

## **Levantamento do uso e ocupação do solo por meio de imagens TM-Landsat-5 e ADS-80 para o município de Manaus/AM**

André Campos Alves<sup>1</sup>  
Paula Ena de Almeida Conceição<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Regional de Manaus do Sistema de Proteção da Amazônia  
Av. do Turismo, N. 1350, Tarumã, CEP. 69049-630 - Manaus - AM, Brasil  
andre.alves@sipam.gov.br  
paula.conceição@sipam.gov.br

**Abstract.** Remote sensing techniques are essential to monitor changes in land use. Changes in land use occur, mainly due to the man-nature relationship. This relationship has intensified since the Industrial Revolution in the eighteenth century. In Amazonas, specifically in the city of Manaus, human actions and changes in the landscape stand out from the implementation of the Free Trade Zone of Manaus - MFZ. The mapping of the use and occupation of land is important for understanding the organization of space and the changes that have occurred since the natural environment is constantly changing due to increasing anthropic activities. Thus, this work presents a semi-automatic classification of satellite images of Landsat-5 TM sensor and airborne sensor ADS-80. The first sensor with a spatial resolution of 30 meters, and the second, with a spatial resolution of 0.4 meters, which allow different information to be extracted. With the Landsat-5 TM sensor, it was possible to quantify disturbed areas, areas with primary forest and secondary forest and the hydrography of the municipality. With images of the ADS-80 sensor, despite the spectral problems, it was possible to identify characteristic elements of urban space such as streets and different types of coverage. Therefore, the information contained in this study may support the creation of public policies, as well as support future academic work.

**Palavras-chave:** Remote sensing, Landsat-5 TM, ADS-80, Sensoriamento Remoto, Landsat-5 TM, ADS-80.

### **1. Introdução**

O uso e ocupação do solo reúnem informações sobre o grau de preservação, conservação ou artificialização de um determinado lugar do globo terrestre. A importância da análise do uso e da ocupação do solo em estudos de distinção ambiental justifica-se especialmente pela necessidade da identificação de fontes ou potenciais fontes de alterações do ambiente. Desta forma, o conhecimento das fontes possibilita uma avaliação decisiva no que diz respeito à quais ações tomar para eliminação ou diminuição do fator causador das alterações.

O mapeamento do uso e ocupação do solo tornou-se essencial para a compreensão dos padrões de disposição do espaço. O espaço, por sua vez, tem como principal agente transformador a ação antrópica. Sendo assim, é necessária a constante atualização dos dados de uso e ocupação. Isso permite a análise de tendências com o intuito de fornecer informações às ações do Estado.

As classificações iniciais de uso da terra baseavam-se em trabalhos de campo. Mas com a chegada das imagens orbitais na década de 70, o mapeamento do uso e ocupação do solo ganhava mais uma importante ferramenta como auxílio. A interpretação das imagens de satélite nos permite delimitar alvos que seguem um determinado padrão de distribuição que permite, por exemplo, interpretar e classificar áreas de reflorestamento, de agricultura, vegetação natural, urbanas e edificadas. Com isso, é possível elaborar análises estatísticas que permitem demonstrar os percentuais de interferência antrópica e de cobertura vegetal. O Sensoriamento Remoto é a tecnologia que fornece grande parte dos dados para o estudo dos fenômenos espaciais (FITZ, 2008, p. 09). Até o fim dos anos 90 as aplicações de sensoriamento remoto eram restritas ao monitoramento ambiental e meteorológico. Porém,

com o surgimento das imagens de alta resolução, a contribuição tornou-se mais eficaz também para estudos que tivessem como objetivo principal o planejamento e gestão de áreas.

As transformações ocorridas no espaço urbano do município de Manaus podem ser observadas pelas imagens *Landsat* a partir do ano de 1972. Coincidentemente, cinco anos antes, é implantado um modelo de desenvolvimento econômico denominado Zona Franca de Manaus. A partir do modelo econômico Zona Franca, dados dos Censos Demográficos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, apontam crescimento populacional relevante na cidade. Esse crescimento demográfico ocasiona transformações no espaço urbano.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo principal obter através da classificação de imagem *Landsat-5 TM* (média resolução) e *ADS80* (alta resolução) mapas de uso e ocupação do solo do município de Manaus.

## 1.2 Área de Estudo

Este estudo foi realizado para todo o município de Manaus utilizando imagem *TM-Landsat-5*, e para uma parte da área urbana do município utilizando imagem *ADS80*; a escolha das três imagens *TM-Landsat-5* deve-se principalmente ao critério de disponibilidade de imagens sem nuvens e mais atuais. A escolha dos dois segmentos de imagem *ADS80* deve-se principalmente a ser uma região com uma variedade de áreas de treinamento e que está em dinâmica de expansão urbana.

Na Figura 1 estão espacializadas as duas áreas de estudo, uma corresponde ao município de Manaus com 11.458,5 km<sup>2</sup>, e a outra um polígono cujas coordenadas dos vértices equivale a 93 km<sup>2</sup>.

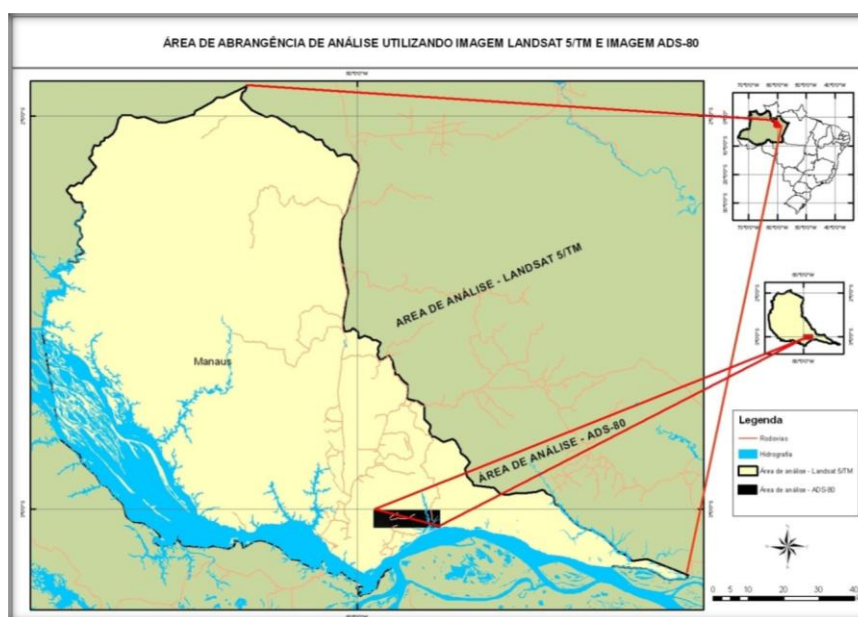


Figura 1: Localização da área de estudo

O município de Manaus está localizado na região norte do Brasil, no centro geográfico da Amazônia a 3° de latitude sul e 60° de longitude oeste. A superfície está assentada sobre um baixo planalto que se desenvolve na barranca da margem esquerda do rio Negro, na confluência deste com o rio Solimões, onde se forma o rio Amazonas. De acordo com a Lei Municipal nº279, de 05 de abril de 1995, a área total do município corresponde a 11.458,5km<sup>2</sup>, equivalendo a 0,73% do território do Estado do Amazonas, que abrange 1.577.820,2km<sup>2</sup>. Limita-se a norte com o município de Presidente Figueiredo, ao sul com os municípios de Iranduba e Careiro, a leste com os municípios e Rio Preto da Eva e Itacoatiara

e a oeste com o município de Novo Airão. Com uma população de aproximadamente 1.802.014 (estimativa IBGE, 2010), Nascimento *et. al.* (1976) *apud* Vieira (1998), afirma que “o município de Manaus está inserido no planalto dissecado Rio Trombetas-Rio Negro, cujo relevo apresenta altitude inferior a 150 metros [...]”. A área urbana de Manaus se estende por 377 km<sup>2</sup>, correspondendo apenas a 3,3% do território municipal.

## **2. Metodologia do Trabalho**

### **2.1 Imagens Landsat**

Para o estudo foram utilizadas as imagens do sensor TM (*Thematic Mapper*) *Landsat 5*, órbitas/pontos 230/062, 231/061 e 231/062. Esse sensor é caracterizado por uma resolução espacial de 30m, sendo de 120m no canal termal, e resolução temporal de 16 dias. O TM-Landsat-5 tem uma órbita quase polar e heliossíncrona, numa altitude média de 705,3km e uma inclinação de 98,2°. A área imageada é de 185 km x 170 km e o satélite demora 24 segundos para imagear uma área.

Estas imagens foram adquiridas gratuitamente no Departamento de Geração de Imagens – DGI/INPE (<http://www.dgi.inpe.br/>). Sendo que foram selecionadas para o município de Manaus, dentre outras imagens disponíveis no site, as passagens de 08/08/2011 e 31/08/2011 por apresentar céu claro. A dificuldade para a escolha das imagens com datas mais recentes deve-se principalmente a desativação do satélite em 2011 e a cobertura de nuvens encontradas na região.

### **2.2 Imagem ADS-80**

Foram selecionados para este estudo dois segmentos de um total de 48 segmentos, resultantes do imageamento realizado no dia 01 de junho de 2012 sobre a área urbana do município de Manaus pela câmera LEICA ADS80 acoplada na aeronave *Learjet 135* da aeronáutica. Essas imagens estão na base de dados do CENSIPAM.

Vale ressaltar que a priori o objetivo era trabalhar a área total do imageamento, porém não foi possível devido não conseguirmos ter sucesso com o processamento do mosaico dos 48 segmentos.

### **2.3 Dados de campo**

Uma vez que se pretende utilizar neste trabalho a classificação supervisionada, haverá a necessidade de um conjunto inicial de informações sobre as classes a serem classificadas. Esses conjuntos iniciais são denominados de áreas de treinamento. Estas áreas devem ser selecionadas na imagem levando-se em consideração informações disponíveis sobre a vegetação da região, dados de campo, mapas e etc.

Dessa forma será feito um planejamento para o levantamento de campo, no qual será utilizado um GPS para a coleta dos pontos de coordenadas geográficas e uma máquina fotográfica para o registro das áreas de treinamento.

### **2.4 Pré-processamento das imagens**

O georreferenciamento das imagens foi realizado com o objetivo de reduzir erros sistemáticos que são inerentes à Terra. Esses erros correspondem à rotação, esfericidade e relevo assim como erros próprios do satélite: velocidade, altura e posição.

Segundo Centeno (2004), os erros apresentados podem ser “corrigidos pela correção geométrica utilizando metadados das imagens brutas ou por meio da transformação geométrica que mediante um polinômio (1°, 2° ou 3°) visa estimar o conjunto de deformações”.

Embora as imagens TM-Landsat-5 serem disponibilizadas pelo INPE no formato *GEOTIFF* (ou seja, se tratem de imagens previamente registradas), é necessário que as

mesmas passem novamente por uma correção, para eliminar os deslocamentos existentes entre as imagens de diferentes épocas.

Neste trabalho, o processo da correção geométrica foi realizado a partir de imagens ortorretificadas disponível no site [www.glc.f.umd.edu/data/](http://www.glc.f.umd.edu/data/) da *National Aeronautics and Space Administration* – NASA. As órbitas/ponto e suas respectivas datas estão descritas na tabela 1 abaixo:

**Tabela 1:** órbita/ponto utilizados

Órbita/ponto	Data
230_062	04/08/2001
231_061	02/09/2006
231_062	29/07/2005

No software ARCGIS 9.3, foram escolhidos 13 pontos de controles com base no reconhecimento de padrões radiométricos, utilizando o modo transformação polinomial de 2ª ordem na projeção UTM e Datum WGS84.

Vale ressaltar que não foi necessário georreferenciar as imagens ADS80, pois, foi utilizado para este estudo imagem nível L2(imagem ortorretificada), a mesma é retificada buscando a projeção ortogonal.

## 2.5 Processamento Digital de Imagem

A composição de bandas RGB e realce foi realizada no software ENVI 4.6.1, tanto para imagem TM-Landsat-5, quanto para a imagem ADS80, utilizando a ferramenta *Basic Tolls-Layer Stacking Parameters* e *Enhance*, respectivamente.

## 2.6 Mosaico

Primeiramente foi feito a junção das bandas de cada imagem utilizando a ferramenta *Basic Tools-Layer Stacking* no software ENVI 4.6. Em seguida, aplicou-se o mosaico das imagens utilizando a ferramenta *Basic Tools – Mosaicking - Georeferenced*. No campo *Background See Though* definimos que o valor a ser ignorado fosse igual a 0. Na ferramenta *Feathering* o valor 10 foi colocado como parâmetro para o intercruzamento das imagens. No campo *Linear Stretch* foi definido 2% para o ajuste de contraste das imagens.

Para as imagens TM-Landsat-5 escolhemos a imagem 231/062 para ser fixa e a 231/061 para ser ajustada de acordo com os parâmetros da imagem anterior e a imagem 230/062, por sua vez, ajustada de acordo com o mosaico destas imagens.

A identificação dos dados coletados através das técnicas de Sensoriamento Remoto é baseada na premissa de que os alvos de interesse podem de uma forma sistemática, ser discriminados pelo seu comportamento espectral, possibilitando à extração de informações temáticas, (Jensen, 1986). A metodologia que foi aplicada no desenvolvimento deste trabalho constou da análise de dados digitais do satélite TM-Landsat-5 segundo as características das imagens (tabela 3). Essa etapa é essencial para o planejamento da atividade de campo e para a seleção de áreas de treinamento.

## 2.7 Segmentação

O procedimento de segmentação das imagens será realizado no software ENVI 4.6.1 utilizando o método de crescimento por região. Uma das principais dificuldades encontradas para a realização da segmentação por crescimento de regiões é a falta de informações para definição dos parâmetros que envolvem este processo: similaridade e área.

Segundo Nascimento *et al*, (1998), a técnica de crescimento de regiões é um processo interativo onde as regiões são unidas através de pixels isolados até que todos os pixels sejam processados, pois a segmentação por região é processada com base nas propriedades dos níveis de cinza, baseando-se em duas características intrínsecas: descontinuidade, marcada pelo tamanho da área, e similaridade. Este, por sua vez, pode variar de 1 até o número total de pixels da imagem, sendo esse valor utilizado para definir o tamanho da área do menor segmento individualizado pelo processo, ou seja, toda região que contenha o número de pixels igual ou menor que o estipulado no parâmetro área será obrigatoriamente agrupada à uma outra região adjacente mais semelhante.

Não existe valor único para a definição dos limiares de similaridade e área, pois estes dependem das características dos alvos que compõem a imagem estudada. Desta forma, os valores mais indicados para se atribuir à segmentação de imagens dependem principalmente dos padrões espaciais existentes na imagem, da diversidade de alvos e da riqueza de detalhes (escala), que deverá apresentar o mapa resultante da segmentação. Não existe, portanto uma padronização de valores destas variáveis para a obtenção de bons resultados.

Para o desenvolvimento da segmentação neste estudo será necessário determinar os valores de similaridade espectral e o tamanho da área. Dessa forma serão realizados testes para definição do limiar de similaridade.

## 2.8 Classificação TM-Landsat-5

O procedimento de classificação das imagens realizou-se no software ENVI 4.6.1. UTILIZOU-SE o método de classificação supervisionada, no qual o usuário possui informações que possibilitam a identificação de uma ou mais classes de interesse através da definição de áreas representativas na imagem. Esse estudo é realizado com base na interpretação visual das imagens considerando os elementos textura, cor, padrão, forma e localização. As áreas identificadas são chamadas de áreas de treinamento. Os desenvolvedores do SPRING do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais recomendam o uso de 10 a 100 pixels representativos de cada classe para se obter uma classificação estatisticamente confiável.

Para este trabalho, foram escolhidas sete classes para a divisão da imagem TM-Landsat-5. São elas: água com sedimentos em suspensão, água sem sedimentos, vegetação densa, vegetação menos densa, asfalto, região antropizada e áreas de cultivo. Para separar as regiões de interesse da imagem optou-se por utilizar a ferramenta ROI TOOL. Nas classes onde as áreas de treinamento permitiam uma maior abrangência de seleção, utilizou-se a janela ZOOM aumentando a região de interesse em 20 vezes. Nessas classes (água com sedimentos em suspensão, água sem sedimentos, vegetação densa, vegetação menos densa e região antropizada) foram selecionados 20 polígonos com 81 pixels cada, totalizando 1.620 polígonos. Já para as classes asfalto e áreas de cultivo, foram selecionados 11 e 10 polígonos respectivamente totalizando 239 pixels para a classe asfalto e 810 pixels para a classe área de cultivo. Assim como nas demais classes citadas anteriormente, a janela ZOOM foi utilizada para a seleção das classes asfalto e áreas de cultivo.

Após a escolha das áreas de treinamento, foi aplicado dois algoritmos de classificação: *MAHALANOBIS DISTANCE* e *MAXIMUM LIKELIHOOD*.

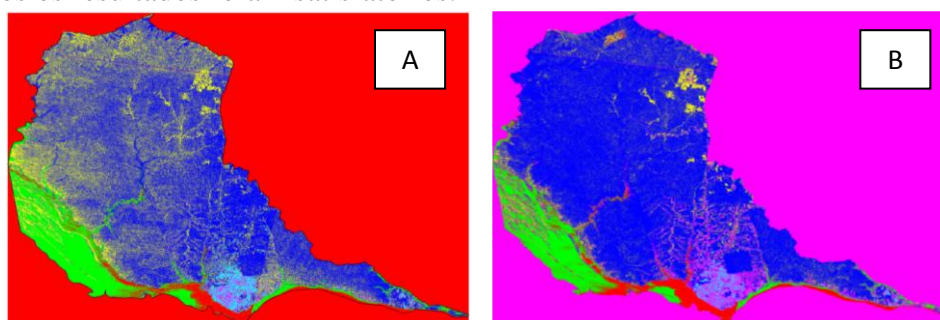
## 2.9 Classificação ADS80

Inicialmente aplicou-se o mesmo procedimento utilizado na imagem *TM-Landsat-5*, no entanto, devido às características espaciais e espectrais da imagem ADS80, tornou-se necessário a busca de uma segunda alternativa.

Devido a esse ocorrido, para classificar a imagem ADS80, utilizou-se um módulo do *software* ENVI na versão 5.0 chamado *Feature Extration*. Este módulo permite a segmentação da imagem por meio de ajuste das características espectrais, espaciais e de textura o que proporciona a melhor identificação dos alvos. Depois da imagem segmentada, realizou-se a classificação da imagem utilizando nove classes. São elas: asfalto, vegetação, solo exposto, telhado de alumínio, vegetação rasteira, telhado de cerâmica, telhado de amianto e água piscina.

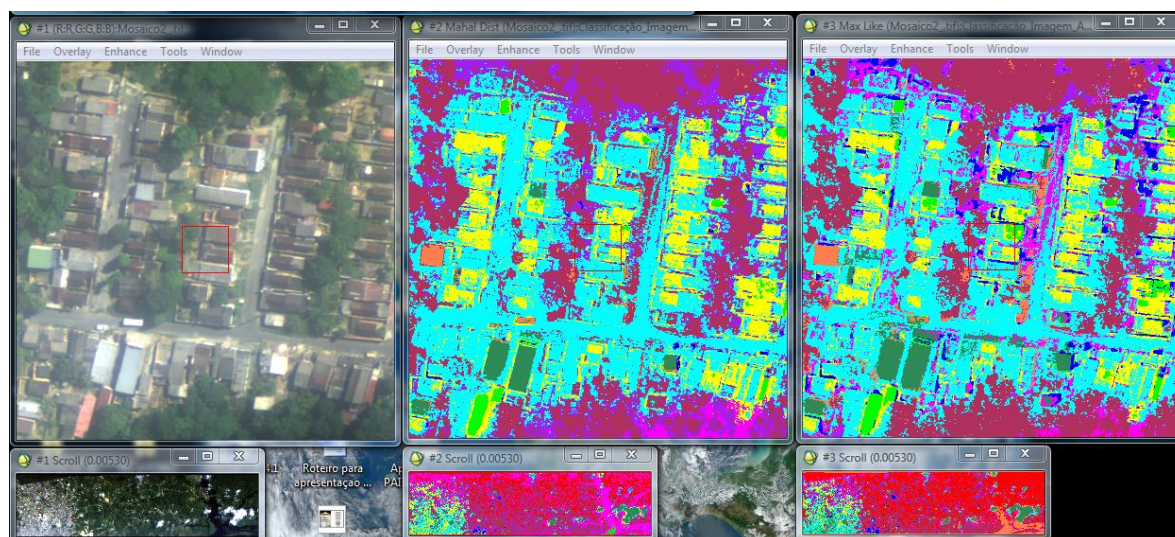
### 3. Resultados e Discussão

As figuras abaixo apresentam o resultado da classificação usando os classificadores *MAHALANOBIS DISTANCE* e *MAXIMUM LIKELIHOOD* para as imagens *TM-Landsat-5*. Ambos os resultados foram satisfatórios.



**Figura 3-** (A) Resultado do algoritmo *Mahalanobis Distance* e (B) resultado do algoritmo *Maximum Likelihood*

Os resultados da figura abaixo se referem a aplicação dos procedimentos de classificação supervisionada sem o auxílio do módulo *Feature Extration* do *software* ENVI 5.0.



**Figura 4-** (A) Resultado do algoritmo *Mahalanobis Distance* e (B) resultado do algoritmo *Maximum Likelihood*

Nota-se que a classificação supervisionada não apresentou resultado satisfatório. A classe ‘Asfalto’ não ficou bem definida e em vários pontos misturou-se com a classe ‘Telhado amianto’ tanto no classificador *Mahalanobis Distance* quanto no classificador *Maximum Likelihood*.

Buscou-se ferramentas alternativas que não se restringissem somente a atributos espectrais. Dessa forma, o módulo *Feature Extration* do *software* ENVI 5.0 contempla o objetivo do trabalho por analisar parâmetros como cor, forma, textura e relações de vizinhança na classificação de imagens.

#### 4. Conclusões

Como o objetivo principal deste trabalho é a obtenção de dois mapas de uso e ocupação do solo no município de Manaus, sendo que um com a utilização de imagem de satélite TM-Landsat-5 (média resolução) e outro com a utilização de imagem do sensor ADS80 (alta resolução); foram necessários procedimentos metodológicos de processamento digital de imagens que antecedem o resultado final deste trabalho. Até o momento estamos conseguindo alcançar as etapas de processamento digital das imagens com resultados satisfatórios para que possamos obter mapas do uso e ocupação do solo no município de Manaus/AM com qualidade.

O único problema encontrado até o momento é a limitação de trabalharmos com todos os segmentos das imagens ADS80, uma vez que, o computador utilizado não possui uma configuração adequada para suprir os processamentos digitais de todos os seguimentos. Foi feito vários testes de elaboração do mosaico das imagens, mas sem sucesso.

#### Referências Bibliográficas

AMARAL, Gilberto. Princípios de sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1., 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1990. p. 27 – 36.

ANTUNES, A.F.B. **Object oriented analysis and semantic network for high resolution image classification.** Boletim de Ciências Geodésicas. Volume 9, n 2, 2003.

CAMPEBELL, James B. **Mapping the land:** aerial imagery for land information. Washington, D.C.: Association of American Geographers, 1983. p.97.

CENTENO, J. A. S. **Sensoriamento Remoto e Processamentos de Imagens digitais.** Curitiba: Ed. Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, 2004. 219 p.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data:** Principles and Practices. New York, Lewis Publishers, 1999.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** Instituto de Geociências, UNICAMP: Campinas, 1993.

DUARTE, V. Metodologia de interpretação visual de imagens de satélite. In Assunção, G. V. **Sensoriamento remoto na agricultura:** conceitos básicos, metodologia e aplicações. São José dos Campos: INPE, 1989. p. 91-106 (INPE-4806-MD/39).

EASTMAN, J. R. **Idrisi:** exercícios tutoriais. Porto Alegre: UFRGS, 1994. p.109.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FONSECA FILHO, H.; QUINTANILHA, J. A. **Geoprocessamento.** São Paulo: EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003. 61 p. Apostila para disciplina de pós-graduação do Departamento de Engenharia de Transportes, PTR- 5009 – Sensoriamento remoto: plataformas, sensores, produtos, evolução e tendências.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. **Processamento de imagens digitais.** São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

IBGE. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de informações Básicas Municipais:** Manaus. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acessado em 26/01/2013.

JANSSEN, L.L.F.; VAN DER WEL, F.J.M. Accuracy assessment of satellite derived land-cover data: a review. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.60, n.4, p.419-426. 1994.

LILLESAND, T.M.; KLEFER, R.W. **Remote sensing and image interpretation**. New York: John Wiley and Sons, 1994.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: UNIDERP, 2006.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 250p.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1989.

QUINTANILHA, J. A.; MACHADO, C. A. S. Notas de aula da disciplina **PTR 5003 – Fundamentos de Informações Espaciais** – Disciplina de Pós-Graduação – Departamento de Engenharia de Transportes – EPUSP – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, 2004.