

Ana Maria Coimbra Carneiro

Classificação de áreas intra-urbanas  
com o uso de imagens ASTER para  
o Município de Nova Lima-MG

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](mailto:cartografia@igc.ufmg.br)

ANA MARIA COIMBRA CARNEIRO

CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS INTRA-URBANAS COM  
O USO DE IMAGENS ASTER PARA O MUNICÍPIO DE  
NOVA LIMA-MG

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

Orientador: Prof. Luciano Vieira Dutra

BELO HORIZONTE  
2006

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Laboratório de Geoprocessamento e a todas as pessoas que o representam, pela estrutura oferecida para minhas pesquisas, como também pela disponibilização das imagens ASTER para este estudo.

À Professora Ana Clara pelas oportunidades de crescimento profissional e pessoal.

Ao Professor Dutra, pela confiança e orientação.

Ao Charles, que mesmo de longe, esteve presente em muitos momentos e possui parcela de participação no avanço deste trabalho.

Ao Vladimir pela parceria nos estudos com as imagens ASTER.

Enfim, e com grande apreço, aos meus pais, irmãos e ao Alexandre pelo apoio, tolerância e compreensão. E aos amigos que, pacientemente, toleraram ausências e momentos difíceis. Mas que agora podem vislumbrar os frutos de todo o esforço.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>V</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA .....</b>	<b>3</b>
2.1 O EIXO SUL DA RMBH .....	7
2.2 APA-SUL .....	7
2.3 A ÁREA URBANA DE NOVA LIMA .....	8
<b>3. AS IMAGENS ASTER .....</b>	<b>10</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
4.1 IMAGENS REAMOSTRADAS PARA 15 METROS E REALCE.....	15
4.2 COMPONENTES PRINCIPAIS .....	15
4.3 ESCOLHA DAS BANDAS.....	16
4.4. CLASSES TEMÁTICAS .....	16
4.5 CLASSIFICAÇÃO POR MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA E MAPA TEMÁTICO .....	17
4.6 CALIBRAGEM.....	18
<b>5. RESULTADOS E ANÁLISES .....</b>	<b>19</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>27</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

### Figuras e Mapas

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA APA-SUL. (SIAM) .....	8
MAPA 1: LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE NOVA LIMA - MG .....	3
MAPA 2: REDE HIDROGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE NOVA LIMA E LOCALIZAÇÃO DO RIO DAS VELHAS .....	4
MAPA 3: PRINCIPAIS RODOVIAS QUE INTERCEPTAM O MUNICÍPIO. AS RODOVIAS MG030 E BR 040 SÃO OS EIXOS FUNDAMENTAIS DE OCUPAÇÃO URBANA EM CONDOMÍNIOS .....	6
MAPA 4: RETÂNGULO ENVOLVENTE DA ÁREA ESTUDADA .....	14
MAPA 5: CLASSIFICAÇÃO PC1-R/PC2-G/PC3-B .....	24
MAPA 6: CLASSIFICAÇÃO PC1-R/PC2-G/PC4-B .....	25
MAPA 7: CLASSIFICAÇÃO VNIR1-B/VNIR2-G/VNIR3-R .....	26

### TABELAS:

TABELA 1: CARACTERÍSTICAS DO ASTER COMPARADAS AO ETM+/LANDSAT 7 (LIMA, 2003) .....	10
TABELA 2: RESULTADO DA ANÁLISE POR PRINCIPAIS COMPONENTES .....	19
TABELA 3: RESULTADO DE DESEMPENHO GERAL DAS CLASSIFICAÇÕES .....	21

## **RESUMO**

O mapeamento de áreas intra-urbanas tem sido trabalhado, crescentemente, sob a ótica do sensoriamento remoto devido o surgimento de novos sensores orbitais e tecnologias de processamento de imagens. Este trabalho esteve inserido nesta corrente, pois se objetivou classificar o espaço intra-urbano do município de Nova Lima através do uso de imagens ASTER. Utilizou-se a Análise por Principais Componentes e classificação por máxima verossimilhança. O resultado foi que em uma das três composições testadas, a resposta foi mais satisfatória. Verifica-se que tal método ainda poderá ser incrementado para melhor identificar as classes intra-urbanas, bem como inferir novas questões à problemática e, necessariamente, agregar outras etapas ao processo.

## 1. INTRODUÇÃO

Os fenômenos ambientais são estruturas complexas que o homem, ao longo de sua evolução, tenta mensurar e analisar suas correlações. Para isso, o desenvolvimento de métodos e seus aprimoramentos têm possibilitado uma maior compreensão do espaço. Neste sentido, a modelagem na análise ambiental tem o papel de fornecer parâmetros para estudo e compreensão dos fenômenos, além da aplicação de intervenções nas situações ambientais. Os modelos, portanto, são representações simplificadas da realidade e o seu uso é direcionado pela busca de respostas às correlações e comportamentos de variáveis ambientais. A modelagem deve ser elaborada sobre um recorte metodológico que especifique os fatores de abordagem, as variáveis a serem consideradas, o espaço e o recorte temporal.

O fator de abordagem utilizado neste trabalho é o planejamento urbano como forma de preparação para uma gestão futura, que ocorre em uma escala temporal e espacial maior que a gestão, que por sua vez é um acompanhamento da dinâmica urbana nos processos de transformação em escala de detalhe temporal e espacial (MOURA, 2003).

O planejamento urbano faz uso da análise espacial como suporte para estudos de processos e fenômenos inerentes à dinâmica e ao desenvolvimento das cidades.

O uso de imagens de satélite para o mapeamento, planejamento e monitoramento tem sido feito há alguns anos. Tecnologias recentes têm possibilitado o uso de imagens de satélite para mapeamento de áreas urbanas, devido à alta resolução espacial, espectral e radiométrica dos sensores. Esses novos sensores têm facilitado a aquisição de dados como também, disponibilizam os dados por valores cada vez mais acessíveis.

No caso de imagens de sensores multi-espectrais, existem possibilidades de se tratar dados intra-urbanos através de outros materiais e métodos, senão aqueles mais comuns. Dentro desse contexto, se percebe a necessidade de se estudar e analisar a potencialidade desses materiais e das ferramentas disponíveis.

A escolha de se trabalhar com imagens ASTER com tal resolução para área urbana, apesar de haver disponibilidade de outras imagens com resolução espacial melhor, surge da necessidade de se trabalhar com as interações sistêmicas que aqui se propõe. A

obtenção de respostas espaciais para unidades de 15 a 90 metros é mais pertinente, pois não faz sentido identificar tipologias para cada metro quadrado quando se trata de variáveis que se comportam de forma sistêmica e interagem em uma área de influência maior. Segundo MOURA (2003, p. 88):

A interpretação das análises deve seguir os princípios da Gestalt, de que “o todo é maior do que a simples soma das partes”, em dois sentidos: na consciência de que é uma análise sistêmica resultante da inter-relação entre variáveis; e na compreensão dos mapas resultantes de avaliações, pois não faz sentido a leitura do dado por pixel, mas sim de sua relação no conjunto do arranjo espacial e nas conformações espaciais observadas.

A partir de imagens do sensor ASTER, pretende-se estudar a possibilidade de seu uso para mapeamento da área intra-urbana do município de Nova Lima-MG. Portanto, a pergunta norteadora desse trabalho foi:

**Os fatores de adensamento de áreas intra-urbanas podem ser mapeamentos a partir do processamento digital de imagens ASTER?**

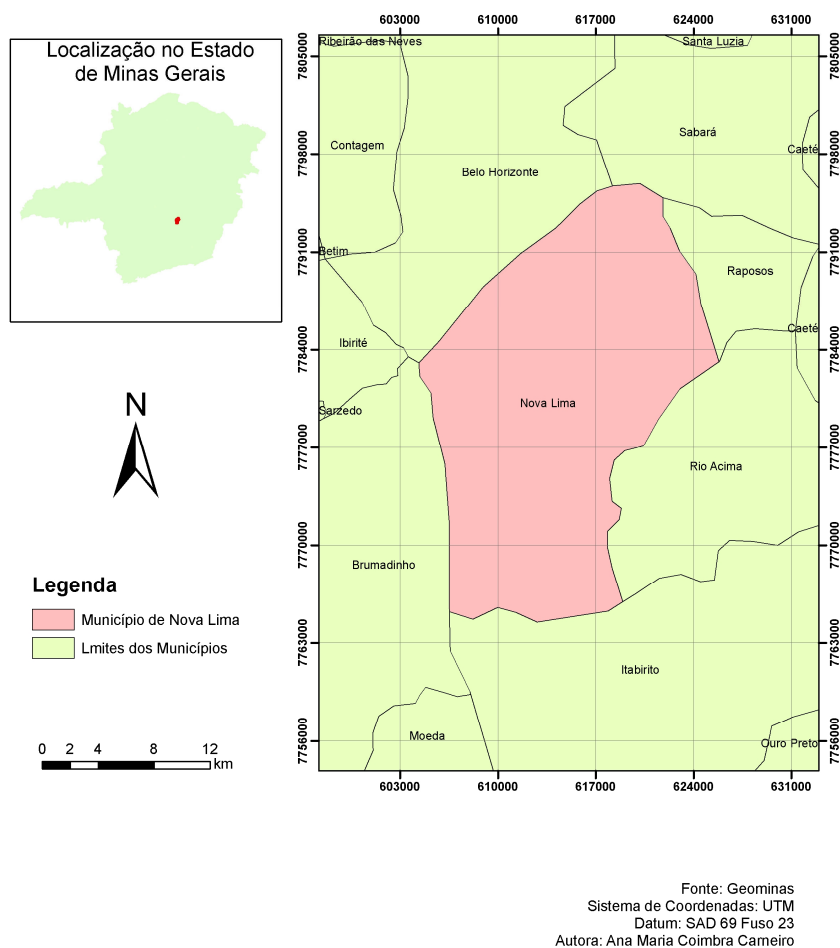
De forma mais detalhada, os objetivos deste trabalho estão descritos a seguir:

- OBJETIVO GERAL:
  - Classificar espaço intra-urbano do município de Nova Lima – MG a partir de imagens ASTER.
- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:
  - Identificar o comportamento da área urbana mais densa em relação às áreas menos ocupadas, como os condomínios e outras áreas periféricas;
  - Verificar a possibilidade de se identificar os tipos das edificações nas imagens;
  - Verificar as possibilidades e limitações que o sensor oferece para análise de áreas intra-urbanas.

## 2. CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA

O município de Nova Lima – MG localiza-se na porção central do Estado de Minas Gerais, na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) a, aproximadamente, 22Km da capital. Sua extensão territorial é de 428,45 Km<sup>2</sup> e população de 71.897 habitantes, em 2005 (IBGE). Nova Lima faz limite com os municípios de Sabará, Raposos, Rio Acima, Itabirito, Brumadinho e Belo Horizonte.

### Localização do Município de Nova Lima - MG



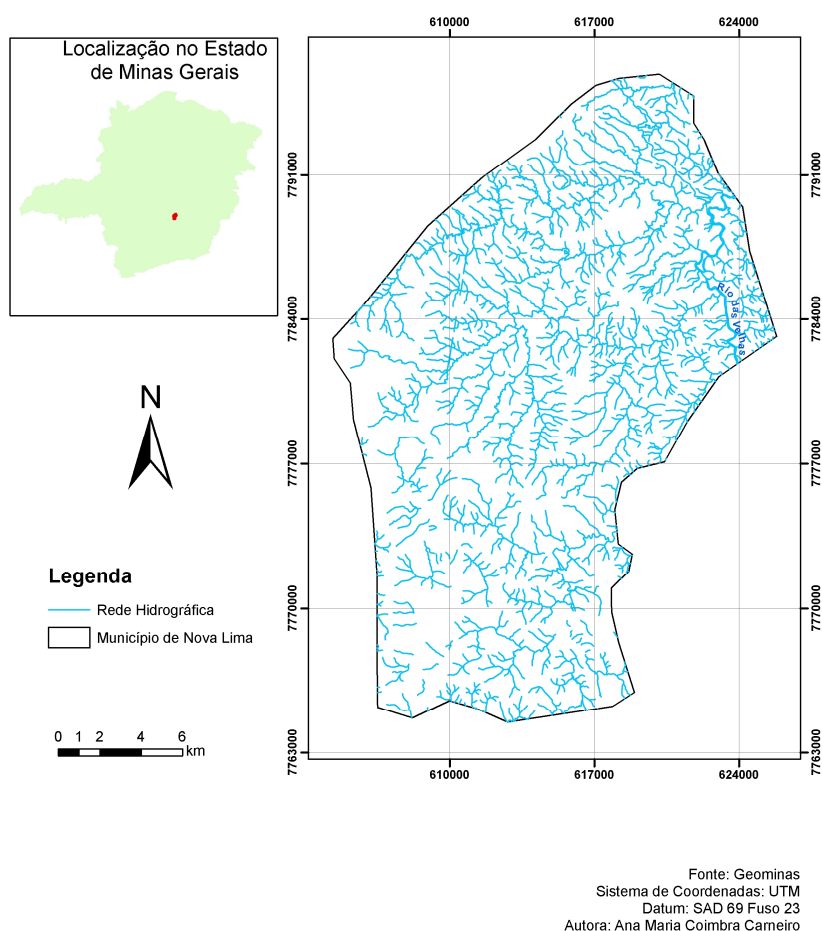
**Mapa 1: Localização do Município de Nova Lima - MG**

A área estudada está situada nos limites da APA-Sul Trata-se de uma área de proteção ambiental e de importantes mananciais de abastecimento metropolitano.

Simultaneamente, apresenta grande concentração fundiária em torno de empresas mineradoras e intensa atividade imobiliária voltada para população de alta renda.

Nova Lima se localiza dentro da Bacia do Rio São Francisco. Os principais rios que interceptam o município são o Ribeirão Água Preto, Ribeirão do Mutuca e Rio das Velhas, como mostra o mapa 2.

### Rede Hidrográfica do Município de Nova Lima - MG



**Mapa 2: Rede hidrográfica do município de Nova Lima e localização do Rio das Velhas**

O município de Nova Lima, como muitos dos municípios da RMBH, é um dos que ficou a margem de desenvolvimento econômico e social. Isso se deve, em parte, à proximidade da capital que não incentiva o desenvolvimento dos municípios vizinhos

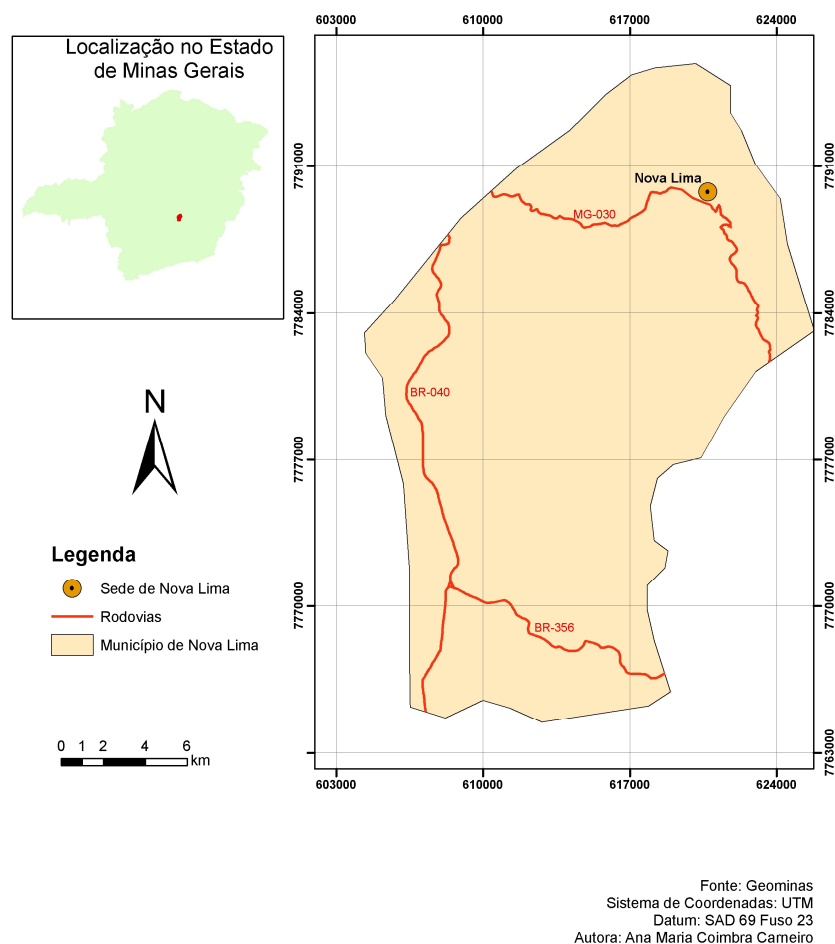
uma vez que possui um pólo de comércio, infra-estrutura, atendimentos de saúde grande o suficiente que coíbem o desenvolvimento de outros pólos. Dessa forma, a situação econômica atual de Nova Lima está muito vinculada com a atividade turística e com o grande número de empresas e condomínios instalados na região.

A mineração Morro Velho, empresa instalada na região de Nova Lima, até há pouco tempo, era responsável pela metade da produção aurífera do Brasil e exemplo de mineração subterrânea profunda do país. Hoje, a instalação da mina já não se encontra em atividade. Nos seus tempos áureos, o empreendimento atraiu grande fluxo de pessoas para trabalhar nas minas, aumentando o volume da população no município e, evidentemente, o adensamento urbano. Atualmente, a empresa é controlada pelo grupo AngloGold Ashanti e ainda possui algumas atividades na região.

A partir de declínio das atividades de extração mineral na região, outros usos começaram a ser feitos nas propriedades das mineradoras. Detentoras de grande parte do território do município de Nova Lima, as empresas como a AngloGold Anshati e MBR – Mineradoras Brasileiras Reunidas iniciaram o processo de loteamento, com a criação de condomínios fechados de luxo.

Dentre eles se destaca-se o condomínio residencial Alphaville Lagoa dos Ingleses que possui um projeto arquitetônico, urbanístico e paisagístico de referência em conforto, funcionalidade e sofisticação. Do total de condomínios, a maioria localiza-se em torno da rodovia MG-030. Porém outros se localizam ao longo da BR-040, caso do já mencionado Alphaville Lagoa dos Ingleses, que deu início à nova forma de urbanização, com a construção de áreas auto-suficientes, com escolas, bancos e supermercados, tornando, muitas vezes, desnecessário o deslocamento diário. (SOUZA, 2005). Os outros condomínios não possuem área comercial definida, sendo quase exclusivamente residenciais.

## Principais Rodovias do Município de Nova Lima - MG



**Mapa 3: Principais rodovias que interceptam o município. As rodovias MG030 e BR 040 são os eixos fundamentais de ocupação urbana em condomínios**

A intensificação imobiliária de loteamentos fechados, exclusivamente residenciais, orientados para o público de alta renda, veio acompanhada pelo adensamento de áreas ocupadas por uma população prestadora de serviços braçais e domésticos (COSTA & MENDONÇA). Este caso é exemplificado pelo bairro Jardim Canadá, localizado às margens da rodovia BR-040.



## **2.1 O EIXO SUL DA RMBH**

O eixo-sul é uma região heterogênea, pois nela coexistem população rural, trabalhadores vinculados à mineração e população de alta renda. Esta última categoria é composta por dirigentes e profissionais de nível superior, moradora de condomínios fechados que se estendem pelo vetor sul de expansão metropolitana.

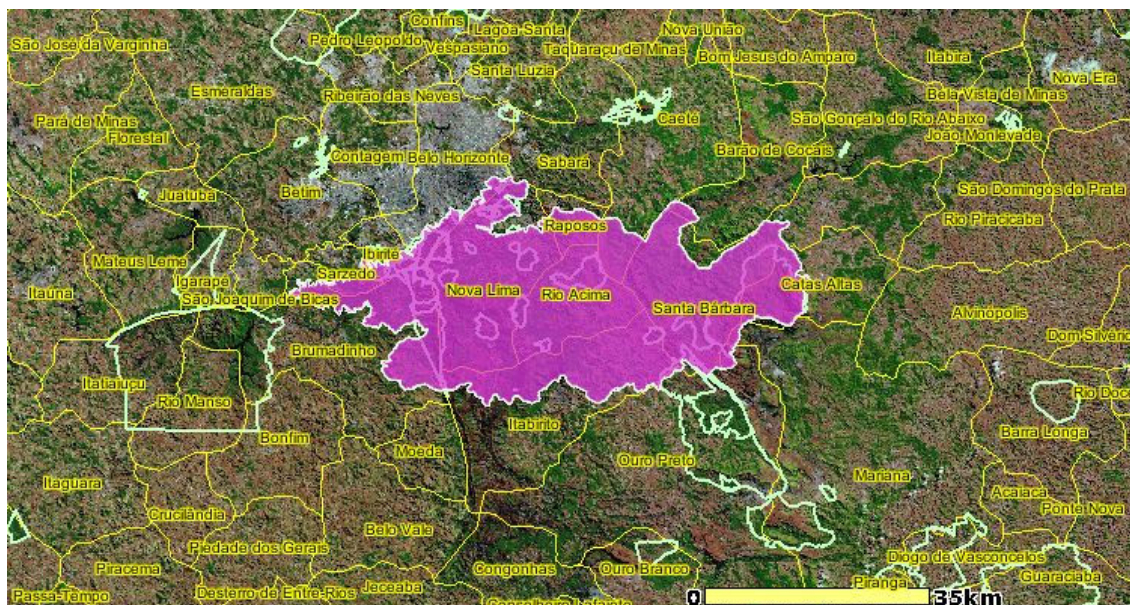
O esgotamento da produção aurífera e a modernização da mineração de ferro provocaram a drástica diminuição dos postos de emprego industrial. Ao passo que a intensificação da produção imobiliária de loteamentos fechados, exclusivamente residenciais, orientados para o mercado de alta renda, provocou o adensamento de áreas ocupadas por uma população prestadora de serviços braçais e domésticos (COSTA & MENDONÇA).

Os atributos do quadro natural da região colaboram para a expansão e o adensamento urbano da área. O eixo-sul constitui uma região de interesse cênico, de patrimônio ambiental e de recursos naturais para a região metropolitana, conferidas pelos seus aspectos geofísicos. Situada na unidade geomorfológica da Serra do Curral, patrimônio natural protegido e objeto de tombamento, a região de Nova Lima possui relevo predominantemente acidentado, com áreas planas localizadas nas planícies de inundação e topos de colina. As serras limítrofes do município e de maiores elevações são: a Serra da Moeda, Serra da Calçada, Serra do Cachimbo, e a Serra do Curral. Os terrenos mais erodidos são encontrados nos extremos norte e sul, e as feições mais preservadas encontram-se na área central do município (SANTANA, 2002). Desta forma, as feições acidentadas do relevo dificultam a ocupação de risco. Além disso, existem importantes mananciais para abastecimento de água de parte considerável da população metropolitana. Isso evidencia a necessidade de controle sobre o processo de uso e ocupação do solo desse município.

## **2.2 APA-SUL**

Nos anos 80, foi instituída a unidade de conservação APA-Sul (Área de Proteção Ambiental da Região Sul da RMBH). Abrange partes dos municípios de Brumadinho, Rio Acima e Raposos, além de praticamente a totalidade (93%) do município de Nova Lima, como mostra a Figura 1. Aproximadamente 60 % das terras da APA-Sul são de propriedade de mineradoras, gerando um grande conflito de uso e de interesses

sintetizado no tripé recursos hídricos X mineração X ocupação urbana (COSTA & MENDONÇA, 2003).



**Figura 1: Localização da APA-Sul. (SIAM)**

As origens da APA-Sul estão associadas aos movimentos ambientalistas e de moradores da região, que há anos lutam pela efetivação de processos mais abrangentes de gestão. Porém, a ocupação urbana em Nova Lima só não é mais intensa por causa da mineração, apesar da existência da APA-Sul, que ao concentrar a propriedade da terra, impede a ocupação urbana generalizada, contribuindo para manter elevado o preço da terra nos poucos espaços urbanizáveis, para deleite do mercado imobiliário de loteamentos.

### **2.3 A ÁREA URBANA DE NOVA LIMA**

O estreito vínculo de Nova Lima com a atividade mineradora é uma das fortes características de sua urbanização. Associado ao fato que aos condicionantes do quadro natural e às poucas alternativas de acesso viário fizeram com que a expansão metropolitana de Belo Horizonte na direção de Nova Lima se desse com um razoável grau de controle, com modelos de parcelamento que garantiram uma ocupação de baixa densidade e quase exclusivamente residencial (COSTA & MENDONÇA). Os loteamentos que abrigam grande parte do crescimento demográfico fora da sede são formados, em sua maioria, pelas camadas de alta renda. Existem diferenças entre os primeiros loteamentos e exemplificados pelo Vale do Mutuca, passando pelos

loteamentos originalmente projetados para uso nos fins de semana, muitas vezes associados a clubes, até as versões mais recentes de loteamentos murados e com sofisticados sistemas de vigilância e segurança (ANDRADE, 2002). Estes últimos incorporam valores de auto-segregação e encastelamento mais explícitos, bem como a adoção de tipologias arquitetônicas e paisagísticas essencialmente urbanas, contrapondo-se àquelas de valorização da paisagem natural utilizadas pela primeira geração de moradores da região.

### 3. AS IMAGENS ASTER

O sensor ASTER - Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer foi criado através de uma parceria entre a NASA e o Ministério do Comércio e Indústria do Japão. Consiste em três subsistemas diferentes, cada um opera em uma região espectral distinta: visível, infravermelho próximo, infravermelho médio e infravermelho termal. Cada região do espectro, neste caso, possui uma resolução espacial, como mostra a Tabela 1. As imagens do sensor ASTER possuem média resolução espacial na região do visível e infravermelho próximo (VNIR). Na região do espectro eletromagnético visível e infravermelho próximo se encontram 3 bandas com comprimento de onda entre 0,5 – 0,9 $\mu$ m e resolução espacial de 15 metros; na região do infravermelho médio se encontram 6 bandas com comprimento de onda variando entre 1,6 – 2,5 $\mu$ m e resolução espacial de 30 metros; e na região do infravermelho termal se encontram 5 bandas com comprimento de onda entre 8 -12 $\mu$ m e resolução espacial de 90 metros.

Subsistema	ASTER/Terra			ETM+/Landsat-7		
	Banda	Intervalo espectral ( $\mu$ m)	Resolução (m)	Banda	Intervalo espectral ( $\mu$ m)	Resolução (m)
VNIR				1	0,45-0,52	30,0
	1	0,52-0,60	15,0	2	0,52-0,60	30,0
	2	0,63-0,69	15,0	3	0,63-0,69	30,0
	3	0,76-0,86	15,0	4	0,76-0,90	30,0
SWIR	4	1,60-1,70	30,0	5	1,55-1,75	30,0
	5	2,145-2,185	30,0	7	2,08-2,35	30,0
	6	2,185-2,225	30,0			
	7	2,235-2,285	30,0			
	8	2,295-2,360	30,0			
	9	2,360-2,430	30,0			
TIR	10	8,125-8,475	90,0	6	10,4-12,5	90,0
	11	8,475-8,825	90,0			
	12	8,925-9,275	90,0			
	13	10,25-10,95	90,0			
	14	10,95-11,65	90,0			
PAN	-	-	-	8	0,52-0,90	15,0

**Tabela 1: Características do ASTER comparadas ao ETM+/LANDSAT 7 (LIMA, 2003)**

Pode-se perceber que o ASTER subdivide algumas bandas do LANDSAT, como também aumenta a resolução espacial na banda do visível.

A plataforma Terra, que carrega o sensor ASTER, foi lançada em 18 de dezembro de 1999. Possui órbita Sol-síncrona de 16 dias de revisita, com altitude de 705 km e com período para completar uma órbita de 98,9 minutos. A cena imageada pelo sensor ASTER tem dimensões de 60 x 60 km<sup>2</sup> (LIMA, 2003).

O sensor ASTER pode ser considerado um sistema multi-espectral aprimorado quando comparado aos sistemas multiespectrais mais comuns (ETM+/Landsat-7 e HRV/SPOT).

As bandas individuais de uma imagem multi-espectral são altamente correlacionadas. De tal forma que seus espaços de atributos são relativamente estreitos. Segundo CRÓSTA (1992), duas imagens são correlacionadas quando, dada uma intensidade de um determinado pixel em uma delas, pode-se deduzir com certa precisão, a intensidade do pixel correspondente na outra imagem. As causas da existência da correlação podem ser várias. As mais importantes são o sombreamento topográfico e a relação entre o espectro de refletância dos materiais superficiais e as bandas espectrais do sensor. Partindo do pressuposto que praticamente todos os sensores multi-espectrais dependem de iluminação solar, a correlação entre as imagens vai sempre existir, devido ao sombreamento. Este, embora útil para percepção de detalhes texturais, pode obscurecer feições espectrais interessantes. Devido a este fato, as imagens produzidas por sensores multi-espectrais sofrem algumas limitações intrínsecas.

Imagens do sensor ASTER têm sido, correntemente, empregadas para o mapeamento do uso e cobertura da terra (FRANCELINO ET AL., 2003). A classificação de espaços urbanos através de imagens ASTER é viável, principalmente nas bandas do visível que possuem resolução espacial maior. Segundo ZHUN & BLUMBERG (2002, p. 239):

The 15-m classification product shows, however, urban details such as streets, roads, buildings, etc. That is why there are different class settings between the two groups, from six classes for 15-m images to five classes for 30-m images. The main difference is that the 30-m SWIR data can differentiate water bodies from roads, while the 15-m VNIR data can distinguish some special materials for factories and malls from bare soils just excavated.

O mapeamento de áreas urbanas através de imagens do LANDSAT-7 é mais associado à delimitação das manchas urbanas.

A classificação de áreas urbanas é mais comum de ser feita através de ortofotocartas. O uso de imagens de satélite para esse propósito ainda é incipiente.

Já houve alguns estudos com objetivo de se mapear o uso do solo através de imagens ASTER, porém a maioria deles não se especificava nas áreas intra-urbanas. Contudo, aqueles estudos que visavam a classificação intra-urbana, utilizaram procedimentos simples de classificação, se atendo às bandas de maior resolução espacial, o subsistema VNIR, como foi o caso do estudo de ZHUN & BLUMBERG (2002). Esses comparam o comportamento de cada subsistema e obtiveram o melhor mapeamento urbano nas bandas da região do visível e infravermelho próximo.

#### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

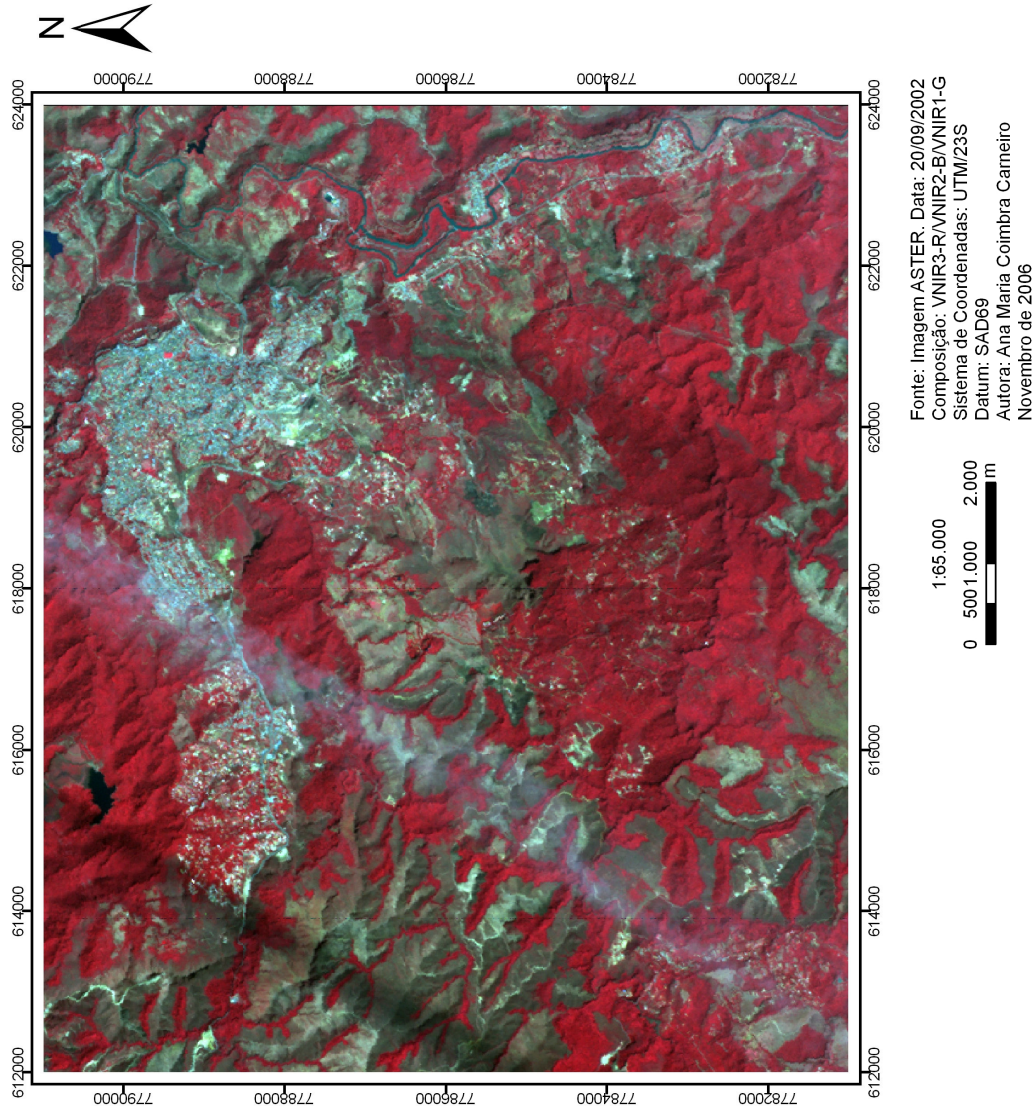
O processamento das imagens ASTER ainda é incipiente, sendo assim, os procedimentos adotados para seu processamento ainda estão sendo conhecidos e validados. Neste trabalho, o método utilizado foi determinado a partir do objetivo de se analisar áreas intra-urbanas, como também vinculado às limitações das ferramentas que os softwares dispõem.

O ambiente adotado foi o SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas desenvolvido pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CÂMARA ET AL, 1996). Este software é um SIG (Sistema Informativo Geográfico) com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais. Também foram usados os ambientes ENVI e ARCGIS para ajustes de projeção e criação de layout, respectivamente.

Foi utilizada uma imagem ASTER, de 04/09/2002, com órbita/ponto 131/602. Esta imagem abrange o município de Belo Horizonte e parte dos municípios de sua região metropolitana. Desta forma, restringiu-se a área para o retângulo envolvente da mancha urbana do município de Nova Lima-MG, como mostra o Mapa 4.



# Imagem ASTER da Área Urbana de Nova Lima-MG



Mapa 4: Retângulo Envolvente da área estudada. Composição VNIR3-R/VNIR2-G/VNIR1-G



#### **4.1 IMAGENS REAMOSTRADAS PARA 15 METROS E REALCE**

As imagens foram todas reamostradas para 15 metros, resolução espacial das bandas do subsistema VNIR. Além disso, elas foram realçadas no modo contraste do SPRING, buscando um maior espalhamento do histograma.

#### **4.2 COMPONENTES PRINCIPAIS**

Para utilizar a imagem ASTER, foi preciso fazer uso de uma técnica para extrair a correlação entre as imagens e utilizar as novas bandas geradas para classificação. Se uma grande proporção de cada banda espectral é composta por informação redundante, deve-se remover essa informação comum, concentrando-a em um número menor de imagens, ao invés de replicá-la em várias.

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 provenientes de sensores multi-espectrais. Originalmente desenvolvida no âmbito da engenharia elétrica, com finalidade de processar sinais eletrônicos para remoção de ruídos, a APC foi adotada pelo sensoriamento remoto. Por ser um processo mais complexo, a partir de seu uso no processamento de imagens para sensoriamento remoto, ocorreu o que o CRÓSTA (1992) chama de “surgimento de receitas”. Os resultados da APC são de difícil generalização para determinados tipos de aplicações. Os resultados são dependentes das características espectrais da cena estudada. 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.

As novas bandas geradas não terão nenhuma 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 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 (CRÓSTA, 1992). Essa informação, no entanto, não é qualitativa, e sim quantitativa.

A aplicação da Análise por Principais Componentes somente foram aplicadas nas bandas do subsistema VNIR e SWIR, formando um total de 9 bandas.

#### **4.3 ESCOLHA DAS BANDAS**

A PC1 resultante das Principais Componentes contém as informações topográficas que as demais PC's não possuem. Das nove novas bandas geradas, foram escolhidas as quatro primeiras: a PC1, PC2, PC3 e PC4. Por elas concentrarem maior parte das informações e por considerar que as últimas bandas geradas concentram ruídos da imagem original. Além disso, foram classificadas as bandas realçadas do VNIR, devidamente realçadas, para análise comparativa entre esse resultado e aquele obtido através da análise por principais componentes.

#### **4.4. CLASSES TEMÁTICAS**

As classes foram delimitadas baseadas em parâmetros usados na classificação de áreas urbanas com uso de ortofotocartas. Porém, como a resolução da ASTER é menor que de

uma ortofotocarta, não seria possível a identificação de todas as classes. O parâmetro usado foi análise visual das composições.

Classes temáticas trabalhadas:

- 1) Urbana Densa
- 2) Urbana Média Densa
- 3) Ocupação Urbana Permeada de expressiva Cobertura Vegetal
- 4) Vegetação Arbórea
- 5) Vegetação Rasteira
- 6) Água
- 7) Afloramento Rochoso

#### **4.5 CLASSIFICAÇÃO POR MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA E MAPA TEMÁTICO**

A classificação pixel a pixel utiliza a informação espectral de cada pixel para achar regiões homogêneas. A técnica de classificação multiespectral pixel a pixel mais comum é chamada de máxima verossimilhança (MAXVER).

O método MAXVER considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos (INPE, 2004). MAXVER é o método de classificação.

Uma matriz de classificação ideal deve apresentar os valores da diagonal principal próximos a 100%, indicando que não houve confusão entre as classes. Contudo esta é uma situação difícil em imagens com alvos de características espectrais semelhantes, como é o caso de áreas intra-urbanas.

Foi, portanto, aplicado o método de classificação por máxima verossimilhança em 3 composições:

- 1- PC1-R/PC2-G/PC3-B
- 2- PC1-R/PC2-G/PC4-B
- 3- VNIR1-B/VNIR2-G/VNIR3-R

Os parâmetros usados foram 100% de aceitação e o não uso de edição matricial no resultado da classificação. A partir desta matriz, foram gerados 3 mapas temáticos.

#### **4.6 CALIBRAÇÃO**

Trabalho de campo no município de Nova Lima foi feito para análise das classificações. Bem como, o uso de imagens IKONOS para análise visual entre as respostas no mapa temático e a imagem desse sensor que possui resolução espacial de 1 metro.

## 5. RESULTADOS E ANÁLISES

Apesar de que todas as bandas foram reamostradas para 15 metros, durante a aplicação da Análise por Principais Componentes, as bandas do subsistema TIR que possuem, originalmente, 90 metros não foram utilizadas. Estas apresentaram correlação cruzadas tão altas que tiveram que ser excluídas do conjunto de canais por tornarem não inversíveis as matrizes de covariância. Dessa forma, foram a APC foi aplicada das bandas dos subsistemas VNIR e SWIR. A rotação que incluiria os canais de 90m, reamostrados para 15m, não pode ser feita sem uma amostragem na estimação da matriz de covariância.

As referências de correlação obtidos a partir das Principais Componentes foram:

PC	Auto-valor	Porcentagem
P1	15267.71	88.13
P2	1181.64	6.82
P3	632.14	3.65
P4	103.15	0.60
P5	46.65	0.27
P6	35.17	0.20
P7	25.64	0.15
P8	18.00	0.10
P9	14.56	0.08

**Tabela 2: Resultado da Análise por Principais Componentes**

**Matriz de Correlação**

1.000	0.946	0.957	0.938	0.929	0.919	0.743	0.812	0.120
0.946	1.000	0.991	0.989	0.988	0.982	0.792	0.871	-0.040
0.957	0.991	1.000	0.986	0.986	0.981	0.782	0.865	-0.040
0.938	0.989	0.986	1.000	0.992	0.984	0.794	0.875	-0.042
0.929	0.988	0.986	0.992	1.000	0.988	0.797	0.880	-0.055
0.919	0.982	0.981	0.984	0.988	1.000	0.784	0.873	-0.087
0.743	0.792	0.782	0.794	0.797	0.784	1.000	0.956	0.213
0.812	0.871	0.865	0.875	0.880	0.873	0.956	1.000	0.063
0.120	-0.040	-0.040	-0.042	-0.055	-0.087	0.213	0.063	1.000

**Matriz de Auto-vetores**

0.29	0.39	0.38	0.37	0.38	0.40	0.26	0.33	-0.00
0.05	-0.10	-0.11	-0.09	-0.11	-0.16	0.44	0.28	0.81
-0.36	-0.14	-0.17	-0.11	-0.07	-0.05	0.50	0.54	-0.50
0.76	-0.01	0.18	-0.20	-0.31	-0.41	0.04	0.18	-0.25
0.14	-0.37	-0.14	-0.13	0.02	0.39	-0.56	0.58	0.10
0.22	-0.30	0.03	-0.34	-0.19	0.65	0.39	-0.37	-0.06
0.28	-0.57	-0.33	0.57	0.31	-0.13	0.15	-0.14	-0.08
-0.11	-0.38	0.53	-0.40	0.59	-0.23	0.02	-0.03	0.01
-0.23	-0.34	0.61	0.43	-0.52	0.01	-0.04	0.05	0.04

Foi a partir desses resultados que as bandas PC1, PC2, PC3 e PC4 foram escolhidas para a classificação.

Na etapa das classificações, após análises dos seus relatórios (Tabela 2), foi constatado que, para a área estudada, a composição que apresentou os melhores resultados foi PC1-R, PC2-G, PC4-B. Seu desempenho geral nas aquisições chegou a 97,87%.

<b>Composição</b>	<b>Resultados (Aquisição)</b>
VNIR1-B/VNIR2-G/VNIR3-R	Desempenho geral: 95.03 % Confusão média: 4.97 % Abstenção média: 0.00 %
PCI-R/PC2-G/PC3-B	Desempenho geral: 95.03% Confusão média: 4.97 % Abstenção média: 0.00 %
PCI-R/PC2-G/PC4-B	Desempenho geral: 97.87 % Confusão média: 2.13 % Abstenção média: 0.00 %
<b>Composição</b>	<b>Resultados (Teste)</b>
VNIR1-B/VNIR2-G/VNIR3-R	Desempenho geral: 94.67 % Confusão média: 5.33 % Abstenção média: 0.00 %
PCI-R/PC2-G/PC3-B	Desempenho geral: 95.12 % Confusão média: 4.88 % Abstenção média: 0.00 %
PCI-R/PC2-G/PC4-B	Desempenho geral: 98.80 % Confusão média: 1.20 % Abstenção média: 0.00 %

**Tabela 3: Resultado de desempenho geral das classificações**

A área urbana densa foi a classe que mais sofreu conflitos com outras, isso se deve ao fato de que este é um espaço com um grande número de variáveis, podendo concentrar numa mesma área, várias outras ocorrências, como vegetação arbórea, vegetação rasteira e afloramento rochoso. Em todas as composições pôde-se perceber que o afloramento e a área urbana densa foram as classes que provocaram maior parte das confusões entre si.

Além disso, notou-se que na composição PCI-R/PC2-G/PC3-B houve um grande conflito entre a área urbana permeada de expressiva cobertura vegetal e vegetação rasteira.

Outro aspecto de destaque foi a presença de nuvens na imagem, o que causou erro na classificação em algumas áreas, principalmente, à oeste do retângulo envolvente. Apesar de não se ter colhido amostras nas nuvens, tampouco nas sombras por elas provocadas. Nas composições PCI-R/PC2-G/PC3-B e PCI-R/PC2-G/PC3-B percebeu-se confusão entre área urbana permeada de expressiva cobertura vegetal e vegetação rasteira na região das nuvens, além de incidência de área urbana densa onde ocorrem as sombras das nuvens. Já na composição VNIR1-B/VNIR2-G/VNIR3-R, as nuvens foram classificadas como área urbana densa e suas sombras como água.

Através de análises dos resultados, pode-se constatar que o método de principais componentes derivou em diferentes respostas. O resultado da composição PCI-R/PC2-G/PC3-B não foi satisfatório devida ao maior grau de confusão entre classes, como já mencionada, o que comprometeu no mapeamento final da área intra-urbana.

A classificação da composição das bandas do VNIR foi satisfatória, tendo em vista que nas bandas dessa composição somente foram aplicados os cálculos de contraste. Apesar de que, comparadas às demais composições aqui analisadas, foi a que apresentou o desempenho médio mais baixo. Nesta composição, os conflitos mais significativos foram entre área urbana densa, vegetação rasteira e afloramento rochoso. As classes área urbana média densa e a permeada de expressiva cobertura vegetal quase não obtiveram resposta. Com isso, pode-se considerar que, as imagens ASTER, sem aplicação de algum procedimento, a rotação da Análise por Principais Componentes, por exemplo, não seria possível mapear as classes intra-urbanas do município de Nova Lima.

Na composição PCI-R/PC2-G/PC4-B foi possível identificar os diferentes adensamentos urbanos determinados pelas classes aqui trabalhadas. O resultado, portanto, neste caso, foi satisfatório. O município possui um expressivo adensamento urbano na área central, com ocupações com poucos pavimentos. Nas periferias, as ocupações são formadas por edificações unifamiliares, média adensada. Na região dos condomínios essa situação já se difere no tocante à cobertura vegetal, pois foram nessas áreas que a classe temática área urbana permeada de expressiva cobertura vegetal obteve maior parte das respostas.



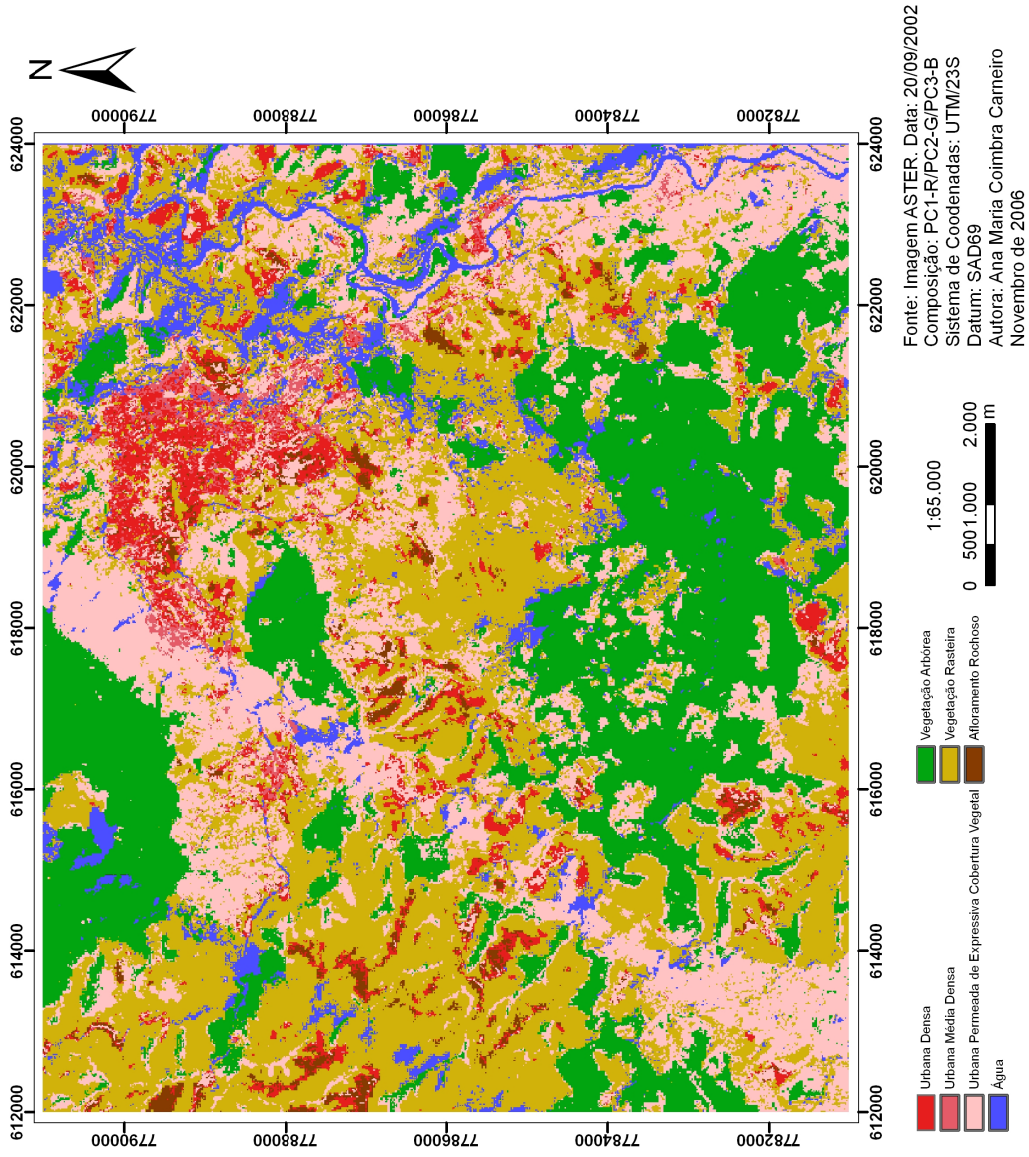
A partir desses resultados, questões podem ser resgatadas com a finalidade de maior compreensão desse espaço. Neste contexto, insere-se o conceito de conforto ambiental urbano que pode ser considerado a partir da análise de diferentes variáveis. De forma geral, essas variáveis são: a vegetação urbana, os fatores de ocupação e adensamento, as condições do clima na cidade, os solos, a qualidade das águas disponíveis para consumo, entre outros fatores (SHIRVANI, 1985). Em relação à vegetação urbana, sua preservação tem sido cada vez aclamada. A consciência de que a vegetação urbana contribui para a saúde e, particularmente, reduz as poluições sonoras e do ar, aumentando o conforto ambiental, é crescente. Outro fator importante é referente ao tipo de construção e seu adensamento. Estes estão intimamente correlacionados com o microclima urbano, disponibilidade de iluminação solar, a direção dos ventos, que podem alterar positivamente ou não o conforto ambiental.

Em relação ao conforto ambiental urbano do município de Nova Lima, pode-se concluir que as áreas dos condomínios possuem um grau de conforto maior em comparação com as áreas de média e alta densidade. Devido, a uma primeira análise a existência de uma cobertura vegetal mais proeminente.

Em observações feitas em outras áreas que a imagem ASTER abrange, pôde-se constatar que, mesmo sem a Análise por Principais Componentes, as imagens ASTER permitem a identificação de tipologias de ocupação em áreas com ocupação multifamiliar adensada. No entanto, em espaços com adensamento menor ou com ocupações unifamiliares, a resposta é mais baixa. Desta forma, pode-se considerar que os resultados obtidos com o recorte espacial abrangendo o município de Nova Lima seriam diferentes daquele que considerasse, por exemplo, a região centro sul de Belo Horizonte. Devido ao fato que existem diferenças nas tipologias de ocupação e nos fatores de adensamento nestes dois casos.

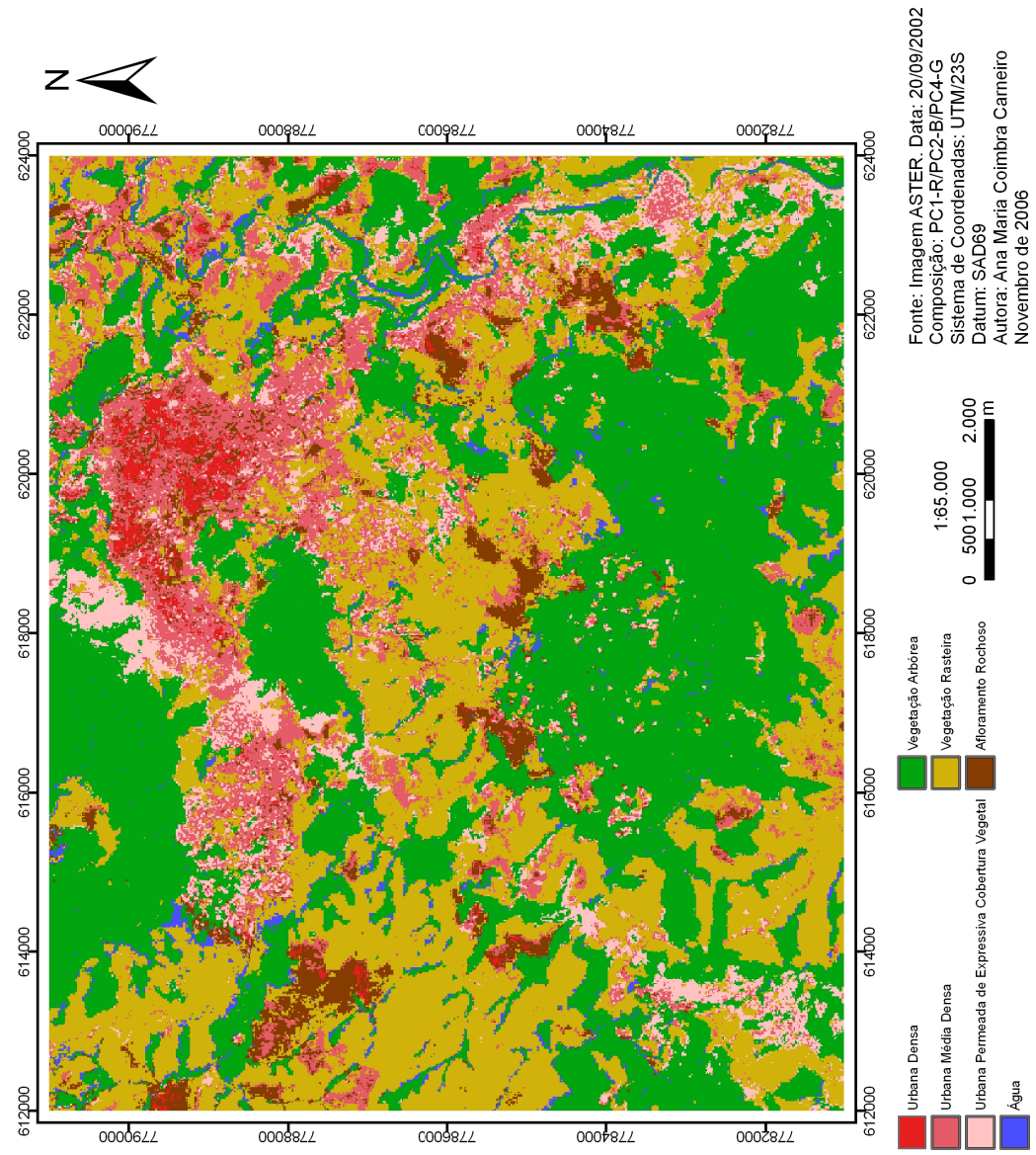
Em relação às demais classes mapeadas, foi notória a alta resposta dos corpos d'água, dos afloramentos rochosos e da vegetação arbórea. O melhor resultado dessas classes também foi conferido na composição PCI-R/PC2-G/PC4-B.

# Classificação do Uso do Solo da Área Urbana de Nova Lima - MG



Mapa 5: Classificação PC1-R/PC2-G/PC3-B

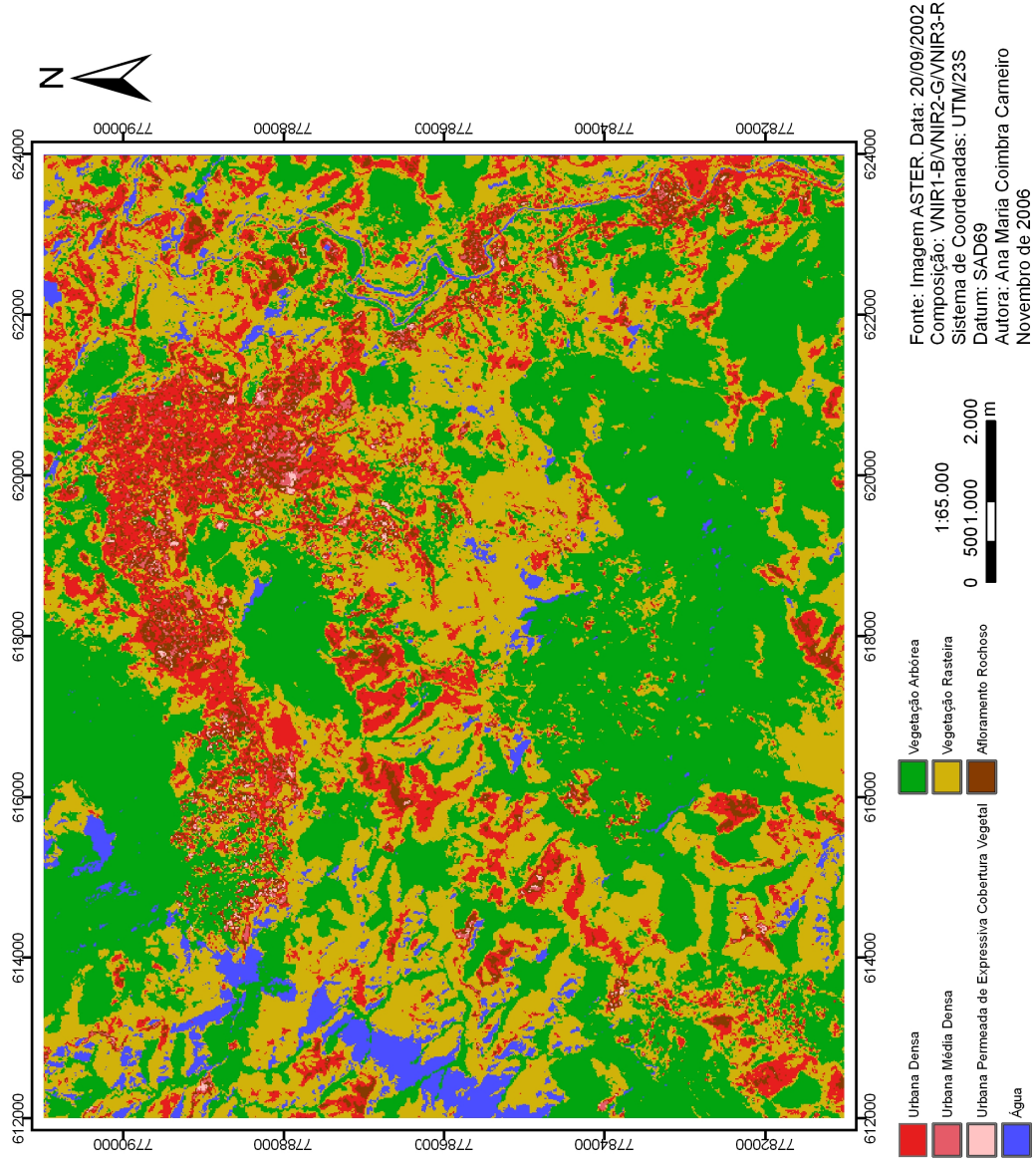
# Classificação do Uso do Solo da Área Urbana de Nova Lima - MG



Mapa 6: Classificação PC1-R/PC2-G/PC4-B



# Classificação do Uso do Solo da Área Urbana de Nova Lima - MG



Mapa 7: Classificação VNIR1-B/VNIR2-G/VNIR3-R

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As imagens ASTER têm sido usadas para vários fins, seja para mapeamento isolado de vegetação, afloramentos, áreas urbanas, entre outras classes, como também sua classificação simultânea. O estudo dessas imagens com o objetivo de, puramente, se delimitar áreas urbanas pode ser o mais comum. Contudo, através do estudo feito no neste trabalho e em outros aqui citados, pode-se considerar que as imagens ASTER podem ser empregadas, com êxito, na classificação intra-urbana, desde que haja algum processamento digital de suas imagens.

O uso de imagens de satélites para mapeamento intra-urbano vem se aprimorando com o surgimento de novos sensores, de novas técnicas de processamento digital de imagens e de softwares com ferramentas cada vez mais precisas. Esse advento potencializa o mapeamento em uma escala de detalhe cada vez maior, aspecto interessante quando se trata de áreas intra-urbanas.

Neste sentido, as imagens ASTER colaboram com suas características multiespectrais, com as quais podem ser aplicados procedimentos e análises que permitam o melhor aproveitamento das informações disponíveis em suas bandas. A Análise por Principais Componentes, neste trabalho, se mostrou eficiente para a classificação da área intra-urbana de Nova Lima.

Deve-se frisar que, o resultado da Análise por Principais Componentes se difere quando o recorte espacial altera, mesmo que se trate de espaços numa mesma imagem. Dessa forma, a composição que conferiu o melhor resultado neste estudo, não necessariamente será o mesmo quando a área for outra. Isso se deve ao fato de que a maior parte da natureza é não-linear. Com a consciência desse fato inerente, quando se trata de pesquisa ambiental, deve-se considerar a característica idiográfica de suas variáveis, porque as situações ambientais são únicas no tempo e no espaço (XAVIER-DA-SILVA, 1999). Portanto, caso se considere outro recorte espaço-temporal, as respostas serão outras, porém, o roteiro metodológico não sofrerá alterações drásticas.

Em trabalho futuro pretende-se melhor explorar os aspectos do conforto ambiental e outras técnicas de processamento digital de imagens ASTER. Bem como seu uso concomitante com outras imagens, como as do sensor IKONOS, com o objetivo de um

maior aproveitamento na classificação e mapeamento de áreas intra-urbanas a partir das imagens ASTER. Neste trabalho futuro pretende-se explorar os recursos das geotecnologias para a caracterização municipal e urbana, com ênfase nas análises que podem ser obtidas a partir de imagens ASTER.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Luciana Teixeira de. **Segregação socioespacial e vida cotidiana: o caso dos condomínios fechados**. Anais do XXVI Encontro Anual da ANPOCS, 2002.

CÂMARA, G, SOUZA, R.M.C., FREITAS, U.M., GARRIDO, J. SPRING, integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphis**, v.20, n.3, p,395-403, May-Jun. 1996.

COSTA, Heloisa Soares de Moura, MENDONÇA, Jupira Gomes de. **Fuga e negação da cidade? Considerações sobre o espaço urbano e a expansão metropolitana1**. Campinas. Encontro Transdisciplinar População e Espaço 2003. Disponível em <[http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/eventos/transdisciplinar/amb\\_costa.pdf](http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/eventos/transdisciplinar/amb_costa.pdf)>. Acessado em 21 de novembro de 2006.

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

FRANCELINO, M. R., FERNANDES FILHO, E.I., SCHIMITH, R.S., VIEIRA, E.M. Utilização de Imagem ASTER na Determinação de Classes de Uso do Solo no Município de Viçosa, MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p.1297-1301.

IBGE. **Cidades@**. Disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) Acesso em 01 de novembro de 2006

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

LIMA, Bruno Eustáquio Moreira. **Avaliação das Imagens do Sensor ASTER para Discriminação Espectral de Variações Faciológicas no Granito Serra Branca, Estado de Goiás**. São José dos Campos: INPE, 2003. 115p.

SANTANA, Luciane Guirlanda. **Análise das Tendências de Expansão do Município de Nova Lima, Utilizando Novos Recursos de Cartografia**. Monografia de Especialização apresentada à UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.

SEMAD. **SIAM** – Sistema Integrado de Informação Ambiental. Disponível em <http://www.siam.mg.gov.br/siam/login.jsp> Acesso em 29 de novembro de 2006.

SHIRVANI, Hamid. **The Urban Design Process**. New York, NY: Van Nostrand Reinhold Company, 1985. 214p.

SOUZA, Renata Guimarães Vieira de. **A Expansão Urbana da Região Metropolitana de Belo Horizonte e suas Implicações para a Redistribuição Espacial da População: O Caso Do Município De Nova Lima – 1991/2000.** Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. **Estruturas Lógicas de Análise e Integração.** Rio de Janeiro: Lageop, 1999. 14p. (apostila do Curso de Especialização em Geoprocessamento – Midia CD-Rom)

ZHU, Guobin, BLUMBERG, Dan G. **Classification Using Aster Data and SVM Algorithms:**The Case Study Of Beer Sheva, Israel. Minnesota, USA: Remote Sensing of Environment. Volume 80, issue 2. May 2002. 203 – 240p.