de área urbana a partir da utilização de imagens de satélite de alta resolução espacial (Quick Bird). São empregados, para isso, alguns métodos e técnicas nos processos de utilização das imagens adotadas. As imagens utilizadas abrangem a área teste, definida no município de Presidente Prudente. Para a detecção das alterações a serem atualizadas no banco de dados cadastrais foram utilizadas imagens pancromáticas e multiespectrais de épocas diferentes e empregaram-se técnicas de classificação de imagens para identificar e descrever visualmente os tipos de alvos alterados. De acordo com um limiar adotado, a partir das imagens e processos descritos, as alterações identificadas foram atualizadas no banco de dados cadastrais. As implicações para a sequência adotada são apresentadas e discutidas nos capítulos desta pesquisa.

Palavra-Chave: Atualização Cadastral, Detecção de alterações, Banco de dados Cadastrais, Classificação de Imagens.

ABSTRACT

The urban cadastre updating is one of the most important questions about urban planning. In this area there are many details when compared to the rural area and urban expansion area that hinders the introduction of a cadastral updating approach could be generalized to urban areas. The demand of public administration and the reality of the cities must be considered in all process including Cadastre. In this work there is presented a urban area cadastral updating approach with the use of high resolution imagery (Quick Bird satellite). The methods and techniques are employed in the processes of use of the adopted images. The used images are of the city of Presidente Prudente. Images of different times were used for the change detection to be updated in the cadastral database. Image Classifications were used to identify and to describe visually the changes. In accordance with an adopted threshold, from the images and described processes, the identified changes were updated in the cadastral database. The implications for the adopted sequence are presented and discussed in the chapters of this report.

Keywords: Cadastral updating, Change detection, Cadastral database, Image Classification.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema de um Sistema de Informação Territorial.....	19
Figura 2 – (a) Sensor <i>pushbroom</i> com GSD de 0,61 metros e (b) pares de imagens para estereoscopia.	26
Figura 3– Ilustração da configuração da órbita do satélite Quick Bird.	27
Figura 4 – Relação de dependência entre o tamanho do pixel e o ângulo de visada τ	29
Figura 5 – Esquema hierárquico entre dos elementos fotointerpretativos no processo de interpretação.	31
Figura 6 – Esquema ilustrado de registro de uma imagem.....	33
Figura 7 – Diagrama ilustrativo do processo da imagem Quick Bird fusionada (<i>Gram-Schmidt</i>).....	36
Figura 8 – Exemplo de estrutura de uma Rede Neural.....	38
Figura 9 – Área teste, Quick Bird 2006.....	41
Figura 10 – Área teste, Quick Bird 2007.....	42
Figura 11 – Fluxograma das etapas da metodologia.	45
Figura 12 – Distribuição dos pontos de controle para as bandas multiespectrais de 2006.....	49
Figura 13 – Distribuição dos pontos de controle para a banda pancromática de 2006.	49
Figura 14 – Distribuição dos pontos de controle para as bandas multiespectrais de 2007.....	50
Figura 15 – Distribuição dos pontos de controle para a banda pancromática de 2007.	50
Figura 16 – Composição colorida R(3)G(2)B(1) de 2006.....	51
Figura 17 – Fusão <i>Gram-Schmidt</i>	52
Figura 18 – Comparação visual entre a composição colorida R(3)G(2)B(1) de 2006 e a técnica de fusão <i>Gram-Schmidt</i>	54
Figura 19 – Esquema de classificação utilizada no experimento.	56
Figura 20 – Classificação por Redes Neurais Artificiais da imagem fusionada de 2006.....	57
Figura 21 – Classificação por Redes Neurais Artificiais da imagem fusionada de 2007.....	58
Figura 22 – Resultado da fusão das imagens pancromáticas de 2006 e 2007 geradas no SAM.	64
Figura 23 – Vetorização das novas feições detectadas.....	65
Figura 24 – Classe Telha Barro retratada dos anos de 2006 e 2007.....	66
Figura 25 – Resultado da subtração da classe Telha de Barro de 2006 e 2007.....	66

Figura 26 – Resultado da subtração da classe Telha de Barro de 2006 e 2007 em destaque para algumas feições.	67
Figura 27 – Imagem com as classes para a atualização cadastral.	69
Figura 28 – Imagem pancromática de 2006, sobreposta pelas classes para a atualização cadastral.....	70
Figura 29 – Vetorização das feições identificadas no SAM e classes para a atualização cadastral.....	71
Figura 30 – Seleção de quadra para a atualização do banco de dados cadastrais.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Custos de alguns equipamentos utilizados na atualização cadastral.	16
Tabela 2: Especificações do Satélite Quick Bird.....	27
Tabela 3: Especificações técnicas das imagens Quick Bird.	43
Tabela 4: Erro dos pontos de controle.	51
Tabela 5: Desvio padrão e EMQ da imagem fusionada <i>Gram-Schmidt</i> a partir da imagem QuickBird de 2006.	53
Tabela 6: Desvio padrão e EMQ da imagem fusionada <i>Gram-Schmidt</i> a partir da imagem QuickBird de 2007.	53
Tabela 7: Indicadores de acurácia das classes mapeadas de 2006.	62
Tabela 8: Indicadores de acurácia das classes mapeadas de 2007.	62
Tabela 9: Estrutura do banco de dados cadastrais para identificação de lotes.	73
Tabela 10: Estrutura do banco de dados cadastrais para identificação de lotes da área selecionada.....	73

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Considerações Iniciais	14
1.2 Objetivo	15
1.2.1 Objetivo Geral	15
1.2.2 Objetivos Específicos	15
1.3 Justificativa.....	16
1.4 Estrutura do Trabalho	17
 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1 Sistema de Informação Territorial e Sistema Cadastral	18
2.1.1 A atual situação do Cadastro no Brasil.....	21
2.1.2 Atualização cadastral.....	22
2.2 Sensoriamento Remoto.....	24
2.2.1 Satélite Quick Bird	25
2.2.2 Imagens Quick Bird.....	28
2.3 Interpretação de Imagens.....	30
2.4 Pré-processamentos das imagens	32
2.4.1 Registro.....	32
2.4.2 Fusão de imagens	34
2.4.2.1 Fusão Gram-Schmidt.....	35
2.5 Classificação de Imagens.....	36
2.5.1 Redes Neurais Artificiais.....	37
2.6 Detecção de alterações entre imagens de épocas diferentes.....	38
2.7 Banco de Dados	39
 3 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	41
 4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	43
4.1 Materiais e Equipamentos	43
4.2 Etapas do Desenvolvimento	44

5 PRÉ-PROCESSAMENTO	48
5.1 Registro das imagens Quick Bird	48
5.2 Fusão das imagens	51
5.2.1 Análise da Acurácia Posicional da Imagem Fusionada.....	52
6 CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS	55
6.1 Classificação supervisionada das imagens-fusão	55
6.2 Análise da acurácia temática da classificação supervisionada da imagem fusionada.....	59
7 DETECÇÃO DE ALTERAÇÕES	64
8 CONSULTA AO BANCO DE DADOS	72
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS RECOMENDAÇÕES	75
9.1 Considerações Finais	75
9.2 Recomendações	77
REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

A atualização de informações é uma constante busca para várias áreas do conhecimento. Esta permite que muitos centros de armazenagem de tais informações as disponibilizem condizentes com a realidade, de modo que usuários e sistemas possam ser beneficiados.

Devido aos avanços tecnológicos na área da informática e disseminação de dados espaciais é crescente a busca de informações sobre localização, coordenadas geográficas, entre outras, que atendam a vários tipos de usuários. Estes podem possuir vasto conhecimento sobre os processos inseridos nos mecanismos que disponibilizam as informações ou, ainda, serem usuários que desejam apenas conhecer uma rota, um itinerário.

No simples exemplo citado há conceitos de mapeamento e, assim, está implícito o cunho cartográfico associado à fonte de informação. A Cartografia, por tratar da disseminação e estudos para fins de mapeamentos, entre outras particularidades, abrange o Cadastro que é o tema principal deste trabalho.

O Cadastro descreve, num município, a situação física e jurídica dos imóveis. O exercício do Cadastro implica, então, no conhecimento de dados e informações cartográficos já que, na maioria das vezes, o que se deseja é obter a geo-informação.

A importância de se manter os dados cadastrais atualizados é, além de dispor coerência dos dados à realidade, dar suporte à tomada de decisões no planejamento municipal. Isto permite que secretarias municipais, população e órgãos sejam beneficiados e, ainda, que haja justiça fiscal.

Como fonte de dados cartográficos que podem ser utilizados na atualização cadastral pode-se citar cartas em papel, fotografias aéreas, mapas digitais, Sistema de Informação Geográfica (SIG), imagens de satélites, entre outras.

Para que as informações cadastrais sejam atualizadas é necessária a detecção de alterações ocorridas num espaço de tempo, seja de dados físicos ou de atributos. Essa detecção ocorre, para o Cadastro, a partir da fonte de dados cartográficos que se está analisando, quando a atualização diz respeito à dados de atributos.

As experiências anteriores a este trabalho desde a época de iniciação científica, na universidade, são relacionadas à atualização cadastral a partir de detecção de alterações, utilizando algumas fontes de dados distintas.

Essa experiência iniciou-se durante o ano de 2005 com a utilização de imagens de satélite de alta resolução espacial para a atualização cadastral. O objetivo da pesquisa era implementar funções no Sistema de Atualização de Mapeamento (SAM), desenvolvido por Amorim (2000), que utilizava apenas fotografias aéreas.

No ano de 2006, com o SAM já alterado, foi possibilitada a associação de fotografias aéreas e imagens de satélite de alta resolução espacial no processo de detecção de alterações para o Cadastro. Deu-se início, assim, a mais um projeto de pesquisa e, portanto, a mais um trabalho de iniciação científica.

A partir das pesquisas mencionadas anteriormente, a idéia principal deste trabalho é reunir alguns conceitos metodológicos e ferramentas que, além de permitirem a detecção de alterações para o Cadastro de área urbana, possam identificar que tipo de alvo sofreu mudança.

Uma forma de identificar alterações na área urbana a partir das imagens de satélite é através de técnicas de classificação de imagens e posteriores análises que permitam a associação das novas informações obtidas ao banco de dados cadastrais, alterando o atributo do imóvel, quando detectada a alteração.

Para que as etapas pertinentes a este trabalho fossem concluídas foram traçados alguns objetivos e pontos essenciais que estão reunidos seqüencialmente neste documento.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo Geral

Propor um método de atualização cadastral de áreas urbanas a partir da detecção de alterações em imagens de satélite Quick Bird tomadas em diferentes épocas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Detectar alterações de imóveis na área urbana entre imagens de épocas diferentes;
- Realizar a classificação das imagens para identificar os tipos de alvos que sofreram alteração;
- Contribuir com um método auxiliar para a atualização cadastral a partir de ferramentas existentes;
- Atualizar dados de atributos do banco de dados cadastrais simulado para área teste.

1.3 Justificativa

Os métodos utilizados pelas prefeituras brasileiras para a atualização cadastral podem variar devido aos interesses das municipalidades. Muitas vezes o que se observa é um novo cadastramento do município ao invés de apenas atualizar um banco de dados já existente.

Visando manter os dados cadastrais de um município registrados, as prefeituras acabam variando sua forma de executar atualizações e armazenamento de informações. Porém, essa diferenciação das formas de atualização cadastral reflete não apenas em avaliar qual o melhor método em relação à rapidez e custos, mas sim qual o objetivo ou objetivos a serem atendidos após o processo estabelecido.

Uma forma de manter os dados cadastrais condizentes à realidade é depois de estabelecido um método de implantação de Cadastro, apenas atualizá-lo e não iniciar um novo processo de cadastramento.

Beppler (2007) apresenta uma tabela que compara economicamente alguns equipamentos utilizados em métodos de atualização cadastral, na maioria das vezes.

Tabela 1: Custos de alguns equipamentos utilizados na atualização cadastral.

Equipamento	GPS GX 1220	Imagem Quick Bird	Vôo Fotogramétrico
Custos	locação/mês: R\$8.000,00	R\$85,00 Km ²	R\$1.000,00 Km ²
	venda: R\$120.000,00		

FONTE: Manfra, Senografia e Aerosat respectivamente (em Beppler, 2007).

A Tabela 1 indica alguns equipamentos que podem ser utilizados no processo de atualização cadastral. Deve ser ressaltado que apenas as imagens de satélite e as fotografias aéreas são compatíveis entre si, embora, para o processo de atualização cadastral, estas duas fontes de informações possam ser associadas à utilização de receptores GPS no estabelecimento da Rede de Referência Cadastral e de acordo com as necessidades e interesses da prefeitura municipal.

Com este trabalho pretende-se contribuir com a melhoria de processos para a atualização cadastral de área urbana com a utilização de imagens de satélite de alta resolução espacial. A partir da detecção da alteração ocorrida em um espaço de tempo pode-se ir a campo para registrar apenas as alterações.

Para este processo de detecção este trabalho utiliza o espaço de cores e, portanto, a utilização de imagens multiespectrais. Experiências anteriores permitiram observar que trabalhos com imagens pancromáticas oferecem uma precisão geométrica mais elevada, mas nem sempre permitem a descrição visual do tipo de alvo que sofreu alteração, ou seja, que tipo de cobertura foi identificado. Neste aspecto é que se emprega técnicas de classificação de imagens por Redes Neurais Artificiais como auxílio no processo de identificação de alterações para a atualização cadastral, como é descrito nesta pesquisa.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em nove capítulos, sendo o primeiro a apresentação da introdução, contendo as considerações que contextualizam a pesquisa, bem como os objetivos traçados e as justificativas.

O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica de apoio ao trabalho, referenciada ao Cadastro que é objeto principal deste estudo. Além disso, são apresentadas as fundamentações para a utilização de imagens de satélite de alta resolução espacial e técnicas para o emprego dessas imagens nos processos aqui compreendidos.

O capítulo terceiro se refere a área de estudo definida.

No capítulo quarto são relatados os materiais e métodos, bem como as etapas inseridas em seu escopo para este trabalho.

Os capítulos quinto, sexto e sétimo descrevem os processos práticos e análises que caracterizam esta pesquisa considerando os objetivos traçados. Os processos são: pré-processamento (preparo das imagens), classificação de imagens e detecção de alterações.

A execução final para a aplicabilidade deste estudo é apresentada no oitavo capítulo através da consulta ao banco de dados cadastrais.

As considerações finais desta pesquisa e recomendações são descritas no capítulo nove.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os fundamentos que fornecem suporte teórico e conceitual de técnicas e processos compreendidos neste trabalho.

2.1 Sistema de Informação Territorial e Sistema Cadastral

O exercício do Cadastro pode ser verificado desde a Antiguidade. Isso é observado através de registros arqueológicos em rochas, papiros e outros materiais, juntos aos povos da Mesopotâmia. No processo de evolução do Cadastro, os dados foram armazenados em fichas e catálogos em papel nas prefeituras e, dispondo dos avanços tecnológicos, a armazenagem dos dados se dá de modo digital permitindo que, além de armazená-los, estes possam ser manipulados e visualizados mais rapidamente.

A partir, então, da evolução de equipamentos de medição e armazenamento dos dados espaciais associados aos computadores, munidos de *hardwares* e *softwares* apropriados, é possível a implantação de sistemas de informação que propiciem tomadas de decisões ao planejamento e administração municipal.

Um dos sistemas a ser mencionado é o Sistema de Informação Territorial (SIT). Larsson (1991) relata que a definição mais conhecida desse sistema, adotada e recomendada pela Federação Internacional de Geômetras (Fédération Internationale des Géomètres - FIG) considera o SIT como uma ferramenta para auxiliar o planejamento e tomada de decisão administrativa, econômica e legal. O Sistema é constituído de base de dados, contendo informações espaciais, referentes a uma área definida, associada a procedimentos e técnicas para a coleta sistemática de dados, atualizações, processamento e distribuição de dados, sendo que, tanto a base quanto os dados devem estar no mesmo sistema de referência para facilitar a comunicação com outros dados relativos. O esquema de Sistema de Informação Territorial é apresentado na Figura 1.

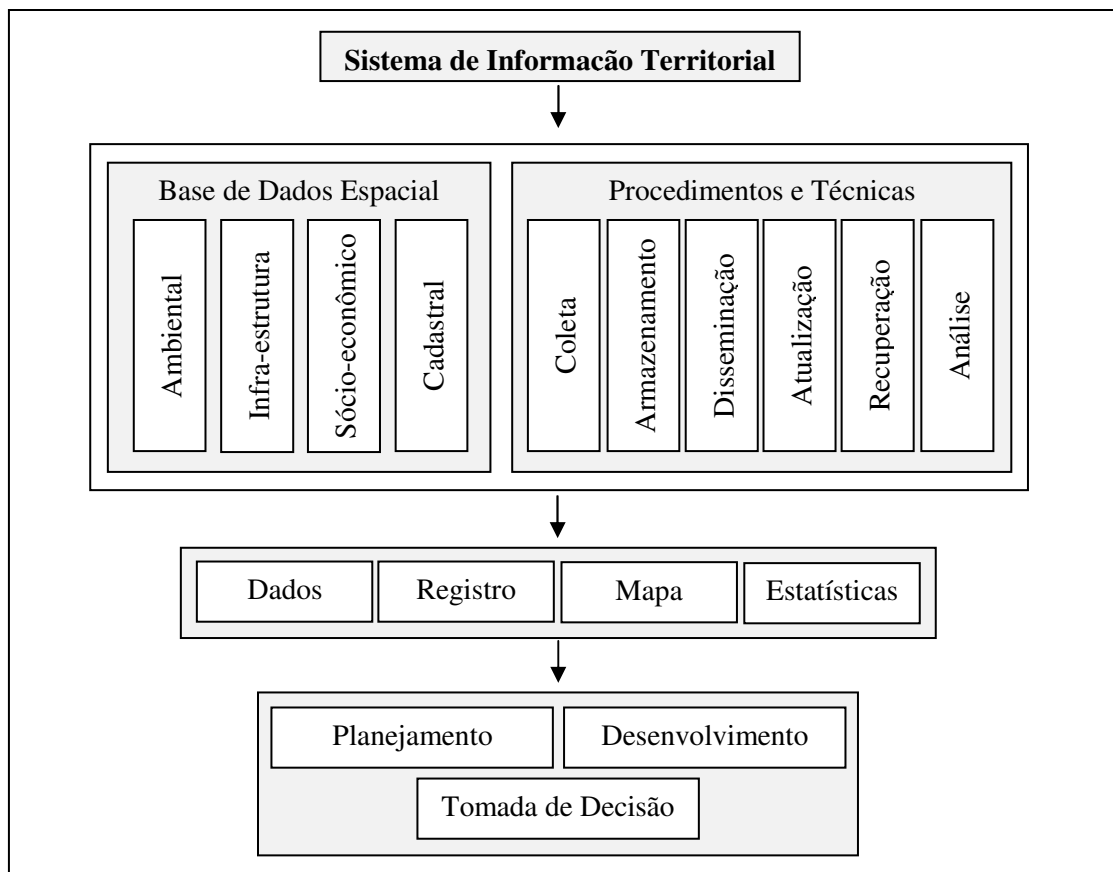


Figura 1 – Esquema de um Sistema de Informação Territorial.
FONTE: Adaptado de Larsson (1991).

Um Sistema de Informação Territorial pode ser definido para um fim específico e, para isso, deve ser planejado. Um exemplo é o Sistema de Informações Cadastrais ou Cadastro.

Carneiro (2003) descreve que um Sistema Cadastral completo e eficiente permite a interligação entre informações cadastrais e registrais, ou seja, a inscrição e descrição de cada parcela territorial no registro são realizadas com base em um levantamento oficial da realidade física do território. Este modelo é adotado em alguns países, como Alemanha e Suíça, e estão sendo adaptados em outros países como França, Portugal e Itália que adotaram um sistema em vias de interligação. Neste modelo a integração das informações físicas, jurídicas e tributárias ocorre diretamente no cadastro físico dos municípios.

Segundo Henssen (2005) o Cadastro é um inventário público metodicamente organizado, que se baseia nos dados referentes à propriedade imóvel de um município ou distrito, constando dos limites de propriedades e dados do proprietário. Estas descrições devem ser obtidas de maneira precisa para que, conjuntamente com o registro, possam transmitir informações corretas de cada propriedade com relação à natureza, tamanho,

restrições e direitos legais associados com a parcela. Isso permite fornecer dados suficientes para a definição da localização e valor relativos aos imóveis de maneira confiável, precisa e justa.

Inicialmente o Cadastro e o registro da parcela foram estabelecidos para dois propósitos principais: o primeiro refere-se ao registro fiscal para atender o setor público, servindo como base para cobranças de impostos; o segundo é dito registro legal que trata da legalidade da propriedade e direitos referentes à parcela (LARSSON, 1991).

É possível verificar, de acordo com Silva e Stubkjaer (2002), que existem variadas formas de conceituar o Cadastro ao redor do mundo, sendo que, algumas até contraditórias em relação às outras. Souza (2007) descreve que há uma proposta da Federação Internacional de Geômetras (FIG), para que ocorra uma compatibilização e padronização da terminologia de Cadastro e subáreas, a fim de que se tenham artigos, *workshops*, livros e documentos utilizando a mesma terminologia. A proposta foi nomeada Cadastro 2014.

Os princípios do Cadastro 2014 apresentados em Henssen (2005) e em Kaufmann e Steudler (1998) têm como base seis declarações que, resumidamente, têm o seguinte conteúdo:

- futuramente, o Cadastro mostrará a situação legal completa do território (incluindo o direito público e as restrições);
- acabará a separação entre os registros gráficos (cartografia) e os alfanuméricos (atributos);
- a modelagem cartográfica substituirá a cartografia tradicional;
- todo o sistema de informação será digital;
- haverá uma grande participação do setor privado no Cadastro (privatização parcial ou total); e
- dados serão vendidos a usuários e será possível a realização de novos investimentos, procurando-se a melhora do sistema e, ou, a atualização.

Muitos países encontram-se distanciados da realidade que é proposta pelos princípios do Cadastro 2014. Contudo, antes de imaginar como adaptar ou mesmo melhorar um Sistema Cadastral num país e, mais especificamente, em um município, deve-se conhecer

a realidade da situação em que se encontra o exercício do Cadastro neste país e municípios pertencentes a ele.

2.1.1 A atual situação do Cadastro no Brasil

A maioria das cidades brasileiras possui um Sistema Cadastral cujas informações componentes servem, quase que exclusivamente, para a tributação e mercado de imóveis. Além disso, nota-se que essas informações não são atualizadas sistematicamente, fato este que causa prejuízos à arrecadação municipal e à justiça fiscal. (AMORIM; SOUZA; DALAQUA, 2004)

No Brasil não existe um modelo padronizado de Cadastro a ser seguido na área urbana. Devido a este fato, o que se observa é a diferenciação que ocorre nos municípios brasileiros no exercício do Cadastro. O princípio dessa diferenciação se dá ao atendimento de interesses particulares de cada município, bem como as finalidades necessitadas, considerando características distintas do modelo adotado em cada caso.

Embora, como relatado, não exista um modelo padronizado de Cadastro no Brasil para a área urbana e, tampouco, normas ou leis estabelecidas a respeito da precisão a ser alcançada nos levantamentos de vértices limítrofes de imóveis urbanos para o registro, existem as Normas de Rede de Referência Cadastral Municipal (NBR 14166 – Agosto de 1998) e as Normas Brasileiras de Levantamento Topográfico (NBR 13133 – Maio de 1994) que podem ser utilizadas para os imóveis urbanos, contribuindo para uma direção a ser adotada no processo dos levantamentos.

Entretanto, não é apenas a diferenciação do exercício do cadastro que pode ser observado entre as prefeituras municipais. De modo geral, alguns problemas podem ser verificados nas prefeituras, assim como Antunes (2007) menciona: falta de recursos humanos nas prefeituras (Cartógrafos, Geógrafos, Arquitetos) que possam gerenciar as informações; plantas cadastrais desatualizadas; imprecisão da posição física dos imóveis ou incerteza dos limites que os configuram; falta de integração entre o registro e o cadastro físico e falta de investimento para o levantamento e atualização cadastral.

Ainda hoje o Cadastro realizado na maioria dos municípios busca o aumento da arrecadação fiscal. Um reflexo disto é a evolução dos métodos de geração de plantas de valores genéricos, que atualmente utilizam técnicas de avaliação baseados em detalhes construtivos, de infra-estrutura, de localização, forma e dimensões dos terrenos, além de uma análise espacial da propriedade e da região no seu entorno. Estas informações contribuem para a construção de uma base cadastral mais completa. (Beppler, 2007)

Vê-se, claramente, a necessidade do desenvolvimento de técnicas que efetuem de modo ágil o processo de cadastramento das propriedades urbanas. Mas, não apenas técnicas para a implantação do Cadastro em municípios deficitários desse sistema, como também a atualização do mesmo, pois esta possibilita a obtenção de novas informações ao município a partir dos dados coletados.

2.1.2 Atualização cadastral

A importância de se ter informações atualizadas é interesse da maioria das áreas da ciência. Especificamente para o Cadastro há relevância em manter os dados atualizados constantemente, embora seja difícil acompanhar o dinamismo das mudanças que ocorrem em um curto espaço de tempo.

Cohen (2000) afirma ser sabido que o mapeamento é ferramenta fundamental no processo de tomada de decisões na administração pública, porém a sua existência é muito escassa. De acordo com IDB (International Database) 72% das municipalidades da América Latina não possuem mapas de sua jurisdição em papel nem em meio digital.

Para a área urbana o problema encontrado na atualização dos dados é ainda mais expressivo por se tratar de um ambiente onde há mudanças a todo o momento, como novas construções, novos loteamentos, canalização de cursos d'água, entre outros. Todas essas alterações devem estar contidas nas cartas cadastrais.

Com as cartas cadastrais, muitos setores que compõem a administração municipal, podem ter acesso a informações e tomar decisões apoiadas nos dados identificados. Existente, por este motivo, é a necessidade de se ter dados atualizados constantemente para que seja possível trabalhar com as informações condizentes com a realidade.

Segundo Carneiro e Loch (2000), as informações contidas nos mapeamentos dos municípios brasileiros são deficientes em muitos aspectos como falta de atualização, falta de controle geodésico e inexistência da rede de referência cadastral municipal.

A convergência de informações é fundamental para alimentar a sistemática de atualização contínua das bases cartográficas e dos cadastros, e deve ser o objetivo do órgão gestor do sistema cartográfico: sua primeira função é articular todos os segmentos da administração pública, a fim de evitar que as informações fiquem retidas nos arquivos. Em segundo lugar, a preocupação é sistematizar, atualizar e dar retorno aos usuários. (Gonçalves, 2006)

Em Gonçalves (2006) é apresentada uma proposta de avaliações técnicas das necessidades dos municípios para a atualização cadastral urbana. São três os pontos principais a serem considerados: infra-estrutura, capacidade tecnológica e recursos humanos.

No que concerne a disponibilidade de infra-estrutura, as secretarias do município e o setor de Cadastro precisam ser considerados com relação ao acesso e atendimento público. Ao analisar a capacidade tecnológica, os *hardwares* e *softwares* devem ser compatíveis no processamento e armazenamento de dados cartográficos e alfanuméricos, que irão alimentar os Sistemas de Informações Territoriais.

Em se tratando da qualidade dos recursos humanos que é disponibilizada, deve ser observado o grau de capacitação profissional e o número de profissionais envolvidos no Cadastro. Com esta determinação, posteriormente, é possível verificar a necessidade ou não de capacitação para a conclusão do processo. Na realidade dos municípios brasileiros, a capacitação de profissionais no processo de cadastramento ou atualização cadastral na maioria das vezes é necessária.

Existem formas diferenciadas para a atualização de dados cartográficos destinados ao Cadastro. Os métodos de atualização, basicamente, são classificados através do tipo de coleta dos dados e, de acordo com Souza (2001), são nomeados de métodos diretos e métodos indiretos.

Nos métodos diretos são utilizados equipamentos que coletam dados em campo. A coleta se dá a partir de técnicas topográficas e geodésicas que usam trenas, balizas, níveis, teodolitos, prismas, estação total e receptores GPS.

Contrário aos métodos diretos, nos métodos indiretos a coleta de dados se dá sem que haja o contato direto com os alvos de interesse. Para isso são utilizadas técnicas fotogramétricas e de Sensoriamento Remoto, a partir de fotografias aéreas e imagens de satélite.

Utilizando-se da Fotogrametria, segundo Amorim (2000), várias pesquisas têm sido realizadas na Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT, da UNESP de Presidente Prudente – SP, pelo grupo de pesquisa em Fotogrametria, produzindo vários programas que resolvem casos particulares de cada pesquisa realizada.

Com o intuito de facilitar e inovar as metodologias e integrar vários aplicativos objetivando a atualização cartográfica foi desenvolvido o programa SAM, que consiste em um Sistema de Atualização de Mapeamentos, baseado em modelos estereoscópicos híbridos. O SAM foi desenvolvido na linguagem C++ e no ambiente Borland Builder, pelas facilidades que este proporciona na área de computação de imagens.

A premissa básica do SAM é a utilização de um modelo estereoscópico híbrido formado por duas fotografias aéreas e, a partir do ano de 2005, também foi incorporada a utilização de imagens de satélite pancromáticas de alta resolução espacial. As imagens, portanto, devem ser da mesma área, tomadas em épocas diferentes, permitindo a identificação das novas feições, feições com alterações e das feições que deixaram de existir.

O que é possível salientar é que, de acordo com Pinho e Kux (2004), com o lançamento de satélites com sensores de alta resolução espacial, houve uma grande inovação para o Sensoriamento Remoto do espaço intra-urbano. Apesar de poder contar com alta resolução espacial das fotografias aéreas métricas não havia ainda um tipo de dado que reunisse alta resolução espacial (em torno de 1 metro) e radiométrica (11 bits, com os novos sensores).

Para a utilização das imagens de satélite de alta resolução espacial nos processos de atualização cadastral faz-se adequado um breve estudo sobre alguns aspectos e técnicas utilizadas do Sensoriamento Remoto, que é apresentado nos tópicos 2.2, 2.3 e 2.4.

2.2 Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto é definido por Novo (1992) como:

Utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra e de suas diversas manifestações. (Novo, 1992)

Para Lillesand, Kiefer e Chipman (2004) Sensoriamento Remoto é a ciência e arte de obter informação sobre um objeto, área ou fenômeno pela análise de dados adquiridas por um dispositivo que não esteja em contato com o objeto, área ou fenômeno investigado.

Nas duas definições apresentadas anteriormente se observa a presença de sensores e dispositivos capazes de obter e processar dados dos objetos da superfície terrestre, sem que haja contato direto com os mesmos. Constatando essas definições e o avanço tecnológico, é possível identificar os vários sensores fabricados e melhorados ao longo do tempo. Tais sensores se caracterizam distintamente por suas resoluções que são: espacial, temporal, radiométrica e espectral.

Apesar de haver grande variação entre os mecanismos dos sensores remotos, que os caracteriza diferentemente, a maioria obtém informação dos alvos a partir da interação da matéria com o espectro eletromagnético.

As informações, então, que provém dos alvos são registradas pelos sensores em diferentes bandas do espectro eletromagnético (ultravioleta, espectro visível, infravermelho próximo, etc.). Associando as bandas a um sistema de cores, é possível a extração de informações das imagens, bem como a utilização de técnicas de análise visual das mesmas.

De acordo com Tanaka e Sugimura ¹(2001) *apud* Pinheiro (2003) a partir da segunda metade da década de 1990, visando a superação de algumas limitações das imagens adquiridas por sensores instalados em satélites como LANDSAT (*Land Satellite*), SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*), entre outros, foram lançados novos satélites com a característica de possuírem alta resolução espacial.

Neste trabalho foram adotadas imagens do satélite Quick Bird e por isso ele é destacado nos tópicos a seguir.

2.2.1 Satélite Quick Bird

O projeto e a construção do satélite Quick Bird, de acordo com Pinheiro (2003), foram realizados pelas empresas DIGITAL GLOBE, Ball Aerospace & Technologies, Kodak e Fokker Space. A Ball Aerospace & Technologies foi a responsável

¹ TANAKA, S; Sugimura, T. A new frontier of remote sensing from IKONOS images. *International Journal of Remote Sensing*. v. 22, n.1, p. 1 – 5. 2001

pela construção do telescópio do sensor do satélite e veículo transportador e a Kodak responsável pelo plano focal do CCD (*Charge Couple Device*) linear.

Poon, Smith e Fraser (2006) descrevem que o satélite Quick Bird possui FOV (*field of view*) de 21° , possuindo distância focal de 9 metros. O satélite opera com sensores do tipo CCD, que realizam varredura linear (*pushbroom linear array*) e estes são flexíveis para visada *off-nadir* até 30° ao longo do terreno, o que possibilita a obtenção de pares estereoscópicos de imagens. A Figura 2 apresenta a obtenção de imagens a partir do imageamento *pushbroom* com GSD (*Ground Sample Distance*) de 0,61 m e de pares de imagens para estereoscopia.

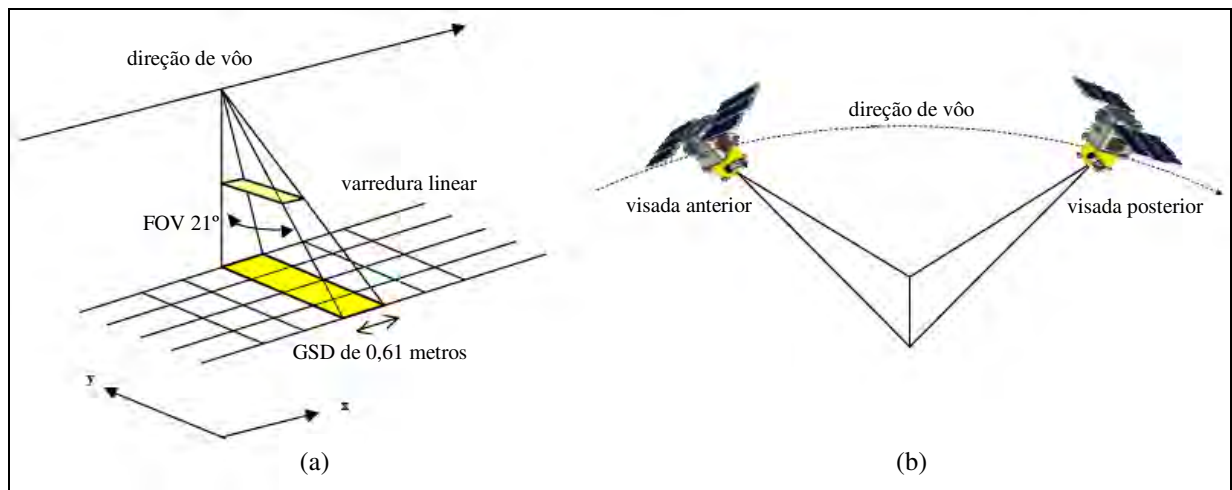


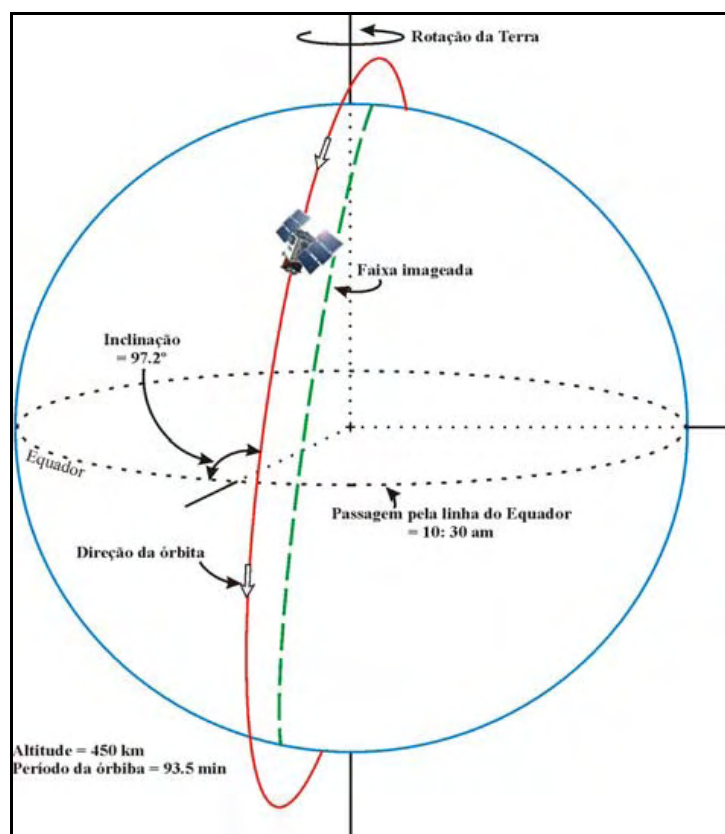
Figura 2 – (a) Sensor *pushbroom* com GSD de 0,61 metros e (b) pares de imagens para estereoscopia.
Adaptado de Poon, Smith e Fraser (2006).

Na Tabela 2 podem ser verificadas as características do satélite Quick Bird e na Figura 3 a ilustração da configuração de sua órbita.

Tabela 2: Especificações do Satélite Quick Bird.

Características Quick Bird	
Data de Lançamento	18 de Outubro de 2001
Veículo de Lançamento	<i>Boeing Delta II</i>
Local de Lançamento	<i>Vandenberg Air Force Base, Califórnia</i>
Altitude da Órbita	450 km
Inclinação da Órbita	98°
Velocidade	7,1 km/seg.
Tempo de Cruzamento com o Equador	10:30 h
Tempo de Órbita	93,5 min.
Tempo de Revisita	Máximo 3,5 dias
Resolução Temporal	1 a 3,5 dias, dependendo da latitude
Resolução Radiométrica	11 bits
Resolução Espacial	Pan: 61 cm. (nadir) à 72cm. (25° off-nadir)
	Mult: 2,44 m. (nadir) à 2,88m. (25° off-nadir)
Abrangência Espectral	Pan: 400 a 900 nm
	Azul: 450 a 520 nm
	Verde: 520 a 600 nm
	Vermelha: 630 a 690 nm
	Infravermelho próximo: 760 a 900 nm

FONTE: Adaptado de DigitalGlobe (2007).

**Figura 3**– Ilustração da configuração da órbita do satélite Quick Bird.
FONTE: Pinheiro (2003).

2.2.2 Imagens Quick Bird

As imagens Quick Bird são comercializadas em níveis de correções diferentes, sendo que os sensores fornecem imagens pancromáticas e multiespectrais de alta resolução espacial da superfície terrestre.

A resolução espacial das imagens será variante, de acordo com a Tabela 2. Isso ocorre porque a resolução espacial das imagens é dependente do ângulo de visada do imageamento. Dessa maneira, à medida que o ângulo de visada *off-nadir* aumentar, maior será a distorção e degradação da resolução espacial da imagem. Entretanto, apesar de a resolução sofrer um pouco de degradação, há a possibilidade de a área imageada ser maior, permitindo ao usuário obter cenas do terreno com maior frequência e com estereoscopia.

Jacobsen (2002) apresenta uma formulação do tamanho do pixel no terreno (GSD) para as imagens Quick Bird, comprovando sua relação de dependência com o ângulo “ τ ” (ângulo de visada), como pode ser visualizado na Figura 4.

Há a seguinte relação:

$$P_0 = \frac{P}{\cos \tau} \quad (1)$$

$$P_v = \frac{P}{\cos^2 \tau} \quad (2)$$

Sendo,

P é o tamanho do pixel no terreno;

P_0 é tamanho do pixel na direção orbital; e

P_v é o tamanho do pixel na direção de visada.

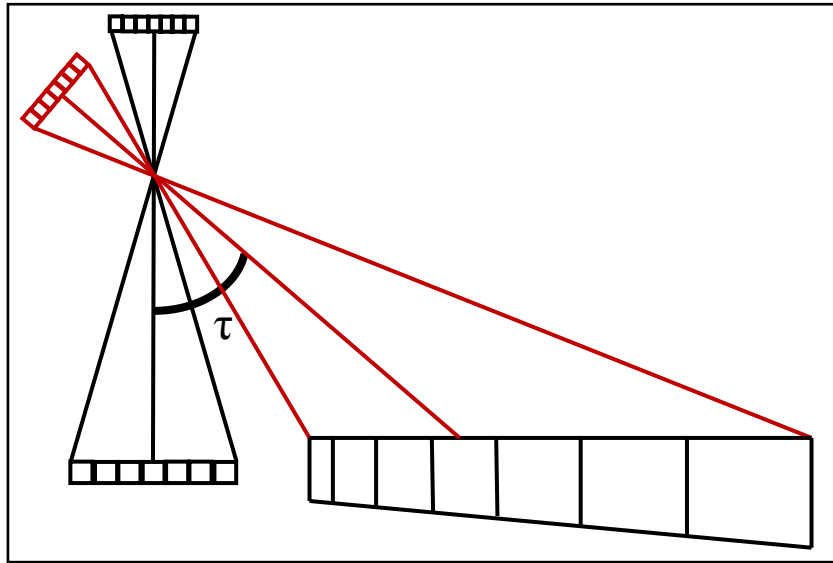


Figura 4 – Relação de dependência entre o tamanho do pixel e o ângulo de visada τ .
Adaptado de Jacobsen (2002).

Os níveis de correção que as imagens são comercializadas para os usuários são: Básico (*Basic*), Padrão (*Standart*) e Ortorretificado (*Orthorectified*).

A DIGITAL GLOBE (2006) define que a Imagem Básica é radiometricamente corrigida, embora não seja corrigida geometricamente. Esta imagem, portanto, é a que possui menor processamento. A Eurimage (2009) descreve as correções aplicadas à Imagem Básica:

- Correções radiométricas – resposta radiométrica relativa para os detectores, preenchimento de falhas de detectores e conversão para radiometria absoluta;
- Correções do sensor – geometria interna do sensor, distorções ópticas e distorções do “scanner”.

A Imagem Padrão possui correções geométricas, radiométricas e do sensor e também é associada a ela uma projeção cartográfica. As correções do sensor e radiométricas são as mesmas aplicadas para a Imagem Básica. Diferentemente, a Imagem Ortorretificada é corrigida da distorção introduzida pelo ângulo de imageamento, considerando também os efeitos topográficos, e das distorções devidas ao sensor.

2.3 Interpretação de Imagens

Lillesand, Kiefer e Chipman (2004) descrevem que o processo de interpretar uma imagem é sistematicamente analisá-la, juntamente com outros materiais de apoio, tais como mapas, relatórios de observações de campo, etc. Com base neste estudo é realizada a interpretação, levando em conta a natureza física dos objetos e fenômenos que aparecem nas imagens.

A interpretação de imagem permite, além de identificar os alvos existentes nela, dar significado ao que foi identificado. De modo geral, após o processo de interpretação, será produzido um mapa contendo feições de interesse e respectivas localizações. É claro que, para isso, as imagens devem ser analisadas e preparadas de acordo com a necessidade e com o produto que se deseja gerar.

Um estudo sistemático ao analisar uma imagem envolve várias características básicas e elementos inseridos na própria imagem. As características e formas consideradas irão depender da aplicação à qual se destina o estudo. Entretanto, a maioria das aplicações considera os elementos fotointerpretativos: forma, tamanho, padrão, tom (ou tonalidade), textura, sombras, localização, associações e resoluções (Olson², 1960 *apud* Lillesand, Kiefer e Chipman, 2004).

Os elementos fotointerpretativos indicados por Lillesand, Kiefer e Chipman (2004) são relacionados a seguir:

- forma: se refere à forma geral, configuração ou esquema de objetos individuais;
- tamanho: o tamanho dos objetos deve ser considerado no contexto da escala da imagem;
- padrão: se refere ao arranjo espacial dos objetos. A repetição de certas formas gerais ou relacionamentos é característica de muitos objetos, naturais ou construídos, e apresenta um padrão que auxilia no reconhecimento do objeto;
- tom ou tonalidade: brilho relativo ou cor dos objetos na imagem. Sem a diferença de tonalidade, as formas, padrões e texturas dos objetos não podem ser discernidos.
- textura: é a frequência de mudança de tonalidade em uma imagem. É produzida por uma agregação de unidades que podem ser demasiadamente pequenas para serem

² OLSON, C. E. Jr. **Elements of Photographic Interpretation Common to Several Sensors**. Photogrammetric Engineering, v.26, n. 4, 1960, p. 651-656.

discernidas individualmente na imagem, tais como folhas de árvores e sombra de folhas. A textura determina a característica geral em relação à lisura ou granulação na imagem;

- sombra: a forma ou contorno de uma sombra oferece a impressão de visualização do perfil dos objetos, o que favorece a interpretação. Porém, objetos dentro de sombras refletem pouca luz, o que dificulta sua identificação na imagem;
- localização: se refere à localização geográfica ou topográfica e uma ajuda importante na identificação de tipos de vegetação, visto que vários tipos de árvores ocorrem apenas em certa área geográfica;
- associação: está relacionada à ocorrência de certo recurso em relação a outro. É considerada a vizinhança entre os objetos.

A Figura 5 apresenta um esquema hierárquico dos elementos fotointerpretativos.

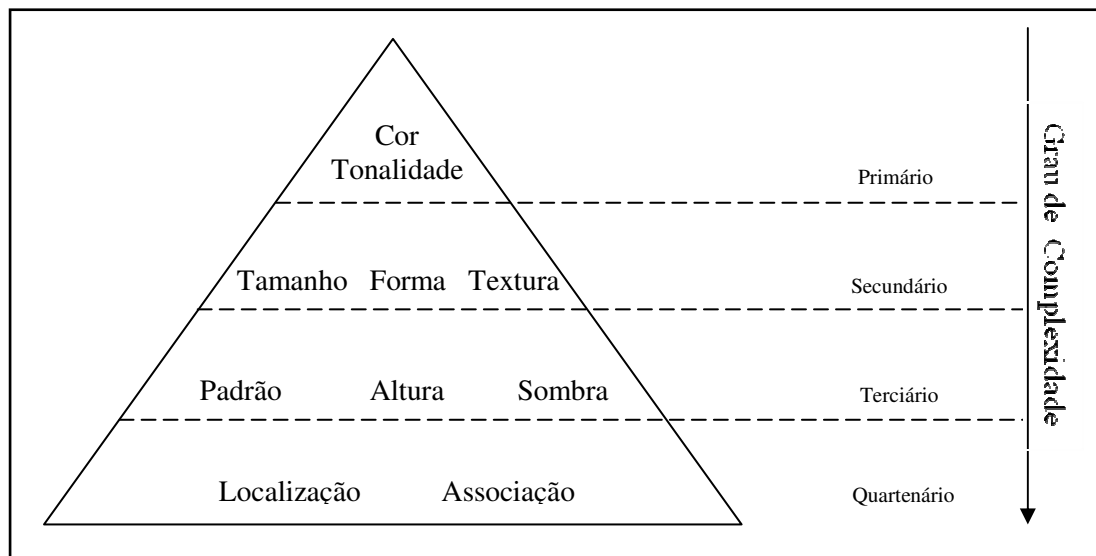


Figura 5 – Esquema hierárquico entre dos elementos fotointerpretativos no processo de interpretação. Adaptado de Estes³ et al. (1983) *apud* Herold, Liu, e Clarke (2003).

Lillesand, Kiefer e Chipman (2004) validam que o processo de interpretação de imagens pode envolver vários níveis de complexidade. Estes levam em consideração desde um simples reconhecimento direto dos objetos em cena à inferência das condições do local.

³ ESTES, J.E., E.J. Hajic, L.R. Tinney, 1983. **Fundamentals of image analysis:** Analysis of visible and thermal infrared data, Manual of Remote Sensing, Second Edition (Robert N. Colwell, editor), American Society of Photogrammetry, p. 987–1124.

2.4 Pré-processamentos das imagens

A partir da aquisição das imagens dos sensores remotos podem-se obter muitas informações a respeito da superfície terrestre. Entretanto, faz-se necessária a manipulação e tratamento dessas imagens para possíveis informações dos alvos e objetos imageados.

O interesse em métodos de processamento de imagens digitais decorre de duas áreas principais de aplicação: melhoria de informação visual para a interpretação humana e o processamento de dados de cena para percepção automática através de máquinas. (Gonzalez e Woods, 2000)

Moreira (2001) relata que os primeiros sistemas computacionais desenvolvidos para a análise de dados coletados eram voltados, única e exclusivamente, para a extração de informações de imagens orbitais, ou seja, não utilizavam nenhum outro tipo de informações complementares, a não ser a experiência e observação do foto-intérprete.

Entre os processamentos mais utilizados em estudos para a melhoria da extração de informações de imagens orbitais têm-se: geração de índices de vegetação, geração de imagens de textura, utilização de filtros espaciais, etc.

Os processamentos utilizados nas imagens, para este trabalho, são o registro das imagens e fusão das imagens.

2.4.1 Registro

A partir da utilização de técnicas de correção uma imagem pode ser registrada com um sistema de coordenada de mapa e, portanto, tem seus pixels endereçáveis em termos de coordenada de mapa ao invés de linha e coluna (Richards e Jia, 1999).

Através da definição apresentada pode-se concluir que o registro de uma imagem trata-se do processamento que associa a mesma a um sistema de coordenadas.

Richards e Jia (1999) descrevem uma sequência de fórmulas que tratam da técnica em questão. Para um ponto qualquer, identificado na imagem (x,y) e no mapa (u,v) , há as funções “f” e “g” que relacionam estas coordenadas:

$$u = f(x, y) \quad (3)$$

$$v = g(x, y) \quad (4)$$

Geralmente, por não serem conhecidas as funções “f” e “g”, adotam-se polinômios de primeiro ou segundo. O número mínimo de pontos de controle – PC (pixels na imagem e pontos com coordenadas correspondentes na superfície terrestre) para um polinômio de grau “n” é dado pela formulação seguinte:

$$PC = (n^2 + 3n + 2) / 2 \quad (5)$$

Portanto, para a determinação de um polinômio de primeiro grau são necessários três pontos de controle e para um polinômio de segundo grau são necessários seis pontos de controle.

Utilizando o polinômio de segundo grau, têm-se as equações:

$$u = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2 \quad (6)$$

$$v = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2 \quad (7)$$

Se os coeficientes a_i e b_i apresentados nas equações (6) e (7) forem conhecidos o polinômio poderá ser utilizado para relacionar as coordenadas da imagem às coordenadas do mapa. Há de se observar que estes coeficientes podem ser definidos identificando pontos homólogos no mapa (ou imagem com sistema de coordenadas estabelecido) e na imagem. A Figura 6 ilustra o processo de registro da imagem.

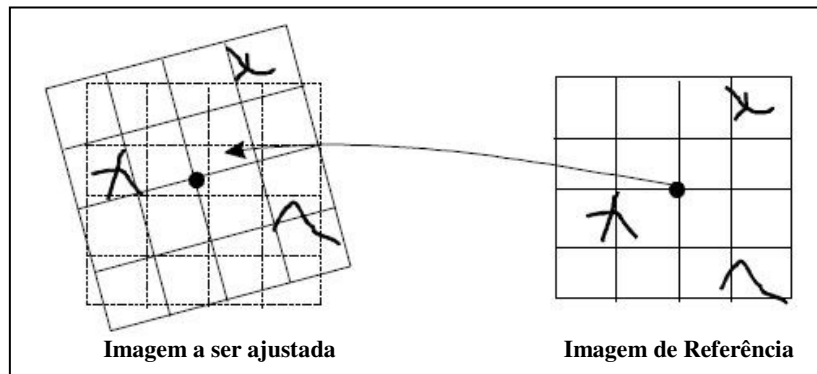


Figura 6 – Esquema ilustrado de registro de uma imagem.

FONTE: INPE - <http://www.dpi.inpe.br/spring>

De modo simplificado pode-se elencar algumas etapas no processo de registro de uma imagem:

- Escolher pontos de controle, ou seja, feições que são identificáveis de modo preciso na imagem e no sistema de referência;
- Definir as equações de mapeamento que fará a transformação geométrica que relaciona as coordenadas da imagem (linha, coluna) com coordenadas geográficas (latitude, longitude) do sistema de referência;
- Definir o interpolador (vizinho mais próximo, interpolação bilinear ou convolução cúbica).

2.4.2 Fusão de imagens

Zhang e Wang (2004) descrevem fusão como "um trabalho de estrutura formal no qual são expressos meios e ferramentas para a aliança de dados que se originam de fontes diferentes. Almeja obter informação de maior qualidade; a definição exata de maior qualidade dependerá de aplicação."

Wald (1999) relata que o Departamento de Defesa dos Estados Unidos⁴ afirma que a fusão de dados é multinível, é um processo multifacetado que lida com detecção automática, associação, correlação, estimativa e combinações de dados e informações de fontes múltiplas. Esta definição foi aperfeiçoada em Klein⁵ (1993) *apud* Wald (1999): "a fusão de dados é multinível, é um processo multifacetado que lida com detecção automática, associação, correlação, estimativa e combinação de dados e informações de fonte única e múltiplas fontes". Esta definição é mais generalizada no que diz respeito aos tipos de informações que podem ser combinadas.

Pode-se observar que, geralmente, a fusão de imagens se destina a obter uma imagem que preserve a qualidade geométrica da banda pancromática possuindo ainda a

⁴ U.S. Department of Defence, **Data Fusion Subpanel of the Joint Directors of Laboratories**, Technical Panel for C3, "Data fusion lexicon," 1991.

⁵ KLEIN, L. A. **Sensor and Data Fusion Concepts and Applications**, SPIE Optical Engineering Press, Tutorial Texts, vol. 14, 132 p., 1993.

informação espectral das bandas multiespectrais, ou seja, a junção de dados de origens diferentes que objetiva a obtenção de informações de maior qualidade.

As técnicas de fusão encontradas na literatura são diferenciadas e, com isso, Pinho, Rennó e Kux (2005) realizaram um estudo comparativo entre as técnicas mais utilizadas para imagens Quick Bird. A conclusão deste estudo apresentou que as técnicas que de melhores resultados foram a de Componentes Principais (CP)⁶ e *Gram-Schmidt*.

A seguir é apresentada a técnica de fusão *Gram-Schmidt*, utilizada neste trabalho.

2.4.2.1 Fusão Gram-Schmidt

Pinho, Rennó e Kux (2005) afirmam que a técnica de fusão *Gram-Schmidt*, assim como a fusão por Principais Componentes, é uma operação sobre vetores. Esta operação objetiva tornar os vetores ortogonais.

No manual do *software* ENVI (RSI, 2003) é descrita a técnica de fusão *Gram-Schmidt*. Esta técnica inicia-se com a seleção das N bandas multiespectrais de menor resolução espacial. A partir dessas bandas é simulada uma banda pancromática de baixa resolução espacial. Então, é aplicada a transformação de *Gram-Schmidt* sobre a banda pancromática simulada, juntamente com as bandas multiespectrais. Nesta etapa a banda pancromática simulada é utilizada como primeira banda (GS_1) na transformação. A média e o desvio-padrão de GS_1 são calculados, bem como a média e o desvio-padrão da banda pancromática de maior resolução espacial. A banda GS_1 é substituída pela banda pancromática de alta resolução (ajustada), sendo que uma transformação inversa é aplicada, formando a imagem de saída.

Laben et al. (2000) patentearam esta técnica de fusão e descrevem que esta invenção diz respeito, em geral, ao campo de processamento de imagens e, em particular, para o melhoramento da resolução espacial de imagens multiespectrais através da fusão de dados ou fusão com uma imagem pancromática de maior resolução espacial.

⁶ Maiores detalhes sobre a técnica de fusão por Componentes Principais podem ser encontrados em Carter (1998) e Laben e Brower (2000).

A Figura 7 apresenta um diagrama desta técnica, assumindo que as imagens são registradas entre si e possuam mesmas escalas. Caso as imagens não estejam registradas, deve-se realizar o registro para que a técnica seja efetivada.

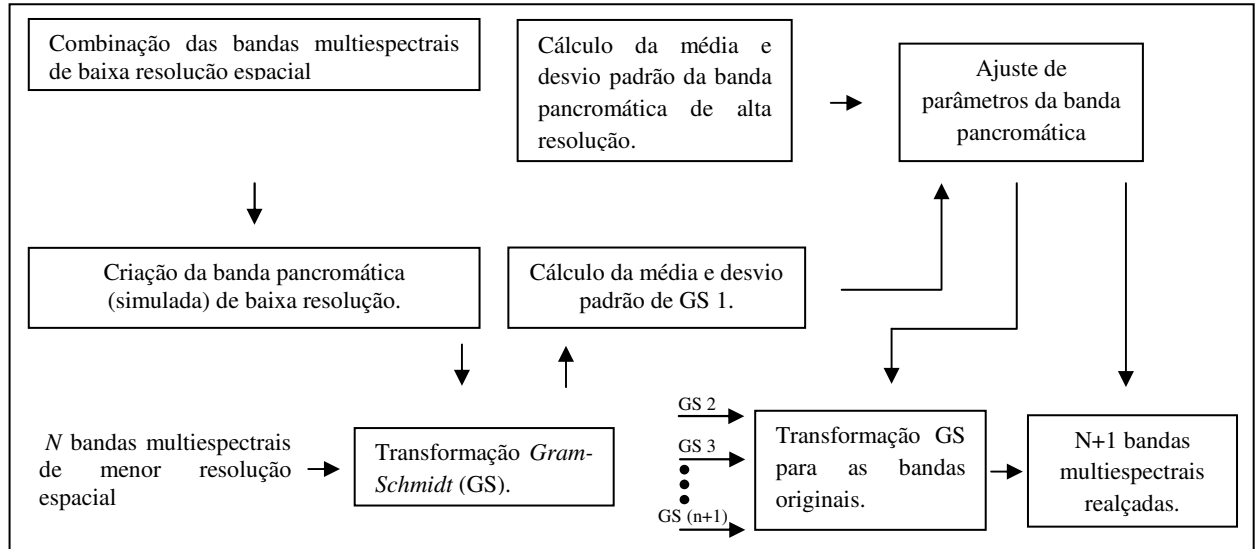


Figura 7 – Diagrama ilustrativo do processo da imagem Quick Bird fusionada (*Gram-Schmidt*).
 FONTE: Adaptado de Laben e Brower (2000).

2.5 Classificação de Imagens

A Classificação de imagens permite a distinção e identificação dos tipos de cobertura da terra. Lillesand, Kiefer e Chipman (2004) consideram que o objetivo principal do processo de classificação de uma imagem é caracterizar todos os pixels pertencentes a essa imagem em classes ou temas de cobertura da terra.

Neste trabalho a abordagem utilizada nos processos de classificação de imagens foi o supervisionado. Gonzalez e Woods (2000) descrevem que a classificação supervisionada implica na interação do analista e do sistema com base em conhecimento anterior da cena. Isso permitirá o fornecimento de informações específicas e o treinamento do algoritmo de classificação.

De acordo com Richards e Jia (1999) a classificação supervisionada é o processo freqüentemente mais utilizado para análise de dados quantitativos de imagens de sensoriamento remoto.

Neste trabalho é associada a técnica de classificação supervisionada através de Redes Neurais Artificiais (RNA).

2.5.1 Redes Neurais Artificiais

Atkinson⁷ et al. (1998) *apud* Ramírez et al. (2005) relatam que uma Rede Neural Artificial pode ser entendida como um modelo matemático complexo, baseado em equações não lineares, na qual se introduzem algumas variáveis de entrada e se obtém, em resposta, os dados de saída (classificação da imagem). A rede se ajusta para que se obtenham resultados parecidos aos dados introduzidos em um processo prévio de aprendizagem e treinamento.

Têm-se, em uma Rede Neural Artificial, os dados de entrada e de saída. Os dados de saída, então, são os valores associados às classes desejadas. O processo de obtenção dos pesos e tendências é feito através da aprendizagem da rede. Este processo é um treinamento supervisionado. Durante o treinamento, elementos do conjunto de observações que correspondem aos nós da camada de entrada são apresentados à rede vinculados à classe correspondente (GONG, 1996).

As camadas internas são aquelas que se conectam a rede extraindo características essenciais para a classificação e são responsáveis pela maior parte do processamento. A camada de saída apresenta o resultado do procedimento adotado.

Pode ser verificado através de Gong (1996) que para as conexões e limiares dos nós estabelecidos a rede ajusta os pesos necessários, gerando a saída desejada.

Na Figura 8 é demonstrado um exemplo de estrutura de uma rede.

⁷ ATKINSON, P.M. TATNAL, R. L. Neural Networks in Remote Sensing. **Int. J. Remote Sensing**, vol. 18 (4): 699-709, 1997.

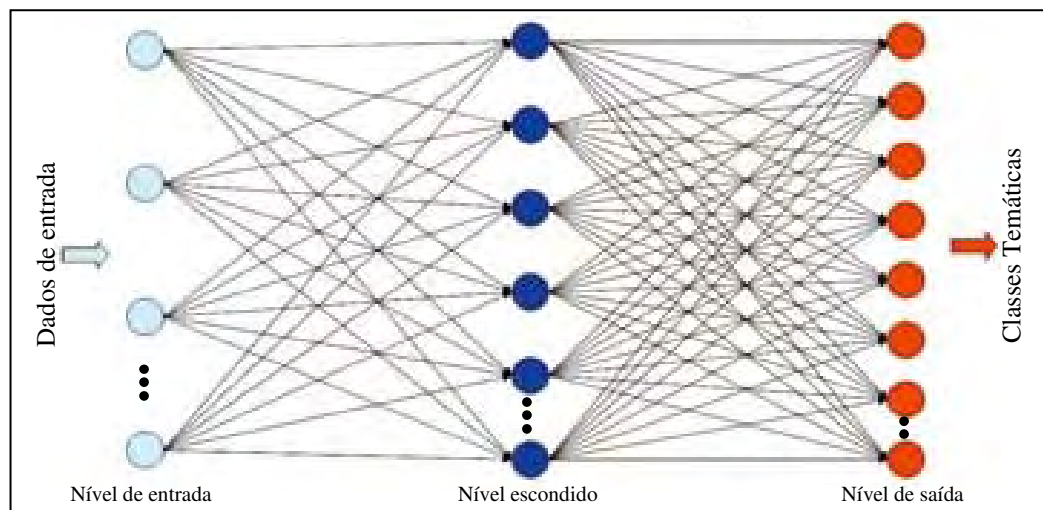


Figura 8 – Exemplo de estrutura de uma Rede Neural.
Adaptado de Ramírez et al. (2005).

As redes multicamadas, segundo Botelho (2004) são caracterizadas pela presença de uma ou mais camadas ocultas, cujos nós computacionais são chamados de neurônios ocultos ou unidades ocultas.

Haykin⁸ (2001) *apud* Botelho (2004) menciona que uma rede neural é capaz de aprender acerca de seu ambiente através de um processo iterativo de ajustes aplicados a seus pesos sinápticos. O autor define também que a aprendizagem é um processo pelo qual os parâmetros livres de uma rede neural são adaptados através de um processo de estimulação pelo ambiente no qual a rede está inserida.

O processo de determinação dos pesos associados à rede é realizado através do treinamento da rede. Geralmente, segundo Ramírez (2005), em redes multicamadas o algoritmo utilizado para o treinamento da rede é o retro-propagação do erro (*backpropagation*). Os erros associados para adaptar os pesos são propagados regressivamente através de processo iterativo.

2.6 Detecção de alterações entre imagens de épocas diferentes

Deer (1995) considera que detecção de alterações é o processo de identificação de diferenças no estado de um objeto ou fenômeno pela observação em épocas diferentes.

⁸ HAYKIN, S. **Redes Neurais: princípios e prática**. Porto Alegre: Bookman, 900 p., 2001.

A detecção de alterações entre imagens de épocas diferentes é algo amplamente utilizado nas mais diversas áreas do conhecimento, como medicina, sensoriamento remoto, construção civil, sistemas de guia, dentre outros (RADKE et al., 2005). Bruzzone e Prieto (2000) relatam que, em sensoriamento remoto, a detecção de alterações envolve um par de imagens devidamente registradas entre si, da mesma área geográfica, onde o objetivo principal é identificar as mudanças de cobertura do solo entre duas épocas.

De modo particular, o processo de detecção de alterações nas ciências cartográficas e outras geociências têm sido usado principalmente para a atualização de mapeamentos que se destinam a escalas médias e pequenas que, muitas vezes, utilizam imagens de satélite.

A utilização de imagens para a detecção de alterações a fim de mapeamento não sugere uma alternativa fácil na maioria das vezes. Isso porque adquirir duas imagens, uma para cada época que se deseja analisar, em mesmas condições é praticamente impossível. Nesse aspecto podem ser elencados alguns aspectos: condições climáticas, parâmetros de orientação, diferença de sazonalidade na tomada da imagem, entre outros aspectos.

Para os processos de detecção de alterações entre imagens, estas são tomadas em épocas diferentes e descrevem visualmente a mesma região.

Um dos processos para detecção de alterações é a partir da realização de classificação de imagens, apropriando-se da qualidade multiespectral dessas imagens para identificação das feições. Este procedimento foi o utilizado nesta pesquisa e por isso outros métodos não são elencados neste tópico. Sobre o método adotado de classificação há considerações no tópico 2.5.

A detecção de alterações entre imagens de épocas diferentes se destina neste trabalho à atualização do banco de dados cadastrais. Sobre o banco de dados há algumas considerações no item seguinte (2.7).

2.7 Banco de Dados

Silva (2002) apresenta o termo “banco de dados” como sendo um conjunto de dados organizados de modo a atender uma determinada finalidade, ou um conjunto de finalidades integradas. De acordo com Elmasri e Navathe (2002) uma definição mais genérica

de banco de dados pode ser a de uma coleção de dados relacionados, onde dados são fatos conhecidos que podem ser registrados e que possuem significado implícito.

Os sistemas computadorizados de banco de dados apresentam vantagens, como descrevem Erba, Oliveira e Lima (2005), especialmente na agilidade que estes oferecem para a recuperação e atualização de dados, bem como a possibilidade de compartilhar dados com vários usuários simultaneamente, evitando redundância e ocupando menos espaço físico quando comparado a armazenamentos em papel.

Um banco de dados alfanumérico é um conjunto organizado de dados relacionados a tópicos ou assuntos específicos. No caso do Cadastro Multifinalitário, os aspectos considerados são os econômicos (variáveis que levam a determinar o valor do imóvel e do imposto), os geométricos (como a localização, forma e dimensões da parcela), os jurídicos (que determinam a relação homem-parcela), os sociais (que permitem delinear o perfil do proprietário ou possuidor) e ambientais. (Erba, Oliveira e Lima, 2005)

O banco de dados cadastrais é um banco de dados relacional onde são inseridas as informações obtidas através do levantamento cadastral, sendo armazenados os dados alfanuméricos referentes aos imóveis e seus moradores (Amorim et al., 2003b).

Para Kroenke (1999) o modelo relacional representa a associação entre os elementos do conjunto de uma entidade com outra entidade. Em bancos de dados relacionais as informações são guardadas em tabelas, conjuntos de objetos, que serão relacionadas com outras tabelas.

Como descrito, o banco de dados relacional é formado por tabelas. Às suas colunas são referidos os campos ou atributos e às linhas cada objeto do banco de dados. Há de destacar que as linhas se caracterizam por seu não ordenamento, já que a recuperação de dados se dá por campos específicos de identificação, chamados de chave.

3 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo adotada para esta pesquisa é pertencente ao município de Presidente Prudente. De acordo com IBGE (2007) Presidente Prudente é localizada no extremo oeste do Estado de São Paulo, e sua região é denominada Alta Sorocabana, com atual população e área total estimada correspondente a 206.704 habitantes e 562 km², respectivamente, de acordo com os dados do último censo demográfico ocorrido em 2000.

Delimitando, assim, a área de estudo, esta se refere a uma pequena parte urbana do município, a qual sofreu alteração entre os anos de 2006 e 2007. A região, especificamente, é apresentada nas Figuras 9 e 10.

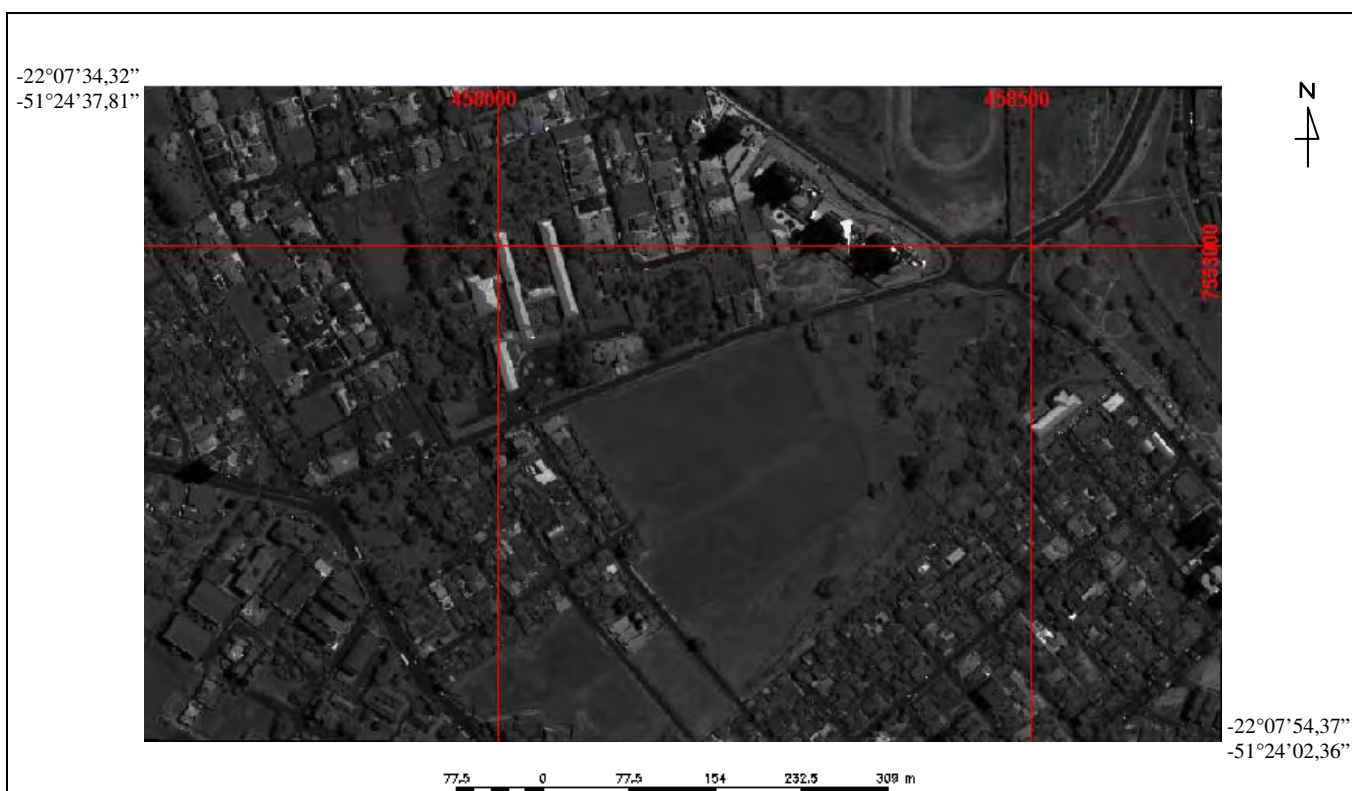


Figura 9 – Área teste, Quick Bird 2006.



Figura 10 – Área teste, Quick Bird 2007.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais e Equipamentos

Foram utilizadas neste trabalho duas imagens Quick Bird, como apresenta a Tabela 3.

Tabela 3: Especificações técnicas das imagens Quick Bird.

	Data	Hora (UTC)	Tipo	Visada lateral	Bandas
Imagem 1	10/03/2006	14:04	ORStandard2A	14,0° <i>off-nadir</i> , sendo: 5,9° <i>mean in track</i> ; -12,7° <i>mean across track</i> .	PAN: 0,6m; 4 Multi: 2,4m
Imagem 2	23/02/2007	05:15	ORStandard2A	3,7° <i>off-nadir</i> , sendo: -1,3° <i>mean in track</i> ; -3,5° <i>mean across track</i> .	PAN: 0,6m; 4 Multi: 2,4m

Os softwares utilizados estão citados a seguir:

- 1) SPRING: utilizado para o registro das imagens;
- 2) ENVI: realização de fusão das imagens com a técnica *Gram-Schmidt Spectral Sharpening*;
- 3) IDRISI: classificação das imagens e exportação de cada classe, separadamente;
- 4) Access: atualização do banco de dados;
- 5) SAM: Detecção de alterações entre as imagens pancromáticas georreferenciadas.

Foi utilizada uma Base de dados cadastrais simulada para validar o processo de atualização cadastral proposto. Esta base contém a inscrição dos lotes, seu valor de área construída cadastrada em 2006 (em m²) e tipo de cobertura (atributo) da construção cadastrada.

4.2 Etapas do Desenvolvimento

A premissa básica da metodologia proposta é a utilização de imagens de satélite de alta resolução como auxiliar no processo de atualização cadastral da área urbana. As etapas compreendidas neste trabalho utilizam alguns softwares, apresentados no item 4.1, estabelecendo uma seqüência para possível detecção das alterações ocorridas entre os anos de 2006 e 2007 para a área teste da cidade de Presidente Prudente e atualização de informações sobre os imóveis no banco de dados cadastrais.

Para a atualização do banco de dados cadastrais da área analisada alguns procedimentos foram adotados: pré-processamento das imagens, classificação das imagens, detecção de alterações e, enfim, consulta ao banco de dados.

Na etapa de pré-processamento das imagens foi realizado o registro e fusão das mesmas. As imagens Quick Bird utilizadas neste trabalho já foram adquiridas com um nível de correção, porém como a região que compreende a área teste foi recortada da imagem original e considerando a intenção de se ter todas as bandas das imagens com melhor correspondência entre os alvos, já que uma das etapas é a realização da fusão das imagens, foi realizado o registro das imagens. Posterior a esta etapa foi realizada a fusão das bandas multiespectrais e pancromática das imagens.

Para a fusão das imagens foi testada a técnica *Gram-Schmidt Spectral Sharpening*.

Com a fusão das imagens realizada, a etapa seguinte foi a classificação das mesmas. O método de classificação utilizado foi de Redes Neurais Artificiais. Após a classificação das imagens fusionadas, cada classe foi exportada separadamente e, com a obtenção de classes da mesma região em anos distintos, a classe do ano de 2006 foi subtraída da classe do ano de 2007. Esta etapa possibilitou identificar a alteração ocorrida em cada classe.

Com a detecção das alterações ocorridas neste período de tempo de um ano o banco de dados cadastrais simulado foi atualizado.

O fluxograma apresentado na Figura 11 refere-se às etapas da metodologia.

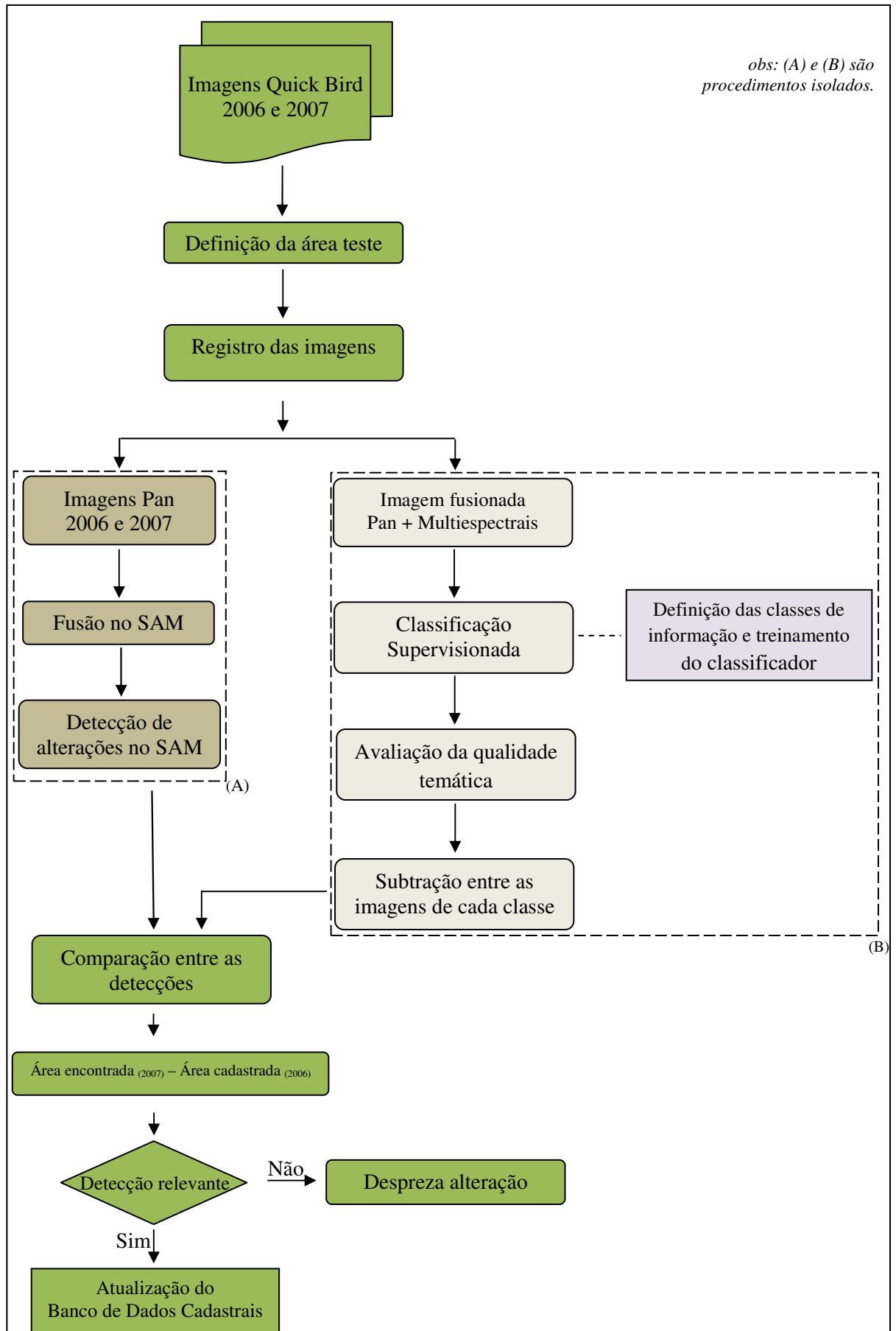


Figura 11 – Fluxograma das etapas da metodologia.

As principais etapas da metodologia são brevemente comentadas a seguir:

a) Etapa Preliminar

De posse das imagens Quick Bird dos anos de 2006 e 2007 foi definida a área teste dentro do perímetro urbano que evidenciava uma considerável alteração no período de tempo em questão.

Para as posteriores etapas foi efetuado o registro das imagens no SPRING. As bandas multiespectrais e pancromáticas passaram por este pré-processamento e, posteriormente, realizou-se a fusão da banda pancromática com as bandas multiespectrais do ano de 2006. O mesmo processo foi realizado para as bandas da imagem do ano de 2007.

Concomitantemente a esta etapa foi realizada a fusão entre as bandas pancromáticas de 2006 e 2007 no aplicativo SAM para uma simples identificação visual da alteração ocorrida entre as imagens. Isso permitiu uma comparação no fim do processo de detecções que é explanado nos tópicos seguintes deste trabalho.

b) Detecção de alterações no SAM

O SAM trabalha com imagens em tons de cinza, por isso utilizou-se apenas as bandas pancromáticas neste processo, já que estas são as que possuem melhor resolução espacial quando comparadas às bandas multiespectrais.

No fim do processo de fusão das bandas pancromáticas da imagem Quick Bird dos anos de 2006 e 2007 o que se obteve foi uma imagem fusionada, similar ao modelo anaglifo, quando se utiliza fotografias aéreas no próprio aplicativo (SAM). Nesta imagem as feições que sofreram alteração aparecem destacadas em vermelho (novas feições) ou em ciano (feições que deixaram de existir).

c) Fusão entre as bandas pancromática e multiespectrais de cada ano e classificação

Foi aplicada a técnica de fusão *Gram-Schmidt*. Com as imagens fusionadas, foram estabelecidas as classes de informação de interesse para a etapa de classificação de imagens. Para isso, além da análise visual das imagens foi efetuado um trabalho de campo

para constatar as feições de interesse da área teste. Houve a coleta de dados de treinamento para a classificação supervisionada, utilizado-se do método de Redes Neurais Artificiais.

Cada tema classificado foi exportado separadamente, gerando imagens de cada classe para os anos de 2006 e 2007. As classes de 2006 foram subtraídas de suas correspondentes no ano de 2007, detectando, com isso, a alteração entre as épocas analisadas.

d) Comparação entre as detecções: SAM e a partir das classificações

Nesta etapa foi realizada uma análise visual das feições identificadas como alteração nos dois processos. Apesar de o SAM identificar as feições que sofrem alteração, não é simples analisar exatamente qual tipo de alvo sofre alteração, por exemplo, se este alvo alterado é telha de barro ou telha de fibrocimento. Isto porque o SAM não trabalha com o espaço de cores.

Obs: As imagens inseridas para os procedimentos efetuados no SAM ficam dispostas no sistema apenas em tons de cinza. Portanto, no SAM, não há como associar alvos identificados na imagem em cores diferentes, dificultando a diferenciação entre os mesmos.

Com o processo de classificação, realizado no IDRISI, foram obtidos outros resultados. A análise de alteração dos atributos do imóvel é importante para o Cadastro, pois possibilita além de atualizar os dados sobre este, aferir valores que podem ser destinados a cobrança de impostos e planejamento de estratégias para regiões da área urbana que sofreram alterações consideráveis.

e) Atualização do Banco de Dados Cadastrais

De posse do Banco de Dados Cadastrais, simulado para a área analisada, e das alterações identificadas e analisadas, foi estabelecido um limiar teste para a inclusão de novas áreas no banco de dados cadastrais. Este banco de dados é relacional e o identificador utilizado como “chave” é a inscrição cadastral de cada lote. Ao lote é associada uma coordenada central diretamente ligada à sua inscrição no banco de dados.

As atualizações identificadas foram referidas a esta inscrição cadastral.

5 PRÉ-PROCESSAMENTO

5.1 Registro das imagens Quick Bird

Antes do início do processo de registro a área teste selecionada foi recortada da imagem Quick Bird original a partir do módulo Impima do SPRING.

Especificamente a área de recorte foi associada ao banco de dados criado no SPRING para esta etapa da metodologia. O banco de dados foi definido com as seguintes configurações:

- Projeção: UTM/WGS84;
- Coordenadas do retângulo envolvente:

X1= 457667.000000 m

X2 = 458682.000000

Y1 = 7552529.0000 m

Y2 = 7553148.00000

A imagem que possuía a extensão “geotiff” foi transformada no Impima como imagem “grb”. Para o registro das imagens foi utilizada uma imagem ortorretificada da mesma área como sistema de referência. O processo foi realizado no *software* SPRING e a aquisição dos pontos de controle se deu no modo “tela”, o qual permite selecionar pontos homólogos nas duas imagens.

Foram adotados alguns pontos de controle nas imagens (especialmente bem distribuídos), visto que a região selecionada é rica em detalhes, por se tratar da área urbana. A Figura 12 destaca a composição RGB para as bandas 3, 2 e 1, respectivamente, da imagem de 2006 e apresenta a distribuição dos pontos de controle na imagem para o processo de registro. A Figura 13 apresenta a distribuição dos pontos de controle sobre a banda pancromática.



Figura 12 – Distribuição dos pontos de controle para as bandas multiespectrais de 2006.

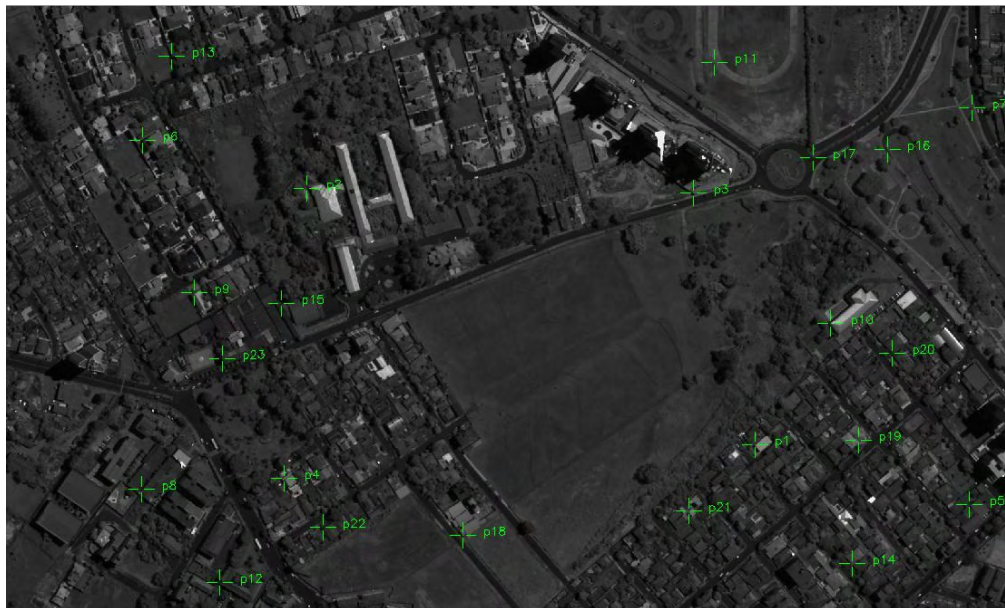


Figura 13 – Distribuição dos pontos de controle para a banda pancromática de 2006.

Para a imagem Quick Bird de 2007 as mesmas etapas foram efetuadas e a Figura 14 apresenta os pontos de controle distribuídos para as bandas multiespectrais e a Figura 15 para a banda pancromática.



Figura 14 – Distribuição dos pontos de controle para as bandas multiespectrais de 2007.



Figura 15 – Distribuição dos pontos de controle para a banda pancromática de 2007.

Na etapa de aquisição dos pontos de controle os erros ocorridos no processo são armazenados e podem ser visualizados pelo operador. A Tabela 4 indica a média de tais erros na adoção dos pontos de controle para o registro de cada imagem (para o processo de registro das imagens a transformação utilizada foi a Afim).

Tabela 4: Erro dos pontos de controle.

	Bandas multiespectrais (2006)	Bandas multiespectrais (2007)	Banda pancromática (2006)	Banda pancromática (2007)
Média de erro dos pontos de controle (em pixel)	0.745	0.765	1.419	0.689
Média de erro dos pontos de controle (em cm)	178.8	183.6	85.14	41.34

Na Tabela 4 observa-se o maior erro destacado na banda pancromática da imagem do ano de 2006. Este erro é devido a uma pequena inclinação da imagem original, apresentada na Tabela 3. Apesar da imagem adquirida já possuir um nível de correção, ainda assim apresenta uma pequena distorção que acaba sendo refletida nos procedimentos efetuados na mesma.

5.2 Fusão das imagens

Na etapa de fusão das imagens foi utilizada a técnica *Gram-Schmidt*. Esta fusão foi realizada a partir do *software* ENVI. A Figura 16 apresenta a composição colorida RGB para as bandas 3, 2 e 1. A Figura 17 apresenta o resultado da técnica de *Gram-Schmidt* aplicada para o conjunto de imagens de 2006.



Figura 16 – Composição colorida R(3)G(2)B(1) de 2006.

A técnica de fusão *Gram-Schmidt* foi realizada no *software* ENVI, como mencionado anteriormente. O esquema prático desta técnica de fusão é relatado no item 2.4.2.1. Como descrito na fundamentação teórica, esta técnica trabalha com a ortogonalização de vetores. Tem-se, assim, um melhor resultado, a princípio visual, como pode ser observado na Figura 17.



Figura 17 – Fusão *Gram-Schmidt*.

5.2.1 Análise da Acurácia Posicional da Imagem Fusionada

Com o intuito de avaliar a acurácia posicional das imagens fusionadas foram utilizadas algumas coordenadas de feições fotoidentificáveis sobre as imagens e suas respectivas coordenadas obtidas a partir de posicionamento GPS. A coleta desses pontos na área de teste desta pesquisa se deu em levantamento de campo associado ao trabalho de Miyashita (2008).

As coordenadas foram obtidas a partir do pós-processamento dos dados do receptor GPS de navegação *Garmin 12 XL*.

Como analisa a autora, para verificar a qualidade posicional das coordenadas tridimensionais obtidas por meio do pós-processamento das observáveis transmitidas pelo receptor GPS de navegação, foram executados trabalhos de campo utilizando o receptor GPS geodésico de simples frequência modelo Trimble 4600 LS para

efeito de comparação. Como referência para processamento do levantamento foi utilizada a estação PPTE e o levantamento consistiu de aproximadamente 20 minutos, com linhas de bases não superiores a 1,5 km.

Os Apêndices A e B apresentam as coordenadas de todos os pontos coletados e suas respectivas precisões após o ajustamento.

As Tabelas 5 e 6 apresentam o Desvio Padrão e o EMQ para a fusão das imagens de 2006 e 2007, utilizando a técnica mencionadas anteriormente.

Tabela 5: Desvio padrão e EMQ da imagem fusionada *Gram-Schmidt* a partir da imagem QuickBird de 2006.

Ponto	GPS de navegação (pós – processado)		Imagem Fusão IHS (Pan Standard 2006)		Discrepâncias	
	E(m)	N(m)	E(m)	N(m)	$\Delta_{E(m)}$	$\Delta_{N(m)}$
P ₁	458133,224	7552890,355	458134.829	7552889.401	-1,605	0,954
P ₂	458121,974	7552743,857	458123.429	7552742.401	-1,455	1,456
P ₃	458122,63	7552616,999	458122.900	7552616.749	-0,270	0,250
P ₄	458268,536	7552599,794	458267.429	7552599.001	1,107	0,793
P ₅	458158,311	7552641,205	458158.161	7552641.378	0,150	-0,173
Média					-0,4146	0,656
DP					1,1352	0,6324
EMQ					1,0967	0,8662

Tabela 6: Desvio padrão e EMQ da imagem fusionada *Gram-Schmidt* a partir da imagem QuickBird de 2007.

Ponto	GPS de navegação (pós – processado)		Imagem Fusão IHS (Pan Standard 2006)		Discrepâncias	
	E(m)	N(m)	E(m)	N(m)	$\Delta_{E(m)}$	$\Delta_{N(m)}$
P ₁	458133,224	7552890,355	458134.640	7552889.927	-1,416	0,428
P ₂	458121,974	7552743,857	458121.639	7552742.995	0,335	0,862
P ₃	458122,63	7552616,999	458122.464	7552616.287	0,166	0,712
P ₄	458268,536	7552599,794	458268.629	7552599.006	-0,093	0,788
P ₅	458158,311	7552641,205	458158.062	7552640.741	0,249	0,464
Média					-0,1518	0,6508
DP					0,7246	0,1947
EMQ					0,6656	0,6737

Pode-se notar a partir da Tabela 5 e Tabela 6 que a utilização da técnica de fusão *Gram-Schmidt* apresenta resultados mais consistentes para as componentes planimétricas ao observar os valores de desvio-padrão (DP) e erro médio quadrático (EMQ).

Entretanto a melhora observada é menos significativa quando comparada ao mesmo procedimento adotado para a imagem de 2006, já que esta foi adquirida pelo sensor com um ângulo de inclinação um pouco maior que em 2007.

Confirma-se, assim, a partir das Tabelas 5 e 6 que a utilização da técnica de fusão *Gram-Schmidt* oferece resultados expressivos quanto à acurácia posicional de coordenadas planimétricas. Entretanto, não é apenas a melhora da qualidade posicional que pode ser observada e sim o melhor delineamento das feições da imagem distinguindo, assim, os alvos no que concerne as cores e bordas dos mesmos, como apresenta a Figura 18.



Figura 18 – Comparação visual entre a composição colorida R(3)G(2)B(1) de 2006 e a técnica de fusão *Gram-Schmidt*.

O melhor delineamento das cores sobre as feições da imagem é de extrema importância neste trabalho, pois o que se deseja é trabalhar com a classificação das imagens fusionadas, como relatado anteriormente. Por este motivo as imagens fusionadas utilizadas nos processos de classificação são as que passaram pela técnica *Gram-Schmidt Spectral Sharpening*.

Nesta técnica de fusão o melhor delineamento das feições na imagem se dá pela utilização de quatro bandas multiespectrais. As imagens-fusão apresentam maior correlação com os dados originais, como descreve Pinho, Rennó e Kux (2005).

6 CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS

Passadas as etapas de verificação da qualidade posicional e qualidade de delineamento das feições, presentes nas imagens após a técnica de fusão que utilizou as bandas multiespectrais e a banda pancromática, foram realizadas as etapas de classificação das imagens-fusão para a geração do mapa temático da área de teste selecionada.

Neste trabalho foram utilizadas as imagens-fusão a partir da técnica *Gram-Schmidt*. Entre os métodos de classificação de imagens o escolhido foi o supervisionado que, segundo Wongprayoon, Vieira e Leach (2006), envolve o conhecimento *a priori* da área de estudo para facilitar e permitir a geração da assinatura espectral que será usada para treinar o algoritmo de classificação.

6.1 Classificação supervisionada das imagens-fusão

As classes de cobertura do solo urbano selecionadas para o experimento são: pavimentação asfáltica, cerâmica clara, telha de barro, telha de zinco, cimento, solo exposto, vegetação arbórea, vegetação gramínea, piscina e sombra. Estas classes são apresentadas no esquema de classificação da Figura 19.

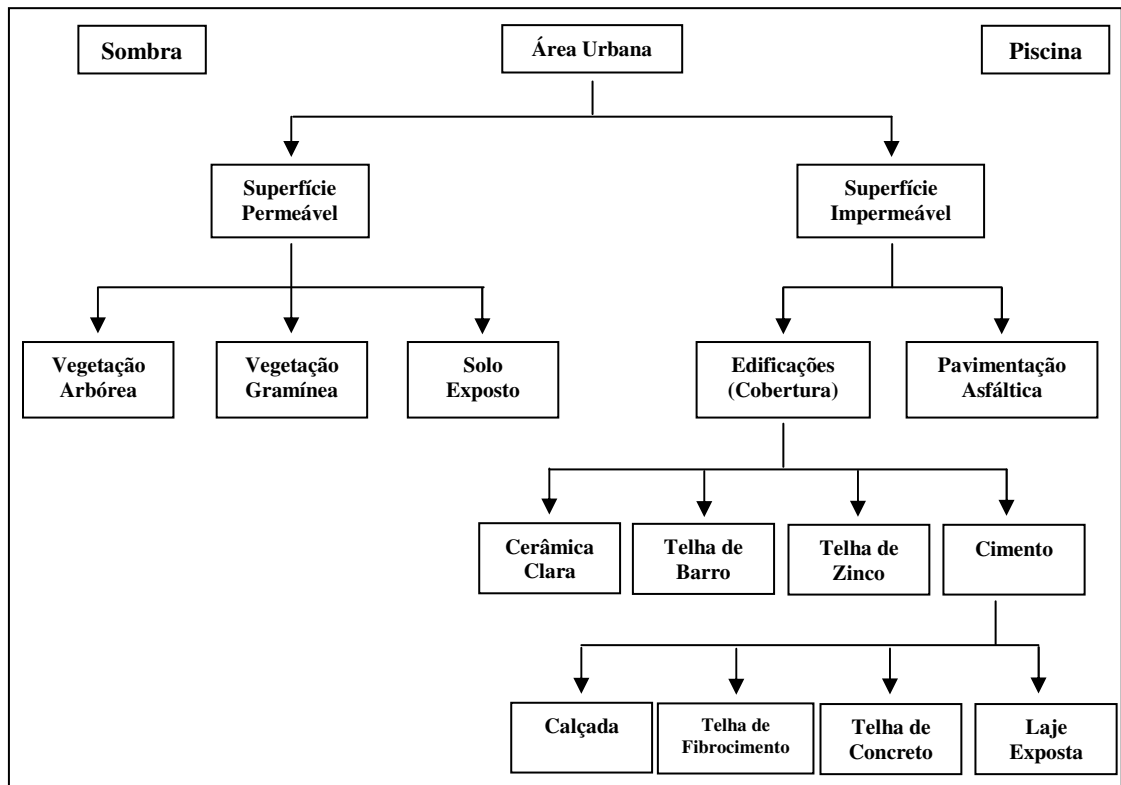


Figura 19 – Esquema de classificação utilizada no experimento.

Neste experimento foi aplicada a classificação supervisionada por Redes Neurais Artificiais e, para isso, foram coletadas amostras das feições de interesse para possibilitar o treinamento dos classificadores.

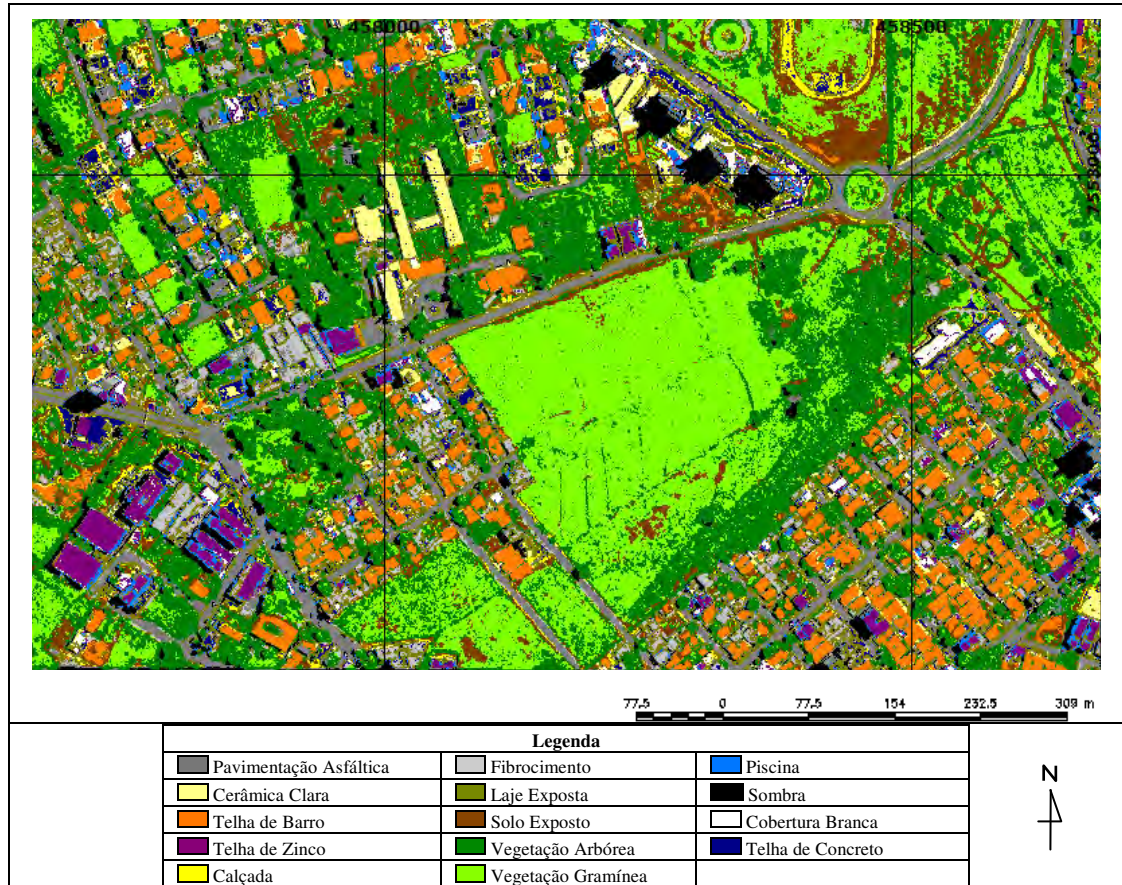


Figura 20 – Classificação por Redes Neurais Artificiais da imagem fusionada de 2006.

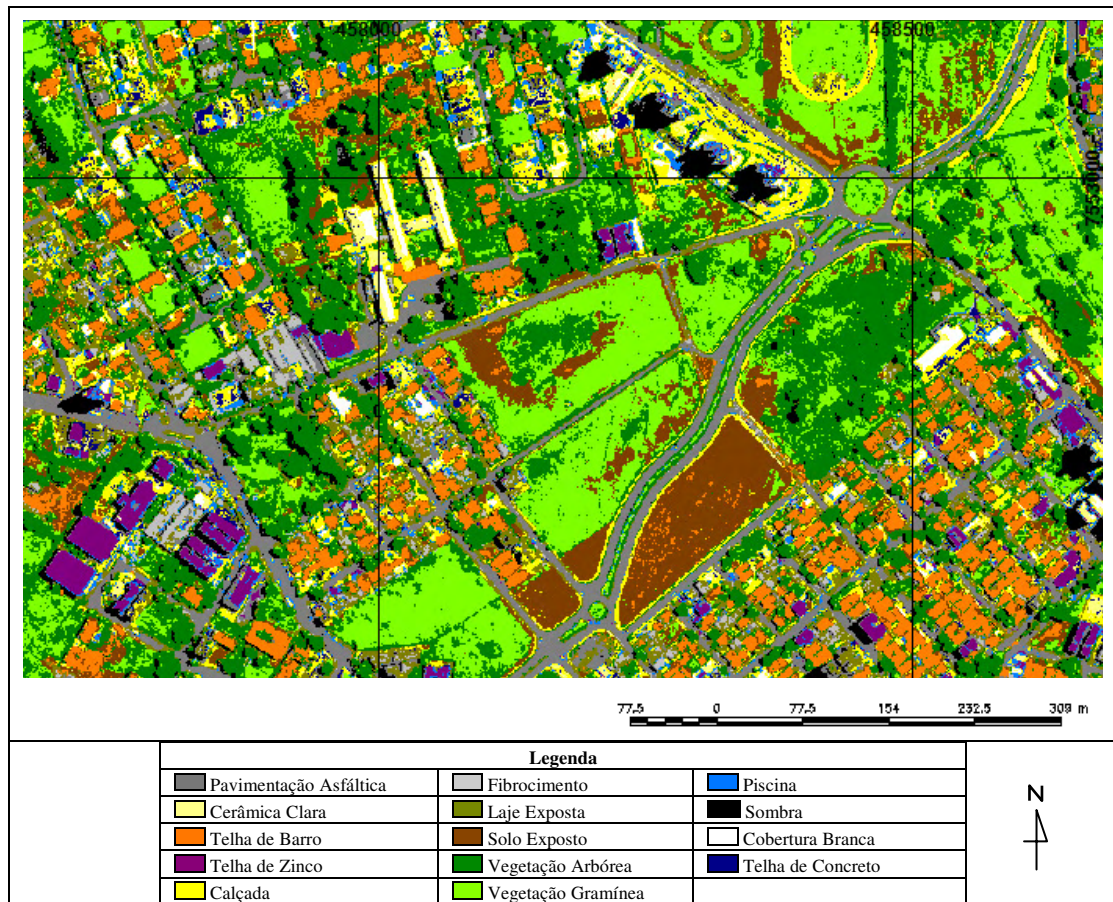


Figura 21 – Classificação por Redes Neurais Artificiais da imagem fusionada de 2007.

Para a geração das classificações a partir de Redes Neurais Artificiais foram adicionadas ao processo imagens de textura efetuadas no *software* ENVI a partir das imagens pancromáticas de 2006 e 2007. Estes filtros de textura referem-se às variações espaciais de tons da imagem como uma função de escala.

De acordo com Gonzalez e Woods (2000) existem muitos tipos de texturas que são descritos na literatura e estes são encontrados em três abordagens: estrutural, espectral e estatísticas. Neste experimento foram adotadas algumas imagens de textura que, visualmente, apresentavam melhor delineamento das feições da área em questão. As imagens de textura escolhidas foram: *dissimilarity*, *homogeneity* e *second-moment*. Para gerar as imagens de textura foi utilizado o aplicativo ENVI.

A configuração da Rede Neural Artificial foi de sete elementos de processamento de entrada (4 bandas fusionadas Quick Bird e 3 imagens de texturas mencionadas anteriormente) e quinze elementos de processamento na camada de saída (correspondentes às classes de cobertura selecionadas). A definição das camadas escondidas e

número de nós foi a partir de simulações da verificação de desempenho para área de teste. A arquitetura da rede foi [7-10-15].

No processo de classificação por Redes Neurais Artificiais foram realizados muitos testes. Isso porque, dependendo dos parâmetros utilizados, os resultados podem ser bastante variáveis. As classificações apresentadas neste trabalho são as que melhor descreveram o espaço analisado, especificamente nesta pesquisa. Em outra área de teste poderiam não descrever os mesmo resultados visuais, como aqui apresentados.

Outro aspecto a ser considerado é que, além de vários testes sobre as classificações, buscou-se também as classificações que descrevessem resultados visuais compatíveis para os anos de 2006 e 2007, sem deixar de retratar a realidade do espaço físico analisado.

6.2 Análise da acurácia temática da classificação supervisionada da imagem fusionada

Os processamentos referentes à análise da acurácia temática foram efetuados no *software* IDRISI, desenvolvido na *Clark University* pelo *Graduate School of Geography*. O IDRISI é um *software* para Sistema de Informações Geográficas que realiza processamentos de imagens, consulta a banco de dados, modelagem espacial, realce e classificação de imagens, entre outros procedimentos.

Os autores Lillesand, Kiefer e Chipman (2004) relatam que a quantificação da matriz de erros, também denominada de matriz de confusão ou tabela de contingência, tem função básica de comparação entre as categorias, em relação aos dados conhecidos e os resultados correspondentes de uma classificação automatizada.

A partir da matriz de erro podem ser calculadas a exatidão global da classificação e a exatidão para as classes separadamente. De acordo com Stein, Meer e Gorte (1999) a exatidão global é calculada a partir da razão entre o somatório dos pixels classificados corretamente dividido pelo número total de pixels utilizados para a verificação.

$$EG = \frac{\sum_{i=1}^r x_{ii}}{N} \quad (10)$$

Sendo,

EG: exatidão global;

N : número total de *pixels*;

x_{ii} : observação na linha i e coluna i (diagonal principal).

Congalton e Green (1999) relatam que outras análises levam em consideração os erros de omissão e inclusão, que utilizam das informações marginais das linhas e colunas da matriz de confusão. Os erros de omissão são aqueles para os quais os *pixels* pertencentes a uma classe de interesse são alocados em outras classes.

$$E_o = \frac{x_{i+} - x_{ii}}{x_{i+}} \quad (11)$$

Sendo,

E_o : erros de omissão

x_{i+} : valor marginal da coluna

x_{ii} : observação na linha i e coluna i (diagonal principal).

Diferentemente, os erros de inclusão se referem à inclusão dos *pixels* de outras classes à classe de interesse.

$$E_I = \frac{x_{+i} - x_{ii}}{x_{+i}} \quad (12)$$

Sendo,

E_I : erros de inclusão

x_{+i} : valor marginal da linha

x_{ii} : observação na linha i e coluna i (diagonal principal).

Com os valores provenientes do cálculo dos erros de omissão e inclusão torna-se possível o cálculo da acurácia da classificação das classes individuais a partir da acurácia do produtor e a acurácia do usuário.

$$\text{Acurácia do produtor} = 100\% - \text{erro de omissão} \quad (13)$$

$$\text{Acurácia do usuário} = 100\% - \text{erro de inclusão} \quad (14)$$

Rosenfield e Fitzpatrick-Lins⁹ (1986) *apud* Banko (1998) descrevem que a estimativa *Kappa* é uma medida global de concordância dos dados de referência e a classificação automática, e a probabilidade de concordância entre os dados de referência e a classificação aleatória. Este índice é amplamente utilizado e recomendado como um padrão, sendo definido matematicamente como:

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \quad (15)$$

Sendo,

r: número de linhas da matriz de confusão;

x_{ii} : observação na linha i e coluna i (diagonal principal);

n_{i+} e n_{+i} : totais marginais da linha i e coluna i , respectivamente;

N : número total de *pixels*.

A partir dos resultados obtidos na matriz de erros, foram calculados os indicadores de acurácia, correspondentes a exatidão global, erros de omissão e inclusão, acurácia do produtor e usuário, e o índice *Kappa*.

A matriz de erros para a classificação por Rede Neural Artificial de 2006 apresentou uma exatidão global de aproximadamente 87 % e a classificação por Rede Neural Artificial de 2007 aproximadamente 84 %. Esta porcentagem indica a os pixels classificados corretamente no processo de classificação adotado.

⁹ ROSENFELD, G. H. FITZPATRICK-LINS, K., 1986, A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 52, 223–227.

As Tabelas 7 e 8, apresentadas a seguir, demonstram o resultado obtido para os erros de omissão e inclusão e a acurácia do produtor e do usuário para cada classe mapeada.

Tabela 7: Indicadores de acurácia das classes mapeadas de 2006.

	Pavimentação Asfáltica	Cerâmica Clara	Telha de Barro	Telha de Barro Antiga	Telha de Zinco	Calçada	Fibrocimento	Laje Exposta	Solo Exposto	Vegetação Arbórea	Vegetação Gramínea	Piscina	Sombra	Cobertura Branca	Telha de Concreto
E _O (%)	2,89	4,36	2,86	7,74	7,47	43,00	20,24	52,71	34,23	16,56	13,68	1,75	0,04	7,72	23,69
E _I (%)	3,43	9,29	14,41	15,78	1,72	21,79	16,63	69,50	8,01	64,20	1,82	3,97	0,17	15,34	19,06
A _P (%)	97,11	95,64	97,14	92,26	92,53	57,00	79,76	47,29	65,77	83,44	86,32	98,25	99,96	92,28	76,31
A _U (%)	96,57	90,71	85,59	84,22	98,28	78,21	83,37	30,50	91,99	35,80	98,18	96,03	99,83	84,66	80,94

Tabela 8: Indicadores de acurácia das classes mapeadas de 2007.

	Pavimentação Asfáltica	Cerâmica Clara	Telha de Barro	Telha de Barro Antiga	Telha de Zinco	Calçada	Fibrocimento	Laje Exposta	Solo Exposto	Vegetação Arbórea	Vegetação Gramínea	Piscina	Sombra	Cobertura Branca	Telha de Concreto
E _O (%)	8,17	53,56	2,87	11,71	2,10	34,71	9,93	44,29	19,97	5,96	11,34	0,34	0	0,62	42,60
E _I (%)	0,17	14,47	31,77	36,28	0,07	34,26	15,91	84,95	1,09	29,67	3,55	12,14	0,07	70,54	34,68
A _P (%)	91,83	46,44	97,13	88,29	97,90	65,29	90,07	55,71	80,03	94,04	88,66	99,66	100	99,38	57,40
A _U (%)	99,83	85,53	68,23	63,72	99,93	65,74	84,09	15,05	98,91	70,33	96,45	87,86	99,93	29,46	65,32

Uma matriz de erros assumindo uma classificação ideal, conforme relatam Bernardi et al. (2007), deve apresentar os valores na diagonal principal próximos a 100%, o que demonstra que não houve confusão entre as classes. Entretanto, esta situação é de difícil ocorrência em imagens com alvos de características espectrais semelhantes. O resultado pode ser melhorado quando são analisadas formas e texturas.

Ao analisar as classes de 2006 verifica-se que todas apresentaram erro de omissão e inclusão, sendo que a classe “sombra” apresentou menor erro e a classe “laje exposta” a que apresentou o maior erro. Há de serem observados os elevados índices de erro

nas classes que caracterizam construções de cimento: calçada, fibrocimento, laje exposta e telha de concreto. Embora sejam as feições distintas entre si, estas apresentam resposta espectral semelhante, dificultando a exata caracterização de suas diferenças no processo de classificação adotado.

Ainda em relação à classificação de 2006 os melhores índices para a acurácia do produtor foram para as classes “sombra”, “pavimentação asfáltica”, “telha de barro”, “telha de barro antiga”, “telha de zinco”, “piscina”, “sombra” e “cobertura branca”. Os índices de acurácia do usuário foram mais bem atribuídos para as classes “pavimentação asfáltica”, “telha de zinco”, “cerâmica clara”, “solo exposto”, “vegetação gramínea”, “piscina” e “sombra”.

De forma análoga foram analisadas as classes de 2007. A única classe que não apresentou erro de omissão foi a “sombra”, sendo este o melhor índice, seguido da classe “piscina”. A classe que apresentou maior erro de omissão foi a “cerâmica clara”. Do mesmo modo como observado para as classes de 2006, nas classes da imagem de 2007 os altos índices de erro de omissão ficaram caracterizados para as classes provenientes da mesma origem: cimento.

Os melhores índices para acurácia do produtor na classificação de 2007 foram para as classes “pavimentação asfáltica”, “telha de barro”, “telha de zinco”, “fibrocimento”, “vegetação arbórea”, “piscina”, “sombra” e “cobertura branca”. A acurácia do usuário foi mais bem identificada para as classes “pavimentação asfáltica”, “telha de zinco”, “solo exposto”, “vegetação gramínea” e “sombra”.

O índice *Kappa*, que indica uma medida global de concordância da matriz de confusão, foi de aproximadamente 84% para a classificação de 2006 e 82% para a classificação de 2007.

As classificações obtidas a partir de Redes Neurais Artificiais foram as selecionadas porque além de apresentarem melhor delineamento das feições de interesse, apresentaram maiores índices de erros nas classes que não são de interesse desta pesquisa (vegetação arbórea, vegetação gramínea e solo exposto) e que foram utilizadas visando a menor mistura entre as outras classes de interesse. Em relação às classes que caracterizam-se por apresentarem como principal fonte o cimento em sua composição, estas foram unidas, já que no processo de atualização dos atributos das feições identificadas a composição principal indicaria que a detecção é de um alvo composto por cimento e no processo podem ser estabelecidas conferências em campo após a identificação realizada.

7 DETECÇÃO DE ALTERAÇÕES

Para o processo de detecção de alterações foram adotados dois objetivos principais: identificar a alteração e retratar o tipo da alteração ocorrida. De forma mais detalhada, este processo diz respeito a não apenas identificar que houve mudança, mas caracterizar esta mudança que é validada a partir das classificações das imagens dos anos de 2006 e 2007.

O intuito desse processo é descrever, a princípio visualmente, as alterações ocorridas na área de teste para que estas possam ser verificadas em campo, minimizando o processo de atualização cadastral no perímetro urbano adotado.

Para a detecção de alterações entre as épocas 2006 e 2007 foi realizada uma fusão das imagens pancromáticas Quick Bird ortorretificadas, apresentadas em Miyashita (2008). A fusão das imagens foi obtida através do Sistema de Atualização de Mapeamento (SAM), que resultou em um destacamento de algumas feições que podem ser visualizadas na Figura 22. As feições novas detectadas neste processo são destacadas em vermelho e as feições que deixaram de existir são destacadas em ciano.



Figura 22 – Resultado da fusão das imagens pancromáticas de 2006 e 2007 geradas no SAM.

De posse da imagem gerada, apresentada na Figura 22, foi possível a realização da vetorização das novas feições identificadas (em vermelho). A extração dos

vetores teve por objetivo compatibilizar as detecções geradas a partir do SAM e as detecções a partir dos processos de classificação das imagens. A Figura 23 apresenta o resultado dessa vetorização.

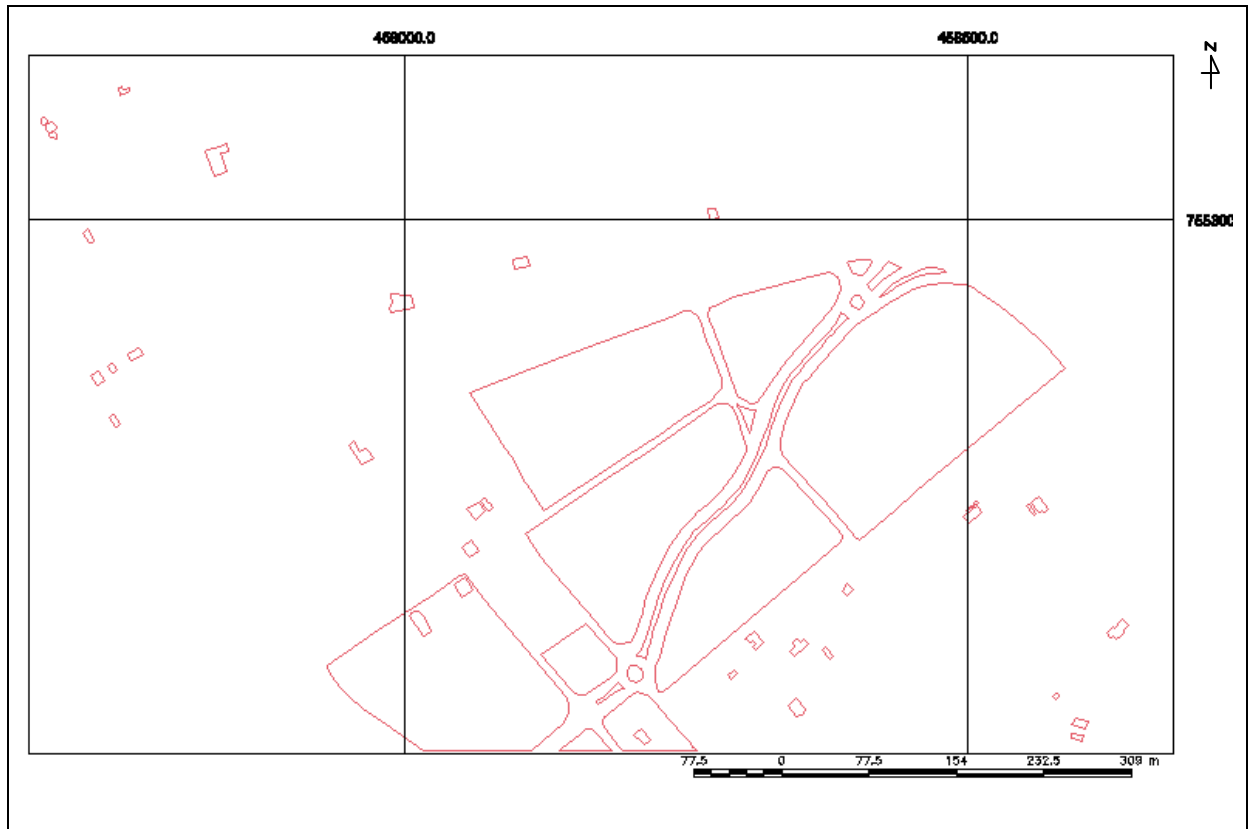


Figura 23 – Vetorização das novas feições detectadas.

A partir da Figura 22 justifica-se a utilização de imagens coloridas como fonte de análise de alterações ocorridas, visto que as imagens pancromáticas inseridas no processo, apesar de apresentarem resolução espacial melhor, não permitem a caracterização das feições em relação às cores que são assumidas nas imagens multiespectrais.

Como ponto de partida, para a utilização das composições coloridas das imagens multiespectrais, era conhecida a necessidade da realização da fusão das bandas pancromática e multiespectrais das imagens de 2006 e 2007, como discutido e avaliado no item 5.2. Sabia-se, também, que a possibilidade do uso de classificação das imagens em classes temáticas ajudaria a distinguir as feições presentes das imagens. Mas restava uma questão: “como efetuar, de fato, um resultado visual das feições “alteradas” no espaço de tempo de 2006 a 2007 das imagens?” Seguiu-se do seguinte modo:

- 1 – De posse das imagens classificadas, foram exportadas as classes temáticas de cada ano separadamente no *software* IDRISI. Para minimizar o tempo computacional, já que para cada tema exportado haveria apenas um tipo de feição de interesse, a partir de cada imagem contendo apenas uma classe foi gerada uma imagem binária (fundo em preto e alvo de interesse em branco – 0 e 255, respectivamente);
- 2 – O resultado desse processo foi dois blocos de imagens (2006 e 2007) que continham as mesmas classes temáticas, referentes ao processo de classificação;
- 3 – A partir daí, para cada classe, foi efetuada a subtração das imagens contendo os temas, como exemplificam as Figuras 24 e 25.

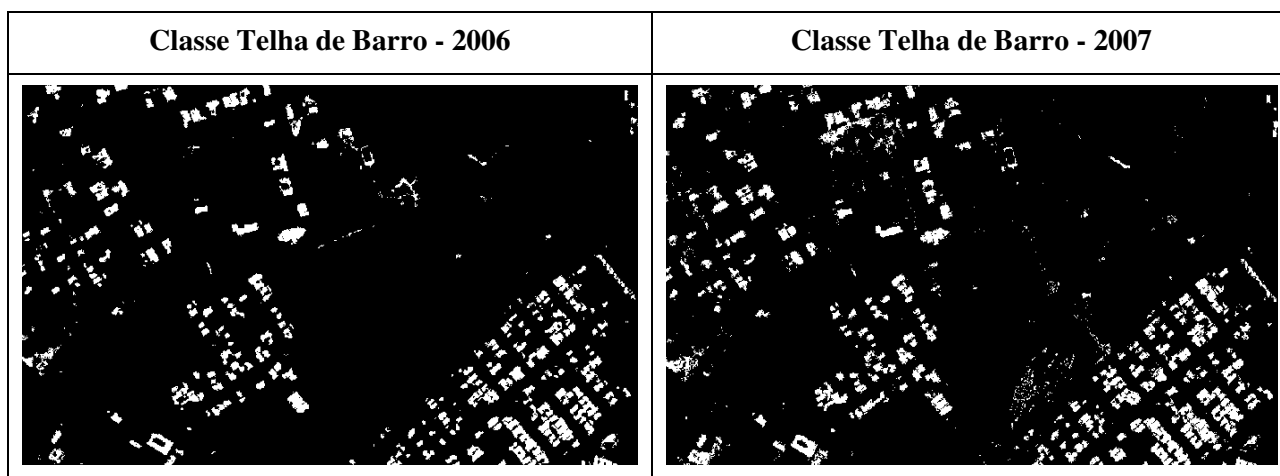


Figura 24 – Classe Telha Barro retratada dos anos de 2006 e 2007.



Figura 25 – Resultado da subtração da classe Telha de Barro de 2006 e 2007.

Analisando a Figura 25 é possível notar que houve ruídos no resultado da subtração das imagens que contém os temas. Todos os temas apresentaram ruídos semelhantes

ao da classe Telha de Barro. Isso porque, mesmo utilizando mesma metodologia para as imagens fusionadas dos anos de 2006 e 2007, ainda assim são imagens diferentes, possuem condições de iluminação diferentes e estes fatores não foram tratados durante os processamentos. Outro aspecto a ser analisado é que em se tratando da etapa de classificação, mesmo utilizando o mesmo algoritmo pertencente ao processo adotado para as imagens de 2006 e 2007, os resultados são distintos. Embora estes sejam semelhantes na classificação geral das imagens de 2006 e 2007, não caracterizam mesma qualidade para todas as classes temáticas.

Apesar de esses ruídos ocorrerem nas imagens pode-se, ainda assim, observar um melhor destacamento onde realmente ocorreram alterações consideráveis, como é apresentado em algumas feições na Figura 26.



Figura 26 – Resultado da subtração da classe Telha de Barro de 2006 e 2007 em destaque para algumas feições.

A definição das quinze classes temáticas utilizadas neste trabalho se deu com intuito de melhor descrever visualmente a “separabilidade” das feições na área de teste, bem como permitir o tipo de feição identificada. Um exemplo disso é que para minimizar as confusões com solo exposto foram definidas duas classes para representar telhas de barro: “Telha de barro” e “Telha de Barro Antiga”. No processo de exportação das classes a classe “Telha de Barro” as classes “Telha de Barro” e “Telha de Barro Antiga” foram reunidas em apenas uma classe.

Como relatado na análise das classificações, relatado no item 6.2, houve confusão considerável nas classes que contém com fonte a característica de evidenciarem cimento em sua constituição física. Estas classes, então foram reunidas em apenas uma, passando a ser nomeada esta classe de “Cimento”. São as classes reunidas: Calçada, Fibrocimento, Laje Exposta e Telha de Concreto. Do mesmo modo a classe “Cobertura Branca” foi incorporada a classe “Cerâmica Clara”.

Para a atualização cadastral foram consideradas as classes:

- Pavimentação Asfáltica;
- Cerâmica Clara;
- Telha de Barro;
- Telha de Zinco;
- Cimento; e
- Piscina.

A imagem com as classes temáticas consideradas para a atualização cadastral, que indicam alteração, é apresentada na Figura 27.

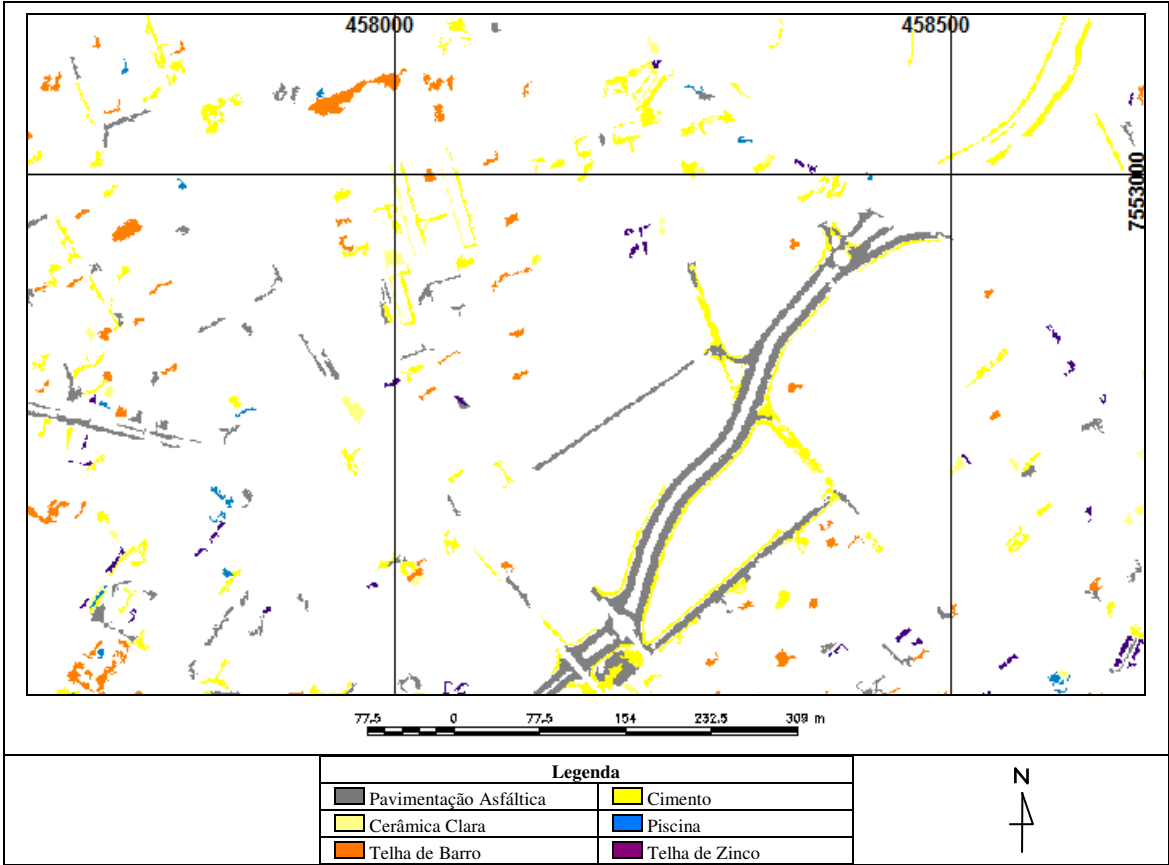


Figura 27 – Imagem com as classes para a atualização cadastral.

Ao sobrepor a imagem apresentada na Figura 27 sobre a imagem pancromática Quick Bird de 2006 tem-se como resultado as alterações que devem ser analisadas para possíveis atualizações e verificação em campo.

A Figura 28 indica as possíveis atualizações a serem analisadas para registro no Banco de Dados Cadastrais.

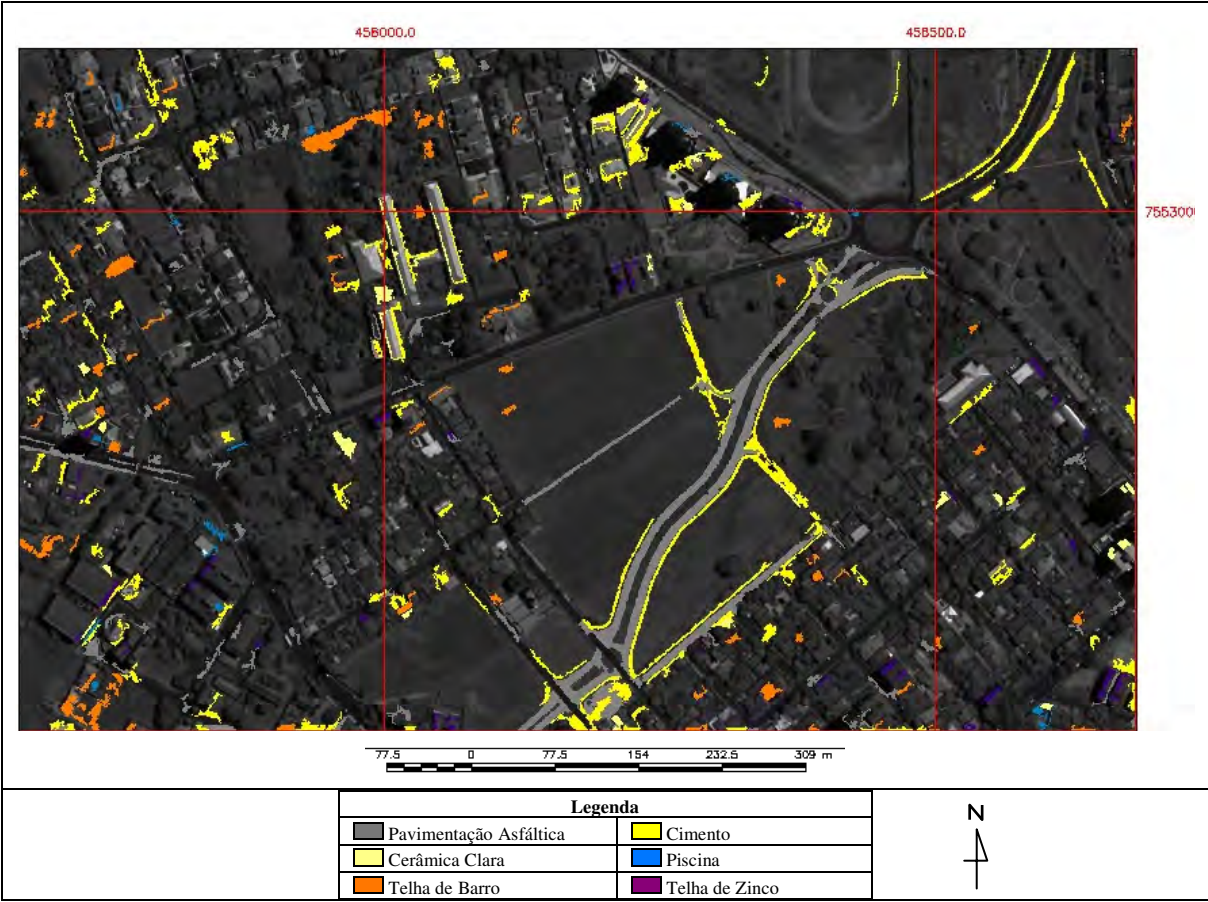


Figura 28 – Imagem pancromática de 2006, sobreposta pelas classes para a atualização cadastral.

Através do cruzamento das informações advindas pelo processo de detecção de alterações no SAM (Figura 23) e pelo processo a partir das classificações realizadas e posteriores procedimentos (Figura 27 e 28), tem-se as áreas de alteração (vetorizadas) com a descrição visual do tipo de alteração ocorrida, como pode ser verificado na Figura 29.

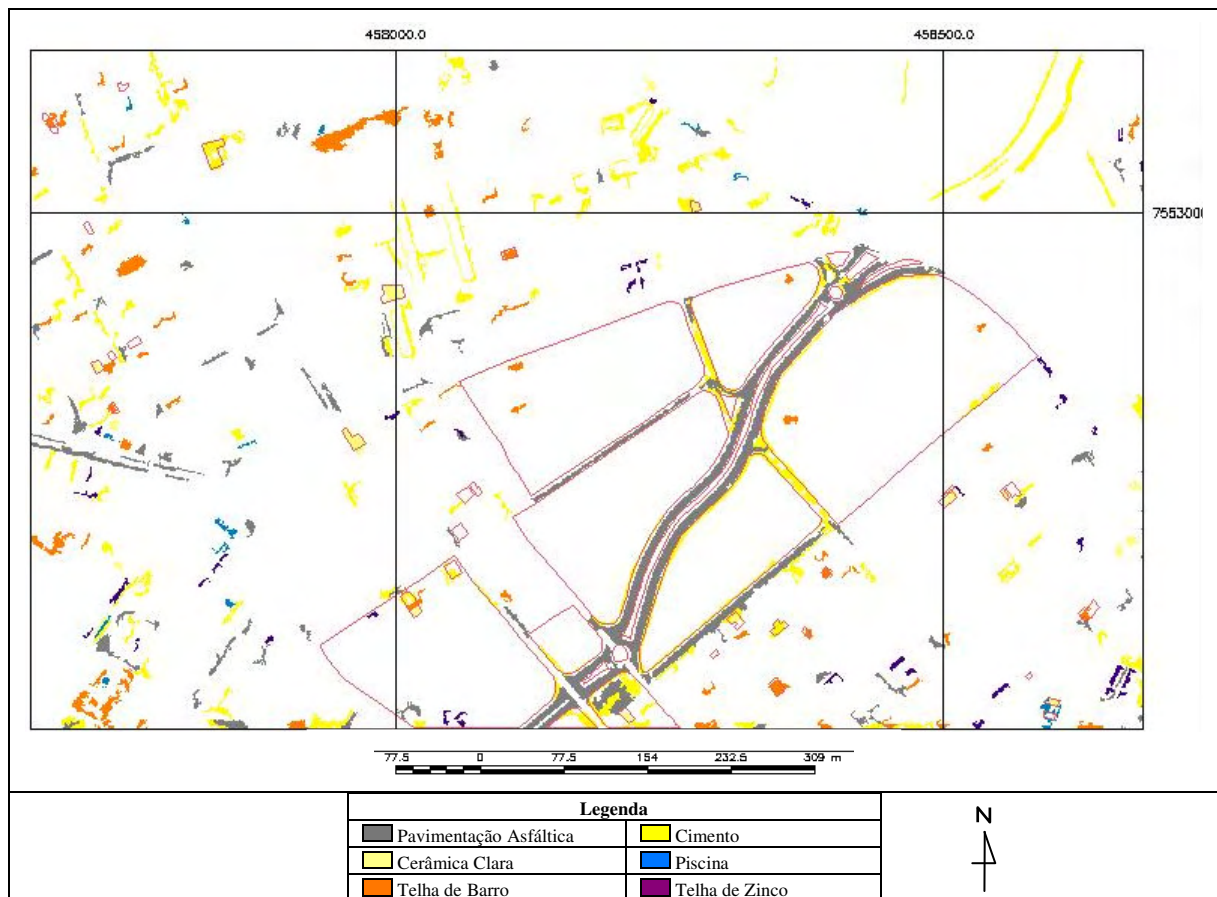


Figura 29 – Vetorização das feições identificadas no SAM e classes para a atualização cadastral.

8 CONSULTA AO BANCO DE DADOS

Aplicados os processos para detecção de alterações, é apresentada na Figura 30 uma quadra da área de teste para validar a atualização do banco de dados cadastrais, verificando a relevância das alterações identificadas.

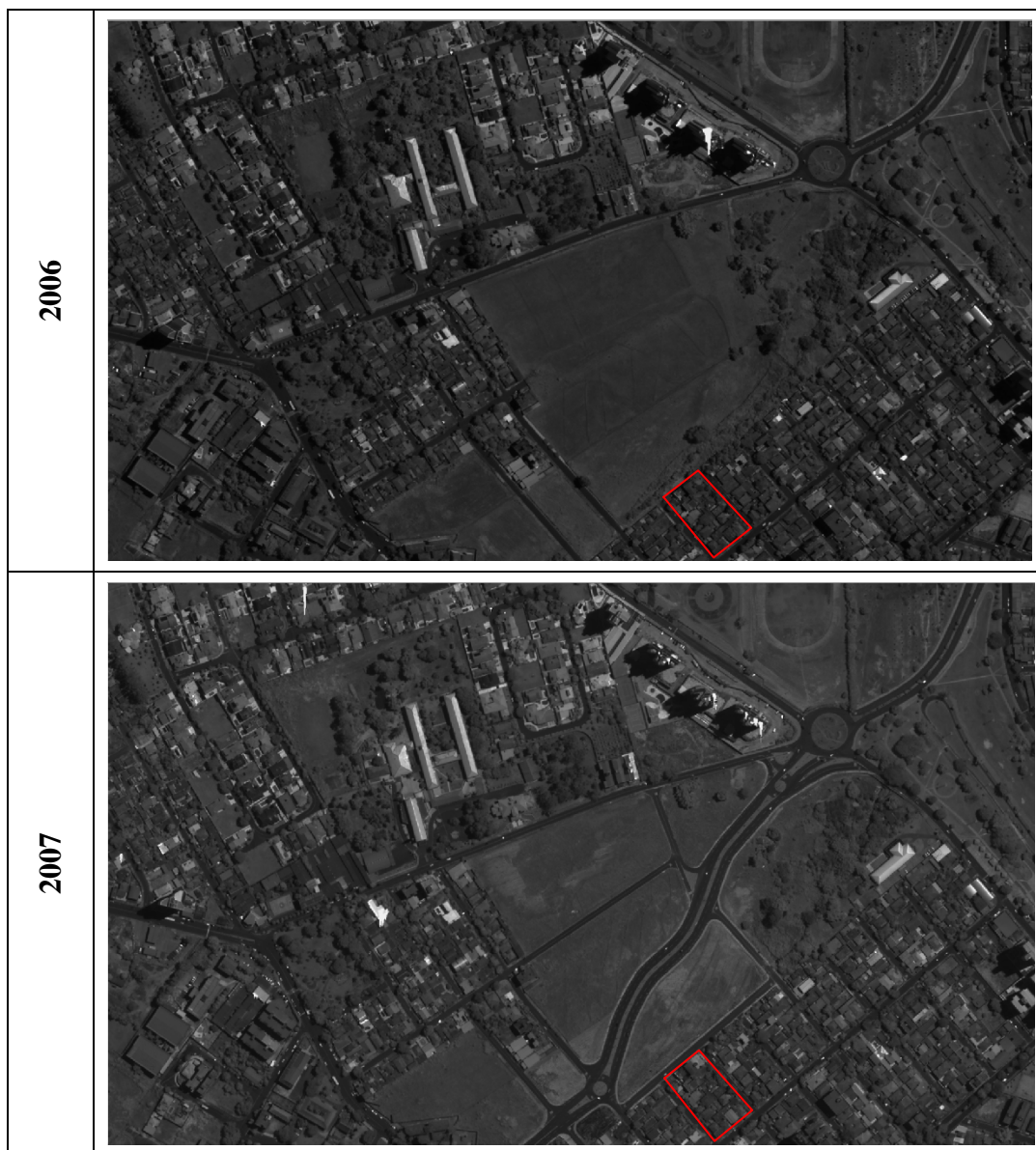


Figura 30 – Seleção de quadra para a atualização do banco de dados cadastrais.

No banco de dados a inscrição cadastral (SSQQLLFF: SS – setor, QQ – quadra, LL – lote, FF - fração) está associada à coordenada central do lote (E, N – coordenadas planas UTM). Tem-se, assim, como demonstrado na Tabela 9, a estrutura para a atualização do banco de dados cadastrais.

Tabela 9: Estrutura do banco de dados cadastrais para identificação de lotes.

Lote	Área Construída cadastrada (m ²)	Área Construída detectada (m ²)	Atributo (2006)	Atributo (2007)	Relevância
SSQQLLFF	SSQQLLFF	SSQQLLFF			Sim ou Não
Coordenada	Área Construída	Área Construída			

Para o cálculo de área da feição construída das edificações foram utilizadas imagens pancromáticas Quick Bird ortorretificadas disponibilizadas em Miyashita (2008). As áreas foram obtidas pelo método apresentado em Souza (2007). Neste método a área da edificação é buscada no banco de dados a partir da coordenada central do lote. A nova área identificada é, então, associada ao banco de dados de acordo com um limiar estabelecido (limiar, em porcentagem, definido para identificara alteração ocorrida em m² nos imóveis analisados). Há de ser ressaltado que o método de Souza (2007) realiza uma compatibilização entre o valor de área obtido a partir da imagem e o valor introduzido no banco de dados, já que as medidas são estabelecidas através dos telhados e coberturas das edificações.

A partir da região analisada, identificada na Figura 30, tem-se os seguintes dados na Tabela 10.

Tabela 10: Estrutura do banco de dados cadastrais para identificação de lotes da área selecionada.

Lote	Área Construída cadastrada em 2006 (m ²)	Área Construída detectada em 2007 (m ²)	Atributo 2006	Atributo 2007	Relevância
07050101	207,476	-	cimento	cimento	Não
07050201	205,955	-	cimento	cimento	Não
07050301	143,469	-	telha de barro	telha de barro	Não
07050401	158,504	-	cimento	cimento	Não
07050501	175,658	-	telha de barro	telha de barro	Não
07050601	152,248	-	telha de barro	telha de barro	Não
07050701	146,402	-	telha de barro	telha de barro	Não
07050801	131,823	140,242	cimento	telha de barro	Sim
07050901	87,375	-	telha de barro	telha de barro	Não
07051001	88,912	-	telha de barro	telha de barro	Não

07051101	79,352	-	cimento	cimento	Não
07051201	77,254	-	telha de barro	telha de barro	Não
07051301	0	-	solo exposto	solo exposto	Não
07051401	113,23	243.273	cimento	cimento	Sim

Nesta pesquisa é assumido que se o valor de área construída detectada no ano de 2007 fosse acima de 5% (limiar adotado) do valor cadastrado no ano de 2006 ou houvesse alteração de atributo (classe), a alteração é considerada relevante. Assim, por análise visual referencia-se o tipo de feição (alteração) detectada a partir das classes temáticas apresentadas na Figura 27.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS RECOMENDAÇÕES

9.1 Considerações Finais

O dinamismo e complexidade das mudanças dentro do espaço urbano das cidades foram pontos instigantes para a realização deste trabalho. A atualização cadastral e os métodos para sua ocorrência são temas de muitas discussões, visto que o Cadastro em um município visa atender aspectos, muitas vezes, particulares quando comparado a outras municipalidades.

Neste sentido, foi apresentada uma proposta para a atualização de um banco de dados cadastrais no aspecto de informações de descrições visuais. Isso permite a incorporação de constantes atualizações da área urbana nos bancos de dados cadastrais das prefeituras.

A detecção das alterações na área de teste deu-se a partir da definição das classes de interesse traçadas neste trabalho e comumente utilizadas na identificação de alvos para área urbana.

Pela disponibilidade de integrar processos de classificação de imagens no método proposto, conforme a necessidade do mapeamento para a atualização, é possível incorporar novas classes a serem identificadas ou mesmo suprimir as que não forem de interesse para a atualização.

Embora tenha sido expresso algumas alterações em área (m^2) de alguns imóveis, esta informação não é totalmente confiável, pois os valores foram tomados sobre as imagens. Pressupõe-se, com esta pesquisa, que para a utilização dos processos aplicados a prefeitura do município já possua um banco de dados cadastrais e queira apenas atualizá-lo.

Em relação aos identificadores do banco de dados abordados é utilizada sua relação à coordenada central de cada lote, obtido pelo método descrito em Souza (2007) que apresenta uma proposta para a determinação automática dessas coordenadas centrais para os imóveis identificados em um processo de atualização cadastral, baseado na utilização de imagens.

A maior preocupação aplicada a esta pesquisa foi a utilização de imagens de satélite de alta resolução espacial para a atualização de dados de atributos do cadastro urbano. Um passo importante foi estabelecido ao integrar o espaço de cores na sequência apresentada.

Os resultados apresentados aqui não têm pretensão de relatar uma visão apenas otimista da utilização de imagens de satélite de alta resolução espacial. Mesmo com

muitas melhorias em relação a processos adotados no passado, ao se utilizar imagens de satélite para fins de mapeamentos, há de serem discutidos fatores como qualidade de dados obtidos e qual a finalidade para que se aplique as imagens como fonte inicial de processos.

A proposta de atualização do banco de dados cadastrais por esta pesquisa não contempla qualidade geométrica no mapeamento para que as coordenadas dos imóveis sejam armazenadas, já que o que se obtém é apenas a coordenada central do imóvel para posterior conferência em campo e não saber exatamente as dimensões do mesmo através de processos de classificação de imagens.

O banco de dados cadastrais adotado, por ser simulado, não faz parte de dados disponibilizados pela prefeitura do município analisado. Este banco de dados trata-se de uma simulação dos dados que podem ser atualizados a partir da proposta estudada nesta pesquisa.

Os resultados obtidos com os processos mencionados não estabelecem fixação de seqüências e processos para a atualização do banco de dados cadastrais a partir da utilização de imagens de satélite de alta resolução espacial. Isso porque cada região de uma imagem de satélite pode retratar uma realidade diferenciada, quando comparada à região adotada neste trabalho. Diante disso, é necessário cuidado e esforço em conhecer a região analisada, bem como estabelecer parâmetros diferentes no processo de classificação, de acordo o objetivo traçado.

Uma grande vantagem que pode ser exemplificada é que se um município tem 50000 imóveis cadastrados em sua área urbana e a partir da seqüência apresentada nesta pesquisa obtiver um índice de detecção de alterações para 5000 imóveis, ainda que hajam apenas 3500 imóveis detectados corretamente, o tempo será perdido em conferir em campo apenas os 1500 imóveis detectados erroneamente e não havendo a necessidade de conferir ainda todos os outros 45000 imóveis da área urbana desse município. É claro que estes dados são supostos, mas permitem pensar no processo de atualização cadastral de área urbana como um processo viável quando comparado a estabelecer uma metodologia de recadastramento de todos os imóveis da mesma área.

Os objetivos propostos neste trabalho foram alcançados no que se refere a uma proposta de atualização cadastral para área urbana e isto pôde ser verificado a partir dos processos realizados para a área de teste.

9.2 Recomendações

Devido o tema Atualização Cadastral e considerando a dinâmica das alterações da área urbana, diferentes pesquisas e perspectivas podem ser traçadas.

Na área urbana, por se tratar de uma área de muitos detalhes, há complexidade no tratamento de dados para a extração de informações utilizadas nos processos de detecção de alterações.

Existem pesquisas que se destinam à melhoria da descrição geométrica das feições nos processos de classificação de imagens. Estas utilizam-se de uma terminologia: classificação orientada a objetos. Recentemente há estudos relevantes nesta área e o que se observa é que a tendência deste tipo de abordagem é oferecer melhor identificação das feições das imagens analisadas e, como consequência, uma melhor classificação. A utilização de classificação orientada a objetos pode ser incorporada à proposta da pesquisa apresentada neste trabalho para melhores resultados.

Espera-se que a proposta apresentada neste trabalho sirva como apoio para novas pesquisas e que esse processo seja aplicado a outras áreas.

REFERÊNCIAS

AMORIM, A. **Utilização de modelos estereoscópicos híbridos na atualização cartográfica.** São Carlos. 124p. Tese. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2000.

AMORIM, A., TOMMASELLI, A. M. G., NOGUEIRA, F. C., MONTEIRO, J. D., HASEGAWA, J. K., GALO, M., OLIVEIRA, L. A. J., FALCON, R. R. **Sistema de atualização de Mapeamentos para estéreo-pares híbridos: Um protótipo em desenvolvimento.** In: IV Fórum de Ciências da FCT, 2003a, Presidente Prudente.

AMORIM, A., SOUZA, G. H. B., DALAQUA, R. R., OLIVEIRA, R. F. Q. Utilização de formulários para leitura óptica na informatização de recadastramentos e levantamentos censitários.. **Revista Eletrônica Memórias de Geoinfo.** ISSN-1028-8961. Havana - Cuba. , v. VI, p.1 - 13, 2003b.

AMORIM, A.; SOUZA, G. H. B.; DALAQUA, R. R. Uma metodologia alternativa para a otimização da entrada de dados em sistemas cadastrais. **Revista Brasileira de Cartografia.** n.56, p. 47-54, jul. 2004.

ANTUNES, A. F. B. **Cadastro Técnico Urbano e Rural.** Curitiba: Ufpr, 2007. 81 p.

BAGLI, V. V. **Mosaico de imagens de sensoriamento remoto.** 2005. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Inpe, São José Dos Campos, 2005. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/~vantier/proposta/proposta.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2006.

BANKO, G. A. **Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data and of Methods Including Remote Sensing Data in Forest Inventory.** 42 f. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, nov. 1998.

BEPPLER, M. **Atualização de bases cadastrais, em áreas de ocupações irregulares, a partir de imagens de alta resolução espacial.** 2007. 102 p. Dissertação (Mestrado) – UFPR, Curitiba.

BERNARDI, H. V. F. DZEDZEJ, M. CARVALHO, L. M. N. T. ACERBI, F. W. J. Classificação digital do uso do solo comparando os métodos “pixel a pixel” e orientada ao objeto em imagem QuickBird. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, 2007, INPE, p. 5595-5602.

BOTELHO, M. F. **Aplicação de Redes Neurais na Classificação de imagens de alta resolução espacial e dados do laser scanner, usando uma abordagem orientada a regiões.** 2004. 114 p. Dissertação (Mestrado) – UFPR, Curitiba.

BRUZZONE, L.; PRIETO, D. F. Automatic analysis of the difference image for unsupervised change detection. **IEEE Transactions on geoscience and remote sensing**, Londres, v. 38, n. 3, p.117-1182, mai. 2000.

CARNEIRO, A. F. T; LOCH, C.:(2000). Análise do Cadastro Imobiliário de Algumas Cidades Brasileiras. In: **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 4.,** Anais CD-Rom. Florianópolis, SC, 2000.

CARNEIRO, A. F. T. **Cadastro Imobiliário e Registro de Imóveis.** 1ªEd. Editora Sérgio Antonio Fabris, Porto Alegre 2003. 272p.

CARTER, D. B. **Analysis of multiresolution data fusion techniques.** 1998. 54 p. Thesis (Master of Science of Geography) – Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia.

CHOI, M. A New Intensity-Hue-Saturation Fusion Approach to Image Fusion With a Tradeoff Parameter. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 44, n. 6, p. 1672 – 1682, jun. 2006.

COHEN, N. Space Imaging: Um novo paradigma da imagem. (Entrevista). **Revista InfoGeo.** n14, p. 18. 2000.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely sensed Data: Principles and Practices.** Boca Raton: Lewis Publishers, 1999. 137 p.

COSTA, R. F., MAGALHÃES, A. M. W. Avaliação de Imagem IKONOS Geo Ortoretilhada para utilização do Cadastro Técnico Municipal. In: **Congresso Brasileiro de Cartografia, XXI,** 2003, Belo Horizonte. Anais em CD ROM.

DEER, P. **Digital change detection techniques in remote sensing.** DSTO Technical Report, Australia, 1995.

DELLA ROCCA, M. R. et al. **Using the data fusion technique for producing thematic map**. In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING (ISPRS) CONGRESS, XX, Istanbul, 2004. Disponível em: <<http://www.isprs.org/istanbul2004/comm4/comm4.html>>. Acesso em: 07 jul. 2008.

DIGITALGLOBE. **QUICKBIRD imagery products – products guide**. 78 p. 2007. Disponível em: <<http://www.digitalglobe.com>>. Acesso em: 25 jun. 2008.

ELAKSHER, A. F.; BETHEL, J. S.; MIKHAIL, E.M.: Roof Boundary Extraction Using Multiple Images. **Photogrammetric Record**, v18, n.101: p. 27– 40, mar. 2003

ELMASRI, R., NAVATHE, S. B. **Sistema de Banco de Dados: Fundamentos e Aplicações**. Rio de Janeiro. Editora LTC, 2002.

ERBA, D. A. OLIVEIRA, F. L. LIMA, P. N. JR. Cadastro Multifinalitário como instrumento de política fiscal e urbana. Rio de Janeiro, 2005. 144 p.

ERBERT, M. **O Uso da Análise Discriminante Regularizada (RDA) no Reconhecimento de Padrões em Imagens Digitais Hiperespectral de Sensoriamento Remoto**. 2001. 118p. Dissertação (Mestrado) – UFRGS, Porto Alegre.

Eurimage. **Eurimage products and services: QUICKBIRD**.

Disponível em: < <http://www.eurimage.com/products/docs/quickbird.pdf>>. Acesso em: 03 de março de 2009.

GATO, H. E. R.; IMAI, N. N.; TOMMASELLI, A. M. G.: **Uma abordagem semi-automática para extração de feições cartográficas**. Revista Brasileira de Cartografia, No 53, pp. 16-28, dezembro 2001.

GONÇALVES, J. R. Métodos de Atualização Cadastral Urbana. In: **Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**, 7, Anais CD-Rom. Florianópolis, SC, 2006.

GONG, P. Integrated Analysis of Spatial data from multiple sources: using evidential reasoning and artificial neural network techniques for geological mapping. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.62, n 5p, 513 – 523, 1996.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento Digital de Imagens**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000. 717p.

HABIB, A., R. AL-RUZOUQ, C. J. K., 2004. Semi-Automatic Registration and Change Detection Using Multisource Imagery with Varying Geometric and Radiometric Properties, In: XXTH ISPRS CONGRESS, 2004, Istanbul, Turkey, **PS ICWG II/IV Change Detection and Updating for Geodatabase**, 2004, p. 445 - 450.

HENSSEN, J. **Basic Principles of the Main Cadastral Systems in the World**. In: CADASTRE AND RURAL LAND MANAGEMENT, OF THE INTERNATIONAL FEDERATION OF SURVEYORS (FIG), 2005, Netherlands. Disponível em: < https://www.fig.net/commission7/reports/events/delft_seminar_95/paper2.html>. Acesso em: 26 jun. 2008.

HEROLD, M.; LIU, X. H.; CLARKE, K. C. Spatial Metrics and Image Texture for Mapping Urban Land Use. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. v. 69, n.9, p. 991-1001. Set. 2003.

INPE. **Divisão de Processamento de Imagens: SPRING**. 2008. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/teoria/aula3.pdf>> . Acesso em: 03 jul. 2008.

ISPRS JOINT CONFERENCE, 3., 2005, Tempe. **CHANGE DETECTION IN URBAN AREAS WITH QUICKBIRD IMAGERY AND NEURAL NETWORKS ALGORITHMS**. Tempe, Az, Usa,: International Archives Of Photogrammetry, Remote Sensing And Spatial Information Sciences, 2005. p. Disponível em: <http://www.isprs.org/commission8/workshop_urban/delfrate.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2008.

JACOBSEN, K. Comparison of high resolution mapping from space. In: PROCEEDINGS OF XXIITH INCA CONGRESS, Ahmedabad, Índia. 2002.

KAUFMANN, J.; STEUDLER, D. **Cadastral 2014: a vision for a future Cadastral System**. In: FÉDÉRATION INTERNATIONALE GÉOMÈTRES CONGRESS, XXI, Brighton, 1998. Disponível em: < <http://www.fig.net/cadastral2014/translation/c2014-english.pdf> >. Acesso em: 12 jan. 2007.

KROENKE, D. M., **Banco de Dados: Fundamentos, Projeto e Implantação**. Rio de Janeiro, RJ. Editora LTC, 1999.

KUX, H. J. H; PINHEIRO, E. S. Dados do satélite *QUICKBIRD* para o mapeamento do uso e cobertura da terra numa seção da Mata Atlântica no Estado do Rio Grande do Sul. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XII**, Goiânia. **Anais...** 2005. p. 4509-4516.

LABEN et al. **Process for Enhancing the Spatial Resolution of Multispectral Imagery Using Pan-Sharpening**. US Patent 6011875. 2000.

LARSSON, G. **Land registration and cadastral systems**. London: Longman Group UK. 1991.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation**. 4 ed. New York: John Wiley & Sons, 2004. 721 p.

LIMA, O. P. (1999): **Proposta metodológica para o uso do Cadastro Técnico Multifinalitário na Avaliação de Impactos Ambientais**, In Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis, SC. p. 147.

LINDER, W. **Digital Photogrammetry: theory and applications**. Berlin: Springer Verlag, 2003.

LOCH, R. N.; KIRCHNER, F. F. Potencialidade de imagem espectral e espacial de alta resolução no fornecimento de dados de uso da terra em áreas degradadas pela mineração. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, X**, Foz do Iguaçu, **Anais...** 2001.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. v. 3, 4º ed. São Paulo: Scipione. 1997. 489p.

MENDES, T. S. G.; POZ, A. D. **Extração Semi-Automática de Rodovias Combinando um Modelo de Trajetória com uma Estratégia de Correlação**. GEOINFO 2002. Anais em CD-ROM.

MIKHAIL, E. M.; BETHEL, J. S.; McGLONE, J. C. **Introduction to modern Photogrammetry**. New York: John Wiley & Sons, 2001.

MIYASHITA, P. M. **Cadastro de propriedades em áreas de expansão e vazios urbanos: avaliação de uma metodologia de baixo custo.** 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado) – UNESP, Presidente Prudente, 2008.

MORAES, E. C.; RUDORFF, B. F. T.; MOREIRA, F.; PONZONI, F. J.; CAMARGO JR, H.; CONFORTE, J. C.; MOREIRA, J. C.; EPIPHANIO, J. C. N.; KAMPEL, M.; ALBUQUERQUE, P. C. G.; MARTINI, P. R.; SANTOS, V. M. N.; SAUSEN, T. M. **Curso de Uso de Sensoriamento Remoto no Estudo do Meio Ambiente.** São José dos Campos: INPE, 2002.

disponível em:

<<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.13.16.47/doc/indice.pdf>>.

Acesso em: 26 de fevereiro de 2009.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação.** 3º Ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2005. 320p.

Atualização disponível em: <<http://www.ltid.inpe.br/dsr/mauricio/sensores.htm>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2009.

MORGADO, A. M. **Fotogrametria Digital:** automatização da orientação de imagens digitais. Cartografia e Cadastro, nº 6, junho/1997.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto:** princípios e aplicações. 2º ed. São Paulo: Edgard Blücher. 1992. 308p.

PASSOS, A. C. P., MARKUS, F. F., ANTUNES, A. F. B., ARAKI, H. (2001) Avaliação da aplicabilidade de Imagem de Alta resolução para o Cadastro Técnico Municipal. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10.** Foz do Iguaçu – PR. Anais, 1139 – 1145.

PHILIPS, J.; (1996). Os dez mandamentos para um cadastro moderno de bens imobiliários. In: **Congresso de Cadastro Técnico Multifinalitário, 2.** Florianópolis -SC. Anais, p .170 - 183.

PINHEIRO, E. S. **Avaliação de Imagens Quickbird na Análise Geográfica de um Setor da Mata Atlântica do Rio Grande do Sul.** 2003. 183f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

PINHO, C. M. D. KUX, H. J. H. Dados do Quick Bird para subsidiar o planejamento urbano: Uma proposta metodológica, município de São José dos Campos, SP. In: Simpósio Latinoamericano sobre Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial, 11., 2004, Santiago. **Anais XI Simposio Latinoamericano sobre Percepción Remota y Sistemas de**

Información Espacial. Santiago: Selper, 2004. p. 1 - 10. Disponível em:
<http://www.definiens.com/pdf/publications/Selper_2004_final.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2007.

PINHO, C. M. D., RENNÓ, C. D., KUX, H. J. H. Avaliação de técnicas de fusão aplicadas à imagem Quick Bird. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XII**, Goiânia, Anais... 2005.

POON, J.; SMITH, L.; FRASER, C. **Orthoimage Resolution and quality Standards**. 39 f. University of Melbourne. 2006.
Disponível em : < http://www.crcsi.com.au/uploads/publications/PUBLICATION_306.pdf>.
Acesso em: 02 de março de 2009.

RADKE, Richard J. et al. Image Change Detection Algorithms: A Systematic Survey. **IEEE Transactions on Image Processing**, Londres, v. 14, n. 3, p.294-307, mar. 2005

RAMÍREZ, F. C. TORRES, M. A. VEGA, F. A. TORRES, F. J. A. Superficie ocupada por invernaderos em el campo de Nijar (Almeria), determinada por aplicación de redes neuronales artificiales sobre una imagen de satelite de muy alta resolucion. **Revista Internacional de Ciencias de la Tierra**. 2005. Espanha.

RICHARDS. J. A.; JIA, X. **Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction**. [S.I]: Ed. Springer, 1999.

RSI (Research Systems, Inc). **ENVI User'sGuide**. ENVI Version 4.0 September, 2003.

SANTO, M. A. D. ; SILVA, M. . Influência da Ocupação Urbana no meio Ambiente da Planície Costeira do Campeche - SC, com o uso do Geoprocessamento. In: **X Congresso de Métodos Cuantitativos, Sistemas de Información Geográfica e Teledetection, 2002**, Valladolid.

SCHENK, T. **Digital Photogrammetry**. Laurelville: TerraScience, 1999. v.1, 428p. Tavares, Paulo E. M.: Fotogrametria /. 376 p.

SCHOWENGERDT, R. A. **Remote Sensing: models and methods for image processing**. San Diego: Academic Press; Oxford: Elsevier. 2007. 515 p.

SILVA, D. A. **Segmentacao de imagens multiespectrais baseada na componente matiz**

da transformação HSV. 1997. 137 p. Dissertação (Mestrado) – INPE, São José dos Campos.

SILVA, R., Banco de Dados Geográfico: uma análise das arquiteturas dual (SPRING) e integradas (ORACLE SPATIAL). 2002, 137p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

SOUTO, R. P. Segmentação de imagem multiespectral utilizando-se o atributo matiz. 2003. 173 p. Dissertação (Mestrado) – INPE, São José dos Campos.

SOUZA, G. C. Análise de Metodologias no Levantamento de Dados Espaciais para Cadastro Urbano. 2001. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – USP. São Carlos-SP, 2001.

SOUZA, G. H. B. Otimização de processos semi-automáticos de detecção de alterações aplicadas ao cadastro multifinaliário. 2007. 98 p. Dissertação (Mestrado) – UNESP, Presidente Prudente.

STEIN, A. MEER, F. GORTE, B. Spatial Statistics for Remote Sensing. Boston, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1999. 284 p.

TAVARES, J. B. JR. et al. Avaliação de Imagens Ikonos II e Quickbird para Obtenção de Bases Cartográficas para o Cadastro Técnico Municipal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 7., 2006, Florianópolis. **COBRAC 2006.** Florianópolis: Cobrac, 2006. p. 1 - 6. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/marlene/downloads/Artigos/COBRAC%202006%202.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2008.

VALE, G. M. Uso de técnicas de otimização e agrupamento hierárquico para a complementação automática da malha viária em regiões rurais a partir de imagens aéreas de média e alta resolução. 2007. 184f. Tese (Doutorado) – UNESP, Presidente Prudente, 2007.

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

WOLF, P. R. Elements of Photogrammetry: with air Photo Interpretation and Remote Sensing. Boston: McGraw-Hill, Inc., 1983, 628p.

WONGPRAYOON, S.; VIEIRA, C. A. O.; LEACH, J. J. H.; **Assessing the Thematic Accuracy for Coral Reef Classification.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPATIAL ACCURACY ASSESSMENT IN NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENTAL SCIENCES, 7, 2006, Portugal, 653-662 p.

ZHANG, Yun; WANG, Ruisheng. Multi-resolution and multi-spectral image fusion for urban object extraction. In: ISPRS CONGRESS, 20., 2004, Istanbul. **Geo-Imagery Bridging Continents.** Istanbul: XXth Isprs Congress, 2004. p. 1 - 7. Disponível em: <<http://www.isprs.org/istanbul2004/comm3/papers/408.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2008.

APÊNDICE A

Neste apêndice são mostradas as coordenadas UTM (E, N) e altitude geométrica (h) dos pontos coletados sobre a Área Teste, obtidos através do pós-processamento das observáveis transmitidas pelo receptor de navegação *Garmin* GPS 12XL e suas respectivas precisões. O método de posicionamento empregado foi o relativo cinemático.

Tabela A1 - Coordenadas UTM (E, N) e altitude geométrica (h) obtidas com o receptor *Garmin* GPS 12XL e suas respectivas precisões.

Ponto	E(m)	σ E(m)	N(m)	σ N(m)	h(m)	σ h(m)
P1	458122,112	0,013	7552741,989	0,019	446,485	0,053
P2	458122,080	0,013	7552741,945	0,018	446,498	0,053
P3	458123,412	0,013	7552742,831	0,018	446,361	0,053
P4	458132,825	0,013	7552749,118	0,018	445,817	0,053
P5	458143,044	0,013	7552755,930	0,018	445,071	0,053
P6	458152,928	0,013	7552762,571	0,018	444,346	0,052
P7	458163,139	0,013	7552769,483	0,018	443,489	0,052
P8	458173,912	0,013	7552776,727	0,018	442,665	0,052
P9	458184,455	0,013	7552783,810	0,018	441,900	0,052
P10	458195,522	0,013	7552791,146	0,018	441,177	0,052
P11	458206,916	0,013	7552798,839	0,018	440,338	0,052
P12	458217,780	0,013	7552806,198	0,018	439,578	0,052
P13	458228,543	0,013	7552813,336	0,018	438,892	0,052
P14	458239,987	0,013	7552821,096	0,018	437,994	0,051
P15	458250,139	0,013	7552827,853	0,018	437,159	0,051
P16	458260,448	0,013	7552834,711	0,018	436,337	0,051
P17	458271,191	0,013	7552841,811	0,018	435,319	0,051
P18	458279,727	0,013	7552850,359	0,018	434,441	0,051
P19	458278,416	0,013	7552863,292	0,018	434,275	0,051
P20	458273,599	0,013	7552876,129	0,018	434,263	0,051
P21	458268,962	0,013	7552888,587	0,018	434,254	0,050
P22	458264,312	0,013	7552900,960	0,018	434,062	0,050
P23	458259,480	0,013	7552913,559	0,018	433,766	0,050
P24	458248,321	0,013	7552920,567	0,018	434,043	0,050
P25	458235,063	0,013	7552917,956	0,018	434,888	0,050
P26	458222,822	0,013	7552913,861	0,018	435,759	0,050
P27	458209,590	0,013	7552909,076	0,018	436,533	0,050
P28	458196,262	0,013	7552903,915	0,018	437,278	0,049
P29	458183,283	0,013	7552898,910	0,018	438,117	0,049
P30	458169,881	0,013	7552893,665	0,018	438,975	0,049
P31	458156,690	0,013	7552888,499	0,018	439,864	0,049
P32	458142,877	0,013	7552883,279	0,018	440,661	0,049
P33	458128,520	0,012	7552877,674	0,012	441,790	0,034
P34	458114,632	0,012	7552872,259	0,012	442,987	0,034
P35	458100,587	0,012	7552866,792	0,012	444,024	0,034
P36	458086,858	0,012	7552861,495	0,012	444,950	0,034
P37	458073,161	0,013	7552856,043	0,018	445,576	0,048

P38	458059,313	0,013	7552850,735	0,018	446,136	0,048
P39	458054,350	0,063	7552848,615	0,039	446,133	0,175
P40	458125,548	0,023	7552736,077	0,028	451,917	0,073
P41	458125,599	0,023	7552736,099	0,028	451,937	0,069
P42	458125,578	0,023	7552736,001	0,028	451,929	0,069
P43	458128,575	0,024	7552738,257	0,024	451,873	0,066
P44	458139,233	0,024	7552745,451	0,024	451,239	0,066
P45	458150,361	0,024	7552752,876	0,024	450,428	0,066
P46	458160,693	0,024	7552759,924	0,024	449,648	0,066
P47	458172,094	0,024	7552767,482	0,024	448,747	0,066
P48	458183,688	0,024	7552775,314	0,024	447,921	0,066
P49	458196,080	0,024	7552783,639	0,024	447,005	0,066
P50	458208,367	0,024	7552791,916	0,024	446,126	0,066
P51	458220,426	0,024	7552799,892	0,024	445,342	0,066
P52	458232,446	0,024	7552808,015	0,024	444,467	0,066
P53	458244,380	0,024	7552815,996	0,024	443,580	0,066
P54	458256,647	0,024	7552824,228	0,024	442,558	0,066
P55	458269,194	0,024	7552832,745	0,024	441,473	0,066
P56	458281,414	0,024	7552838,544	0,024	440,190	0,066
P57	458291,719	0,024	7552829,649	0,024	439,441	0,066
P58	458297,376	0,024	7552814,711	0,024	439,067	0,066
P59	458301,797	0,024	7552801,012	0,024	439,124	0,066
P60	458298,060	0,024	7552788,285	0,024	439,433	0,066
P61	458291,717	0,024	7552775,471	0,024	439,906	0,066
P62	458283,011	0,024	7552763,796	0,024	440,468	0,066
P63	458272,431	0,024	7552753,297	0,024	441,015	0,066
P64	458261,874	0,024	7552743,784	0,024	441,675	0,066
P65	458251,670	0,024	7552734,519	0,024	442,328	0,066
P66	458241,572	0,024	7552722,446	0,024	442,977	0,066
P67	458233,199	0,024	7552709,238	0,024	443,417	0,066
P68	458226,565	0,024	7552696,667	0,024	443,690	0,066
P69	458220,567	0,024	7552683,899	0,024	443,893	0,066
P70	458214,822	0,024	7552669,704	0,024	444,116	0,065
P71	458210,413	0,024	7552654,923	0,024	444,065	0,065
P72	458206,081	0,024	7552639,960	0,024	443,969	0,065
P73	458199,621	0,024	7552626,851	0,024	445,361	0,065
P74	458185,737	0,024	7552625,397	0,024	446,469	0,065
P75	458175,063	0,024	7552636,519	0,024	447,534	0,065
P76	458165,134	0,024	7552648,091	0,024	448,695	0,065
P77	458152,525	0,051	7552658,853	0,024	448,093	0,095
P78	458141,898	0,051	7552673,139	0,024	449,368	0,095
P79	458133,156	0,024	7552685,241	0,024	450,475	0,065
P80	458123,158	0,025	7552697,320	0,033	451,606	0,080
P81	458114,139	0,025	7552710,435	0,033	452,368	0,080
P82	458107,789	0,030	7552724,266	0,038	451,738	0,091
P83	458122,091	0,027	7552731,410	0,042	452,466	0,069
P84	458126,601	0,027	7552734,243	0,042	452,120	0,069
P85	458221,278	0,006	7552592,443	0,006	437,003	0,020
P86	458221,277	0,040	7552592,457	0,043	436,875	0,132
P87	458221,279	0,040	7552592,453	0,043	436,880	0,132
P88	458221,303	0,040	7552592,202	0,044	437,629	0,132
P89	458221,396	0,040	7552592,561	0,044	436,859	0,132

P90	458221,353	0,040	7552592,553	0,044	436,866	0,132
P91	458221,344	0,040	7552592,519	0,044	436,863	0,132
P92	458221,368	0,040	7552592,480	0,044	436,873	0,132
P93	458221,327	0,040	7552592,507	0,044	436,873	0,132
P94	458221,348	0,040	7552592,407	0,044	436,873	0,132
P95	458221,840	0,040	7552588,790	0,044	437,025	0,132
P96	458227,752	0,040	7552580,176	0,044	436,818	0,132
P97	458236,630	0,040	7552585,870	0,044	436,178	0,132
P98	458245,291	0,040	7552593,226	0,044	435,493	0,132
P99	458253,776	0,040	7552600,516	0,044	434,780	0,131
P100	458264,222	0,040	7552609,479	0,044	434,054	0,131
P101	458274,879	0,051	7552618,482	0,045	433,445	0,182
P102	458283,535	0,051	7552625,942	0,045	432,829	0,182
P103	458289,810	0,051	7552632,284	0,045	435,538	0,182
P104	458301,185	0,051	7552640,975	0,045	431,687	0,181
P105	458311,527	0,051	7552649,661	0,045	431,068	0,181
P106	458321,204	0,040	7552657,964	0,044	430,583	0,131
P107	458331,817	0,040	7552667,072	0,045	429,941	0,131
P108	458342,415	0,040	7552676,135	0,045	429,262	0,131
P109	458353,117	0,040	7552685,250	0,045	428,596	0,131
P110	458364,320	0,040	7552694,758	0,045	427,764	0,131
P111	458375,399	0,040	7552704,111	0,045	427,051	0,131
P112	458386,180	0,040	7552713,285	0,045	426,536	0,130
P113	458385,489	0,040	7552725,333	0,045	426,107	0,130
P114	458375,327	0,040	7552736,589	0,045	426,727	0,130
P115	458365,005	0,040	7552748,252	0,045	427,726	0,130
P116	458354,886	0,040	7552759,459	0,045	429,165	0,130
P117	458345,087	0,040	7552770,539	0,045	430,519	0,130
P118	458334,099	0,040	7552780,845	0,045	431,826	0,130
P119	458321,347	0,040	7552776,655	0,045	432,627	0,130
P120	458314,495	0,040	7552763,885	0,045	433,164	0,130
P121	458306,523	0,040	7552752,595	0,045	433,477	0,130
P122	458298,616	0,040	7552743,461	0,046	433,767	0,130
P123	458289,895	0,040	7552735,166	0,046	434,190	0,129
P124	458282,519	0,040	7552728,385	0,046	434,664	0,129
P125	458275,737	0,040	7552722,092	0,046	434,864	0,129
P126	458268,255	0,040	7552714,987	0,046	435,203	0,129
P127	458262,434	0,040	7552707,760	0,046	435,480	0,129
P128	458257,439	0,040	7552700,427	0,046	435,758	0,129
P129	458251,753	0,040	7552690,100	0,046	435,895	0,129
P130	458246,396	0,040	7552679,219	0,046	436,140	0,129
P131	458241,446	0,048	7552668,387	0,047	436,364	0,169
P132	458237,403	0,048	7552656,558	0,047	436,451	0,168
P133	458233,724	0,048	7552644,156	0,047	436,556	0,168
P134	458230,136	0,047	7552632,333	0,047	436,740	0,167
P135	458226,487	0,047	7552620,290	0,047	436,929	0,167
P136	458223,066	0,047	7552609,203	0,047	437,068	0,166
P137	458221,047	0,047	7552596,785	0,047	437,128	0,166
P138	458221,257	0,040	7552592,485	0,047	436,863	0,128
P139	458221,253	0,040	7552592,371	0,047	436,852	0,128
P140	458221,209	0,040	7552592,398	0,047	436,854	0,127
P141	458221,297	0,040	7552592,501	0,047	436,855	0,127

P142	458221,301	0,040	7552592,449	0,047	436,836	0,127
P143	458221,230	0,040	7552592,436	0,047	436,847	0,127
P144	458221,230	0,040	7552592,426	0,047	436,841	0,127
P145	458221,234	0,040	7552592,433	0,047	436,838	0,127
P146	458382,165	0,124	7552924,610	0,031	425,558	0,093
P147	458382,203	0,040	7552924,457	0,045	425,111	0,102
P148	458382,206	0,040	7552924,463	0,045	425,127	0,103
P149	458382,205	0,040	7552924,454	0,045	425,121	0,103
P150	458382,204	0,040	7552924,450	0,045	425,125	0,103
P151	458382,203	0,040	7552924,454	0,045	425,127	0,104
P152	458382,196	0,040	7552924,451	0,045	425,123	0,104
P153	458382,191	0,041	7552924,442	0,045	425,096	0,105
P154	458382,189	0,041	7552924,445	0,045	425,087	0,105
P155	458382,190	0,041	7552924,447	0,045	425,108	0,106
P156	458382,186	0,041	7552924,450	0,045	425,100	0,106
P157	458382,187	0,041	7552924,449	0,045	425,110	0,106
P158	458382,192	0,041	7552924,450	0,045	425,119	0,107
P159	458382,176	0,042	7552924,450	0,045	425,089	0,107
P160	458382,185	0,042	7552924,451	0,045	425,098	0,108
P161	458382,173	0,042	7552924,449	0,045	425,078	0,108
P162	458382,174	0,042	7552924,452	0,045	425,077	0,109
P163	458382,150	0,028	7552924,435	0,036	425,008	0,066
P164	458382,150	0,028	7552924,434	0,036	425,000	0,067
P165	458382,150	0,028	7552924,433	0,036	425,009	0,067
P166	458382,143	0,028	7552924,433	0,036	424,981	0,067
P167	458382,145	0,028	7552924,427	0,036	424,999	0,067
P168	458382,154	0,028	7552924,438	0,036	425,009	0,067
P169	458382,148	0,028	7552924,437	0,035	424,997	0,067
P170	458382,143	0,028	7552924,439	0,035	424,978	0,067
P171	458382,176	0,044	7552924,470	0,045	425,071	0,113
P172	458382,164	0,044	7552924,468	0,045	425,042	0,113
P173	458382,175	0,044	7552924,476	0,045	425,065	0,114
P174	458382,159	0,028	7552924,475	0,035	425,033	0,067
P175	458382,160	0,028	7552924,475	0,035	425,039	0,068
P176	458382,162	0,028	7552924,472	0,035	425,046	0,068
P177	458382,163	0,028	7552924,468	0,035	425,053	0,068
P178	458382,165	0,028	7552924,473	0,035	425,052	0,068
P179	458382,163	0,028	7552924,477	0,035	425,049	0,068
P180	458382,163	0,028	7552924,471	0,035	425,049	0,068
P181	458382,163	0,028	7552924,473	0,035	425,052	0,068
P182	458382,160	0,028	7552924,470	0,034	425,055	0,068
P183	458382,159	0,028	7552924,467	0,034	425,051	0,068
P184	458382,153	0,029	7552924,465	0,034	425,042	0,069
P185	458382,154	0,029	7552924,469	0,034	425,039	0,069
P186	458382,155	0,029	7552924,470	0,034	425,043	0,069
P187	458382,154	0,029	7552924,469	0,034	425,041	0,069
P188	458382,152	0,029	7552924,466	0,034	425,037	0,069
P189	458382,198	0,029	7552924,499	0,034	425,139	0,069
P190	458382,192	0,029	7552924,496	0,034	425,137	0,069
P191	458382,192	0,029	7552924,492	0,034	425,137	0,069
P192	458382,021	0,029	7552924,377	0,034	424,673	0,070
P193	458382,158	0,049	7552924,479	0,044	425,059	0,125

P194	458382,157	0,049	7552924,482	0,044	425,055	0,125
P195	458382,150	0,049	7552924,475	0,044	425,033	0,126
P196	458382,157	0,049	7552924,481	0,044	425,055	0,126
P197	458382,151	0,050	7552924,477	0,044	425,042	0,127
P198	458382,146	0,050	7552924,482	0,044	425,025	0,127
P199	458382,144	0,050	7552924,483	0,044	425,016	0,128
P200	458382,156	0,050	7552924,489	0,044	425,037	0,129
P201	458382,169	0,029	7552924,500	0,033	425,081	0,071
P202	458382,165	0,029	7552924,498	0,029	425,077	0,065
P203	458382,167	0,029	7552924,501	0,029	425,085	0,065
P204	458382,169	0,029	7552924,503	0,029	425,080	0,065
P205	458382,162	0,029	7552924,496	0,029	425,074	0,065
P206	458382,163	0,029	7552924,498	0,029	425,071	0,065
P207	458382,162	0,029	7552924,500	0,029	425,058	0,065
P208	458382,166	0,029	7552924,503	0,029	425,058	0,066
P209	458382,158	0,029	7552924,506	0,029	425,050	0,066
P210	458382,160	0,029	7552924,507	0,029	425,051	0,066
P211	458382,159	0,029	7552924,506	0,029	425,056	0,066
P212	458382,160	0,029	7552924,504	0,028	425,055	0,066
P213	458382,160	0,029	7552924,508	0,028	425,053	0,066
P214	458382,158	0,029	7552924,513	0,028	425,057	0,066
P215	458382,158	0,029	7552924,509	0,028	425,054	0,066
P216	458382,158	0,029	7552924,509	0,028	425,047	0,067
P217	458382,159	0,029	7552924,517	0,028	425,051	0,067
P218	458382,161	0,029	7552924,517	0,028	425,046	0,067
P219	458382,161	0,029	7552924,520	0,028	425,036	0,067
P220	458382,070	0,034	7552925,056	0,035	425,362	0,071
P221	458382,052	0,034	7552924,464	0,035	424,938	0,071
P222	458382,040	0,034	7552924,472	0,035	424,924	0,071
P223	458382,019	0,034	7552924,492	0,035	424,929	0,071
P224	458382,089	0,030	7552924,531	0,028	424,928	0,069
P225	458382,026	0,030	7552924,518	0,028	424,924	0,069
P226	458382,070	0,031	7552924,441	0,030	424,930	0,074
P227	458382,012	0,070	7552924,484	0,068	424,895	0,207
P228	458381,962	0,029	7552924,458	0,029	424,904	0,071
P229	458381,959	0,029	7552924,471	0,027	424,944	0,069
P230	458381,938	0,029	7552924,501	0,027	424,933	0,069
P231	458381,953	0,029	7552924,498	0,027	424,943	0,069
P232	458381,986	0,029	7552924,464	0,027	424,944	0,069
P233	458381,972	0,054	7552924,452	0,042	424,896	0,132
P234	458381,971	0,055	7552924,436	0,042	424,874	0,133
P235	458381,950	0,072	7552924,540	0,066	424,894	0,220
P236	458385,836	0,030	7552933,150	0,029	424,969	0,073
P237	458385,458	0,030	7552948,895	0,029	425,034	0,073
P238	458370,923	0,025	7552953,766	0,028	426,153	0,059
P239	458355,162	0,025	7552949,641	0,032	427,326	0,064
P240	458338,894	0,025	7552945,262	0,032	428,453	0,065
P241	458322,395	0,025	7552940,947	0,032	429,170	0,065
P242	458306,479	0,029	7552936,768	0,040	429,697	0,072
P243	458290,499	0,029	7552932,544	0,040	430,358	0,072
P244	458276,169	0,033	7552928,319	0,040	431,088	0,091
P245	458268,850	0,025	7552915,346	0,033	432,342	0,068

P246	458273,868	0,025	7552901,090	0,033	432,879	0,068
P247	458279,291	0,024	7552886,720	0,030	433,078	0,064
P248	458284,607	0,024	7552872,308	0,030	433,130	0,064
P249	458290,043	0,024	7552857,429	0,030	432,979	0,064
P250	458296,652	0,024	7552842,566	0,030	432,567	0,064
P251	458311,789	0,024	7552838,778	0,030	431,238	0,064
P252	458321,824	0,024	7552852,165	0,030	430,144	0,065
P253	458331,353	0,024	7552865,630	0,030	429,123	0,065
P254	458342,048	0,024	7552878,417	0,030	427,999	0,065
P255	458353,246	0,024	7552891,153	0,030	427,101	0,065
P256	458364,573	0,024	7552904,165	0,030	426,426	0,065
P257	458376,302	0,024	7552917,264	0,030	425,804	0,065
P258	458381,981	0,031	7552924,525	0,030	425,232	0,085
P259	458382,034	0,031	7552924,506	0,033	425,210	0,093
	média	0,031		0,033		0,088

APÊNDICE B

Neste apêndice são mostradas as coordenadas UTM (E, N) e altitude geométrica (h) dos pontos coletados sobre a Área Teste, obtidos através do pós-processamento das observáveis transmitidas pelo receptor GPS Geodésico de simples frequência e suas respectivas precisões. O método de posicionamento empregado nesta área teste foi o relativo cinemático.

Tabela B1 - Coordenadas UTM (E, N) e altitude geométrica (h) obtidas com o receptor GPS Geodésico *Trimble 4600 Ls* e suas respectivas precisões.

Ponto	E(m)	σ E(m)	N(m)	σ N(m)	h(m)	σ h(m)
P1	458126,543	0,005	7552735,097	0,010	446,107	0,023
P2	458126,541	0,005	7552735,043	0,010	446,090	0,022
P3	458128,674	0,005	7552736,730	0,010	445,983	0,022
P4	458139,296	0,005	7552743,866	0,005	445,400	0,014
P5	458150,651	0,005	7552751,499	0,005	444,580	0,014
P6	458160,977	0,005	7552758,471	0,005	443,779	0,014
P7	458172,251	0,005	7552766,137	0,005	442,911	0,014
P8	458182,971	0,005	7552773,346	0,005	442,131	0,014
P9	458196,140	0,005	7552782,130	0,005	441,117	0,014
P10	458208,366	0,005	7552790,339	0,005	440,302	0,014
P11	458220,612	0,005	7552798,611	0,005	439,437	0,014
P12	458232,627	0,005	7552806,559	0,005	438,555	0,014
P13	458244,607	0,005	7552814,735	0,005	437,631	0,014
P14	458256,771	0,005	7552822,814	0,005	436,651	0,014
P15	458269,390	0,005	7552831,405	0,005	435,541	0,014
P16	458281,304	0,005	7552837,846	0,005	434,316	0,014
P17	458292,383	0,005	7552830,126	0,007	433,443	0,018
P18	458297,960	0,005	7552815,249	0,005	433,061	0,014
P19	458302,693	0,005	7552801,681	0,005	433,024	0,014
P20	458299,561	0,005	7552788,432	0,005	433,322	0,014
P21	458293,282	0,005	7552775,911	0,005	433,829	0,014
P22	458284,755	0,005	7552764,032	0,005	434,367	0,014
P23	458274,155	0,005	7552753,324	0,005	434,917	0,014
P24	458263,755	0,005	7552743,890	0,005	435,549	0,014
P25	458253,565	0,005	7552734,851	0,005	436,160	0,014
P26	458243,535	0,005	7552723,619	0,007	436,857	0,017
P27	458234,786	0,005	7552709,714	0,005	437,264	0,014
P28	458227,915	0,005	7552696,826	0,005	437,607	0,014
P29	458221,837	0,005	7552684,409	0,005	437,749	0,014
P30	458216,042	0,005	7552670,405	0,005	437,949	0,014
P31	458211,580	0,005	7552655,448	0,005	437,910	0,014
P32	458207,359	0,005	7552640,657	0,005	437,841	0,014
P33	458201,143	0,005	7552626,648	0,005	437,930	0,014
P34	458187,369	0,005	7552624,224	0,005	439,049	0,014
P35	458176,427	0,005	7552634,871	0,005	440,062	0,014
P36	458166,477	0,005	7552646,441	0,005	441,322	0,014
P37	458155,363	0,034	7552656,010	0,014	442,465	0,075
P38	458143,560	0,034	7552671,121	0,014	443,955	0,075

P39	458135,045	0,005	7552683,359	0,007	444,817	0,017
P40	458125,042	0,005	7552695,443	0,007	445,863	0,017
P41	458116,035	0,005	7552708,475	0,007	446,614	0,018
P42	458123,613	0,007	7552741,797	0,014	446,183	0,038
P43	458126,589	0,007	7552743,668	0,014	445,991	0,038
P44	458137,641	0,007	7552751,068	0,014	445,271	0,038
P45	458149,550	0,007	7552759,032	0,014	444,384	0,038
P46	458162,020	0,007	7552767,464	0,010	443,381	0,029
P47	458175,026	0,007	7552776,147	0,010	442,344	0,029
P48	458187,812	0,007	7552784,746	0,010	441,447	0,028
P49	458200,707	0,007	7552793,374	0,010	440,537	0,028
P50	458213,837	0,007	7552802,249	0,010	439,581	0,028
P51	458226,576	0,007	7552810,749	0,010	438,709	0,028
P52	458239,609	0,007	7552819,560	0,010	437,756	0,028
P53	458252,684	0,007	7552828,332	0,010	436,673	0,028
P54	458265,822	0,007	7552837,074	0,010	435,559	0,028
P55	458279,011	0,007	7552846,411	0,010	434,292	0,028
P56	458280,421	0,007	7552862,424	0,010	433,878	0,028
P57	458274,355	0,007	7552878,428	0,010	433,820	0,028
P58	458268,612	0,007	7552893,912	0,010	433,774	0,028
P59	458262,628	0,007	7552909,803	0,010	433,386	0,028
P60	458250,131	0,007	7552920,354	0,010	433,549	0,028
P61	458233,554	0,007	7552916,771	0,010	434,500	0,028
P62	458217,054	0,007	7552911,042	0,010	435,604	0,027
P63	458200,405	0,007	7552904,652	0,010	436,624	0,028
P64	458183,098	0,007	7552897,956	0,010	437,739	0,027
P65	458165,892	0,007	7552891,209	0,010	438,801	0,027
P66	458148,585	0,007	7552884,535	0,010	439,987	0,027
P67	458131,129	0,007	7552877,743	0,010	441,205	0,027
P68	458114,331	0,007	7552871,221	0,010	442,595	0,027
P69	458097,897	0,007	7552864,876	0,010	443,801	0,027
P70	458080,965	0,007	7552858,286	0,010	444,723	0,027
P71	458063,620	0,007	7552851,507	0,010	445,357	0,027
P72	458056,087	0,007	7552848,673	0,010	445,706	0,027
P73	458220,572	0,009	7552593,977	0,010	436,578	0,029
P74	458220,584	0,009	7552593,977	0,010	436,584	0,029
P75	458220,588	0,009	7552593,970	0,010	436,586	0,029
P76	458220,499	0,009	7552593,959	0,010	436,590	0,029
P77	458220,550	0,009	7552593,974	0,010	436,587	0,029
P78	458220,555	0,009	7552593,940	0,010	436,591	0,029
P79	458220,534	0,009	7552593,928	0,010	436,596	0,029
P80	458220,515	0,009	7552593,888	0,010	436,589	0,029
P81	458220,632	0,009	7552593,877	0,010	436,592	0,029
P82	458220,589	0,009	7552593,928	0,010	436,593	0,029
P83	458220,610	0,009	7552593,936	0,010	436,595	0,029
P84	458221,101	0,009	7552590,561	0,010	436,742	0,029
P85	458225,920	0,009	7552580,549	0,010	436,617	0,029
P86	458234,903	0,009	7552585,145	0,010	435,966	0,029
P87	458243,908	0,009	7552592,654	0,010	435,248	0,029
P88	458252,031	0,009	7552599,786	0,010	434,662	0,029
P89	458262,655	0,009	7552609,011	0,010	433,866	0,029
P90	458273,177	0,011	7552617,990	0,010	433,216	0,041

P91	458281,539	0,011	7552624,638	0,010	432,562	0,041
P92	458289,124	0,011	7552631,317	0,010	432,105	0,032
P93	458299,701	0,009	7552640,571	0,010	431,375	0,029
P94	458309,932	0,009	7552649,199	0,010	430,819	0,029
P95	458319,369	0,009	7552657,122	0,010	430,421	0,029
P96	458330,440	0,009	7552666,730	0,010	429,690	0,029
P97	458341,174	0,009	7552675,497	0,010	429,001	0,029
P98	458351,499	0,009	7552684,301	0,010	428,482	0,029
P99	458362,738	0,009	7552694,385	0,010	427,686	0,029
P100	458373,879	0,009	7552703,644	0,010	426,930	0,029
P101	458384,501	0,009	7552712,753	0,010	426,291	0,029
P102	458385,150	0,009	7552724,544	0,010	425,837	0,029
P103	458375,157	0,009	7552735,876	0,010	426,406	0,029
P104	458364,799	0,009	7552747,293	0,010	427,435	0,029
P105	458354,855	0,009	7552758,609	0,010	428,780	0,029
P106	458345,427	0,009	7552769,169	0,010	430,156	0,029
P107	458334,202	0,009	7552780,345	0,010	431,553	0,029
P108	458321,593	0,009	7552777,718	0,010	432,409	0,029
P109	458314,598	0,009	7552764,888	0,010	432,818	0,029
P110	458306,617	0,009	7552753,130	0,010	433,114	0,029
P111	458298,986	0,009	7552744,231	0,010	433,361	0,029
P112	458290,236	0,009	7552735,630	0,010	433,805	0,029
P113	458282,712	0,009	7552728,771	0,010	434,175	0,029
P114	458276,084	0,011	7552723,004	0,010	434,578	0,038
P115	458268,552	0,009	7552715,753	0,010	434,918	0,029
P116	458262,072	0,009	7552708,443	0,010	435,212	0,029
P117	458257,429	0,009	7552701,154	0,010	435,506	0,029
P118	458251,753	0,009	7552690,787	0,010	435,611	0,029
P119	458246,424	0,009	7552680,404	0,010	435,866	0,029
P120	458241,668	0,009	7552669,888	0,010	435,982	0,029
P121	458237,305	0,009	7552657,220	0,010	436,136	0,029
P122	458233,638	0,011	7552645,104	0,010	436,221	0,038
P123	458230,107	0,009	7552633,398	0,010	436,352	0,029
P124	458226,155	0,009	7552620,777	0,010	436,566	0,029
P125	458222,959	0,009	7552609,833	0,010	436,728	0,029
P126	458220,706	0,011	7552597,974	0,011	436,803	0,037
P127	458220,619	0,009	7552593,346	0,010	436,587	0,028
P128	458220,624	0,009	7552593,342	0,010	436,578	0,028
P129	458220,631	0,009	7552593,329	0,010	436,583	0,028
P130	458220,635	0,009	7552593,284	0,010	436,576	0,028
P131	458220,609	0,009	7552593,276	0,011	436,572	0,028
P132	458220,631	0,009	7552593,331	0,011	436,570	0,028
P133	458220,621	0,009	7552593,327	0,011	436,571	0,028
P134	458220,603	0,009	7552593,302	0,011	436,563	0,028
P135	458220,629	0,009	7552593,300	0,011	436,567	0,028
P136	458220,580	0,009	7552593,345	0,011	436,568	0,028
P137	458381,950	0,344	7552923,889	0,070	425,937	0,152
P138	458382,420	0,013	7552923,718	0,013	425,415	0,030
P139	458382,430	0,013	7552923,660	0,013	425,421	0,030
P140	458382,440	0,013	7552923,691	0,013	425,419	0,031
P141	458382,430	0,013	7552923,670	0,013	425,415	0,031
P142	458382,400	0,013	7552923,706	0,013	425,413	0,031

P143	458382,380	0,013	7552923,773	0,013	425,394	0,031
P144	458382,380	0,013	7552923,708	0,012	425,405	0,030
P145	458382,390	0,013	7552923,630	0,012	425,409	0,031
P146	458382,350	0,013	7552923,674	0,012	425,405	0,031
P147	458382,360	0,013	7552923,610	0,012	425,412	0,031
P148	458382,320	0,013	7552923,676	0,012	425,404	0,031
P149	458382,320	0,013	7552923,735	0,012	425,402	0,031
P150	458382,350	0,013	7552923,663	0,012	425,416	0,031
P151	458382,370	0,013	7552923,643	0,012	425,424	0,031
P152	458382,350	0,013	7552923,696	0,012	425,413	0,031
P153	458382,370	0,013	7552923,692	0,012	425,415	0,031
P154	458382,420	0,013	7552923,689	0,012	425,418	0,031
P155	458386,080	0,013	7552931,301	0,012	425,237	0,031
P156	458386,910	0,013	7552947,524	0,012	425,247	0,031
P157	458373,430	0,032	7552954,154	0,029	426,393	0,093
P158	458357,150	0,013	7552949,842	0,014	427,600	0,035
P159	458341,030	0,013	7552945,565	0,014	428,821	0,035
P160	458324,450	0,013	7552941,234	0,014	429,408	0,036
P161	458308,370	0,046	7552936,951	0,040	430,020	0,125
P162	458292,590	0,015	7552932,869	0,018	430,727	0,041
P163	458277,870	0,015	7552928,676	0,018	431,459	0,041
P164	458269,350	0,014	7552916,557	0,015	432,392	0,039
P165	458274,220	0,014	7552902,177	0,015	432,915	0,039
P166	458279,350	0,014	7552887,859	0,015	433,150	0,039
P167	458284,870	0,014	7552873,397	0,015	433,209	0,040
P168	458290,170	0,011	7552858,826	0,012	433,063	0,027
P169	458296,300	0,011	7552843,706	0,012	432,720	0,027
P170	458311,120	0,011	7552837,784	0,012	431,410	0,027
P171	458321,730	0,011	7552850,702	0,015	430,247	0,031
P172	458331,260	0,011	7552864,116	0,015	429,263	0,031
P173	458342,140	0,011	7552877,347	0,015	428,097	0,031
P174	458353,270	0,011	7552890,032	0,015	427,138	0,032
P175	458364,470	0,014	7552902,742	0,015	426,503	0,041
P176	458376,070	0,014	7552916,022	0,015	425,851	0,041
	Média	0,011		0,011		0,029