

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

Vladimir Diniz Vieira Ramos¹

Ana Clara Mourão Moura¹

Pedro Pina²

¹Universidade Federal de Minas Gerais

Departamento de Cartografia

Av. Antônio Carlos, 6626, Belo Horizonte, Minas Gerais. CEP 31270-901

²Instituto Superior Técnico – Portugal

Departamento de Engenharia de Minas e Georecursos

Alameda de St António dos Capuchos, 1 Cep: 1169-047 Lisboa, Portugal.

RESUMO

Esse trabalho se propõe a aplicar técnicas de classificação de imagens de Sensoriamento Remoto em imagens ASTER relativas ao município de Nova Lima e Belo Horizonte, através de recursos de processamento e classificação de imagens do SPRING, software do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). O objetivo desse trabalho é testar a capacidade das imagens ASTER em classificar cobertura do solo especificamente na área de estudo, através dos classificadores do SPRING, compará-los e identificar o que melhor se aplica ao caso específico. 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, sendo as coordenadas do retângulo envolvente da área de estudo de -43° 46', -19° 46' a -44° 4', -20° 13', compreendendo uma área de aproximadamente 1500 km².

Palavras chaves: Aster, Cobertura do solo.

ABSTRACT

This work aims at applying classification techniques on ASTER images from remote sensing relative to the cities of Nova Lima and Belo Horizonte, through the use of processing and classification of images from SPRING, software from INPE (Brazilian Institute of Spatial Research). The target of this work is to test the capacity of ASTER images to classify ground coverage, specifically in the area of study, by means of SPRING classifiers, compare them and identify which ones best suitable to the case in question. There are two scenes from satellite ASTER, dated September 4th, 2002, orbit/point 131/602, covering the area of the cities of Nova Lima and Belo Horizonte, whose rectangle coordinates of the area of study are -43° 46', -19° 46' to -44° 4', -20° 13', comprising an area of about 1500 square kilometers.

Keywords: Aster, Ground Coverage.

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 (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.

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 Ibirité, devido às dificuldades de a expansão naquela região.

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.

Diante do exposto, o objetivo nesse trabalho é explorar, a partir de duas cenas de imagens ASTER, possibilidades em métodos de classificação, realce e 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 e 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.

2 OBJETIVO

Como objetivo principal o presente trabalho busca comparar a eficiência das imagens ASTER na classificação da cobertura do solo e identificação de georecursos em Nova Lima nos limites com Belo Horizonte, para comparar essa eficiência será necessário produzir diferentes classificações, segundo diferentes classificadores do SPRING, para obter a melhor interpretação da ocupação do solo da área de estudo.

Assim fazer um estudo comparativo entre as diferentes classificações produzidas, para definir qual método, resolução espectral e espacial apresenta melhor resposta, para identificar um maior número de classes de cobertura do solo, atividades de mineração, utilizando o município de Nova Lima como área teste.

3 CARACTERÍSTICAS 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).

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.

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 da evolução tecnológica e da atração da mão de obra especializada que essa tecnologia requeria.

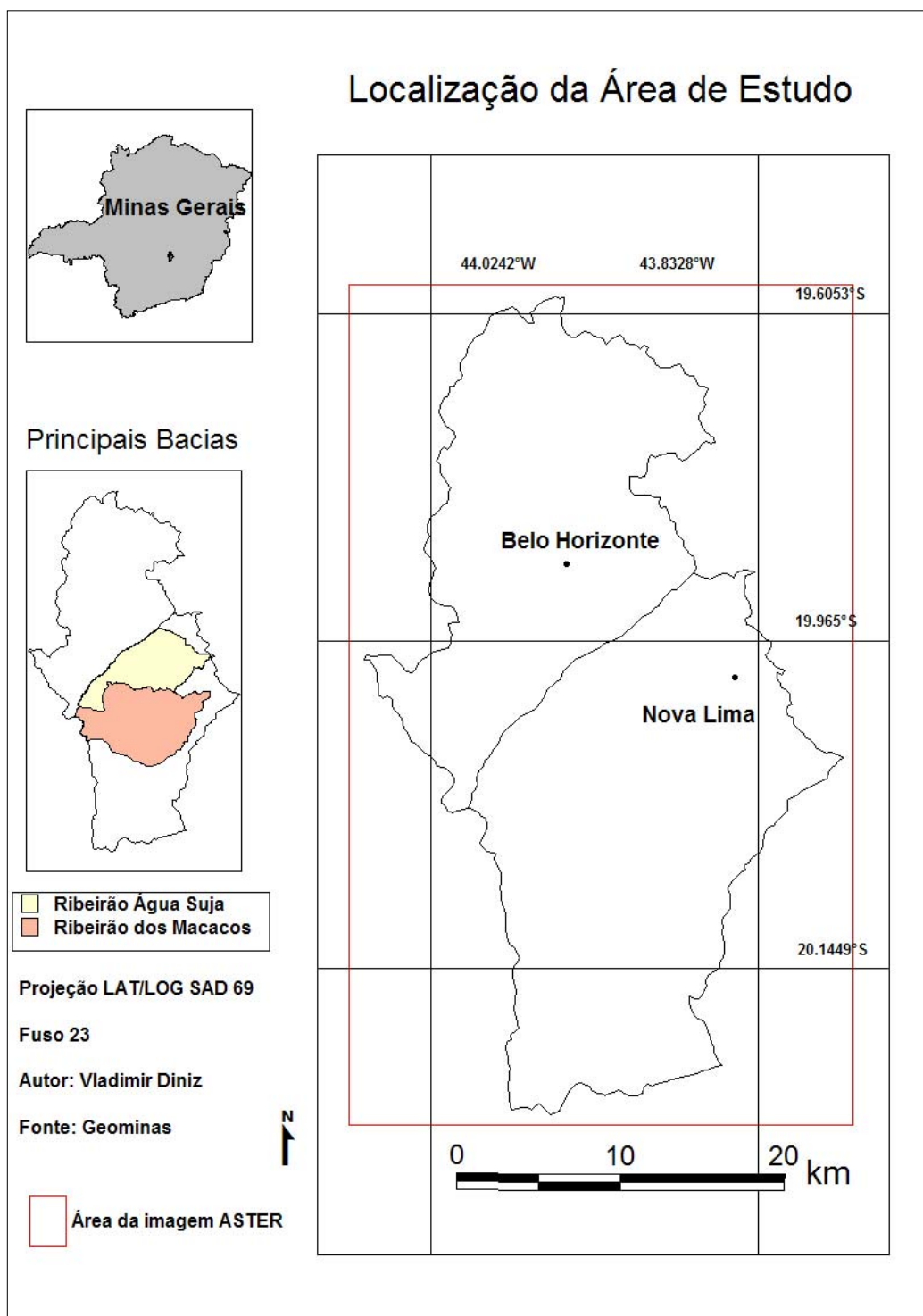


Fig. 1: Mapa de Localização da Área

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° 46', -19° 46' até -44° 4', -20° 13', compreendendo uma área aproximada de 1500 km².

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.

Segundo (Abrams e Hook, 2002), 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.

TABELA 1 – DESCRIÇÃO DO SENSOR 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		

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 à necessidade do seu constante monitoramento.

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, 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 2 – BANDAS SELECIONADAS PARA A 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		

Segundo (Crosta, 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. Para (Crosta, 1992) os resultados obtidos em uma área não necessariamente se repetem em outra.

As classes foram definidas a partir de experiências anteriores com classificação, conhecimento da área e imagens de alta resolução disponíveis. 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.

TABELA 3 – 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

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 4 – MATRIZ DE CONFUSÃO – ASTER RGB – BANDAS PC1/PC2/PC3

	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 aproveitamento maior da informação em função dos seus valores de correlação, a partir dessas 3 PCs foi criada a composição RGB de uma das imagens a ser trabalhada.

TABELA 5 – 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 6 – 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

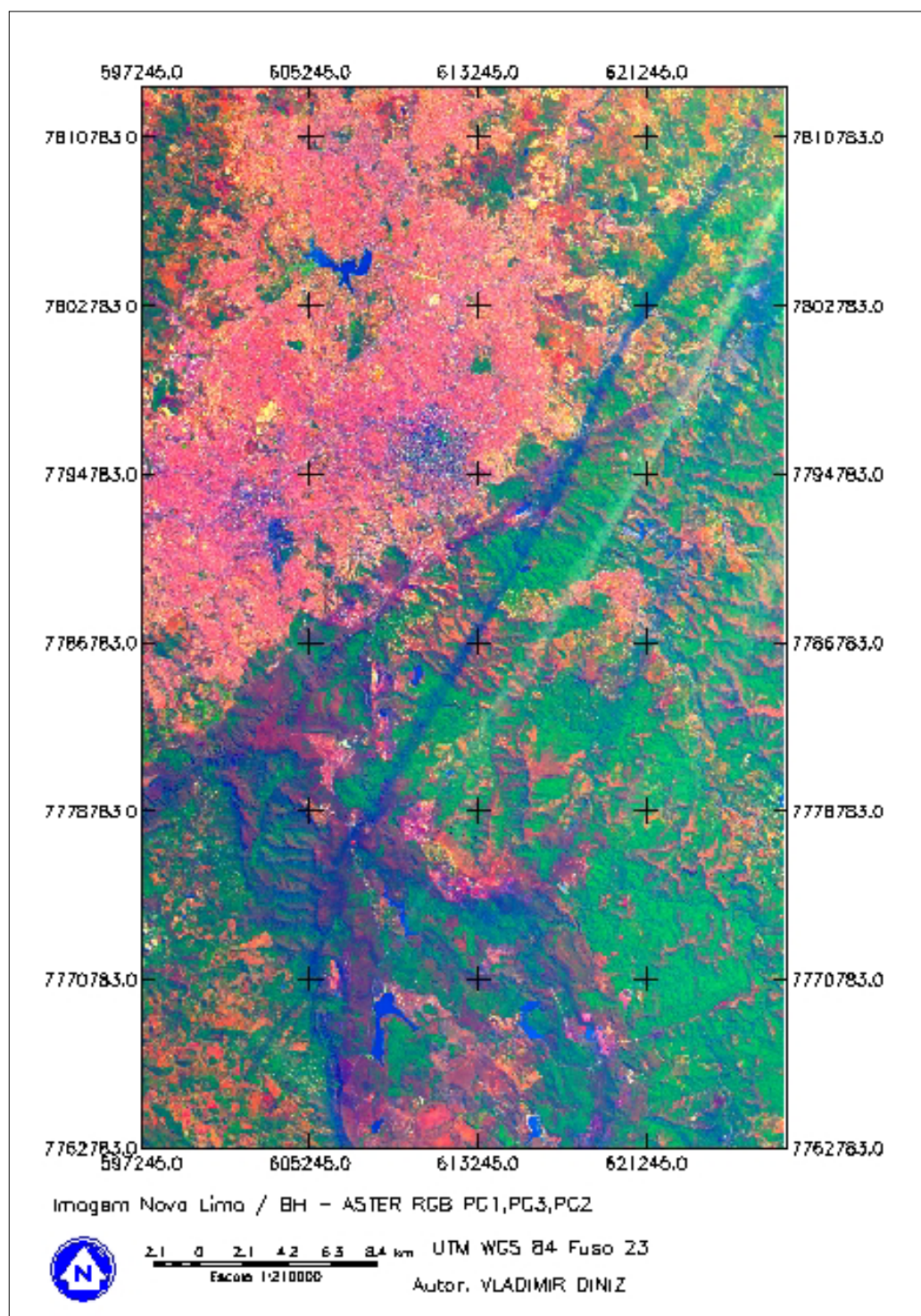


Fig. 2: Composição imagem Aster RGB – Componentes PC1/PC2/PC3

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. 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.

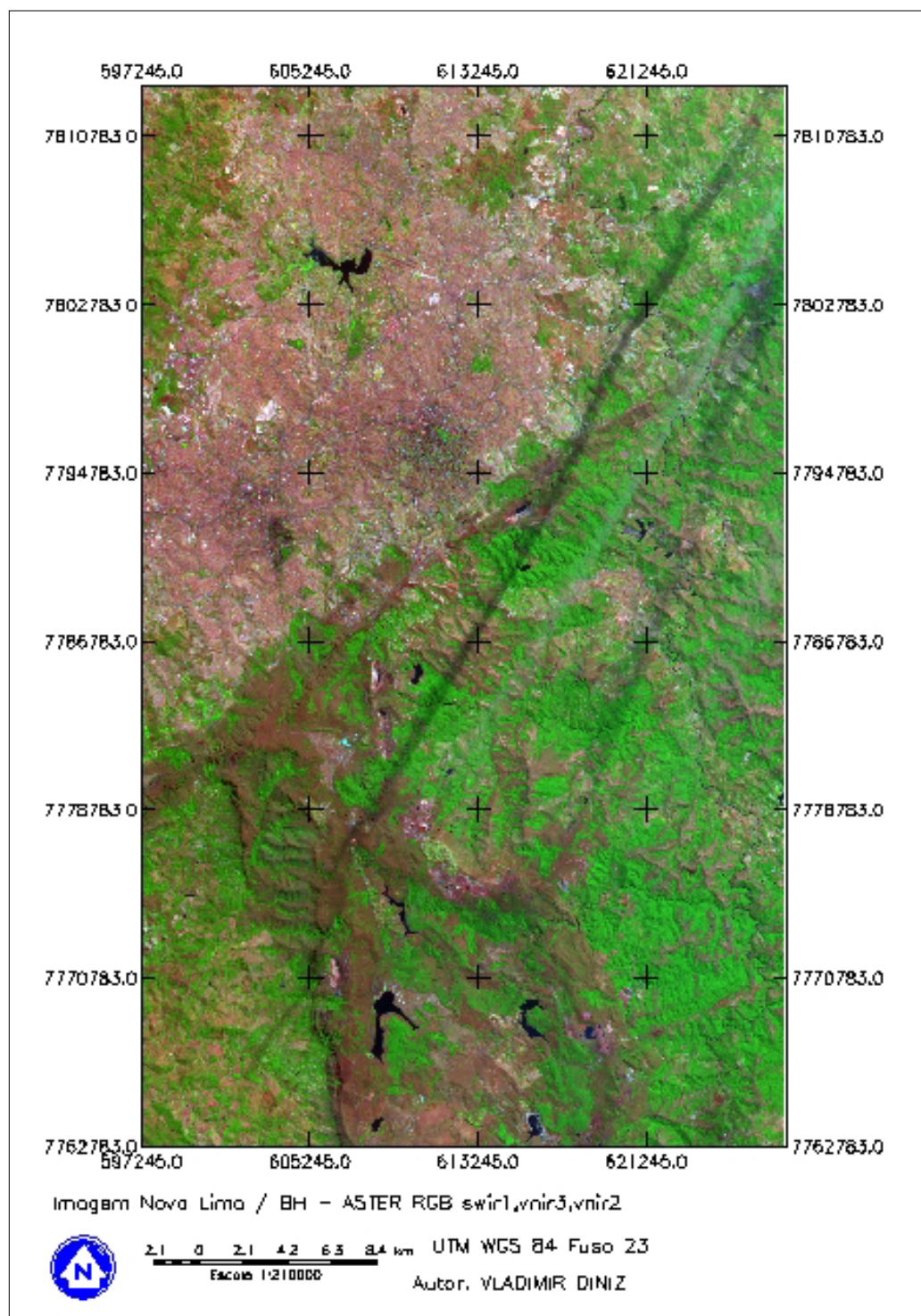


Fig. 3: Composição Aster RGB – Bandas SWIR1/VNIR3/VNIR2

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 7 – COMPARAÇÃO DOS METODOS DE CLASSIFICAÇÃO

	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%

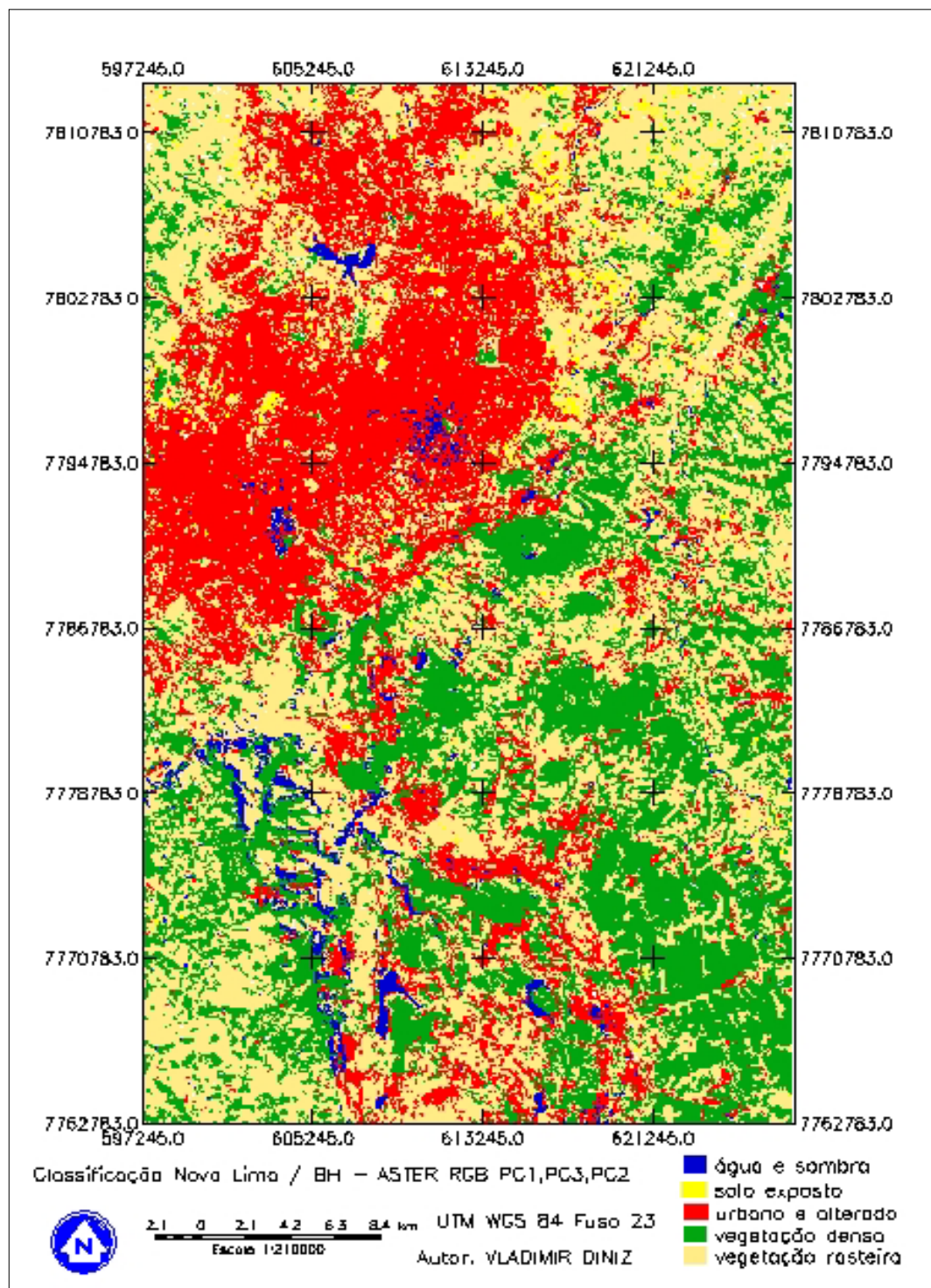


Fig. 4: Classificação Aster RGB – PC1/PC3/PC2 – Método Battachara

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.

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 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.

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.

6 CONCLUSÃO

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 existam imagens do mesmo padrão. Temos que levar em consideração que todo processo de classificação foi feito em um determinado tipo de imagem, que foi adquirida em uma 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 consequências de transformações antrópicas, e nos permita gerenciar os recursos naturais disponíveis de maneira sustentável.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

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

Crósta, Álvaro Penteado. 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.

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.

Meneguele, 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).

Silva, Jorge Xavier da. Acesso a dados e transformações preparatórias à análise ambiental. Rio de Janeiro: Lageop, 1999a. 12 p. (apostila do Curso de Especialização em Geoprocessamento - Midia CD-rom).