

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
ENGENHARIA AMBIENTAL**

RODRIGO OTÁVIO MACAGNANI

**ANÁLISE DA COBERTURA FLORESTAL
UTILIZANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NO
RESERVATÓRIO DA USINA MOURÃO NO MUNICÍPIO DE CAMPO
MOURÃO - PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2013

RODRIGO OTÁVIO MACAGNANI

**ANÁLISE DA COBERTURA FLORESTAL
UTILIZANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NO
RESERVATÓRIO DA USINA MOURÃO NO MUNICÍPIO DE CAMPO
MOURÃO - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental, da coordenação de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Dr. José Hilário Delconte Ferreira

CAMPO MOURÃO

2013

Dedico este trabalho a minha família,
especialmente meus pais, Neuza e Jairo,
pela força e compreensão nos momentos
mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Primeiramente, agradeço a Deus, por me dar a sabedoria e a inteligência para superar os obstáculos e atingir meus objetivos.

Aos meus pais, Neuza Maria Macagnani e Jairo Macagnani, pelos ensinamentos de vida, pelo apoio nos momentos de ausência para que fosse possível chegar até aqui, pois sem eles nada disso seria possível.

Aos meus irmãos Marcus Vinicius Macagnani e Patricia Macagnani, pela base familiar e amizade, conselhos errados a primeira vista, mas que no fundo sempre me guiaram para o caminho certo.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. José Hilário Delconte Ferreira, pela orientação e sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus amigos de Maringá que mesmo distantes sempre estarão presentes em minhas conquistas.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

“Não confunda derrotas com fracasso
nem vitórias com sucesso. Na vida de um
campeão sempre haverá algumas
derrotas, assim como na vida de um
perdedor sempre haverá vitórias. A
diferença é que, enquanto os campeões
crescem nas derrotas, os perdedores se
acomodam nas vitórias.”

(SHINYASHIKI, Roberto)

RESUMO

MACAGNANI, Rodrigo O. **Análise da cobertura florestal utilizando técnicas de sensoriamento remoto no reservatório da usina mourão no município de Campo Mourão - PR.** 2013. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013.

O rápido e crescente avanço nas técnicas de sensoriamento remoto voltadas para o estudo da vegetação, tem possibilitado diversos tipos de aplicações. Imagens de sensores de alta resolução, destacando-se as do sensor orbital Worldview-2 que além de possuir 0,50 m de resolução espacial na banda pancromática apresenta bandas espectrais que aumentam a capacidade de discriminação e análise dos alvos. Assim, o presente trabalho tem como principal objetivo comparar as áreas de cobertura florestal existentes no reservatório da Usina Mourão, e verificar as alterações que possam ocorrer na classificação de imagens do satélite WORLDVIEW-II e LANDSAT-5 TM obtidas no ano de 2011. A classificação de uso do solo foi realizada com a utilização do método de supervisionado Maxver. A qualidade da imagem se mostrou de grande importância para classificação, principalmente em estudos de verificação de processos de assoreamento. A classificação pós-tratamento de imagem gera segmentos maiores de classes. Assim, essas informações permitiram analisar a situação da cobertura florestal da região de estudo, fornecendo subsídios ao gerenciamento dos recursos florestais e a preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Processamento de imagem. Uso da terra. Imagens de Satélite

ABSTRACT

MACAGNANI, Rodrigo O. **Analysis of forest coverage using remote sensing techniques in the reservoir of plant Mourão the city of Campo Mourão – PR. 2013.** 44 sheets. Completion of course work (Bachelor of Environmental Engineering) – Federal Technological University of Paraná. Campo Mourão, 2012.

The rapid and growing advancement in remote sensing techniques focused on the study of vegetation, has enabled various types of applications. Images of high resolution sensors, highlighting the orbital sensor Worldview-2 that besides having 0.50 m spatial resolution in panchromatic band presents spectral bands that increase the ability to breakdown and examination of the targets. Thus, this paper has as main objective Thus, this paper aims to compare the main areas of forest cover in the vessel Plant Mourao, and verify changes that may occur in the classification of satellite images WORLDVIEW-II and LANDSAT-5 TM obtained in 2011. The land use classification was performed using the method Maxver supervised. The image quality has proved of great importance for classification, especially in studies of verification processes sedimentation. The classification aftertreatment generates image segments of higher classes. Thus, this information helped analyze the situation of forest cover in the study region, providing support to the management of forest resources and environmental conservation.

Keywords: Remote Sensing. Image processing. Land use. Satellite Images

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Obtenção de imagens por sensoriamento remoto	18
Figura 2 – Resposta espectral das bandas do sensor Worldview-II	20
Figura 3 – Satélite LANDSAT-5 TM	22
Figura 4 – Destaque da área de estudo.	25
Figura 5 – Classificação das imagens.....	30
Figura 6 – a) Detalhe da classificação da imagem Worldview-II b) Detalhe da classificação da imagem Landsat.....	33
Figura 7 – Detalhe de assoreamento na classificação das imagens.....	34
Gráfico 1 – Resultados para a quantificação do uso e ocupação do solo para o ano de 2011 nas imagens Landsat e Worldview-II.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados da Classificação Supervisionada.....	31
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 COBERTURA VEGETAL.....	14
3.2 GEOPROCESSAMENTO	15
3.3 MODELO DE DADOS.....	16
3.4 SENSORIAMENTO REMOTO.....	17
3.5 SATÉLITE <i>WORLDVIEW-II</i>	19
3.6 O SATÉLITE <i>LANDSAT-5TM</i>	20
3.7 CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS.....	22
4 MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1 LOCAL DE ESTUDO	24
4.2 MATERIAIS UTILIZADOS.....	25
4.3 SISTEMA DE PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADAS	26
4.4 METODOLOGIA APLICADA.....	26
4.4.1 Recorte das Imagens.....	27
4.4.2 Georreferenciamento das Imagens de Satélite.....	27
4.4.3 Processamento Digital das Imagens.....	27
4.5 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA.....	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A partir da 3ª Revolução Agrícola, o homem passou de usuário do ecossistema natural a um dominador deste espaço, explorando-o de acordo com seus interesses. Dentro disso, a agricultura moderna já nos dá respostas de um controle do homem sem planejamento, o que acarreta mudanças significativas, como o desmatamento de áreas antes ocupadas por vegetação natural, sem um devido controle, o avanço da pecuária em áreas indevidas, mudanças ambientais, dentre outras. Nessa perspectiva cabe pensarmos na proposta do monitoramento ambiental, sendo um agente minimizador da exploração.

As técnicas de sensoriamento remoto possibilitaram avanços nos estudos de vegetação e análise de impactos de uso do solo desde o ano 1970. Os produtos obtidos a partir do processamento das imagens podem variar em termos de escala de abrangência desde mapeamentos de biomas, estudos de ecologia da paisagem, estrutura florestal, às atuais pesquisas envolvendo fisiologia de plantas, identificação de espécies e de formações vegetais em nível de detalhe. Essas, propiciadas pela crescente disponibilidade de imagens de sensores de alta resolução, que aumentam a acurácia em relação a parâmetros modelados de sensores de resolução espacial menor, facilitando também a correlação entre dados de campo e espectrais em nível orbital.

Acompanhar a descaracterização da vegetação em reservas florestais legais é um desafio dos órgãos ambientais, devido às extensas áreas, ao número de técnicos insuficientes e ao oneroso sistema de fiscalização. Sendo assim, buscar alternativas que possam assegurar a preservação dessas áreas vêm sendo encontradas no monitoramento por imagem de satélites de recursos terrestres. O uso de sensoriamento remoto no monitoramento e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) possibilitam avaliar a qualidade ambiental das reservas florestais legais, identificando alterações e descaracterizações de vegetação em áreas protegidas por lei.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar as áreas de cobertura florestal existentes no reservatório da Usina Mourão, localizada no município de Campo Mourão – PR, e analisar as alterações que possam ocorrer na classificação de imagens do satélite WORLDVIEW-II e LANDSAT-5 TM de 2011.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as principais tipologias de uso e cobertura do solo existente na área do reservatório da Usina Mourão;
- Quantificar as diferenças de classificação entre imagens de média e de alta resolução do ano de 2011.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os conceitos de cobertura e uso do solo merecem atenção por sua relação próxima, porém distinta, quando se utilizam dados de sensoriamento remoto em seus estudos. Frequentemente são encontrados estudos que abordam esses dois conceitos como semelhantes, contudo entende-se por cobertura como sendo o revestimento da terra que apresenta sua caracterização baseada em propriedades biofísicas, físicas e químicas com a reação própria de interação energia matéria (PRADO, 2009).

O geoprocessamento vem se apresentando como importante ferramenta para o processamento analítico de dados espaciais, possibilitando a aplicação de conceitos ambientais de uma forma prática, com resultados estatísticos (GONTIJO, 2009).

Seguindo o conceito de Di Gregorio (2005), o uso do solo está associado às práticas sociais, econômicas e culturais que ocorrem em determinada área. Obtendo-se assim, inúmeras categorias de uso do solo dependendo dos tipos de atividades e de assentamento desenvolvidos na área a ser estudada (NOVACK, 2010). Simplificando ainda mais, Jensen e Cowen (1999), alegam que o uso do solo refere-se à forma como a terra é utilizada e a cobertura diz respeito aos materiais encontrados sobre a superfície.

Com o lançamento dos satélites Ikonos II (1999), QuickBird-II (2001), OrbView III (2003), CBERS (2007), GeoEye (2008) e, mais recentemente, WorldView-II (2009), houve um grande avanço nos estudos de classificação e uso do solo. A grande complexidade espacial do fenômeno urbano deixa de limitar o uso de sensoriamento remoto orbital para estudo desse ambiente (SOUZA *et al.*, 2003). Com a disponibilidade desses sensores, tornou-se possível discriminar os alvos na superfície terrestre, revolucionando os estudos intra-urbanos, ocorrendo um avanço na melhoria da precisão das informações geradas (PRADO, 2009).

Com a disponibilidade de novos sistemas sensores de alta resolução e sistemas de informações geográficas no início desta década, tornou-se possível a obtenção de imagens com grande detalhe expandindo as possibilidades para o uso

de produtos orbitais, devido principalmente à significativa melhoria nas resoluções espaciais e espectrais, contrapondo com fotografias aéreas adquiridas por sensores aerotransportados em baixa altitude (EHLERS, 2007).

Blaschke e Kux (2007), demonstram como as imagens de alta resolução e seus produtos derivados têm se tornado ferramentas imprescindíveis para os gestores urbanos, servindo de suporte para a tomada de decisões técnicas.

Várias entidades e agentes, público ou privadas, utilizam dados de sensoriamento remoto, para as mais diversas finalidades, desde o planejamento de ações e a prevenção de desastres até ações mitigadoras de danos ambientais ou antrópicos (PRADO, 2009).

3.1 COBERTURA VEGETAL

Segundo Andrade e Oliveira (2004), a cobertura vegetal exerce um importante papel na proteção e conservação dos solos e dos recursos naturais. A destruição destas áreas leva a uma exposição superficial do solo condicionando sua perda através de agentes erosivos, causando o aumento de oxidação da matéria orgânica e reduzindo a capacidade de infiltração destes, afetando também na quantidade de precipitação fazendo com que haja modificações climáticas na região.

Além de proporcionarem a proteção contra agentes climáticos, a cobertura vegetal contribui para manter a qualidade do solo e o ciclo de nutrientes, favorecendo o reabastecimento nutricional e desenvolvimento microbiológico, dificultando a ocorrência de degradação do solo (SILVA ; VIEIRA, 2007).

Sousa *et al.* (2007), afirma que a cobertura vegetal é responsável pela proteção contra a erosão hídrica do solo, solar e eólica, até mesmo em áreas que contenham declives significantes.

Para Silva e Vieira (2011), a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto em estudo de cobertura vegetal é de grande relevância, pois é possível através destas, adquirir informações sobre diferentes tipos de vegetação, condições de estresse, carência de nutrientes, entre outros.

Kleinpaul *et al.* (2005), analisaram as áreas de cobertura florestal da Microbacia Arroio Grande, localizada no município de Santa Maria – RS. Os autores utilizaram imagens de satélite LANDSAT-5 adquiridas nos anos de 1987, 1995 e 2002, e uma imagem do satélite CBERS-2 adquirida no ano de 2002. Após a classificação das imagens, obtiveram como resultado, para um período de 18 anos, o aumento da cobertura florestal em 10,24%, passando de 14.135,42 hectares (40,01%) em 1987 para 17.752,20 hectares (50,25%) em 2005, e concluíram que este aumento de área da cobertura florestal, deve-se à vigência do Código Florestal Estadual, à conscientização dos proprietários rurais e à implantação em maior escala de espécies exóticas no estado do Rio Grande do Sul.

3.2 GEOPROCESSAMENTO

Em decorrência das amplas possibilidades técnicas e metodológicas e associação de novos conceitos derivados da tecnologia de Geoprocessamento, é notável a contribuição deste em estudos ecológicos na biologia, por exemplo, que passaram a expor e analisar, detalhadamente, relações espaciais entre entidades e eventos biológicos, permitindo verificações de eventuais mudanças ambientais, aplicações sobre extinção de espécies e sobre ocorrências de pragas economicamente prejudiciais, que estão associadas a condições ambientais específicas (SILVA ; ZAIDAN, 2007).

Com o desenvolvimento da tecnologia de Informática, informações sobre recursos minerais, animais, plantas, propriedades, e demais aspectos considerados importantes, passaram a ser armazenadas e representadas em ambiente computacional, o que era feito até a segunda metade deste século em forma de documentos e mapas em papel. Isto possibilitou, então, o surgimento do Geoprocessamento (CÂMARA ; DAVIS, 2004).

Segundo Câmara e Davis (2004), o termo Geoprocessamento é a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para a coleta e o tratamento da informação geográfica. Estas ferramentas computacionais são

chamadas de Sistemas de Informações Geográficas – SIG, também conhecido como GIS (do inglês *Geographic Information System*).

Para Silva e Zaidan (2007), o Geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de conceitos, métodos e técnicas, que ocorrem em torno de um instrumental disponível pela engenhosidade humana. Este conjunto de conceitos, métodos e técnicas podem estar ligados a uma finalidade principal, sendo freqüentemente desenvolvidos em função de interesses posteriores, como é o caso do Geoprocessamento, que até os dias atuais, está ligado às atividades bélicas, em associação com o Sensoriamento Remoto, na obtenção de dados ambientais atualizados, visando à execução de análises da distribuição territorial de eventos e entidades de interesse militar.

Recentemente, uma aplicação do Geoprocessamento na pesquisa agrônômica, no planejamento e gestão de propriedades a ser destacada, refere-se à agricultura de precisão, onde pode ser feito um registro do acoplamento de possíveis variações espaciais conjuntas, tais como: tipos de porosidade, permeabilidade, variações dirigidas ao manejo que estão relacionados à produtividade ou com a presença de condições indesejáveis nos produtos agrícolas (SILVA e ZAIDAN, 2007).

3.3 MODELO DE DADOS

Para Câmara e Monteiro (2004), existem em Geoprocessamento cinco modelos de dados, que podem ser:

Os dados temáticos descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, que é expressa de forma qualitativa, tais como mapas de pedologia e de aptidão agrícola de uma região. Os dados são obtidos a partir de um levantamento de campo e inseridos no sistema por digitalização ou a partir de classificação de imagens (CÂMARA ; MONTEIRO, 2004).

O dado cadastral diferencia-se de um dado temático, pois cada um de seus elementos é um objeto geográfico, que possui atributos e pode estar associado a várias representações gráficas. Os lotes de uma cidade são exemplos de dados cadastrais, pois são elementos do espaço geográfico que possuem atributos, tais

como, dono, localização, valor do lote, IPTU, dentre outros. Também podem ter representações gráficas diferentes em mapas de escalas distintas. Estes atributos ficam armazenados em sistema de banco de dados (CÂMARA ; MONTEIRO, 2004).

O conceito de rede significa, em Geoprocessamento, informações que estão associadas a serviços de utilidade pública (água, luz e telefone), redes de drenagem (bacias hidrográficas) e as rodovias, onde cada objeto geográfico (cabo telefônico, cano de água) possui uma localização geográfica exata e sempre está associado a atributos descritivos presentes em um banco de dados (CÂMARA ; MONTEIRO, 2004).

O termo Modelo Numérico de Terreno – MNT é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Estão associados à altimetria, e também podem ser utilizados para modelar unidades geológicas, como por exemplo, teor de minerais ou propriedades do solo ou subsolo (CÂMARA e MONTEIRO, 2004).

Um MNT (do inglês, *Digital Terrain Model* – DTM), representa matematicamente uma determinada característica que está vinculada a uma superfície real, que em geral, é contínua e o fenômeno representado pode variar (SPRING, 2007).

As imagens podem ser obtidas através de satélites, fotografias aéreas ou aerotransportadas. Elas representam formas de captura indireta de uma informação espacial. Cada elemento de uma imagem é denominado de *pixel*, e possuem um valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre correspondente (CÂMARA ; MONTEIRO, 2004).

No processo de aquisição de imagens, estão contidos os objetos geográficos, sendo assim, necessário recorrer a técnicas de fotointerpretação e de classificação para individualizá-los (CÂMARA ; MONTEIRO, 2004).

3.4 SENSORIAMENTO REMOTO

A definição de sensoriamento remoto é muito ampla, mas se pode definir este termo, como sendo um conjunto de técnicas que permite a obtenção de informações

sobre fenômenos e objetos sem haver contato físico com eles, ou seja, a transferência de dados é feita através da energia, e está associado à obtenção de medidas em que o ser humano não é parte essencial do processo de detecção e registro dos dados (NOVO, 1992).

O termo Sensoriamento refere-se à obtenção de dados, e o termo Remoto, significa distante, ou seja, onde a obtenção de dados é feita à distância, sem o contato físico entre o sensor do satélite e a superfície da Terra, ou seja, o Sol que é a principal fonte de Energia Eletromagnética, incide energia para a superfície terrestre, no qual esta é absorvida e interage com os alvos ou objetos, que refletem ou emitem a energia para o sensor do satélite e transmite as informações coletadas e registradas para a estação de recepção onde é feito o processamento das imagens (FLORENZANO, 2002).

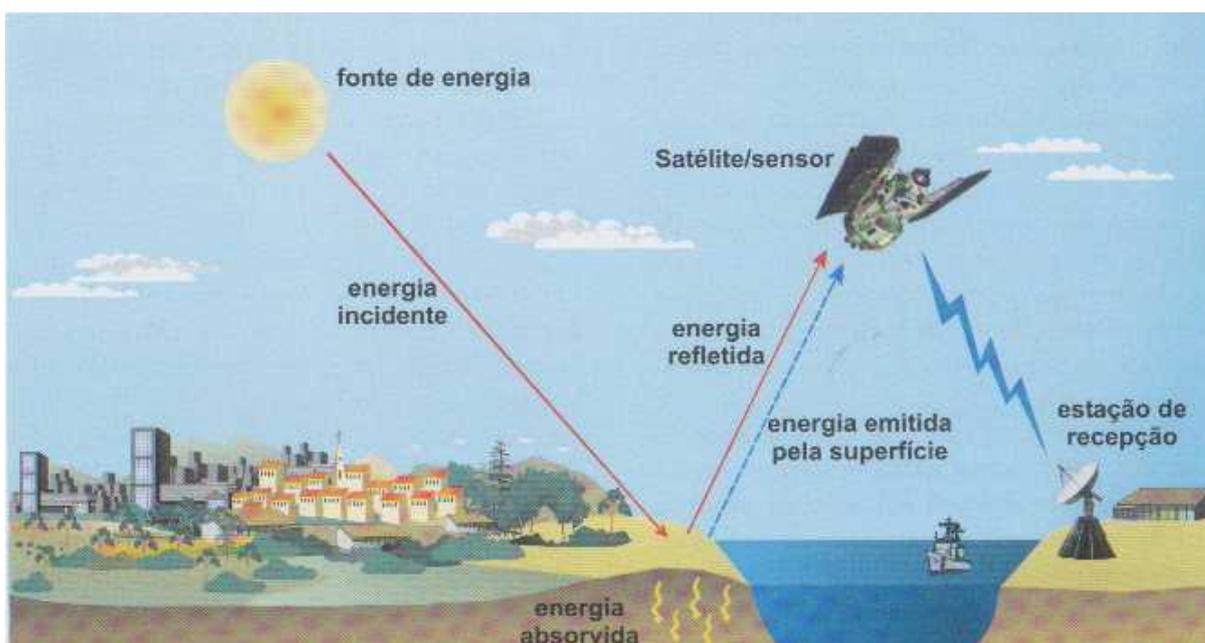


Figura 1 – Obtenção de imagens por sensoriamento remoto
Fonte: FLORENZANO, 2002

Segundo Florenzano (2002), o sensoriamento remoto é uma tecnologia, onde através da captação e da energia refletida pela superfície terrestre, é permitido obter imagens e outros tipos de dados. Para sua melhor definição, é necessário identificar

os quatro principais elementos das técnicas de sensoriamento remoto, que são: A Radiação Eletromagnética, a Fonte, o Alvo e o Sensor .

A Radiação Eletromagnética é o elemento que faz a ligação entre os outros três componentes que são a Fonte desta radiação, que na aplicação de sensoriamento remoto no estudo dos recursos naturais, é o Sol; O Sensor, que é o instrumento de onde é feita a coleta e o registro da Radiação Eletromagnética, sendo esta, refletida pelo Objeto ou Alvo, no qual, é o elemento de onde pretende-se obter a informação

Para o caso de sensoriamento remoto da superfície terrestre, esses objetos (alvos), incluem diferentes recursos naturais, tais como, a água, os tipos de solo, rochas e a vegetação (PONZONI ; SHIMABUKURU, 2007).

3.5 SATÉLITE *WORLDVIEW-II*

Lançado em outubro de 2009, o sensor orbital Worldview-2 possui resolução espacial de 0,46 metros na banda pancromática e 1,84 metros nas bandas multiespectrais, além de uma resolução radiométrica de 11 *bits* (Digital Globe, 2010), apresentando quatro bandas adicionais em relação ao sistema anterior QuickBird-2 (faixas do azul, verde, vermelho e infravermelho próximo), a saber: *Coastal*, *Yellow*, *Red Edge*, e *Near Infrared 2*. A disponibilidade de quatro novas bandas no Worldview-2, localizadas em faixas específicas do espectro eletromagnético, aumentam a capacidade de discriminação e análise dos alvos em estudo (SOUZA, 2011).

A banda *Red Edge* auxilia no estudo da fitofisionomia das plantas além de discriminar entre formações vegetais arbóreas e rasteiras, devido a sua alta resolução espacial, que permite executar uma segmentação avaliando detalhes em pequena escala (SOUZA, 2011).

Um dos índices de vegetação mais utilizados tem sido o chamado índice de vegetação da diferença normalizada, cuja simplicidade e relativa alta sensibilidade à densidade da cobertura vegetal tornaram possível comparações espaciais e temporais da atividade fotossintética terrestre, bem como o monitoramento sazonal,

interanual e variações de longo prazo dos parâmetros estruturais, fenológicos e biofísicos da vegetação em escala global.

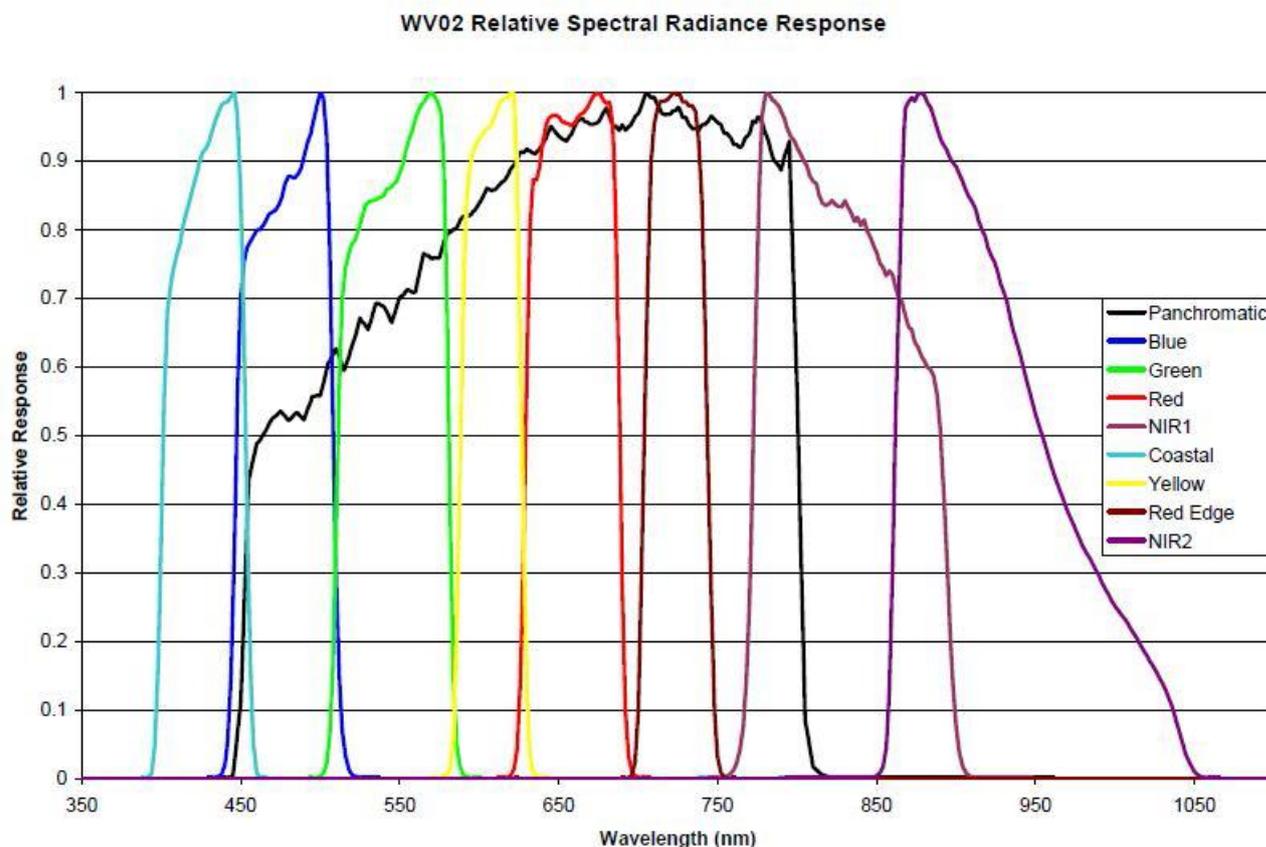


Figura 2 – Resposta espectral das bandas do sensor Worldview-II
Fonte : Padwick et al., (2010)

3.6 O SATÉLITE *LANDSAT-5TM*

O sensor TM foi lançado a bordo dos satélites Landsat 4 e Landsat 5. Possui separação espectral adequada ao seu principal propósito, ou seja, oferecer subsídios para mapeamentos temáticos na área de recursos naturais. Continua em atividade no satélite L5 e opera com sete bandas nas regiões do visível, infravermelho próximo, médio e termal.

Os dados do sensor TM foram utilizados em pesquisas e definições de metodologias em amplas áreas do conhecimento científico e tiveram importância singular para a evolução das técnicas desenvolvidas e utilizadas no sensoriamento

remoto mundial (INPE, 2012). Possui resolução temporal de 120 dias, resolução espacial de trinta metros nas bandas *Blue Green, Red, Infrared Near* e *Infrared médium*. pancromática e 120 metros na banda *Infrared thermal*, além de uma resolução radiométrica de 8 *bits* (INPE, 2012).

Atualmente, o único satélite em operação é o LANDSAT-5, levando a bordo o sensor *Thematic Mapper – TM*, contribuindo para o mapeamento temático da superfície terrestre. O satélite LANDSAT-7 iniciou suas atividades em 1999 e encerrou em 2003, utilizando o sensor *Enhanced Thematic Mapper Plus – ETM+*, mantendo a alta resolução espectral, uma característica importante deste sistema.

A cada 16 dias, o satélite LANDSAT observa a mesma área, apresentando assim a característica da repetitividade. Uma imagem inteira do satélite representa no solo uma área abrangente de 185 x 185 quilômetros. Cada imagem nas bandas 1,2,3,4,5 e 7, apresenta uma resolução geométrica de 30 metros, ou seja, cada “pixel” da imagem apresenta uma área no terreno de 0,09 hectares. Na banda 6, a resolução geométrica é de 120 metros, ou seja, cada “pixel” da imagem apresenta uma área de 1,4 hectares (INPE, 2008).

Segundo o INPE (2008), as principais características orbitais dos satélites LANDSAT são:

- **Altitude:** 705 Km;
- **Velocidade:** 7,7 Km/seg;
- **Peso:** Duas Toneladas;
- **Tempo para obtenção de uma cena:** 24 segundos.



Figura 3 – Satélite LANDSAT-5 TM
Fonte: INPE, 2008

3.7 CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS

Uma das técnicas usadas mais frequentemente para a extração de informações de dados de sensoriamento remoto é a classificação que implica no reconhecimento de padrões e feições homogêneas em uma imagem.

Existem duas abordagens que geralmente são utilizadas para realizar o processo de classificação. A primeira, tradicionalmente referenciada como análise visual, envolve uma interação direta entre o analista e os dados representados na imagem, e é bastante efetiva na avaliação dos aspectos globais de uma cena e na definição dos tipos de classes (PRADO, 2009). Por outro lado, quando se trata da utilização de computadores para avaliar automaticamente a natureza multiespectral de uma imagem, são empregadas técnicas de análise digital as quais tendem a

tornar o processo de mapeamento menos subjetivo e com maior potencial de repetição em situações subseqüentes (NOVO, 1992).

Muitas vezes, a análise visual de imagens é feita no próprio computador, onde são considerados os diferentes elementos de interpretação de imagens (tonalidade, padrão, forma, tamanho, textura, sombra, associação e localização) e selecionada a composição colorida que melhor permita a identificação das classes de interesse (PRADO, 2009).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCAL DE ESTUDO

A área de estudo está situada geomorfologicamente no Terceiro Planalto Paranaense ou Planalto de Guarapuava. Nesta delimitação encontra-se o Parque Estadual Lago Azul (PELA), com área total de 1.749,01 ha, sendo que 78% desta área são compostos por lâmina de água que pertence ao reservatório da Usina Hidrelétrica Mourão I, da Companhia Paranaense de Energia (COPEL) (PARANÁ, 2005).

O Parque está compreendido entre os municípios de Luiziana e Campo Mourão, localizado entre as coordenadas 24°05'16,98" a 24°13'59,58" de Latitude Sul e 52°17'48,85" a 52°21'22,36" de Longitude Oeste, porção centro ocidental do Paraná (PARANÁ, 2005).

O reservatório da Usina Hidrelétrica Mourão (Figura 4), localiza-se no Terceiro planalto paranaense especificamente na região centro ocidental do Estado. De acordo com Maack (1981), o território paranaense é dividido em regiões ecogeográficas, separando-o em três Planaltos e região litorânea. Do ponto de vista de vegetação, de acordo com a classificação proposta por Roderjan et al. (2002), o parque apresenta um ecótono entre a Floresta Estacional Semidecidual Montana e Floresta Ombrófila Mista Montana, com alguns esparsos indivíduos componentes da flora do cerrado mourãoense.

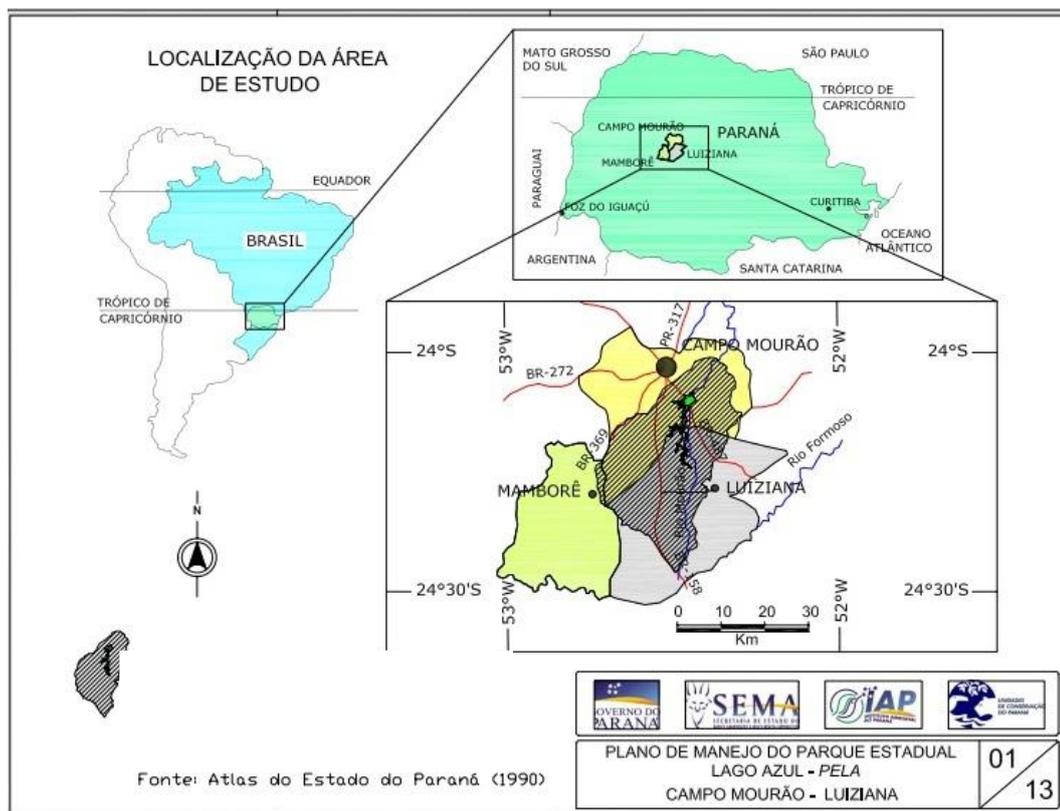


Figura 4 – Destaque da área de estudo.
Fonte: PARANÁ, 2005.

4.2 MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais utilizados no estudo foram:

- Imagem de satélite LANDSAT-5 TM, de 20 de junho de 2011, da órbita 223 ponto 77 e possuem cobertura máxima de nuvens de 30%;
- Imagem de satélite *WORLDVIEW-II*, de 2011 com cobertura máxima de nuvens de 30%;
- Software Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – SPRING, versão 4.3.3, de domínio público, desenvolvido pelo INPE.

4.3 Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas

O software SPRING é um SIG com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a banco de dados espaciais. É um projeto realizado pelo INPE e sua Divisão de Processamento de Imagens, contando também com a participação do Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura – EMBRAPA/CNPTIA, Centro Latino Americano de Soluções para Ensino Superior e Pesquisa – IBM Brasil, Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica da PUC-Rio – TECGRAF e o Centro de Pesquisas Leopoldo Miguez – PETROBRAS/CENPES (INPE, 2008).

O objetivo deste projeto foi de construir um SIG para ser aplicado em estudos da agricultura, florestas, gestão ambiental, geografia, geologia, no planejamento urbano e regional, e também para fornecer um ambiente unificado de geoprocessamento e sensoriamento remoto para aplicações urbanas e ambientais, tornando amplamente acessível para a comunidade, pois é um software gratuito e de domínio público, podendo ser adquirido pela internet (INPE, 2008).

4.4 METODOLOGIA APLICADA

A metodologia adotada utilizou as seguintes etapas:

- Recorte das Imagens;
- Georreferenciamento;
- Processamento Digital das Imagens:
 - Melhor composição colorida e realce;
 - Classificação Supervisionada;
 - Mapeamento da área de estudo;
 - Obtenção dos Resultados.

4.4.1 Recorte das Imagens

As imagens foram obtidas no site do INPE, portanto foi necessário fazer o recorte destas de acordo com a área estudada, no caso, o reservatório da Usina Mourão.

4.4.2 Georreferenciamento das Imagens de Satélite

Após fazer o recorte das imagens de satélite de acordo com a área de estudo, foi realizado o georreferenciamento ou registro para determinar uma localização destas no espaço, ou seja, tornar suas coordenadas conhecidas em um sistema de referência, na qual utilizou-se a Projeção UTM, Datum SAD-69.

O registro de uma imagem compreende uma transformação geométrica que relaciona coordenadas de imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência. No SPRING este sistema de referência é, em última instância, o sistema de coordenadas planas de uma certa projeção cartográfica.

Como qualquer projeção cartográfica guarda um vínculo bem definido com um sistema de coordenadas geográficas, pode-se dizer então que o registro estabelece uma relação entre coordenadas de imagem e coordenadas geográficas (SPRING, 2007)

4.4.3 Processamento Digital das Imagens

É de grande importância ressaltar que esse satélite WorldView-II possui uma resolução espacial de 50 centímetros pancromático, 2,00 metros multiespectral e resolução radiométrica de 11 *bits* por pixels. A imagem que será utilizada do satélite WorldView-II, RED, GREEN, BLUE e NIR, foram adquiridas pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão.

O processamento digital de imagem foi realizado com o objetivo de melhorar o aspecto visual de certas feições estruturais de modo que facilitasse na interpretação das imagens. As técnicas de realizadas foram:

Determinação da melhor composição colorida e realce

Como uma imagem de satélite LANDSAT-5 é composta por sete (7) bandas espectrais, foi necessário definir as melhores composições coloridas das imagens.

Foram escolhidas as bandas 5, 4 e 3, nas composições coloridas *Red, Green, Blue* – RGB respectivamente, para ambas as épocas, sendo que este método é amplamente utilizado em estudos para a avaliação de recursos ambientais (DISPERATI *et al.* 2003).

4.5 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

A Classificação das Imagens é um processo de extração de informação em imagens para que seja possível reconhecer padrões e objetos homogêneos. Os métodos de classificação são usados para mapear áreas da superfície terrestre que apresentam um mesmo significado em imagens digitais (SPRING, 2007).

Neste estudo, os métodos de classificação foram realizados de acordo com a metodologia utilizada por Disperati *et al.* (2003), sendo que, em ambas as imagens foram realizadas a classificação do tipo multiespectral, pixel a pixel, com análise supervisionada e classificador Máxima Verossimilhança – MAXVER.

A técnica de classificação é do tipo multiespectral, quando o critério de decisão depende da distribuição de níveis de cinza em vários canais espectrais; *Pixel a pixel*, quando utiliza apenas a informação espectral, isoladamente, de cada *pixel* da imagem, para achar regiões homogêneas; E é dita supervisionada, quando o usuário dispõe de informações sobre a área de estudo, que permitem a identificação de uma classe de interesse (SPRING, 2007).

Quando a classificação é supervisionada, é necessário realizar o treinamento, onde foram recolhidas amostras da imagem na qual identificassem a área

representativa de cada classe de interesse. As amostras de cobertura florestal foram escolhidas de acordo com o critério de interpretação visual em imagens.

Desta maneira, foi efetuado o recolhimento das amostras em cada imagem, para ambas as imagens foram coletadas 15 amostras de cada classe considerada, visando a qualidade e não a quantidade destas.

Após recolher as amostras, a imagem foi classificada utilizando-se o classificador MAXVER, que em dados de sensoriamento remoto, é o método mais utilizado (AFFONSO, 2002).

MAXVER utiliza parâmetros estatísticos, considerando a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes. Para cada conjunto de treinamento é necessário um número considerável de *pixels* da imagem para que esta classificação seja precisa o suficiente (AFFONSO, 2002).

Após executar aplicação do método, as imagens de 2011 foram classificadas de acordo com as Figuras 5.

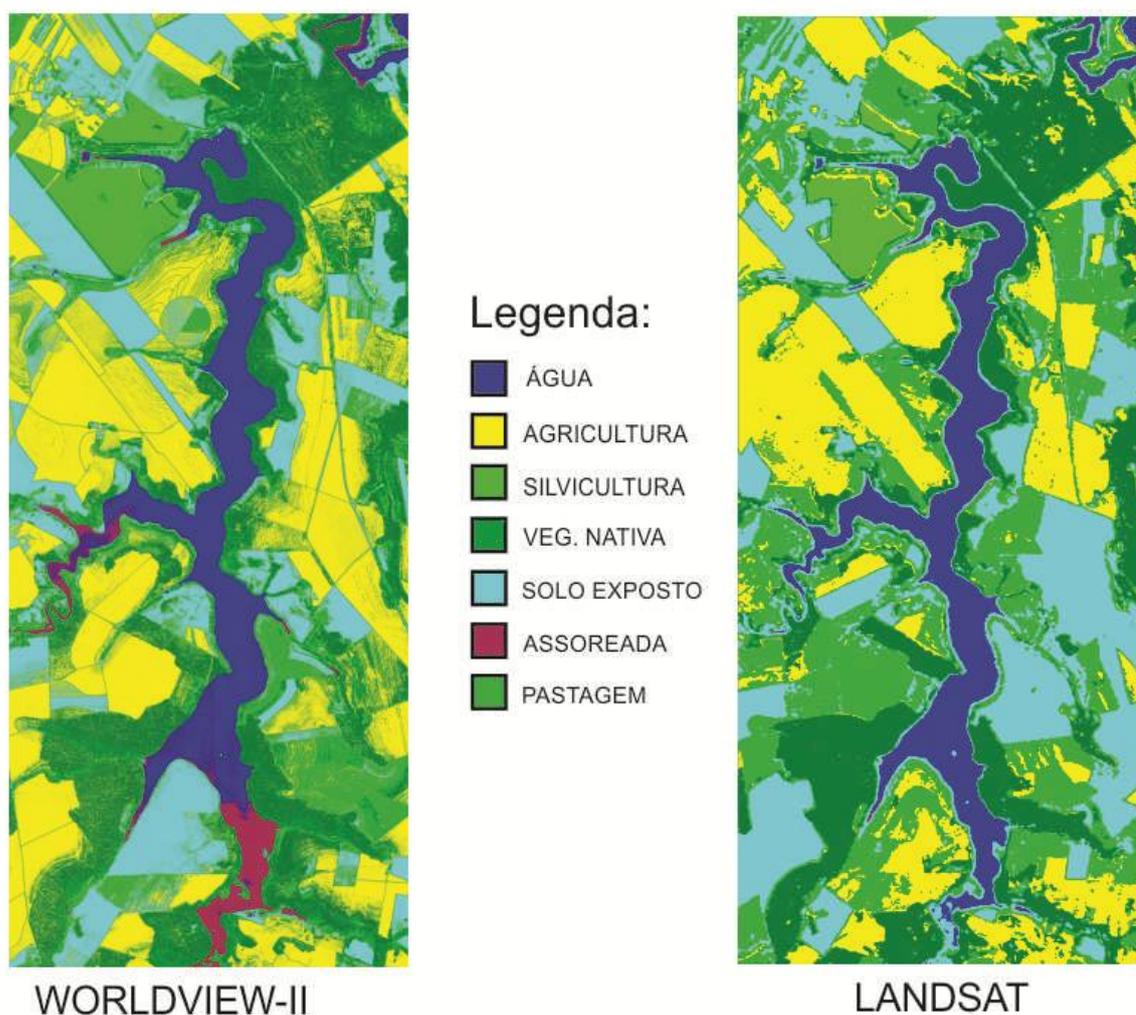


Figura 5 – Classificação das imagens

O desempenho geral de classificação para ambas as imagens foi de 100%. Este desempenho indica a confiabilidade dos resultados obtidos com base nas amostras utilizadas como áreas de treinamento.

Não foi realizado nenhum trabalho de campo para validar as áreas de treinamento obtidas através da classificação supervisionada por isso foi utilizado somente o critério de interpretação visual de cobertura florestal.

A quantificação das áreas de cobertura florestal foi obtida após a realização da classificação supervisionada, assim o programa representa em forma de porcentagem as classes existentes referentes a área total da imagem.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da classificação das imagens consideradas, são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados da Classificação Supervisionada

LANDSAT		WORLDVIEW	
ÁREA TOTAL 10257 (Ha)			
	(Ha)	%	
PASTAGEM	2567,327	25,03	PASTAGEM
SOLO EXPOSTO	2315,518	22,58	SOLO EXPOSTO
AGRICULTURA	2136,328	20,83	AGRICULTURA
VEGETACAO NATIVA	2078,478	20,26	VEGETACAO NATIVA
ÁGUA	884,7688	8,63	ÁGUA
SILVICULTURA	216,6278	2,11	SILVICULTURA
ASSOREADA	57,95205	0,57	ASSOREADA

Conforme a Tabela 1, o processo de quantificação do uso e ocupação do solo florestal existente no ano de 2011 na área da Usina Mourão indicou que, em média, havia 2244,5 hectares de vegetação nativa, o que corresponde a 21,88% da área total e 2193 hectares (média para as duas imagens) para a área com solo exposto, correspondendo a 21,38% da área total. Quantificou-se uma área de 276,52 hectares de área onde há ocorrência de silvicultura na região, correspondendo apenas a 2,69% da área total. A classe de pastagem na imagem Worldview apresentou uma área de 1134,4 hectares menos da metade da Landsat que apresentou 2567,32 hectares.

Os resultados são mostrados a seguir, graficamente, através do Gráfico 1.

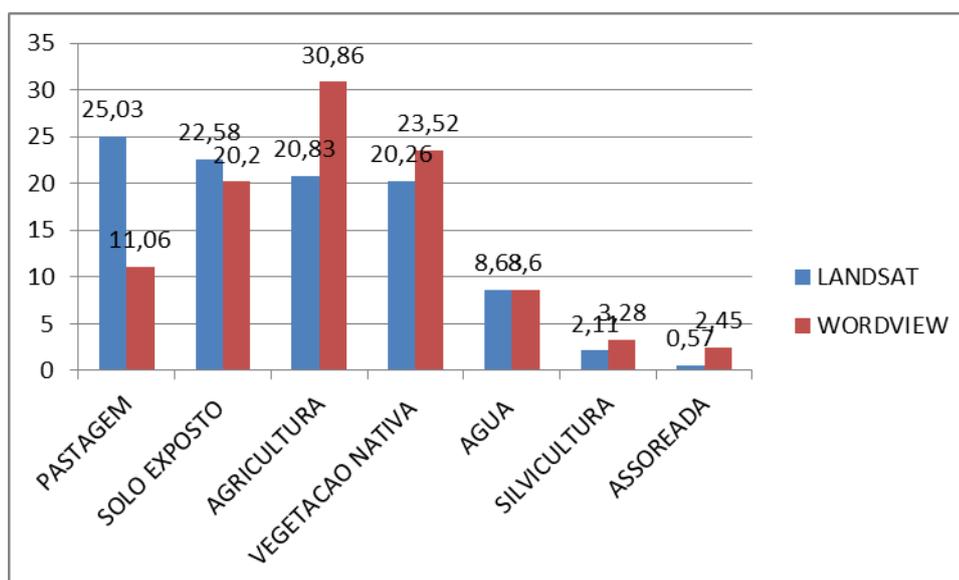


Gráfico 1 – Resultados para a quantificação do uso e ocupação do solo para o ano de 2011 nas imagens Landsat e Worldview.

Comparando os resultados obtidos das duas imagens, no ano de 2011, houve uma diferença considerável em diversas classes de classificação.

Na classe pastagem podemos verificar uma grande diferença na classificação, cerca de 25% da área total é pastagem na imagem de média resolução e 11% na de alta resolução, podendo-se dizer que na imagem de média resolução regiões onde é realizada a agricultura foram consideradas na classificação como pastagem.

Outra classe onde houve grande diferença na porcentagem de área foi a de agricultura, (30,89% Worldview e 20,83% Landsat), considerando que a imagem de alta resolução conseguiu identificar da melhor maneira as diferenças entre uma região de agricultura e outra classe.

Na Figura 6 pode-se observar uma grande diferença entre as imagens classificadas, na Imagem Worldview o solo exposto (azul claro) fica mais bem definido com a imagem real, na imagem Landsat podemos ver que a classificação referente ao solo exposto tomou conta de regiões onde na verdade há presença de agricultura.

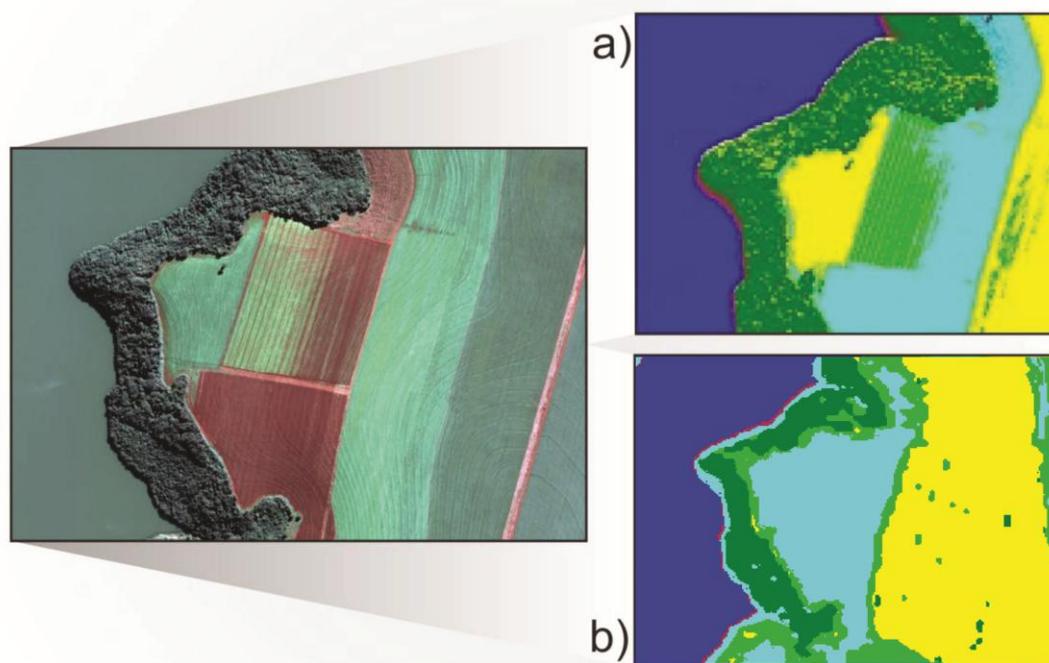


Figura 6 – a) Detalhe da classificação da imagem Worldview-II b) Detalhe da classificação da imagem Landsat.

As imagens de alta resolução acabam se fazendo muito importante no resultado de análise de dados mais minuciosos, quando se faz necessário uma precisão maior.

Na classe assoreada a diferença entre as imagens classificadas também é grande, pode-se ver que quanto maior for a resolução da imagem a ser classificada maior será a eficiência com relação a estudos de assoreamento de corpos hídricos. Baseando-se apenas nos dados não é possível verificar grande diferença (0,5% Landsat e 2,45% Worldview), mas analisando a Figura 7 temos visivelmente uma classificação muito interessante se tratando de possíveis estudos com a utilização do sensoriamento remoto para levantamento do processo de assoreamento de corpos hídricos.

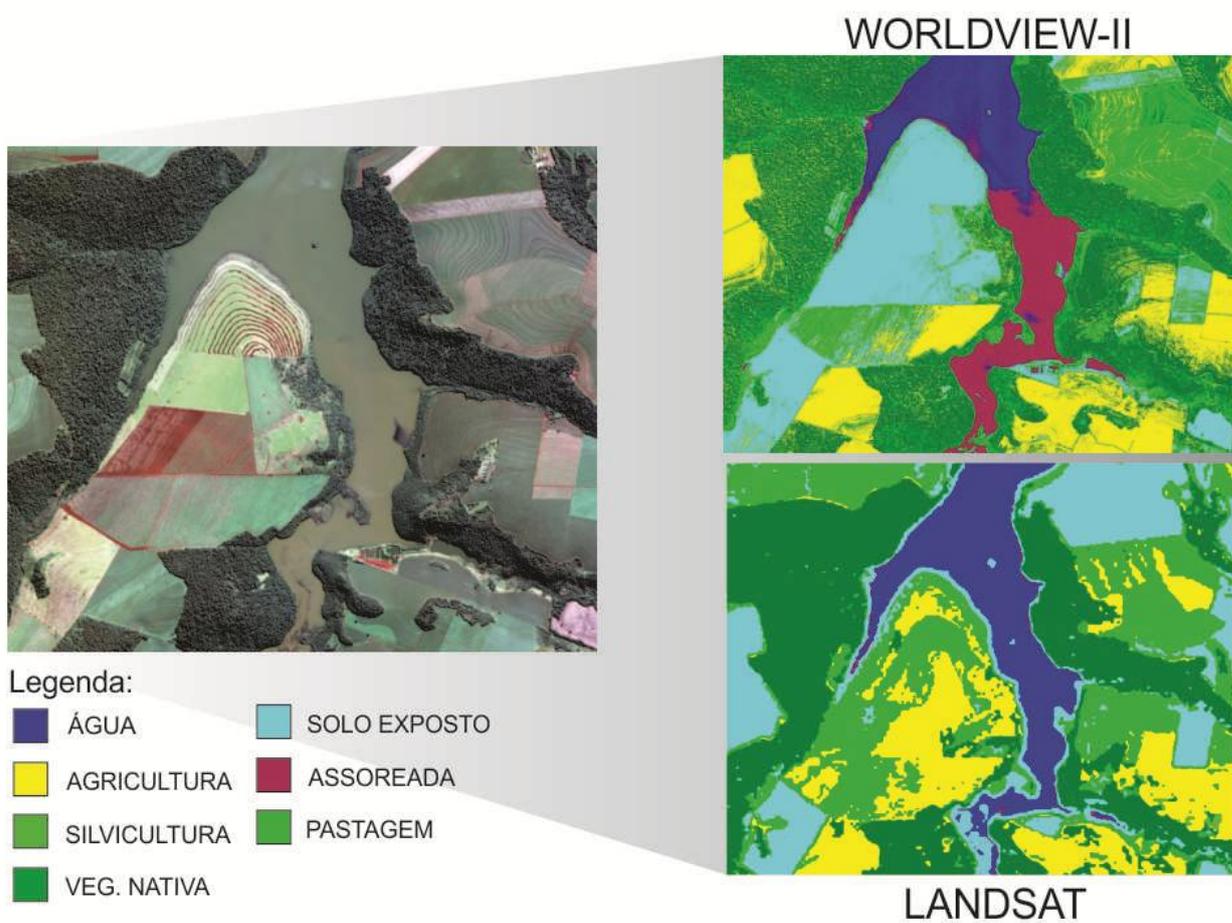


Figura 7 – Detalhe de assoreamento na classificação das imagens

6 CONCLUSÃO

As técnicas utilizadas na classificação das imagens do ano de 2011 dos satélites WORLDVIEW-II e LANDSAT possibilitaram a identificação de diferenças de classificação do uso e ocupação do solo entre as imagens de alta e média resolução. Mostrando que com imagens de alta resolução pode-se ter dados mais satisfatórios e nos trazendo novas possibilidades de estudos do ambiente.

A imagem de alta resolução facilita a diferenciação das áreas, podendo-se entrar em mais detalhes do ambiente em estudo, um estudo que pode ser auxiliado com o sensoriamento remoto em imagens de alta resolução é o de assoreamento de rios, identificando a presença o processo de assoreamento do corpo hídrico.

O trabalho mostrou que é possível utilização de imagens de média e alta resolução para classificação do uso e ocupação do solo, mas também identificou pontos falhos em certos tipos de classificação quando se trata de uma imagem de média resolução, diferentemente do detalhamento encontrado em uma imagem de alta resolução.

Sugere-se a realização de uma visita à campo para validar os resultados obtidos através do processamento digital das imagens, e também para identificação e localização das áreas onde possa haver dúvidas com relação ao uso e ocupação do solo.

REFERÊNCIAS

AFFONSO, A. **Introdução ao Geoprocessamento e ao Sensoriamento Remoto**. 2002. 52 f. Estágio Docência (Programa de Pós-Graduação no INPE – Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Faculdade de Agronomia, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2002.

ALMEIDA, F.F.M. **Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Marques de Almeida**. Organizadores: V. Mantesso-Neto, A. Bartoreli, C. Dal Ré Carneiro, B. B. Brito-Neves. São Paulo. 2004. 647p.

ANDRADE, J. B; OLIVEIRA, T. S. Análise espaço-temporal do uso da terra em parte do semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n. 28, p. 393-401, 2004.

BLASCHKE, T.; KUX, H. J. H. **Sensoriamento remoto e SIG avançados -novos sistemas sensores: métodos inovadores**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 2ª ed. 303 p.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Fundamentos de geoprocessamento. **Introdução ao Geoprocessamento**, São José dos Campos, p. 01-05, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 16 dez. 2012.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Fundamentos de geoprocessamento. **Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação**, São José dos Campos, p. 01-35, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

DI GREGORIO, A. **Land cover classification system (LCCS), version 2 – classification concepts and user manual**. Rome: FAO, 2005. 208 p. ISBN 92-05-10-5327-8.

DISPERATI, A. A. *et al.* Análise temporal da cobertura florestal do município de Irati-PR, utilizando imagens satelitárias LANDSAT. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n. 1, p. 115-123, jan/jun. 2003. Disponível em: <<http://www.unicentro.br/editora/revistas/recen/v5n1/analise.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2013.

EHLERS, M. Sensoriamento remoto para usuários de SIG – Sistemas sensores e métodos: entre as exigências do usuário e a realidade. In: BLASCHKE, T.; KUX, H. (eds.) **Sensoriamento Remoto e SIG Avançados -novos sistemas sensores: métodos inovadores**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 2ª ed. 303 p. Cap. 2, p. 19-38.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de textos, 2002. 97 p.

GONTIJO, A. A.: Geoprocessamento aplicado ao levantamento do uso da terra e cobertura vegetal da bacia do Ribeirão Piçarrão no município de Araguari/MG - Anais **XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 5835-5842.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Projeto RADANBRASIL. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Séries Manuais Técnicos em Geociências. Rio de Janeiro: IBGE, 1, 1992. 92 p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **O que é o SPRING**, 2008. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>>. Acesso em: 30 fev. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **INPE – DGI**: português. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/index.php>>. Acesso em: 12 Nov. 2012.

JENSEN, J. R.; COWEN, D. C. Remote sensing of urban/suburban infrastructure and socioeconomic attributes. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 65, n. 5, p. 611-622. Mai 1999.

KLEINPAUL, J. J *et al.* **Análise Multitemporal da Cobertura Florestal da Microbacia do Arroio Grande**, Santa Maria, RS. **Bol. Pesq. FI.** n. 51, p. 171-184, jul/dez. 2005. Disponível em <http://www.cnpf.embrapa.br/publica/boletim/boletarqv/boletim51/boletim51_pag171-184.pdf>. Acesso em: 15 fev 2013.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná e Instituto de Biologia e Pesquisa Tecnológica, 1981.

NOVACK, T. **Urban Land Cover Classification Using optical VHR Data and the Knowledge-Based System InterIMAGE**. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII-4/C7, 2010.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: Princípios e aplicações**. 2. ed. São José dos Campos: Edgard Blucher , 1992. 308 p.

OLIVEIRA, J. C. Índice para avaliação de segmentação (IAVAS): uma aplicação em agricultura. 2002. 160 p. **Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos**. 2002. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/12.21.11.14>>. Acesso em: 20 maio 2012.

PARANÁ (Estado). Instituto Ambiental do Paraná. **Plano de manejo do Parque Estadual Lago Azul**. Curitiba, 2005. Disponível em: <www.uc.pr.gov.br/arquivos/File/Plano_de_Manejo/Parque_Estadual_Lago_Azul/4_PELA_ENCARTE_II.pdf>. Acesso em: 20/05/2008.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURU, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos, SP: Editora Parêntese, 2007. 127 p.
PREFEITURA MUNICIPAL DE MATELÂNDIA. **Aspectos Gerais do Município de Matelândia**. Disponível em: <www.matelandia.com.br/prefeitura>. Acesso em: 15 fev. 2013.

PRADO, F.A. Sistema hierárquico de classificação para mapeamento da cobertura da terra nas escalas regional e urbana. 2009. 167 p. **Dissertação de Mestrado em**

Ciências Cartográficas – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente, 2009.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As regiões fitogeográficas do Estado do Paraná. **Revista Ciência e Ambiente**, 24: 75-92, jan/jun 2002.

SILVA, J. X da; ZAIDAN, R. T (Organizadores). **Geoprocessamento & Análise Ambiental: Aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 368 p.

SILVA, W. S; VIEIRA, V. C. B. Evolução Multitemporal do Uso e Cobertura do Solo no Município de Uruçuí –PI. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2, 2007, João Pessoa. **II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica**, João Pessoa, 2007. p.1-9.

SOUZA, I. M.; PEREIRA, M. N.; GARCIA, L. M. F.; KURKDJIAN, M. L. N. O. Mapeamento do uso do solo urbano através da classificação por regiões baseada em medidas texturais. In: **XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 5-10 abr 2003, Belo Horizonte, Brasil. Anais... São José dos Campos: INPE, 2003. p. 1967-1968.

SOUZA, U. D. V. *et al.* Contribuição das novas bandas espectrais do satélite Worldview-II para a classificação de tipos vegetais em habitats costeiros: resultados iniciais, **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR. 2011