

Vladimir Diniz Vieira Ramos

Estudo comparativo de mapeamento de cobertura do solo e localização de georecursos em Nova Lima – MG, a partir de classificadores Spring.

IX Curso de Especialização em Geoprocessamento
2006



UFMG
Instituto de Geociências
Departamento de Cartografia
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha
Belo Horizonte
cartografia@igc.ufmg.br

VLADIMIR DINIZ VIEIRA RAMOS

ESTUDO COMPARATIVO DE MAPEAMENTO DE
COBERTURA DO SOLO E LOCALIZAÇÃO DE
GEORECURSOS EM NOVA LIMA - MG, A PARTIR DE
CLASSIFICADORES SPRING.

Monografia apresentada como requisito
parcial à obtenção do grau de especialista
em Geoprocessamento, Curso de
especialização em geoprocessamento,
Departamento de Cartografia, Instituto de
Geociências, Universidade Federal de
Minas Gerais

Orientadora: Professora Ana Clara
Mourão Moura

Colaborador: Prof. Pedro Pina –
Instituto Superior Técnico - Portugal

BELO HORIZONTE
2006

"Se eu vi mais longe que outros é porque estive aos ombros de gigantes."

(Newton Isaac, *Men of Mathematics*, 1986: p.93)

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência e de ansiedade, aos meus irmãos Igor e Najla pelo carinho e apoio, a todos os meus familiares que de alguma maneira contribuíram para o sucesso desse trabalho.

Ao Laboratório de Geoprocessamento da UFMG, Departamento de Cartografia, pelo apoio, onde adquiri grande parte do conhecimento necessário para a concretização desse trabalho, mas onde também fiz grandes amigos que sem eles não teria conseguido, Ana Maria Coimbra, Sheyla Santana e Renata Hungari pelo apoio e carinho, ao Charles e Christian Rezende pela paciência, boa vontade e companheirismo.

Aos professores do Departamento, pois sem o conhecimento deles jamais teria chegado até o fim, mas em especial a minha orientadora Professora Ana Clara Mourão, pelo carinho, amizade e paciência, pois sem o seu apoio nunca teria chegado aonde cheguei. Agradeço ao Professor Luciano Dutra pelo apoio, e a Professora Márcia Magela pelo carinho e amizade.

Agradeço a meus amigos que me apoiaram nos momentos de dificuldade, em especial a minha namorada, que sempre esteve do meu lado.

RESUMO

O Geoprocessamento tem sido ferramenta de extrema importância na gestão dos recursos e nas administrações em diferentes escalas. Entender o comportamento e a distribuição dos recursos e fenômenos sobre a superfície possibilita o planejamento de ações que levam ao desenvolvimento pleno de uma região, e contribui também para minimizar os impactos que a expansão antrópica tem sobre os recursos naturais. Esse trabalho se propõe a aplicar uma das técnicas que o Geoprocessamento utiliza, o Sensoriamento Remoto e classificação de imagens, a partir de um par de imagens ASTER do município de Nova Lima e Belo Horizonte, através de técnicas de processamento e Classificação de imagens do SPRING, software do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Com o objetivo de encontrar o método de classificação para identificar a ocupação do solo e os georecursos na região.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	5
ÍNDICE DE TABELAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVO	12
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	13
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
4.1 AS IMAGENS ASTER	17
4.2 SPRING	19
4.2 PRINCIPAIS COMPONENTES.....	20
4.3 DEFINIÇÃO DAS CLASSES	21
5. RESULTADOS E ANÁLISES	24
6. CONCLUSÃO.....	33
7. BIBLIOGRAFIA	34

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: População Residente - 1970, 1980, 1991, 2000, 2002.	13
Tabela 2: Crescimento Populacional	13
Tabela 3: Grau de Urbanização	14
Tabela 4: Habitantes por sub-bacia	14
Tabela 6: Bandas selecionadas para primeira imagem.....	20
Tabela 7: Chave de interpretação da imagem ASTER.....	22
Tabela 8: Matriz de Confusão Imagem ASTER RGB – PC1/PC3/PC2.....	23
Tabela 9: Auto-valores gerados da Principal Componente	24
Tabela 10: Matriz de correlação das Principais Componentes.....	24
Tabela 11: Matriz de correlação das Principais Componentes.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Área de Estudo.....	16
Figura 2: Comparativo LandSat X ASTER.....	18
Figura 3: Composição imagem ASTER RGB – Componentes PC1/PC2/PC3.....	25
Figura 4: Composição ASTER RGB – Bandas SWIR1/VNIR3/VNIR2	26
Figura 5: Classificação ASTER RGB – PC1/PC3/PC2 – Método Battachara.....	28
Figura 6: Classificação ASTER RGB – PC1/PC2/PC3 – Método Maxver.....	30
Figura 7: Classificação ASTER RGB – SWIR1/VNIR3/VNIR2 – Método Battachara	31
Figura 8: Classificação ASTER RGB – SWIR1/VNIR3/VNIR2 – Método Maxver.....	32

1. INTRODUÇÃO

O Geoprocessamento tem sido ferramenta de grande importância na gestão dos recursos e nas administrações em diferentes escalas. Entender o comportamento e a distribuição dos recursos e fenômenos sobre a superfície possibilita o planejamento de ações que levam ao desenvolvimento pleno de uma região, e dessa maneira contribuir também para minimizar os impactos que esse desenvolvimento tem sobre a área e sobre os recursos naturais disponíveis.

Como ferramenta importante dentro do processo de gestão e desenvolvimento, o Geoprocessamento se insere através dos SIGs (Sistemas de Informação Geográfica). A partir desses sistemas complexos é possível identificar e espacializar ampla gama de fenômenos físicos e sociais, pois essa ferramenta possibilita organizar e sistematizar os dados, permitindo uma análise detalhada das informações, do que resultam estudos de planejamento e, mais detalhadamente, estudos preditivos. Segundo Xavier da Silva (1999), a partir do momento em que o dado é sistematizado e especializado, surge a capacidade de análise, e o dado adquire um caráter geográfico.

O espaço está em constante transformação, pois ele sofre influência de diversos fatores físicos ou sociais. Segundo Corrêa (2002), se o espaço é um produto social, as ações que os transformam se dão por diversos agentes sociais, relacionando-se direta ou indiretamente, e esses agentes podem mudar seguindo tendências internas ou externas, ocasionando novos eixos locais e assim drásticas mudanças no uso do solo.

Em se tratando de transformações espaciais intensas, a Região Metropolitana de Belo Horizonte é no contexto de Minas Gerais o melhor exemplo. Em diferentes períodos a RMBH sofreu influência de diferentes eixos de expansão, mas o enfoque do presente trabalho é o eixo mais atual de expansão, o eixo sul em direção ao município de Nova Lima.

Nova Lima possui características únicas em função do contexto de sua formação e seu passado de antigo pólo minerador e aurífero. Segundo Meneguele (2002) foram essas

características, além das características do relevo, que garantiram a grande reserva de terras, ao contrário de outros pólos de expansão como Ribeirão das Neves e Ibitaré, devido às dificuldades de a expansão naquela região.

As constantes transformações em Nova Lima estão relacionadas à sua proximidade com Belo Horizonte, iniciando-se um processo de conurbação em função do crescimento dos bairros da região sul e dos condomínios fechados que acompanham o eixo da BR040 saída para Ouro Preto. Contudo, ele também sofre com as políticas de gestão do município. Segundo Costa e Pacheco (2004, p. 5) estão relacionadas a uma tentativa do município de atrair um público de alto padrão, a partir dos condomínios fechados, sobre um discurso de “desenvolvimento ambiental sustentável”, iniciando-se assim uma nova proposta de crescimento para o município.

Por se tratar uma região de grande reserva de terras, Nova Lima também possui uma grande quantidade de recursos naturais, com grande potencial mineral. Além destes, outros recursos também estão no caminho da expansão dos grandes condomínios, como importantes parques e áreas de preservação, além de importantes bacias que servem de abastecimento para a capital, como, por exemplo, o Córrego dos Fechos. Dentro do Município de Nova Lima três sub-bacias servem a Bacia do Rio das Velhas: a do Rio do Peixe, o Ribeirão do Suja e o Ribeirão dos Macacos.

É de extrema importância definir métodos de interpretação e monitoramento das mudanças espaciais, em municípios da importância de Nova Lima, pois só assim é possível definir uma gestão sustentável dos recursos minimizando os impactos da expansão urbana de Belo Horizonte sobre Nova Lima, e a própria expansão do município.

As ferramentas de Geoprocessamento permitem uma sistematização e análise da informação. Uma das fontes de bases de dados que possibilitam essas análises em diferentes escalas, são os sensores remotos, a partir de imagens de satélite de diferentes resoluções espaciais e espectrais.

O Sensoriamento Remoto é parte integrante das técnicas em geoprocessamento, pois possibilita a interpretação e compreensão das tendências de uso e ocupação do solo em

uma dada região. As imagens de satélite, através do estudo do comportamento espectral dos alvos, permitem diferenciar os diversos tipos de uso do solo e assim identificar áreas potenciais em termos de recursos, como também monitorar os processos de transformação espacial.

Na evolução do Sensoriamento Remoto, as imagens LANDSAT foram de grande contribuição na construção de bases e análises a partir de imagens *raster*, sobretudo para o território brasileiro. Entretanto, um novo produto vem chamando a atenção dos pesquisadores quanto à capacidade radiométrica e resolução espacial: as imagens ASTER.

Diante do exposto, o objetivo nesse trabalho é explorar, a partir de duas cenas de imagens ASTER, possibilidades em métodos de classificação, realce e localização para esse tipo de imagem, os quais permitam, de maneira otimizada, identificar um número de classes pré-definidas, para o apoio a análises e gestão dos georecursos da região.

A pesquisa está vinculada a estudos da Rede Alfa denominada FARO – Formação Avançada no Setor das Rochas Ornamentais e do Geoprocessamento. A rede é coordenada pela Universidade de Bologna e inclui a participação do IGC-UFMG, Instituto Superior Técnico – Portugal, Universidade de Barcelona – Espanha, Universidad Nacional de La Plata – Argentina e Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo – México. É objetivo da rede explorar técnicas e metodologias de geoprocessamento que dêem subsídios para a localização e caracterização de Rochas Ornamentais, assim como propiciem a elaboração de propostas de exploração ambientalmente sustentável.

Os conhecimentos adquiridos com o intercâmbio proporcionado pelo Alfa FARO, possibilitarão um ganho na construção da classificação das imagens e análise dos resultados. Os estudos feitos no IST, Instituto Superior Técnico, junto ao Professor Doutor Pedro Pina, irão possibilitar um avanço nos conhecimentos de Análise de imagem, e servirão de apoio não somente para a monografia de Especialização em Geoprocessamento, mas para a continuidade dos estudos no Mestrado em Geografia, IGC-UFMG.

2. OBJETIVO

Objetivo Geral:

- Comparar a eficiência das imagens ASTER na classificação da cobertura do solo e identificação de georecursos em Nova Lima nos limites com Belo Horizonte.

Objetivos Específicos:

- Produzir diferentes classificações, segundo diferentes classificadores do SPRING, com o objetivo de obter a melhor classificação da ocupação do solo da área de estudo.
- Fazer um estudo comparativo entre as diferentes classificações produzidas.
- Definir qual método de classificação, resolução espectral e espacial apresenta melhor resposta para identificar um maior número de classes de cobertura do solo e atividades de mineração, utilizando o município de Nova Lima como área teste.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O município de Nova Lima se localiza ao sul da capital Belo Horizonte, e possui uma área de aproximadamente 429 km², uma densidade demográfica de 149,6 hab/ km², e está a 22 km de distância da capital (IDH-M, 2003).

De tradição mineradora, o município foi fundado em 1891. Costa e Pacheco (2004) explicam que o núcleo urbano de Nova Lima se consolidou no período de fixação da atividade de mineração, onde a base era a extração de ouro. Esta realidade gera uma maior segmentação social com a presença de diversas classes sociais.

Em função de sua localização como município da região metropolitana, está sob influência cada vez maior da capital Belo Horizonte, iniciando-se um processo de conurbação, em função da expansão dos bairros da região sul e dos condomínios fechados que acompanham o eixo da BR040 saída para Ouro Preto. Essa expansão se reflete no aumento da população (Tabela 1), no crescimento populacional (Tabela 2) e também na urbanização (Tabela 3).

Tabela 1: População Residente - 1970, 1980, 1991, 2000, 2002.

ANOS	URBANA	RURAL	TOTAL
1970	27.377	6.615	33.992
1980	35.050	6.173	41.223
1991	44.038	8.362	52.400
2001	62.951	1.344	64.295
2002 ⁽¹⁾			66.909

⁽¹⁾ Dados Preliminares. Fonte: IBGE

Tabela 2: Crescimento Populacional

Período	Taxa Cresci.%
1970-80	21,27
1980-91	27,11
1991-96	8,70
1996- 2001	12,88

Fonte: IBGE

Tabela 3: Grau de Urbanização

ANOS	% Pop. Urbana	% Pop. rural
1970	80,540%	19,460%
1980	85,025%	14,975%
1991	84,042%	15,958%
2001	97,910%	2,090%

Fonte: IBGE

A evolução do município está diretamente relacionada à atividade mineradora, pois ela foi base não somente para a consolidação do município, mas também para seu desenvolvimento. Segundo Menegale (2002), a atividade mineradora foi elemento base na formação do município de Nova Lima, pois a expansão urbana foi consequência das evoluções tecnológica e da atração da mão de obra especializada que essa tecnologia requeria.

Contudo, um dos grandes problemas do município está relacionado ao tipo de ocupação que na atualidade a gestão do município tem incentivado, pois isso pode gerar conflitos com grandes áreas de preservação que Nova Lima possui, além do grande número de nascentes que servem de abastecimento para a capital, como, por exemplo, o Córrego do Fechos, que é um ponto de captação de água para o abastecimento de Belo Horizonte. Segundo Soares (2003) a maior concentração de população se encontra na sub-bacia do Ribeirão do Água Suja (Tabela 4), onde se encontram os núcleos urbanos mais recentes.

Tabela 4: Habitantes por sub-bacia

Sub-bacia	Habitantes
Peixe	2.726
Macacos	4.911
Água Suja/Cardoso	57.689

Fonte: SOARES (2003)

A região, que inicialmente apresentava-se recoberta pela Floresta Estacional Semidecidual ou Tropical Subcaducifólia (OLIVEIRA, 2005), apresenta hoje predominância de cerrado e campo cerrado, entremeado pelas matas mais expressivas. Nas partes de maior altitude identifica-se a presença de vegetação de campos de altitude e/ou rupestre. Ocorrem áreas de reflorestamento essas associadas à mineração.

Quanto aos parques existentes no município, destaca-se o Parque Estadual do Rola Moça, pois está localizado na área onde a conurbação é mais intensa, nos limites entre o município de Nova Lima e Belo Horizonte, logo sofrendo com mais intensidade com as alterações antrópicas.

Com uma área de 3941 ha., abrangendo vários municípios da Região Metropolitana, como Belo Horizonte, Nova Lima, Ibirité e Brumadinho, o parque tem como objetivo proteger importantes mananciais das bacias dos cursos de água, destinados a captação de água pela COPASA para o abastecimento da RMBH. A área do parque não se encontra aberta à visitação em função do constante perigo de queimadas e da expansão da exploração de minério de ferro. O parque é administrado pelo IEF – Instituto Estadual de Florestas.

Quanto às características da vegetação da região, segundo Ab`Saber (1977, P. 12):

“Fitogeograficamente estão localizadas entre os Domínios da Mata Atlântica e do Cerrado, onde ocorrem fisionomias distintas como Cerrado, campos rupestres, florestas de galerias e florestas mesófilas. As formas predominantemente de Cerrado correspondem aos campos cerrados, campos sujos e campos de altitude, além das formações campestres que recobrem uma significativa área regional”.

Quanto à geologia da área, o DNPM (1953) em Oliveira (2005) resumem as características da região como:

“em grande parte é compreendida pelo Quadrilátero Ferrífero e suas seqüências do tipo Greenstone Belt, no interior do Bloco Brasília, ricas em mineralizações de ferro e ouro. É abrangida, em sua quase totalidade, pelo Grupo Nova Lima, o mais antigo do Supergrupo Rio das Velhas, que é ainda complementado pelos grupos Maquine e Tamanduá. Este Grupo é composto por rochas arqueanas metassedimentares com aproximadamente 2400 Ma, do tipo xisto e filito indiviso com formações ferríferas, presença de metassedimentos pelíticos e psamíticos e alguns raros conglomerados. Há, também, alguns serpentinitos isolados e diques básicos junto às formações ferríferas (DNPM, 1953). Na porção noroeste (bairros Vale do Sereno e Vila da Serra), a Serra do Curral é estruturada por rochas da Formação Gandarela (filito, dolomito, calcário marmorizado e itabirito dolomítico) no eixo da BR-040 e Itabirito Cauê (itabirito dolomítico e anfibolítico com lentes de hematita compacta), ambos do Grupo Itabira. E Formação Batatal e Moeda compostas por filito e quartzito conglomerado, respectivamente, do Grupo Caraça. Estes Grupos são integrantes do Supergrupo Minas” . (Oliveira 2005)

No aspecto climático, segundo a classificação de Koeppen, o clima da região é do tipo Temperado Macrotérmico Cwa, caracterizado com verões brandos e inverno seco não rigoroso. Há predomínio das chuvas nos meses de outubro a março, os totais

pluviométricos estão entre 1400 a 1600 mm/ ano. As médias térmicas máximas e mínimas são em torno de 21°C e 14° C (Oliveira, 2005).

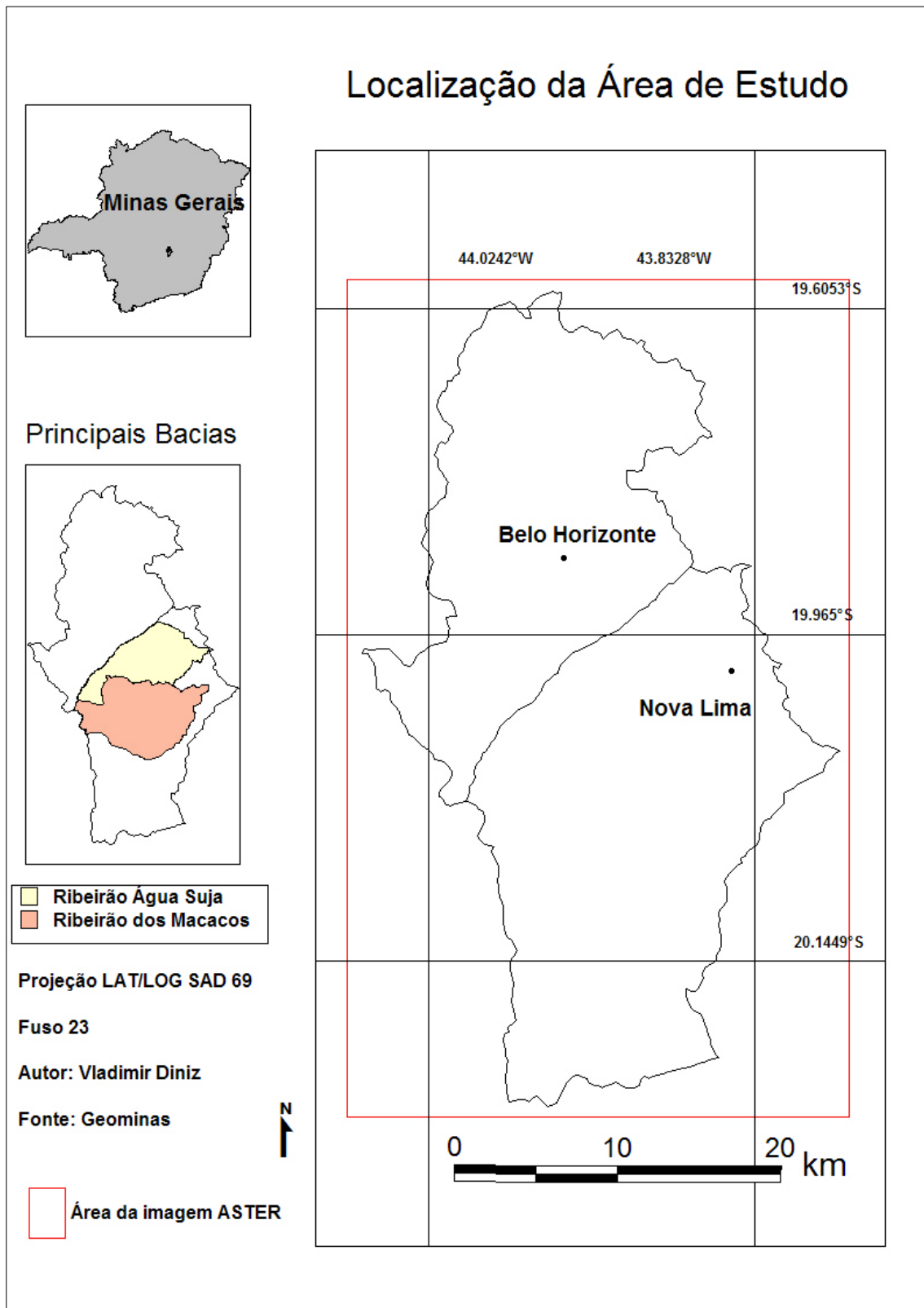


Figura 1: Localização da Área de Estudo

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A base desse trabalho são duas cenas do satélite ASTER data 04/09/2002, órbita/ponto 131/602, abrangendo a área dos municípios de Nova Lima e Belo Horizonte, as coordenadas do retângulo envolvente da área de estudo vão de $-43^{\circ} 46'$, $-19^{\circ} 46'$ até $-44^{\circ} 4'$, $-20^{\circ} 13'$, compreendendo uma área aproximada de 1500 km^2 .

As cenas ASTER são produtos tipo Nível 1B Data que, segundo Abrams e Hook (2002), trata-se de produtos do mesmo tipo do Nível 1A Data, mas com parâmetros radiométricos e geométricos aplicados, além de serem armazenados em arquivo HDF junto com o metadado.

The ASTER instrument produces two types of Level-1 data: Level-1A (L1A) and Level-1B(L1B). ASTER L1A data are formally defined as reconstructed, unprocessed instrument data at full resolution. They consist of the image data, the radiometric coefficients, the geometric coefficients and other auxiliary data without applying the coefficients to the image data, thus maintaining original data values. The L1B data are generated by applying these coefficients for radiometric calibration and geometric resampling. (Abrams e Hook, 2002)

4.1 AS IMAGENS ASTER

Segundo Abrams e Hook (op. cit.), o sensor ASTER, *The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* foi lançado em 1999 pela NASA. Ele cobre uma larga faixa do espectro electromagnético com 14 bandas que vão do visível até o infravermelho termal, com alta resolução radiométrica e espacial. Além disso, apresenta uma banda adicional de infravermelho próximo possuindo uma visada diferenciada para permitir a estereoscopia.

A resolução espacial das bandas varia de acordo com a faixa do espectro, possuindo 15m de resolução no visível e o *near infrared* (VNIR), 30 m no *short wave infrared* (SWIR) e de 90 m no *thermal infrared* (TABELA 5). Cada cena do ASTER cobre uma extensão de exatos 60 km x 60 km. Essa diversidade de bandas e uma resolução espacial maior permite estudos mais detalhados em comparação às imagens do LandSat 7, as mais usadas no Brasil na atualidade para estudos de classificação de uso e ocupação do solo (FIGURA 1).

Tabela 5: Descrição dos Sensores ASTER

Subsystem Band	No.	Spectral Range	Resolution, m	Quantization Levels
VNIR	1	0.52-0.60	15	8 bits
	2	0.63-0.69		
	3N	0.78-0.86		
	3B	0.78-0.86		
SWIR	4	1.60-1.70	30	8 bits
	5	2.145-2.185		
	6	2.185-2.225		
	7	2.235-2.285		
	8	2.295-2.365		
	9	2.360-2.430		
TIR	10	8.125-8.475	90	12 bits
	11	8.475-8.825		
	12	8.925-9.275		
	13	10.25-10.95		
	14	10.95-11.65		

Fonte: ABRANS e HOOK (2002)

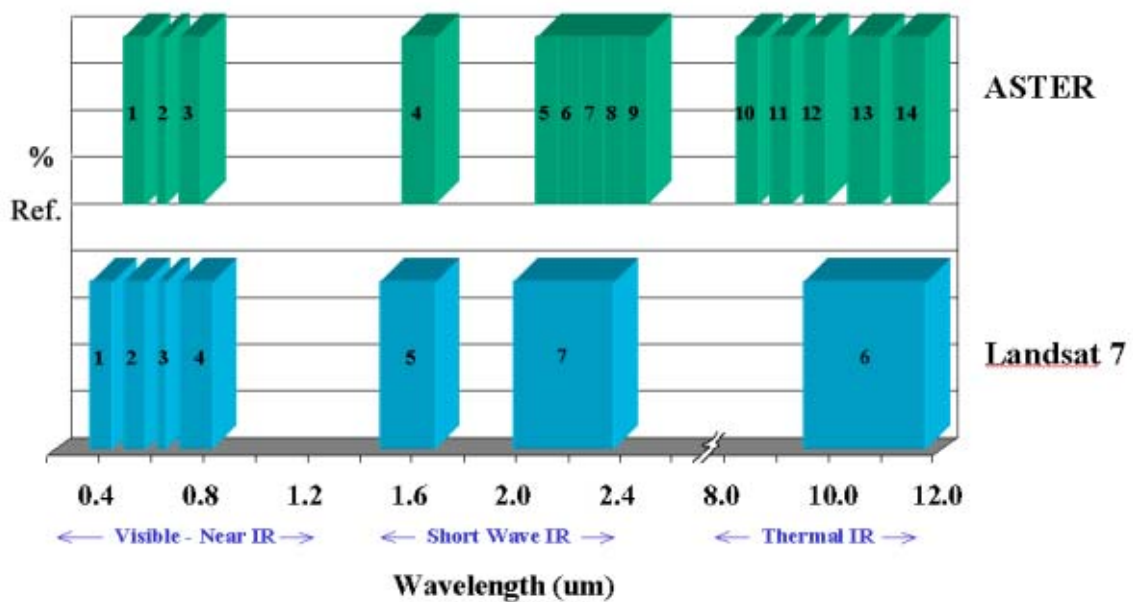


Figura 2: Comparativo LandSat X ASTER

Até o presente momento, segundo Abrams e Hook (2002), as imagens ASTER têm sido destinadas em 25% para estudos de escala local, 50% para monitoramento regional e 25% para construção do Global Map.

Em função do seu baixo custo e sua alta resolução 15m, as imagens ASTER têm sido destinadas para diversificados estudos: confecção e atualização de mapas, classificação

do uso da terra, monitoramento do desenvolvimento das cidades, monitoramento de projetos de desenvolvimento regionais, mapeamento de redes viárias, investigação do tráfego e das rotas de transporte e exame das medições de enchentes em regiões próximas ao nível do mar (Abrams e Hook, 2002).

As ASTER se destacam por sua crescente participação nos estudos de monitoramento e controle em função da sua resolução temporal e facilidade de aquisição. Francelino (2003) destaca a importância do monitoramento das constantes transformações espaciais, pois as freqüentes mudanças espaciais são conseqüências das atividades humanas, e essas mudanças podem ter conseqüências sócio-econômicas importantes, por isso a necessidade do seu constante monitoramento.

O mesmo autor destaca o papel do sensoriamento remoto no controle o monitoramento dessas mudanças, pois é grande fonte de informação espaço temporal. Contudo, antes é necessário um estudo aprimorado para definir métodos e assim encontrar dentro do conjunto de sensores disponíveis aquele que possui entre suas características o melhor custo/benefício.

4.2 SPRING

O *software* utilizado é o Spring, que segundo o INPE possui as seguintes características: opera como um banco de dados geográfico sem fronteiras e suporta grande volume de dados (sem limitações de escala, projeção e fuso), administra tanto dados vetoriais como dados matriciais *raster*, realiza a integração de dados de sensoriamento remoto e prove um ambiente de trabalho poderoso, através da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente programável pelo usuário.

As duas cenas ASTER são da mesma data, já possuem parâmetros radiométricos e geométricos definidos, entretanto eram imagens independentes com suas respectivas bandas. No Spring foi feito o mosaico das imagens e o tratamento de realce.

As bandas trabalhadas foram 2 do VNIR e uma do SWIR (TABELA 6), essa composição foi a que visualmente permitiu selecionar as classes de interesse. No Spring

as bandas de 30 metros foram reamostradas para 15 metros, para que fosse possível o trabalho de classificação das imagens.

Neste trabalho são utilizadas duas composições RGB: uma com as bandas selecionadas, onde aplicados os métodos de classificação do Spring, e outra composição a partir de bandas geradas pelo método de Principais Componentes. Assim, são testadas as eficiências dos classificadores do Spring com uma composição simples e outra a partir da Principal Componente.

Tabela 6: Bandas selecionadas para primeira imagem

Subsystem Band	No.	Spectral Range	Resolution, m	Quantization Levels
VNIR	1	0.52-0.60	15	8 bits
	2	0.63-0.69		
	3N	0.78-0.86		
	3B	0.78-0.86		
SWIR	4	1.60-1.70	30	8 bits
	5	2.145-2.185		
	6	2.185-2.225		
	7	2.235-2.285		
	8	2.295-2.365		
	9	2.360-2.430		
TIR	10	8.125-8.475	90	12 bits
	11	8.475-8.825		
	12	8.925-9.275		
	13	10.25-10.95		
	14	10.95-11.65		

Fonte: ABRAMS e HOOK (2002)

4.2 PRINCIPAIS COMPONENTES

Segundo Crósta (1992), a Análise por Principais Componentes (APC), conhecida também como Transformação por Principais Componentes ou Transformada de Karhunen-Loeve tem êxito para o processamento de imagens de imagens provenientes de sensores multiespectrais. Originalmente desenvolvida no âmbito da engenharia elétrica, com finalidade de processar sinais eletrônicos para remoção de ruídos, a APC foi adotada pelo sensoriamento remoto. Os resultados da APC são de difícil generalização para determinados tipos de aplicações. Os resultados são dependentes das características espectrais da cena estudada. Crósta (op. cit) explica que os resultados obtidos em uma área não necessariamente se repetem em outra:

A geração de componentes principais é uma técnica de rotação espectral que reduz ou remove a redundância espectral. Considerando o espaço de atributos bidimensional de duas imagens A e B, especifica-se a posição do centróide da distribuição, centro de gravidade da distribuição, não o centro geométrico. Este centro da distribuição é um ponto em que um pixel de intensidade média, se ele houver, estaria posicionado. Conhecido este ponto, é feito um cálculo do espalhamento ao longo de cada eixo, a variância. Ela é medida pelo quadrado do desvio padrão do histograma de intensidades para cada banda e dá a medida do contraste de cada banda espectral. A correlação entre cada par de bandas da imagem é especificada, usando-se o parâmetro da covariância. Esta relaciona duas variâncias específicas e descreve o quanto de informação contida em um par de bandas é comum a ambas. O valor da covariância pode ser positiva, quando os dados são positivamente correlacionados, e negativa, quando são negativamente correlacionados.

O importante é que as novas bandas geradas não tenham correlação entre si. Gera-se um novo conjunto de imagens cujas bandas principais, em número bem menor, apresentam uma concentração da informação total presente nos canais originais. Os resultados, segundo Crósta (op. cit) indicam:

- Os auto-valores representam o comprimento dos eixos das PC's da imagem e são medidos em unidades de variância.
- Os auto-vetores representam as direções dos eixos das PC's. Eles servem como fatores de ponderação que definem a contribuição de cada banda original para uma PC.
- A porcentagem indica a diferença de contraste entre as PC's, significando que ela possui menos informação. Sucessivamente, cada PC possui menos informação do que suas predecessoras.

4.3 DEFINIÇÃO DAS CLASSES

As classes foram definidas a partir de experiências anteriores com classificação, conhecimento da área e imagens de alta resolução disponíveis para validação da classificação. Foi usada uma imagem IKONOS com resolução de 1 metro do município de Nova Lima, do ano de 2000, e um conjunto de fotografias aéreas de Belo Horizonte com 40 cm de resolução de 2001. Também para definição do grupo de classes foi levado em consideração o objetivo de estudo na área, as suas características e o histórico de formação.

Classes definidas para Classificação:

- **Área urbana ou Alterada** – áreas urbanas, áreas de mineração, vias urbanas, afloramentos, áreas degradadas pela ação antrópica.
- **Vegetação densa** – área com predominância de vegetação arbórea, matas remanescentes, áreas de nascente, mata ciliar, parques, áreas de reflorestamento.
- **Vegetação Rasteira** – área com predominância de vegetação arbustiva e herbácea, áreas de pastagem, áreas de cultivo, áreas típicas de Cerrado.
- **Água e Sombra** – Áreas de espelho d'água ou predominância de sombras.
- **Solo Exposto** – Áreas onde a estrutura do solo está exposta em função de processos naturais ou ação antrópica.

Tabela 7: Chave de interpretação da imagem ASTER

Categoria	SWIR 1 R VNIR 3 G VNIR 2 B		
	Cor	Textura	Forma
Área Urbana ou alterada	Cinza Azulado e tom avermelhado	rugosa	irregular
Vegetação Densa	Verde Claro e Verde escuro	rugosa	irregular
Vegetação Rasteira	marrom claro e escuro	rugosa	irregular
Solo Exposto	branco e branco acinzentado	lisa	irregular
Água e Sombra	Preto	lisa	irregular

4.2 DEFINIÇÃO DOS CLASSIFICADORES

Para testar a capacidade das imagens ASTER na classificação de cobertura do solo e identificação dos georecursos na região, foram definidos na metodologia dois tipos de classificadores do Spring a serem testados nas duas imagens. Uma metodologia de classificação a partir de bandas do VNIR e SWIR e outra a partir do resultado das Principais Componentes, ambas por métodos supervisionados, sendo que a primeira utilizando-se de um procedimento de segmentação anterior ao processo de classificação.

O processo de segmentação consiste de um agrupamento em regiões menores que apresentam uma determinada semelhança no seu comportamento espectral. Para a criação das segmentações os parâmetros do Spring foram definidos para as duas imagens com similaridade de 15, e área em pixels de 30, o método a ser utilizado para classificar as imagens segmentadas e o *Battacharya*.

Segundo INPE (2004), a medida da distância de *Battacharya* é usada neste classificador por regiões, para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais, ou seja, mede a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais.

O outro método também utilizando nas duas imagens é o Maxver, ou Máxima Verossimilhança, que é um processo de classificação pixel a pixel que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis de cinza das classes, utilizando parâmetros estatísticos, (INPE 2004).

Segundo INPE (2004), o que reflete um conjunto de classes bem definidas é uma matriz de classificação onde a diagonal principal apresenta valores próximos dos 100%, o que demonstra que existiu pouca confusão entre as classes. Na maioria dos casos a existência de classes semelhantes dificulta a manutenção de valores próximos de 100%.

Tabela 8: Matriz de Confusão Imagem ASTER RGB – PC1/PC3/PC2

	Solo exposto	Vegetação rasteira	Vegetação densa	Urbano e alterado	Água e sombra
Solo exposto	98,86%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Vegetação rasteira	0,00%	30,24%	0,00%	0,00%	0,00%
Vegetação densa	0,00%	0,00%	87,06%	0,00%	0,00%
Urbano e alterado	0,00%	0,00%	0,00%	94,19%	0,00%
Água e sombra	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	89,64%

5. RESULTADOS E ANÁLISES

A partir das Principais componentes foram definidas 3 PCs (Principais Componentes) onde a maior parte da informação das 9 bandas do ASTER se concentraram, e o comportamento na matriz de correlação nos demonstrou quais bandas teriam um aproveitam maior da informação em função dos seus valores de correlação (TABELA 8 e 9), a partir dessas 3 PCs foi criada a composição RGB de uma das imagens a ser trabalhada (FIGURA 2).

Tabela 9: Auto-valores gerados da Principal Componente

PC	Auto-valor	Porcentagem
P1	14148.45	84.82
P2	1552.52	9.31
P3	665.00	3.99
P4	158.16	0.95
P5	53.89	0.32
P6	42.46	0.25
P7	26.14	0.16
P8	18.74	0.11
P9	14.85	0.09

Tabela 10: Matriz de correlação das Principais Componentes

Matriz de Correlação	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
P1	1.000	0.904	0.915	0.886	0.865	0.844	0.649	0.723	0.285
P2	0.904	1.000	0.990	0.986	0.984	0.977	0.728	0.791	0.079
P3	0.915	0.990	1.000	0.982	0.982	0.975	0.716	0.785	0.071
P4	0.886	0.986	0.982	1.000	0.989	0.979	0.745	0.802	0.081
P5	0.865	0.984	0.982	0.989	1.000	0.988	0.741	0.804	0.049
P6	0.844	0.977	0.975	0.979	0.988	1.000	0.724	0.789	0.007
P7	0.649	0.728	0.716	0.745	0.741	0.724	1.000	0.957	0.385
P8	0.723	0.791	0.785	0.802	0.804	0.789	0.957	1.000	0.306
P9	0.285	0.079	0.071	0.081	0.049	0.007	0.385	0.306	1.000

A segunda composição foi a que melhor definiu as classes a serem identificadas visualmente, e a partir daí uma definição das classes poderia ser feita de maneira mais precisa, com o apoio das imagens de alta resolução como ferramenta de validação (FIGURA 3). As classes definidas visualmente para o processo de classificação também foram utilizadas para classificar a imagem gerada a partir das Principais Componentes, pois a composição em RGB das componentes dificulta a identificação destas classes.

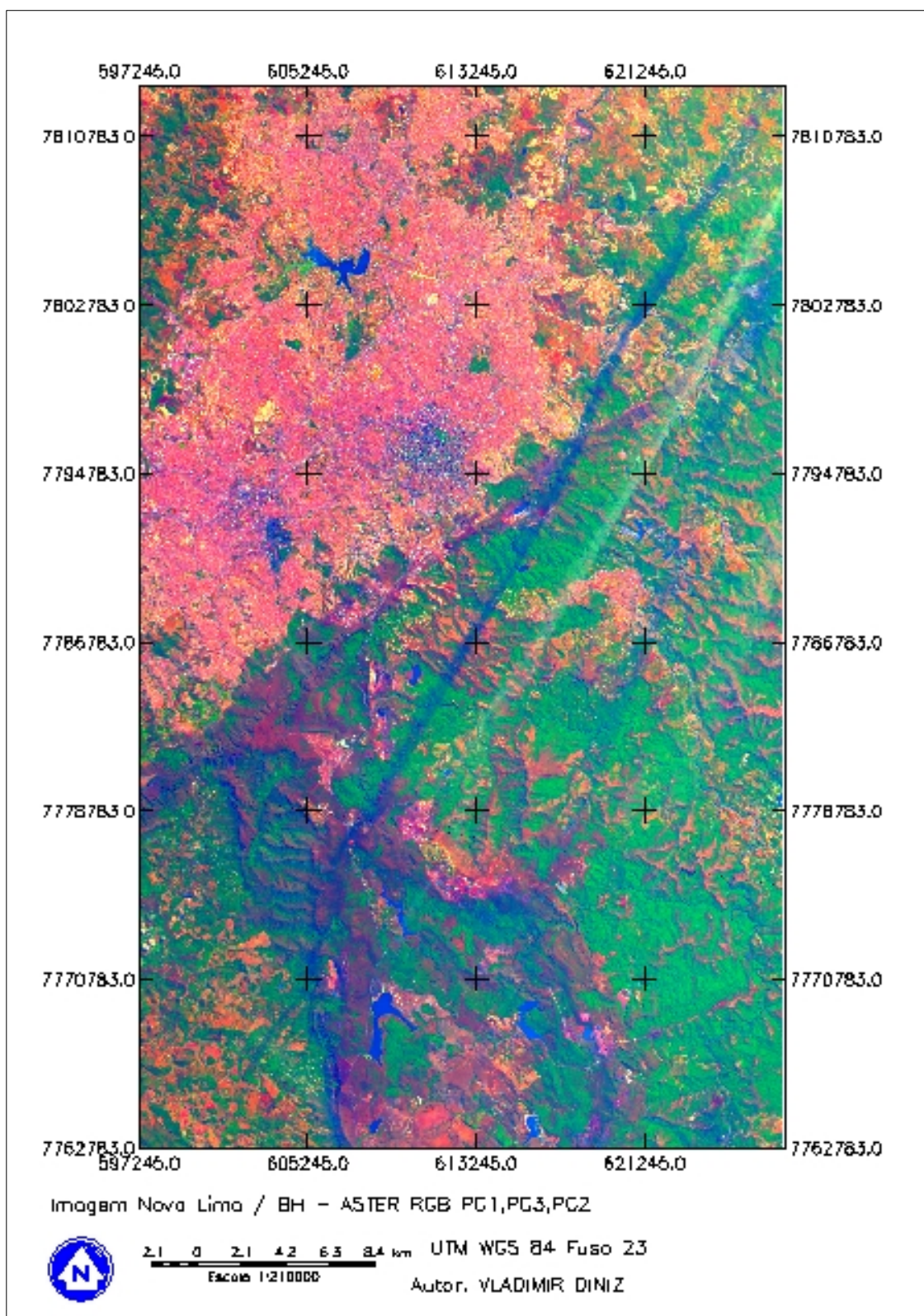


Figura 3: Composição imagem ASTER RGB – Componentes PC1/PC2/PC3

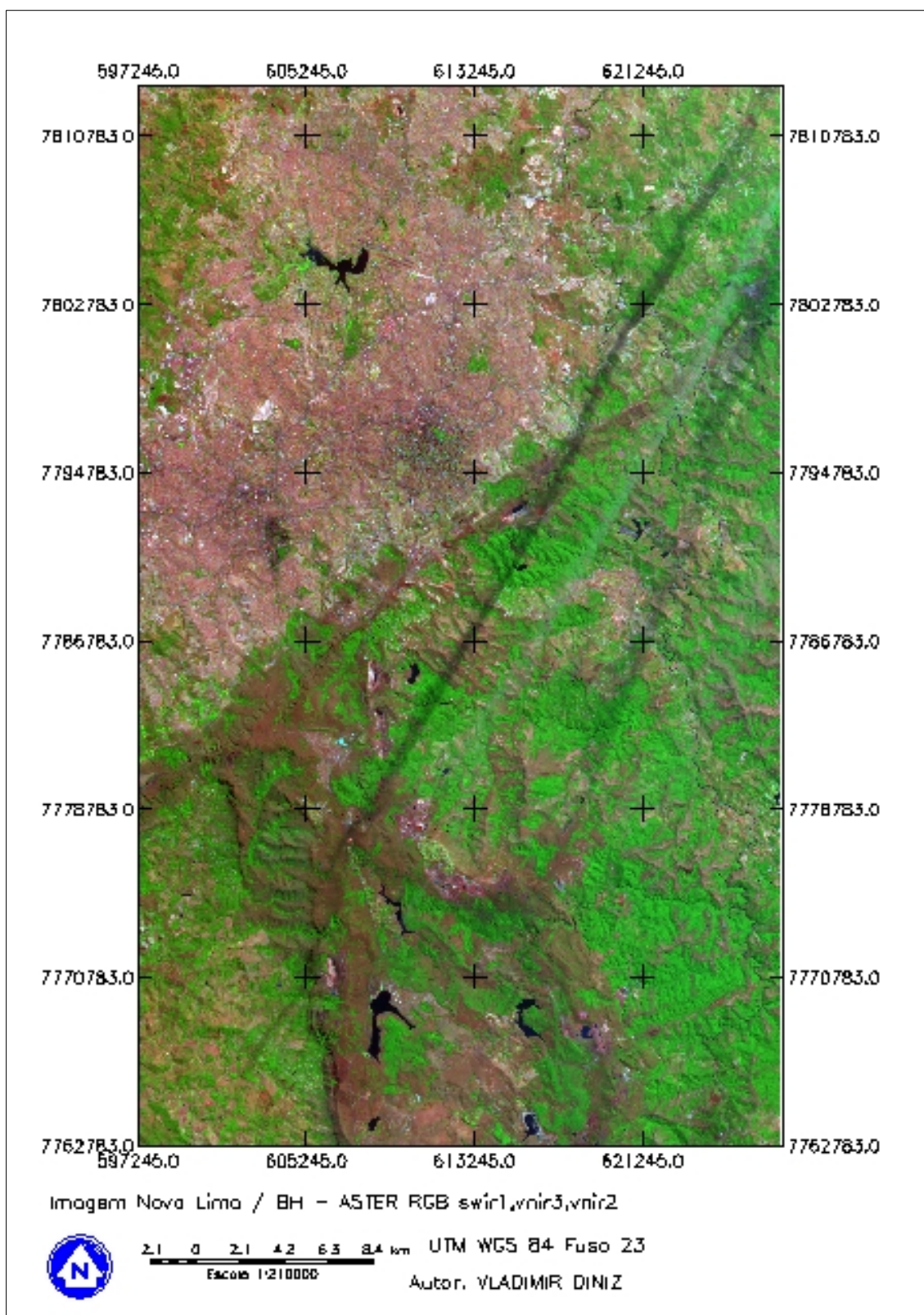


Figura 4: Composição ASTER RGB – Bandas SWIR1/VNIR3/VNIR2

O Spring gera relatórios sobre as classes adquiridas no processo de classificação. A partir desses relatórios e da análise visual do resultado final do processo de classificação, pode-se chegar a uma resposta sobre qual método produz o melhor resultado dentro das classes definidas na metodologia.

Comparando os resultados de cada composição para os dois métodos definidos na metodologia, o classificador que utilizou do processo de segmentação e das bandas geradas a partir da Principal Componente foi o que apresentou melhor resultado segundo relatório gerado pelo Spring, a partir das amostras de classificação. A partir também de uma análise visual do resultado da classificação, foi a que melhor pode identificar a diversidade de ocupação do solo da área, (TABELA 9) e (FIGURA 4).

Tabela 11: Matriz de correlação das Principais Componentes

	Desempenho Geral	Confusão Média
RGB SWIR VNIR - MAX VER	95.39%	4.61%
RGB COMPONENTES - MAX VER	97.08%	2.92%
RGB SWIR VNIR - BATTACHARA	99.56%	0.44
RGB COMPONENTES - BATTACHARA	99.8%	0.11%

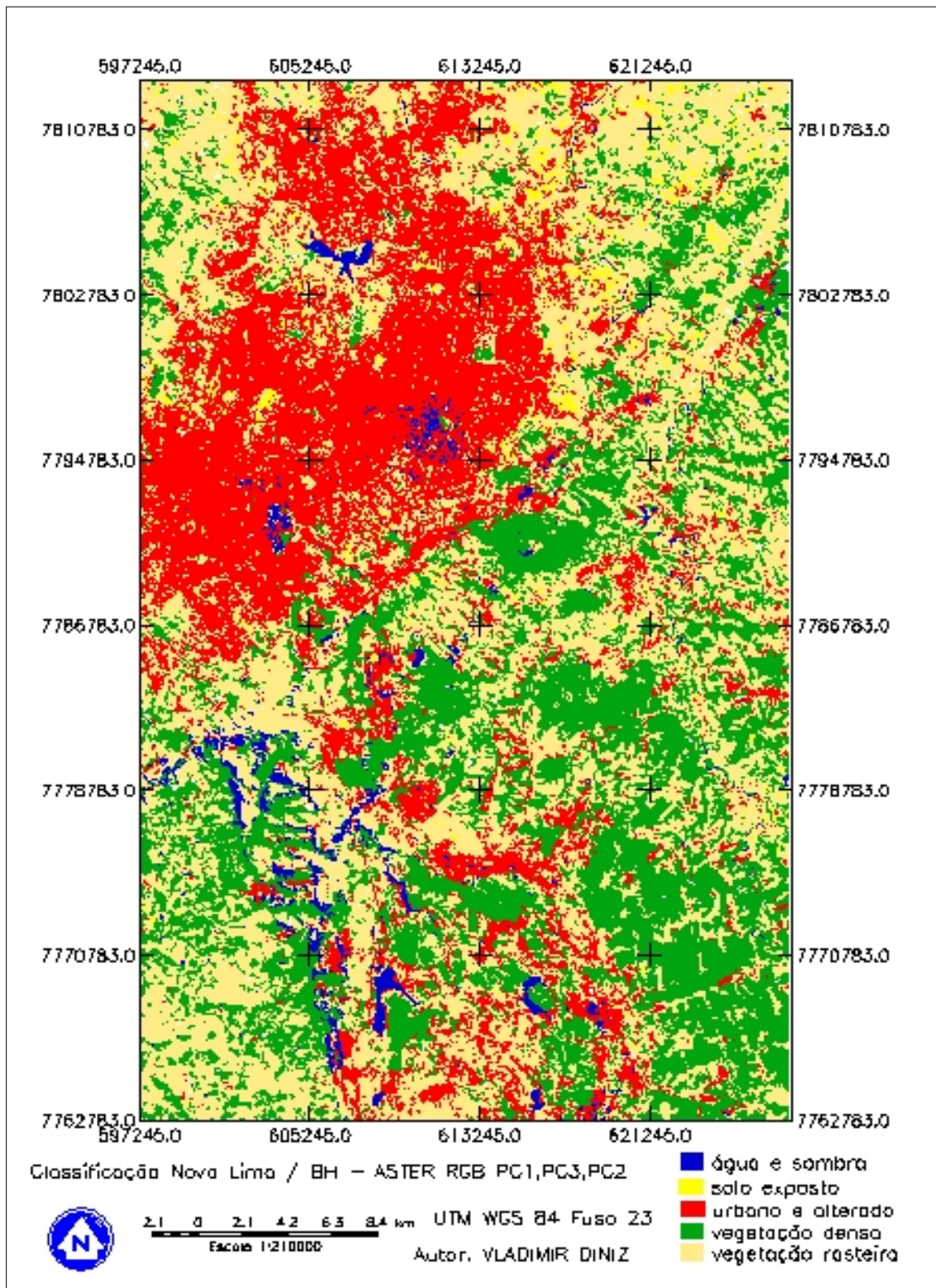


Figura 5: Classificação ASTER RGB – PC1/PC3/PC2 – Método Battachara

No processo de classificação pode-se perceber que as classes de solo exposto, água e sombra e vegetação densa são as que possuem menor confusão ou nenhuma, se comparadas com as demais. Entretanto, as classes de vegetação rasteira possuíam altos índices de confusão com área urbana e degradada. Essa mistura varia de método para método, sendo bem menor nos que utilizaram da imagem segmentada, e aumentando no método pixel a pixel, o que dificultou muito a classificação (FIGURAS 5, 6 e 7 – páginas 30, 31 e 32).

Nesse contexto, a validação a partir de imagens de alta resolução não é suficiente para garantir um baixo índice de confusão entre as classes citadas. É necessária uma fase de campo com levantamento GPS para definição das classes com maior precisão.

Outros métodos de classificação não testados neste trabalho podem ter resultados mais precisos, conseguindo distinguir bem as classes de estudo. Isso mostra que uma continuidade é necessária para um aprimoramento do processo de classificação de imagens ASTER.

A imagem RGB a partir das componentes principais, (FIGURA 2), revelou a capacidade de identificar subclasses dentro de todas as classes definidas na metodologia, o que dificultou o levantamento das amostras para a classificação, mas revelou a capacidade das imagens ASTER a partir do método de Principais Componentes de identificar em um nível mais detalhado os tipos de ocupação do solo.

Seria interessante um estudo mais aprofundado permitir identificação de áreas com potenciais de exploração ainda não observados pela administração do município.

Assim, fica claro o potencial que as imagens ASTER associadas ao processo das Principais Componentes terão no mapeamento e monitoramento do uso e ocupação de diversas regiões, tanto no monitoramento de uso e ocupação, quanto na detecção de georecursos.

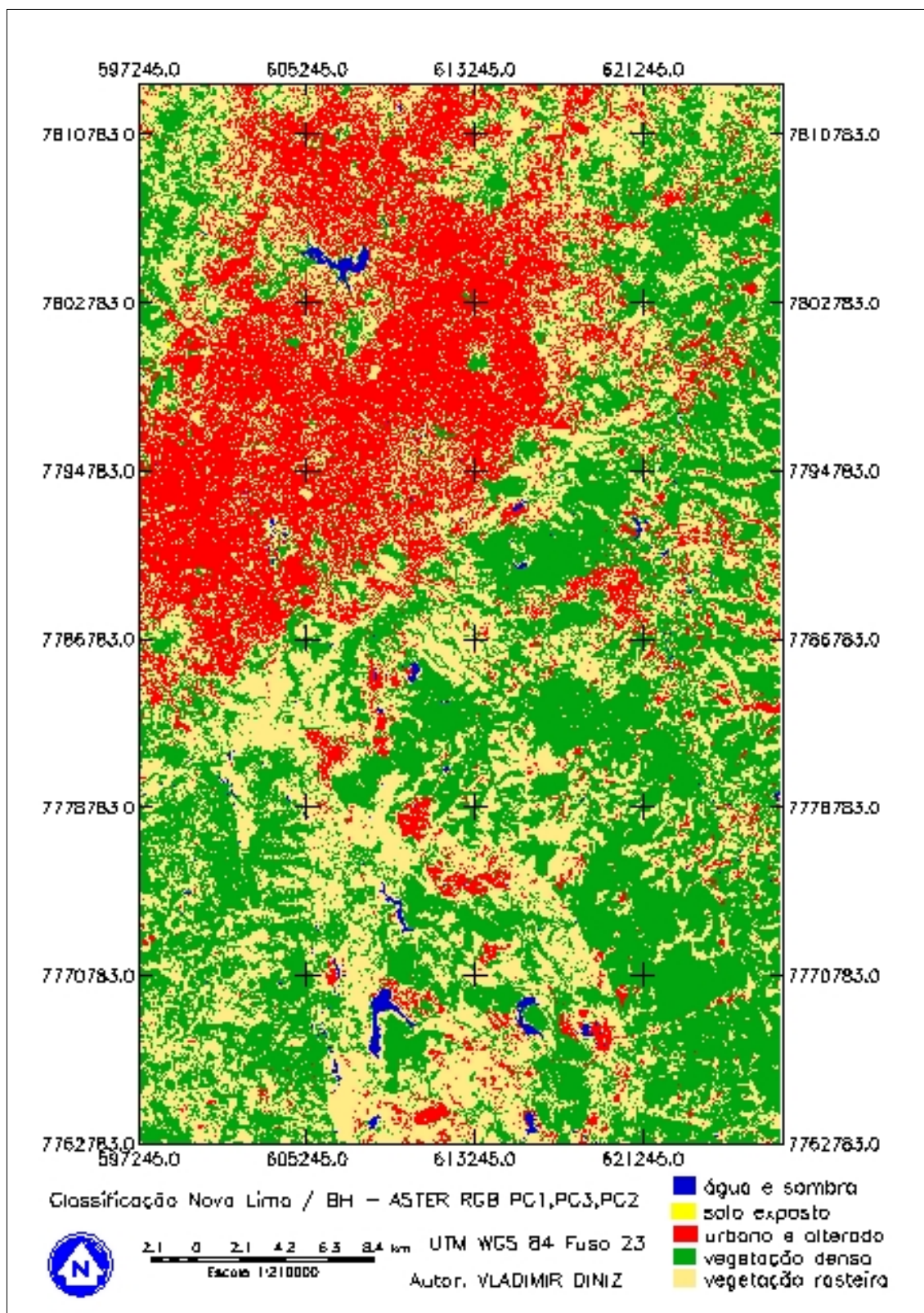


Figura 6: Classificação ASTER RGB – PC1/PC2/PC3 – Método Maxver

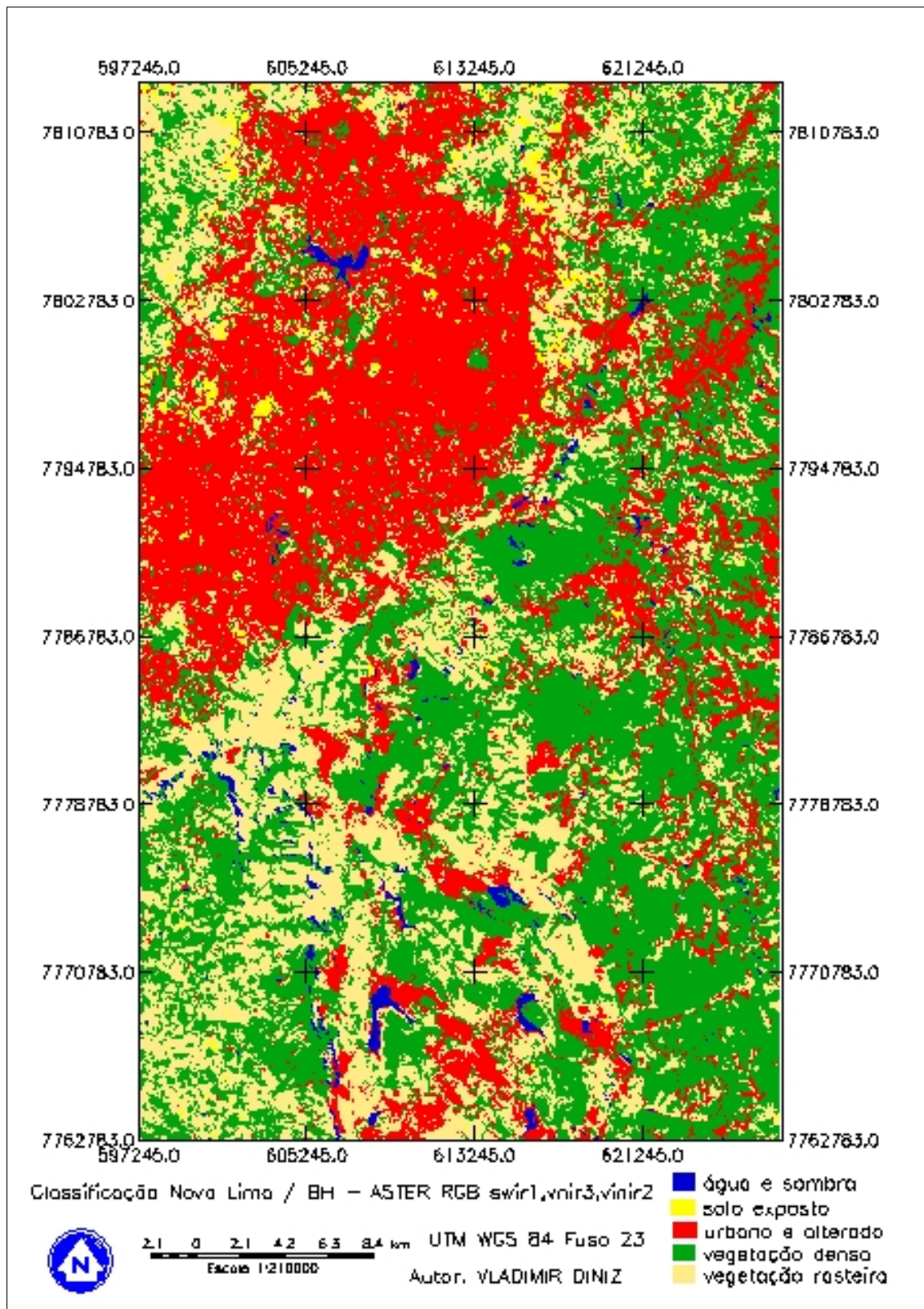


Figura 7: Classificação ASTER RGB – SWIR1/VNIR3/VNIR2 – Método Battachara

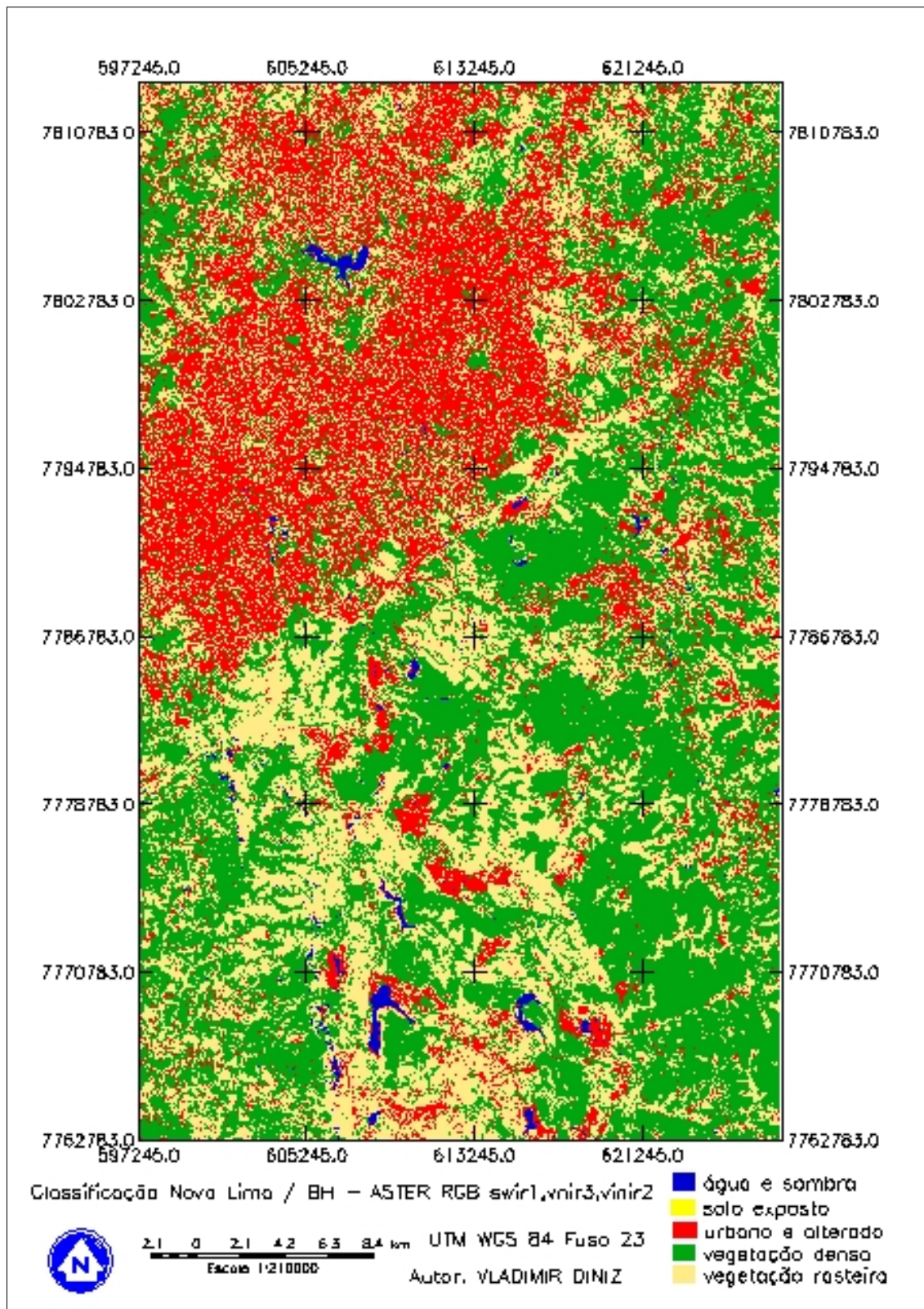


Figura 8: Classificação ASTER RGB – SWIR1/VNIR3/VNIR2 – Método Maxver

6. CONCLUSÃO

Como ferramenta de aquisição de base de dados, as imagens de satélite, a cada dia tem se mostrando grande fonte de informação, à medida que evoluem em resolução espacial, espectral e temporal. Nesse trabalho as imagens ASTER demonstraram essa capacidade, a partir de métodos de classificação do Spring, foi possível dentro de uma área de grande complexidade identificar com uma precisão aceitável a ocupação do solo dos dois municípios, em seus principais elementos.

A associação dos métodos de classificação com as Principais Componentes deu maior capacidade de distinção dentre as classes, foi possível identificar subclasses em todas as classes definidas na metodologia, o que permite no futuro estudos mais aprofundados sobre como identificar essas subclasses.

A partir do momento que o método é definido para a identificação de ocupação do solo em uma determinada área, é possível que ele seja reproduzido em outras áreas onde exista imagens do mesmo padrão, levando em consideração que todo processo de classificação foi feito em um determinado tipo de imagem, que foi adquirida em um data específica e também sofreu tratamento de realce, todos esses aspectos variam de imagem para imagem, logo isso deve ser levado em consideração dentro da metodologia.

A crescente necessidade de um planejamento cada vez mais detalhado atribui às ferramentas de classificação grande responsabilidade na construção das bases de dados, logo temos que estar conscientes da capacidade e limitações desse método. Devemos construir ferramentas para fornecer bases de dados cada vez mais confiáveis, pois entender o comportamento espacial dos fenômenos com maior precisão nos permite gerenciar e direcionar ações que minimizem as conseqüências de transformações antrópicas, e nos permita gerenciar os recursos naturais disponíveis de maneira sustentável.

7. BIBLIOGRAFIA

AB`SABER, A.N. **Os Domínios Morfoclimáticos na América do Sul**. São Paulo, USP. Instituto de geografia. V.52, 21p. 1977

ABRAMS, Michael HOOK, Simon, **ASTER User Handbook Version 2**, Jet Propulsion Laboratory 4800 Oak Grove Dr. Pasadena, CA 91109 Bhaskar Ramachandran EROS Data Center Sioux Falls, SD 57198

COSTA, G.M.; Pacheco, P. D. 2004 **Planejamento urbano no ambiente metropolitano: o caso do município de Nova Lima na Região Metropolitana de Belo Horizonte**. In: VII Seminário da História da cidade e do Urbanismo, Niterói. Anais – VII SHCU: Escola de Arquitetura e Urbanismo da UFF, 2004 p. 1-12.

CORRÊA, Roberto Lobato. **O Espaço urbano**. São Paulo: Ática, 2002.

CRÓSTA, Álvaro Penteadó. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1992. 170p

FRANCELINO, Marcio Rocha **Utilização de Imagens ASTER na Determinação de Classes de Uso do Solo no Município de Viçosa, MG**, Belo Horizonte, Brasil, Anais XI SBSR, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 1297 – 1301 1297

IBGE, Pesquisa de Informações Básicas Municipais – 2001.

IDH-M / Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 1991-200

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **SPRING**: manual do usuário. São José dos Campos: INPE. 2004

MENEGALE, M.B.C.S. **A transformação Territorial de um Município de Tradição Mineradora: Estudo de caso sobre a recente ocupação do Norte de Nova Lima, circundando à mata do Jambreiro**. Belo Horizonte: UFMG/EA, 2002 146p. (dissertação de mestrado)

OLIVEIRA, Gladson de, **A Situação Ambiental na Porção Norte de Nova Lima: O Impacto da Rodovia MG-030 e dos Condomínios Residenciais**, Belo Horizonte, MG, UFMG, Relatório do PAD 2005.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. **Acesso a dados e transformações preparatórias à análise ambiental**. Rio de Janeiro: Lageop, 1999a. 12 p. (apostila do Curso de Especialização em Geoprocessamento - Mídia CD-rom).