

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ,
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL,
CAMPUS DOIS VIZINHOS

MATHEUS EDUARDO HEBERLE NICHETTI

**ANÁLISE GEOMÉTRICA DE LEVANTAMENTO URBANO
UTILIZANDO IMAGENS ORBITAIS E VEÍCULO AÉREO NÃO
TRIPULADO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2016

MATHEUS EDUARDO HEBERLE NICHETTI

**ANÁLISE GEOMETRICA DE LEVANTAMENTO URBANO
UTILIZANDO IMAGENS ORBITAIS E VEÍCULO AÉREO NÃO
TRIPULADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof^a. Dra. Maria Madalena Santos Silva

Co-orientador: Prof^oMSc. Raoní W. D. Bosquilia

DOIS VIZINHOS

2016

N594a Nichetti, Matheus Eduardo Heberle.
Análise geométrica de levantamento urbano
utilizando imagens orbitais e veículo aéreo não
tripulado – Dois Vizinhos : [s.n], 2016.
42f.:il.

Orientadora: Maria Madalena Santos Silva
Coorientador: Raoni Wainer Duarte Bosquilia
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de
Engenharia Florestal, Dois Vizinhos, 2016.
Inclui bibliografia

1. Fotografia aérea em planejamento urbano. 2.
Mapeamento digital 3. Modelos geométricos I. Silva,
Maria Madalena Santos, orient. II. Bosquilia, Raoni
Wainer Duarte, coorient. III. Universidade Tecnológica
Federal do Paraná – Dois Vizinhos IV. Título

CDD: 621.3678

Ficha catalográfica elaborada por Rosana Oliveira da Silva CRB: 9/1745

Biblioteca da UTFPR-Dois Vizinhos



TERMO DE APROVAÇÃO

Título:

**ANÁLISE GEOMETRICA DE LEVANTAMENTO URBANO UTILIZANDO
IMAGENS ORBITAIS E VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO**

por

Matheus Eduardo Heberle Nichetti

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 16 de junho de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dra. Maria Madalena Santos Silva
Orientadora

Engenheiro Florestal Thiago E. Gonçalves
Membro titular

Prof. Maurício de Souza
Membro titular (UTFPR)

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

Dedico esta, bem como todas as minhas demais conquistas à minha amada família, que nunca mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida, e em especial à minha companheira e confidente, Ana Paula, pelo apreço, carinho e paciência durante estes anos da graduação.

Sem vocês isso não seria possível.

AGRADECIMENTOS

A minha família, Clainor e Jane, pelo amor incondicional, apoio moral e financeiro, que ao lado de minha irmã Sarah constituem meu porto seguro e fonte de amor.

A professora Daniela Abreu pelo apoio, parceria e principalmente pela credibilidade que me concedeu desde o primeiro ano da graduação, fundamental para minha formação profissional. Muito obrigado, serei eternamente grato

.A orientadora Professora Dra. Maria Madalena Santos Silva pela confiança, compreensão, parceria, incentivo e apoio, essenciais para o término deste trabalho e conclusão do curso, de coração, obrigado.

A minhas avós, Zelir e Nilsa, por me ensinarem o verdadeiro significado do amor e da fé, valorizando cada segundo ao meu lado, amo vocês. E aos meus avós *in memoriam*, Omari e Pedro por dividirem comigo histórias incríveis e deixarem marcada em minha personalidade traços de cada um, me orgulho de ser fruto dessa união, suas atitudes foram verdadeiros exemplos para todos aqueles que conviveram em sua companhia.

A todos os mestres professores com quem tive o prazer de participar das aulas, por fazerem do aprendizado não um trabalho, mas um contentamento. E principalmente a aqueles que sempre mantiveram uma postura honesta e ética, e não deixaram seu ego ser maior do que seus títulos. Espero que possamos nos encontrar algum dia.

Aos meus amigos Dalton, Augusto e Jhonny pela amizade de longa data que perdura até hoje fortalecida pela distância.

Aos amigos que fiz ao longo desses anos, Lucão, Wally, Ale, Sidinei, Kiel, Flamarion, Thiago, Ailton, Alano, Tiago F., Aba, Nata, Leandro, Bruno, entre outros que com certeza contribuíram de alguma forma para minha formação pessoal.

A banda Catrefas. Tiago, Pepê, Tom, e Manoel, amigos que dividiram comigo além do palco a paixão pela música e tornaram meus dias em Dois Vizinhos mais prazerosos.

A minha namorada Ana Paula pela ajuda no trabalho, carinho, amor e apoio necessário durante estes anos. Obrigado!

A todas as pessoas que fazendo o bem me surpreenderam positivamente, doando um pouco de si e trazendo felicidade e esperança para o mundo.

RESUMO

NICHETTI, Matheus Eduardo Heberle. **ANÁLISE GEOMETRICA DE LEVANTAMENTO URBANO UTILIZANDO IMAGENS ORBITAIS E VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

Nos últimos anos as exigências para a manipulação de dados geográficos tem se intensificado graças ao constante crescimento em infraestrutura no país. Toda atividade que de alguma forma se relaciona com o espaço físico que habitamos necessita, inicialmente, do conhecimento deste espaço. Para isso é necessária a visualização da superfície física da área desejada. Graças às tecnologias na área de geociências, e atualmente o surgimento de veículos aéreos não tripulados, a obtenção de informações geográficas com alta precisão se tornou possível com maior rapidez e menor custo. O presente trabalho propôs executar e comparar dois métodos distintos de mapeamento por imagens, sendo eles o uso de imagens orbitais e imagens obtidas através de um veículo aéreo não tripulado. Para isso, foi feita a aquisição de uma ortoimagem oriunda de um veículo aéreo não tripulado e também de uma imagem orbital proveniente do satélite WorldView-2. Para critério de análise quantitativa foram coletadas medidas de comprimento e largura das unidades amostrais a campo utilizando-se de uma trena. Os resultados obtidos com o uso da imagem do veículo aéreo não tripulado se mostraram positivos quando comparados com os valores reais a campo. Das 53 unidades amostrais, 42 encontraram-se dentro do limite de confiabilidade, que é de 95%. Chegou-se à conclusão que tanto as imagens orbitais quanto as imagens oriundas do veículo aéreo não tripulado podem ser aplicadas em levantamentos urbanos, no entanto, os veículos aéreos não tripulados mostram grande superioridade na análise de pequenos e médios objetos devido a sua resolução espacial que é de 2,5cm.

Palavras-chave: Georreferenciamento Cadastro Urbano, Análise Geométrica, Imagem Orbital, Veículo Aéreo Não Tripulado.

ABSTRACT

In the last years the requirements for the manipulation of geographical data has been intensified because of the steady growth in infrastructure in the country. Any activity that somehow relates to the physical space that we inhabit requires, initially, the knowledge of this space. For this, is necessary the visualization of the physical surface area desired. Trought to the technology in geoscience area, and to the current emergence of unmanned aerial vehicles, obtaining geographic information with accuracy became possible, faster and with lower cost. This study proposes execute and compare two different methods of image mapping, these being the use of orbital images and images from unmanned aerial vehicles. For this, it was made the acquisition of an orthoimage from a unmanned aerial vehicle and also an orbital image from the WorldView-2 satellite. For the quantitative analysis criterion, the length and the width of the sample units were collected in the field using a measuring tape. The results obtained from the use of aerial vehicle image unmanned were positive when compared to the actual values in the field. Of the 53 sample units, 42 were within the reliability limit, which is 95%. The conclusion is that both the orbital images as the images originating from the unmanened aerial vehicle can be applied in urban surveys, however, unmanned aerial vehicle show great superiority in small and medium analysis objects due to their spatial resolution is 2,5cm.

Keywords: Georeferencing , Urban registration , Geometric Analysis , Orbital image, Unmanned Aerial Vehicle.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA	4
3.2 SENSORIAMENTO REMOTO	4
3.3 RESOLUÇÕES DE IMAGENS	6
3.3.1 Resolução Espacial.....	6
3.3.2 Resolução Espectral	7
3.3.3 Resolução Radiométrica	9
3.3.4 Resolução Temporal	10
3.4 WORLDVIEW-2.....	10
3.5 DRONE	11
3.6 VETORIZAÇÃO.....	12
3.8 MAPEAMENTO URBANO.....	13
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	15
4.2 CARACTERÍSTICAS DO VANT UTILIZADO E OBTENÇÃO DAS IMAGENS	16
4.3 PROCESSAMENTO DA IMAGEM DE SATÉLITE E ORTOIMAGEM ORIUNDA DO VANT.....	17
4.4 VETORIZAÇÃO DA ORTOIMAGEM - VANT	19
4.5 GERAÇÃO DA CODIFICAÇÃO DOS OBJETOS DE CAMPO	20
4.5 OBTENÇÃO DAS MEDIDAS DE CAMPO.....	21
4.6 GERAÇÃO DA TABELA COM PARÂMETROS COMPARATIVOS.....	21
5 RESULTADOS	22
6 CONCLUSÃO.....	32
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

Tanto em grandes como em pequenas cidades, é de suma importância que as informações referentes aos cadastros urbanos estejam georreferenciadas e atualizadas.

Devido à evolução das geotecnologias, a disponibilização de equipamentos aéreos não tripulados e a necessidade crescente de mapeamento no país, buscam-se alternativas para realizar o mapeamento urbano e rural com agilidade, qualidade e baixo custo.

As informações sobre vias e propriedades imobiliárias urbanas, juntamente com elementos do espaço físico, compõem o chamado Cadastro Técnico Urbano (CTU).

Para a aquisição de tais informações, diferentes metodologias são empregadas, podendo elas ser diretas como a Topografia e Geodésia, e indiretas como a Fotogrametria e o Sensoriamento Remoto.

Sobre os métodos diretos, a Geodésia é uma ciência que estuda as formas e as dimensões do planeta, bem como a determinação do campo gravitacional e da superfície oceânica (IBGE, 2006). Já a Topografia, que muitas vezes é confundida com a Geodésia por se utilizar dos mesmos equipamentos, tem por finalidade mapear uma pequena parte dessa superfície, não levando em consideração as deformações sofridas pela esfericidade do globo (BRANDALIZE, 2000).

Nos métodos indiretos, temos a Fotogrametria e o Sensoriamento Remoto, que, segundo Vetorazzi (1996) é a arte e ciência de se obter imagens e informações sobre uma área, objeto ou fenômeno, sem a necessidade de se ter contato com o objeto.

Essas informações são coletadas por foto-sensores que podem ser acoplados a plataformas terrestres, aéreas ou espaciais. A Fotogrametria está diretamente relacionada com o sensoriamento remoto e sua principal diferença está na aplicação.

No princípio, o tratamento dos aspectos geométricos de objetos imageados era função quase que exclusiva do fotogrametrista, hoje em dia, com a evolução da computação, o sensoriamento remoto que antes tratava apenas dos aspectos semânticos, tem desempenhado as mesmas funções da

fotogrametria (SANTOS, 2009). Ainda se tratando da Fotogrametria, a tecnologia disponível no mercado tem gerado grandes benefícios, facilidades principalmente a redução de custos operacionais. No caso da Aerofotogrametria, a inclusão dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), trouxe a possibilidade do levantamento de dados com menor tempo e menor custo, comparados com a aerofotogrametria convencional. Estudos ambientais, monitoramento de obras, mapeamento de pequenas áreas, cálculos de volumes de mineração e pátio de estocagem de madeiras são algumas das aplicações possíveis (SILVA et al, 2014). Ainda segundo Silva (2014), as principais dificuldades encontradas para o uso dos VANTs são as restrições legais sobre seu uso, as quais ainda estão em discussão, e a qualidade das informações em termos de precisão planialtimétricas obtidas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo comparar métodos de mapeamento de áreas urbanas utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e Fotogrametria.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho teve como objetivos específicos:

- a) Vetorizar imagem orbital oriunda de satélite;
- b) Obter imagens à partir de um VANT;
- c) Georreferenciar e vetorizar imagens obtidas por um VANT;
- d) Fazer uma comparação geométrica das imagens orbitais, obtidas do Satélite World View-2, com imagens obtidas por um VANT;
- e) Avaliar a possibilidade da utilização de um VANT comercial para a obtenção de imagens e seu possível mapeamento;
- f) Analisar qualitativamente e quantitativamente os resultados das vetorizações obtidas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA

O sistema geodésico de referência é um sistema de coordenadas que possibilitam a representação e a localização de feições da superfície terrestre em mapas (VALENTI, 2010). É composto por uma figura geométrica representativa da superfície terrestre, posicionada no espaço, permitindo a localização única de cada ponto da superfície, em função de suas coordenadas tridimensionais, e materializado por uma rede de estações geodésicas. As coordenadas (latitude, longitude e altitude) precisam desse sistema para sua determinação (IBGE, 2015).

Desde 25 de fevereiro de 2015, o SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) é o único sistema geodésico de referência oficialmente adotado no Brasil (IBGE, 2015).

De acordo com Valenti (2010), o desenvolvimento do Projeto SIRGAS compreende as atividades necessárias à adoção, no continente, de um sistema de referência de precisão compatível com as técnicas atuais de posicionamento, notadamente as associadas ao Sistema de Posicionamento Global.

A fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é a instituição responsável pela cartografia e pela Geodésia no Brasil, esta, foi selecionada como escritório central do projeto SIRGAS, com o objetivo de prestar sua contribuição para a Geodésia do continente (VALENTI, 2010).

3.2 SENSORIAMENTO REMOTO

Os sensores remotos eletrônicos são equipamentos que coletam a energia proveniente dos objetos na superfície da Terra e as convertem em um sinal elétrico passível de ser registrado e transmitido para estações de recepção na Terra.

Estes, são processados para gerarem produtos digitais compatíveis para análise em computador ou produtos fotográficos para análise visual. O

sensoriamento remoto teve início com a invenção da câmara fotográfica - primeiro instrumento utilizado -, e são utilizadas até os dias atuais para tomada de fotos aéreas (FIGUEIREDO, 2005).

O Sensoriamento Remoto (SR) pode ser entendido como o conjunto de atividades que tratam da obtenção de informação relativa aos recursos naturais da Terra ou seu meio ambiente. Os sensores instalados a bordo de plataformas em altitude coletam a radiação eletromagnética emitida ou refletida por um alvo, convertendo-a em um sinal, posteriormente processado em terra, com fins de geração de imagens (SLATER, 1980 *apud* ALMEIDA, 2006).

Relata-se que uma das primeiras aplicações do SR foi para uso militar. No século passado foi desenvolvido uma leve câmera com disparo automático que era fixado ao peito de pombos correios onde sobrevoavam em posições inimigas e tomavam foto de áreas ocupadas pelos inimigos. Posteriormente os pombos foram substituídos por balões não tripulados e, em seguida, por aviões (FIGUEIREDO, 2005). Ainda, segundo Figueiredo (2005) a grande revolução do SR aconteceu no início da década de 70, com o lançamento dos satélites de recursos naturais terrestres. Nos dias atuais o Sensoriamento Remoto é quase que totalmente alimentado por imagens obtidas por meio da tecnologia dos satélites orbitais.

Os sensores podem ser classificados quanto à fonte de radiação como sensores ativos (produzem sua própria radiação) e sensores passivos (detectam a radiação eletromagnética refletida ou emitida pelos alvos na superfície terrestre).

Quanto ao funcionamento são classificados como não-varredura (adquirem a imagem de toda a cena ao mesmo tempo) e varredura (obtida pela sequência dos elementos do terreno). Quanto ao tipo de produto classificam-se como imageadores (fornecem imagem da superfície observada) e não-imageadores (fornecem a resposta espectral dos alvos em forma de gráfico ou tabelas) (MOREIRA, 2001 *apud* SILVA, 2007).

Segundo Moraes (2002) as características dos sensores estão relacionadas com a resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal.

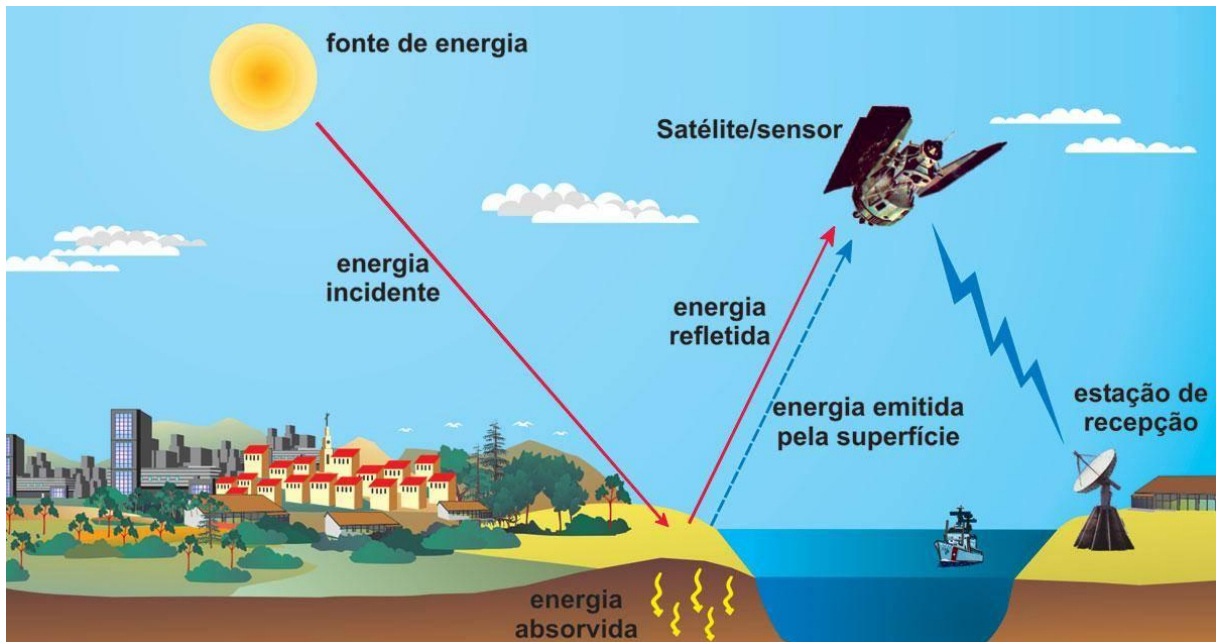


Figura 1 - Interação Sol-Terra-Sensor
Fonte: Parque da Ciência (2013).

3.3 RESOLUÇÕES DE IMAGENS

Toda imagem oriunda de um sensor remoto possui quatro resoluções que devem ser levadas em consideração antes de serem adquiridas, são elas a resolução espacial, radiométrica, espectral e temporal.

3.3.1 Resolução Espacial

A resolução espacial representa a capacidade de distinguir objetos, ela determina o tamanho do menor objeto possível de ser identificado na imagem. Leva em consideração o tamanho do pixel da imagem. Quanto menor for o tamanho do pixel, maior é a capacidade de se reconhecer elementos na imagem. Podemos fazer essa comparação analisando a figura 4.



**Figura 2 - À esquerda está a imagem do satélite SPOT (5 m de resolução), à direita, imagem do satélite LANDSAT (30 m de resolução)
Fonte: VASGEO (2013).**

3.3.2 Resolução Espectral

A resolução espectral refere-se à largura espectral e número de bandas em que opera o sensor dentro do espectro eletromagnético, sendo assim, define o intervalo no qual são realizadas as medidas e a composição do fluxo de energia que atinge o detector.

Quanto mais bandas um sensor possuir, maior será sua resolução espectral. Se o sensor possui a capacidade de imagear várias faixas (largura do comprimento de onda) do espectro eletromagnético, composto em bandas distintas, logo será possível identificar mais claramente diferentes tipos de materiais na superfície (Figuras 3 e 4).

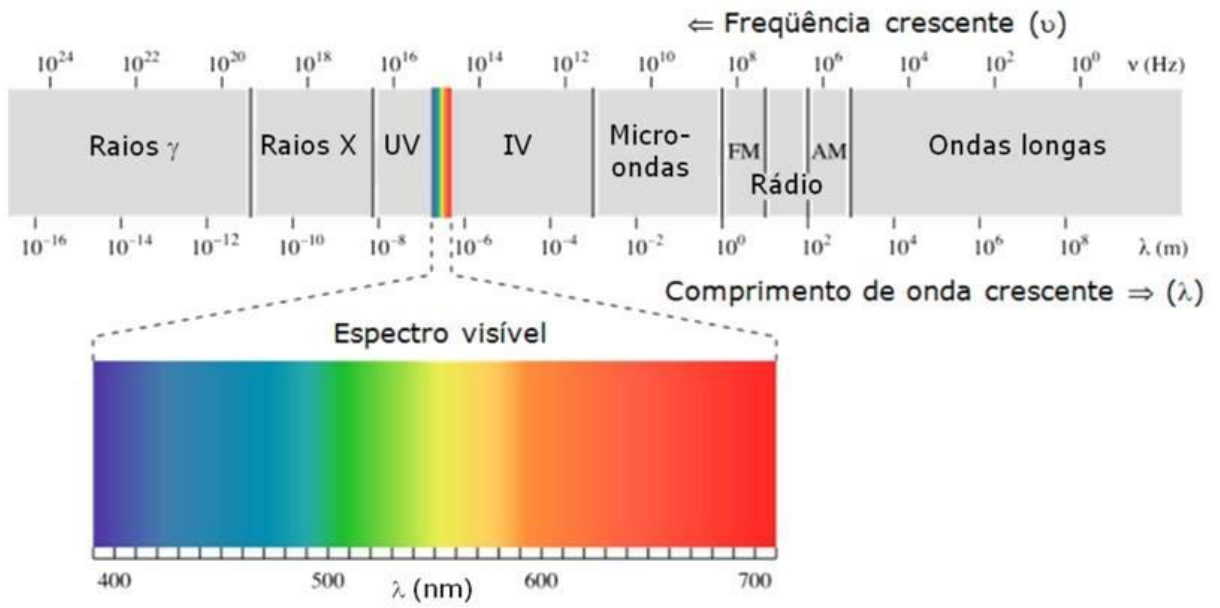


Figura 3 - Espectro Eletromagnético
 Fonte: Dan-scientia (2010).

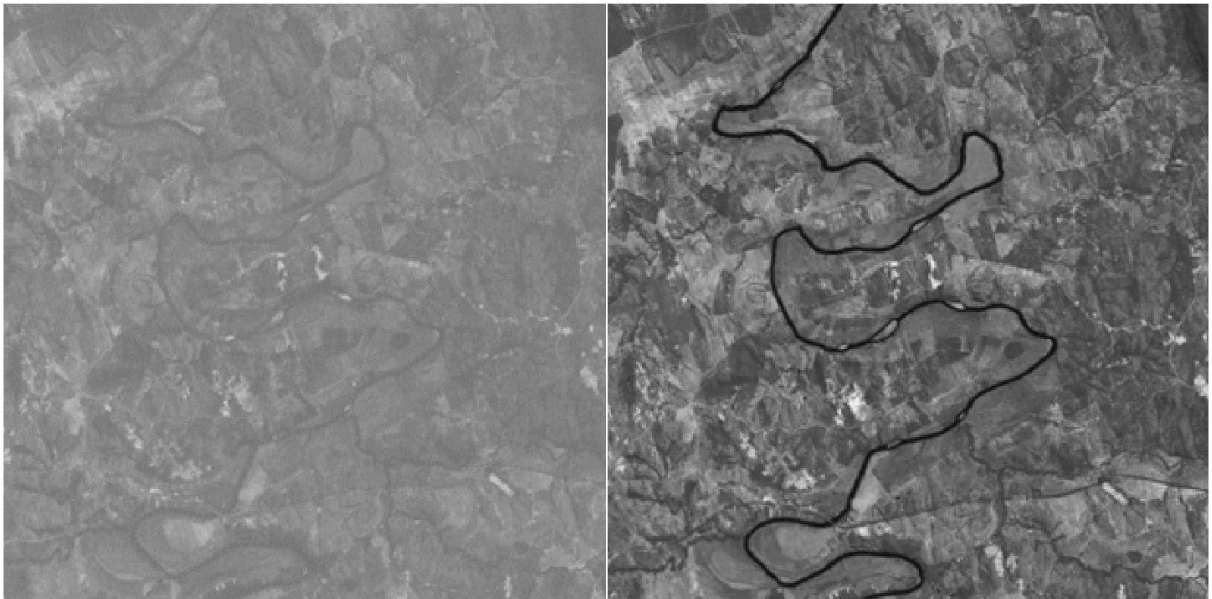


Figura 4 - Efeito da resolução espectral. Banda 1 à esquerda (faixa do azul), Banda 5 à direita (IVM).
 Fonte: VASGEO (2013)

3.3.3 Resolução Radiométrica

A resolução radiométrica define a capacidade que o sensor tem em detectar pequenos sinais (diferenças na energia emitida pelos elementos que compõe a cena: solos, água, rochas, vegetação, etc). Pode ser entendida como a variação de níveis de cinza por pixel em uma imagem, levando o *bit* como unidade de medida de informação. Os níveis de cinza são determinados usando a base 2, e o número de *bits* como expoente, ex: 8 bits = $2^8 = 256$ níveis de cinza (RESOLUÇÕES, 2016), como podemos observar na figura 5.

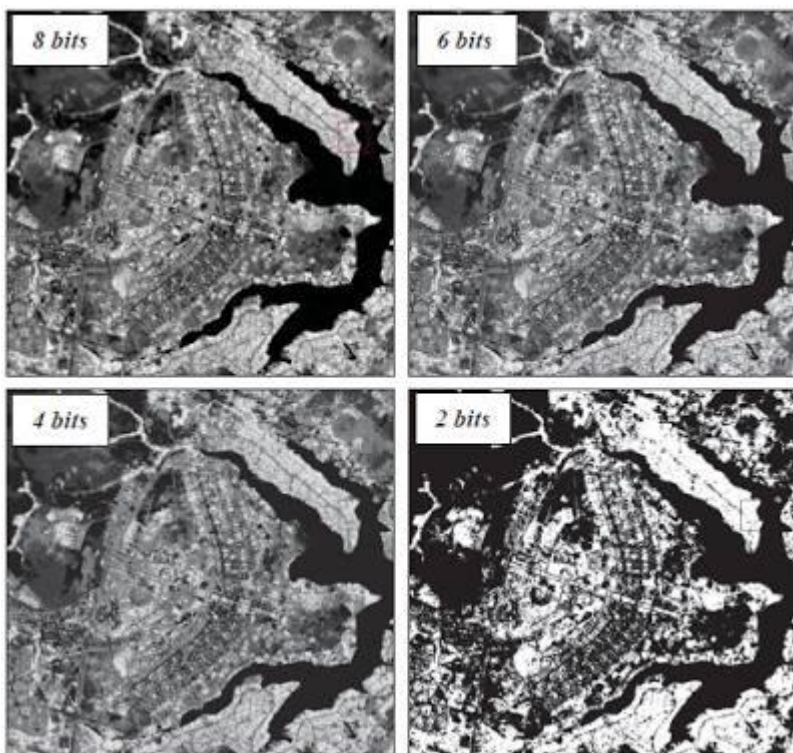


Figura 6: Diferentes Níveis de Cinza
Fonte: VASGEO (2013).

3.3.4 Resolução Temporal

Satélites são plataformas que estão em movimentação constante dentro da sua órbita, entorno do globo terrestre, deste modo, a resolução temporal refere-se ao tempo de revisita do satélite contado em dias, e está relacionado com a repetitividade do sensor em obter informações referentes ao objeto (MORAES, 2002). Esse tempo varia com a altitude e com a velocidade orbital dos satélites, Satélite *Spot*, por exemplo, tem tempo de revisita de 26 dias, enquanto o NOAA localiza-se no mesmo ponto, no espaço, a cada 1 dia. Situações que demandam um tempo de revisita menor, como monitoramento de queimadas e dados meteorológicos, necessitam de uma maior resolução temporal, todavia, em casos de acompanhamento do desenvolvimento florestal e crescimento de cidades, esse tempo de revisita pode ser maior, diminuindo conseqüentemente o custo do projeto.

3.4 WORLDVIEW-2

O WorldView-2 foi lançado no dia 8 de outubro de 2009 e é o mais recente satélite da empresa DigitalGlobe, possuindo a resolução espacial é de 50 centímetros verdadeiros, 10 cm a mais que o QuickBird seu antecessor. Além disto, o WorldView-2 possui capacidade de coleta de imagens em curto espaço temporal.

Seu principal diferencial são os novos sensores, pois ele é primeiro satélite do mercado que possui 8 bandas multiespectrais com esta resolução espacial, assim ele pode auxiliar na identificação de objetos e feições, possibilitando análises até então não executadas. Além das quatro bandas tradicionais vermelho, verde, azul e infra-vermelho, próximo ao sensor, terão quatro bandas adicionais sendo o azul costeiro (Coastal), aplicável a trabalhos oceanográficos, amarela, indicada para distintas classificações, vermelho limítrofe e infravermelho-2, voltadas para análises e classificações vegetacionais e estudos de biomassa (GLOBALGEO, 2015). Podemos observar tais afirmações na tabela 1.

Tabela 1 – Características Sensor WorldView-2.

WORLDVIEW-2		ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Lançamento		08/10/2009	
Orbita		Heliossíncrona; 770km de Altitude	
Bandas	dos	PAN, Vermelho, Verde, Azul, Infravermelho	
sensores		e 4 novas Bandas	
Resolução		50cm Verdadeiros(PAN),	2 Metros
Espacial		(Multiespectral)	
Resolução		11 bits por pixel	
Radiométrica			
Resolução		1,1 dias 30" off nadir	
Temporal			
Capacidade	de	2199 Gigabites	
gravar a bordo			
Veículo	de	Delta II 7920	
Lançamento			

Fonte: GlobalGeo (2015).

3.5 DRONE

O termo “drone” é uma expressão genérica utilizada para descrever desde pequenos multirrotores rádio-controlados comprados em lojas de brinquedo, até Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) de aplicação militar, autônomos ou não. Por este motivo, o termo não é utilizado na regulação técnica da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil). São chamados aeromodelos os equipamentos de uso recreativo, enquanto os VANT são aqueles empregados em finalidades não recreativas. O termo Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) denota um subgrupo de VANT destinado à operação remotamente pilotada (ANAC, 2015).

Atualmente, só é permitido operar quem possuir uma autorização expressa da ANAC ou um Certificado de Autorização de Voo Experimental (CAVE) emitido segundo a IS nº 21-002A. O CAVE é uma autorização que permite o uso de aeronaves experimentais. Atualmente, o procedimento para que uma aeronave receba o CAVE segue o que dispõe a Instrução Suplementar nº 21-002A, intitulada “Emissão de Certificado de Autorização de Voo Experimental para Veículos Aéreos Não Tripulados”.

Entretanto, tal certificado permite apenas operações experimentais sobre áreas não densamente povoadas, ou seja, não permite operações com fins

lucrativos e nem operações em áreas urbanas. Atualmente, as únicas operações permitidas são aquelas com finalidade de pesquisas e desenvolvimento e de treinamento de pilotos. A autorização da ANAC é condição necessária, porém não suficiente, para a operação desses equipamentos, pois também há permissões a serem concedidas pela ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) e DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo) (ANAC, 2015).

3.6 VETORIZAÇÃO

O processo de vetorização de imagens tem como objetivo representar feições do mundo real através de pontos, linhas ou polígonos. Com coordenadas X e Y, o ponto não possui dimensão, apenas localização. A linha é formada por pontos ligados entre si por um segmento de retas e o polígono é formado por uma cadeia fechada de segmento de linhas (SILVA, 2000 *Apud* RADDE, 2007).

Segundo Radde (2007) o processo de vetorização pode ser de forma manual, semi-automática ou automática. No processo manual, usa-se a imagem de interesse como plano de fundo, dessa forma, utilizando *softwares* específicos, delimita-se os vértices que melhor representem as feições desejadas. Assim, se obtém vetores sobre a imagem na tela do computador. Na forma automática, o programa assume determinadas funções e vetoriza a imagem sem o auxílio do operador.

Conhecido também como Vetorização Supervisionada, a forma semi-automática utiliza do processamento do *software*, porém com a intervenção do operador (RADDE, 2007).

O método automático é o método mais rápido, porém, é indicado somente para mapas com baixo grau de complexidade. Este processo utiliza técnicas de processamento digital, rastreando pixels de valor zero (preto) a partir de um raster binário, e o converte em estrutura de dados vetoriais. Para um melhor resultado, o arquivo de imagem deve ser o mais limpo possível, evitando assim manchas, ruídos e elementos indesejados na imagem (INUI, 2006).

A qualidade da vetorização depende essencialmente da qualidade da imagem a ser trabalhada e da acuidade visual do operador, no caso de vetorização semi-automática e manual (INUI, 2006).

3.8 MAPEAMENTO URBANO

O cadastro técnico urbano oferece uma série de vantagens para a gestão pública e para o cidadão. Muitos fatores devem ser observados antes de qualquer tomada de decisão para se estruturar um sistema cadastral. Para isso, é necessário que se usem todos os recursos humanos e materiais disponíveis para se gerar um sistema de rápido retorno. No Brasil, a atualização da cartografia cadastral normalmente é executada por empresas de levantamentos topográficos ou empresas que realizam a aerofotogrametria. Em ambos os casos o GPS de alta precisão não pode faltar para o levantamento de dados a campo (CADASTRO, 2007). Segundo a lei nº 690/95 que dispõe sobre o Código de Obras do Município de Dois Vizinhos, toda e qualquer construção, ampliação, reforma - com ou sem ampliação, regularização e demolição, devem ser informadas previamente à prefeitura, para que posteriormente seja realizada a análise do projeto através do seu departamento técnico competente e de seus próprios critérios. Tecnicamente chamado auto de conclusão de obra ou na linguagem popular: “habite-se”, o documento é uma certidão expedida pela Prefeitura atestando que o imóvel (casa ou prédio residencial ou comercial) pode ser habitado e foi construído ou reformado dentre as exigências legais estabelecidas pelo município, especialmente o Código de Obras (DOIS VIZINHOS, 95).

Segundo a constituição, todo município deve gerar recursos financeiros para seu próprio sustento, tais recursos são viabilizados através da arrecadação de impostos. Segundo a lei LEI Nº 5.172, DE 25 DE OUTUBRO DE 1966 o IPTU é de competência dos municípios e tem como fato gerador a propriedade, o domínio útil ou a posse de bem imóvel por natureza ou por acessão física, como definido na lei civil, localizado na zona urbana do Município.

O IPTU é um tributo que incide sobre a propriedade imobiliária que inclui imóveis residenciais, prédios comerciais e industriais, terrenos e chácaras de recreio. Sua base de cálculo é o valor venal de referência, que varia de município para município e sofre influência de quatro fatores: O tamanho do terreno, a localização deste terreno na planta genérica de valores, a área construída em m² e a sua qualificação, ou seja, o tipo de acabamento desta construção. Esse valor é então calculado sobre percentual definido em lei, a alíquota, que aplicada sobre o valor venal, chega-se ao valor do imposto (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS, 2016).

O que ocorre em muitas cidades espalhadas pelo Brasil, é que as prefeituras não arrecadam com competência as suas receitas, mais que direito, é uma obrigação constitucional. Muitas vezes isso se deve ao fato da alta velocidade da expansão urbana e o uso de técnicas convencionais que não conseguem acompanhar o ritmo de crescimento das cidades. Além disso, não se pode descartar o uso da má fé de algumas pessoas, que se aproveitando da ineficiência das atividades fiscalizatórias acabam por não inteirar o órgão fiscal sobre as mudanças efetuadas em seus imóveis, como reformas e ampliações já citadas anteriormente.

Para fazer frente a isto, novas tecnologias, mais adequadas e rápidas, contribuem para uma maior eficiência e ação dos órgãos de controle e planejamento dos municípios. Podemos citar o uso de imagens obtidas a partir de plataformas espaciais, os satélites, e imagens oriundas de Drones.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O levantamento de campo foi realizado no cemitério municipal São Francisco na cidade Dois Vizinhos – PR. A área de estudo contempla uma das quadras do cemitério, denominada número 1 (Figura 7), a mesma localiza-se no canto inferior direito do local e foi selecionada por apresentar em maioria pequenas edificações, fator esse, que favorece a análise comparativa dos objetivos para o trabalho proposto. O cemitério tem como localização as coordenadas do eixo central E 292622,844m e N= 7150973,222 m e possui 24836,3 m².



Figura 7 : Área experimental localizada no cemitério municipal de Dois Vizinhos
Fonte: SENSOR WORLDVIEW-2 (2012).

Após a definição da área de estudo, unidades amostrais aleatórias foram delimitadas de modo que sua distribuição abrangesse homoganeamente toda a imagem analisada. Serviram como verdade de campo para o estudo capelas e túmulos, onde foram tomadas medidas de comprimento e profundidade das edificações utilizando uma trena. Obteve-se, como resultado, suas devidas áreas em metros quadrados. Para efeito de comparação com as imagens aéreas nas capelas, a superfície mensurada foi o telhado, uma vez que o mesmo se prolonga além da área construída não sendo possível a visualização das paredes.

Justifica-se a escolha da área como parâmetro de comparação, pois no mapeamento urbano com fins de atualização cadastral fiscal, o valor do imóvel é atualizado em função de sua metragem quadrada. Sendo assim, o comparativo obtido nesta pesquisa busca evidenciar o potencial das imagens oriundas de VANTs para atualização do mapeamento urbano. O passo seguinte foi à obtenção de uma ortoimagem utilizando um VANT.

4.2 CARACTERÍSTICAS DO VANT UTILIZADO E OBTENÇÃO DAS IMAGENS

Foi utilizado o quadricóptero do modelo da DJI Phantom3 Standard com câmera integrada de 14MP com gravação de vídeo HD 1080p. O quadricóptero possui um sistema inteligente de orientação composto por um GPS integrado que, segundo o fabricante, abrange uma constelação de até 12 satélites simultâneos, isso permite que o equipamento fique parado no ar possibilitando uma maior qualidade nas imagens adquiridas e no caso de perda de sinal o VANT automaticamente retorna para o ponto de partida inicial.

O VANT vem com um sistema FPV (First Person View, que significa Visão em Primeira Pessoa) embutido, que transfere, através de telemetria, vídeos diretamente para um smartphone (iOS / Android) através de Wi-Fi (300m), além disso conta com um Gimbal, mecanismo com recurso a motores que permite manter um objeto perfeitamente nivelado no plano horizontal e mantém a câmera nivelada

e sem vibrações, além de permitir controlar o ângulo de inclinação da câmera através do próprio controle.

Sua autonomia de voo é de até 25 minutos com uma única carga usando a bateria LiPo 5.200mAh - que é facilmente removível e contém um circuito inteligente e um indicador de carga restante embutido.

Para a obtenção do mosaico de fotos foram delimitadas linhas de voo sobre a região imageada, de modo que houvesse um recobrimento parcial das imagens garantindo uma menor distorção.

4.3 PROCESSAMENTO DA IMAGEM DE SATÉLITE E ORTOIMAGEM ORIUNDA DO VANT

As imagens foram processadas em *software* aerofotogramétrico específico, adicionando as imagens capturadas pelo VANT e corrigindo-as digitalmente para representar uma projeção ortogonal sem efeitos de perspectiva, obtendo-se assim, uma ortoimagem da área estudada (Figura 8).



Figura 8: Ortomosaico da área de estudo
Fonte: O autor.

Obteve-se também um recorte da imagem de satélite cedida pelo professor Dr. Eleandro Brun (figura 9), obtida para o projeto de extensão junto ao ProExt (Programa de Extensão Universitária) na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, imagem essa oriunda do satélite WorldView-2 da empresa DigitalGlobe. A imagem de satélite da cidade de Dois Vizinhos-PR georreferenciada e fusionada mescla informações das bandas multiespectrais RGB e pancromática tendo como resultado final uma imagem colorida, fusionada e com resolução espacial de 50 cm verdadeiros.



Figura 9: Recorte de imagem orbital da área de estudo
Fonte: Satélite WorldView-2, UTFPR-DV

Utilizando a imagem de satélite já georreferenciada e ortorretificada, realizou-se o georreferenciamento do ortomosaico proveniente do VANT utilizando pontos de controle fotoidentificáveis entre ambas as imagens, determinando-se o sistema de coordenadas UTM zona 22 Sul DATUM SIRGAS 2000, que foi o mesmo utilizado no ortomosaico proveniente da imagem de satélite acima descrita.

4.4 VETORIZAÇÃO DA ORTOIMAGEM - VANT

Na imagem do VANT, foi feita a elaboração de polígonos referentes às unidades amostrais em ambiente SIG, fazendo o uso de ferramentas de desenho presentes no *software* e alocando pontos nos vértices dos objetos. Tomou-se cuidado para que os pontos atribuídos estivessem no local correto, pois, em alguns casos a visualização dos vértices dos objetos é prejudicada devido o sombreamento de algumas estruturas e a similaridade de cores e texturas no mesmo local margeado. Após a definição dos vértices, o *software* automaticamente processa o

delineamento e edição gráfica dos pontos definidos pelo interprete, gerando um polígono (Figura 10).

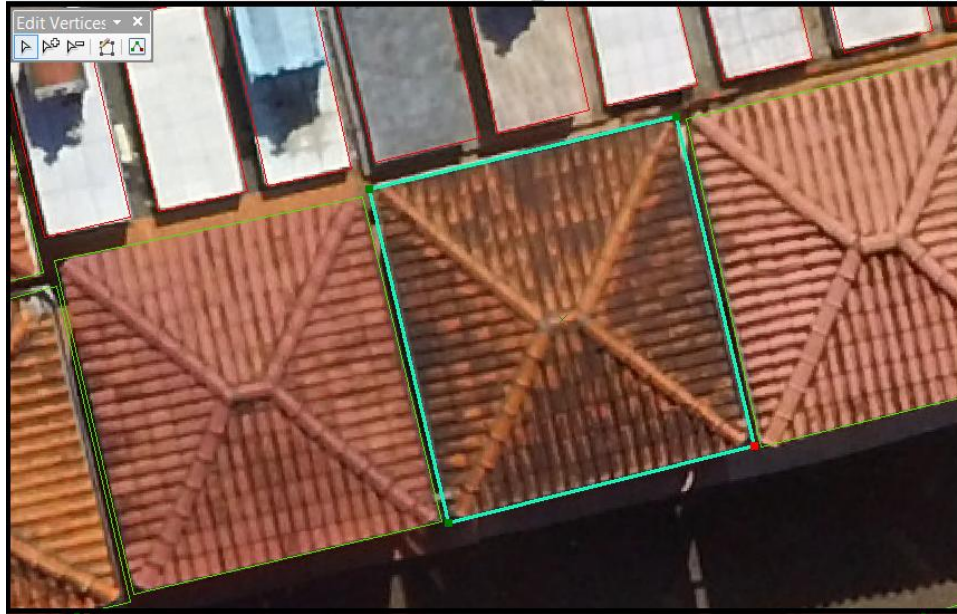


Figura 10: Vetorização da imagem. Fechamento automático do polígono após a seleção de seus vértices.

Fonte: O autor

A imagem original de satélite adquirida pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná inicialmente contemplava todo o município de Dois Vizinhos, sendo assim, foi efetuado o recorte da área de estudo, mais especificamente a quadra 27 do bairro São Francisco de Assis onde se localiza o cemitério municipal.

4.5 GERAÇÃO DA CODIFICAÇÃO DOS OBJETOS DE CAMPO

Após a obtenção das imagens de satélite e do VANT, foram definidas unidades amostrais distribuídas homogeneamente no local para servirem de base de análise ao presente trabalho. Foram escolhidos objetos de modo a representar diferentes tipos de edificações, contemplando capelas com diferentes tamanhos e

tipos de telhados, e túmulos com distintos tamanhos, cores e padrões de acabamento. Após isso, foi designada a cada unidade amostral um número inteiro, de 1 a 53 para geração da tabela comparativa.

4.5 OBTENÇÃO DAS MEDIDAS DE CAMPO

Para a obtenção da verdade de campo, foram realizadas medidas diretas fazendo o uso de uma trena graduada em centímetros. Foram mensuradas medidas de comprimento e largura dos objetos, no caso das capelas, o telhado foi a área medida.

4.6 GERAÇÃO DA TABELA COM PARÂMETROS COMPARATIVOS

À partir das informações colhidas, uma tabela de atributos foi criada contendo a identificação da unidade amostral, os valores em metros quadrados da área real e da vetorização da imagem do Vant, a diferença entre essas áreas em metros quadrados e sua representação percentual, e um valor máximo admissível a 95% de confiança. Desse modo, a tabela ofertará informações importantes que servirão de base para a validação do trabalho, que se positivas, apontaram o VANT como uma alternativa viável para mensurações de pequenas e médias áreas.

5 RESULTADOS

Ao total foram coletadas 132 imagens a uma altitude média de 63,2m. Nesse caso o traçado das linhas dependeu exclusivamente da habilidade do operador, mas é possível predefinir linhas de voo com o auxílio de um software conectado ao VANT.

Como se pode observar na figura 11, devido a resolução espacial da imagem WorldView-2 que possui um pixel de 50 cm, não é possível definir com exatidão o objeto real a ser vetorizado. Isso justifica-se devido as dimensões dos objetos da área de estudo e a resolução espacial da imagem orbital. Com esse tipo de imagem e os objetos de estudo (capelas e túmulos), percebe-se que não é recomendado imagens com tal resolução. Justifica-se essa afirmação, quando, em alguns casos os objetos possuem menos de um metro de largura, tornando-se impraticável a visualização de seus vértices, o que não permite a definição com clareza do polígono gerado para estudo. Feitas várias tentativas de vetorizar sobre a imagem orbital para comparativo da metodologia, chegou-se a conclusão que não seria possível utilizar imagem com tal resolução espacial para essa área de estudo, devido a imprecisão dos polígonos obtidos pela vetorização manual (Figura 11).



Figura 11: Imagem sensor WorldView-2, tentativa de vetorização, na primeira imagem com escala 1:600 e a segunda com escala 1:100
Fonte: Satélite WorldView-2, UTFPR-DV.

Para esta pesquisa foi proposta a utilização de uma imagem de rápida aquisição, baixo custo e fácil atualização para ser comparada a imagem orbital com fins de mapeamento urbano. Isto pode ser obtido através de imagens de VANT. A imagem final obtida apresentou resolução espacial de 2,5cm e grande qualidade visual devido suas características espectrais, por esses motivos, a identificação dos objetos na imagem foi facilitada (Figura 12).

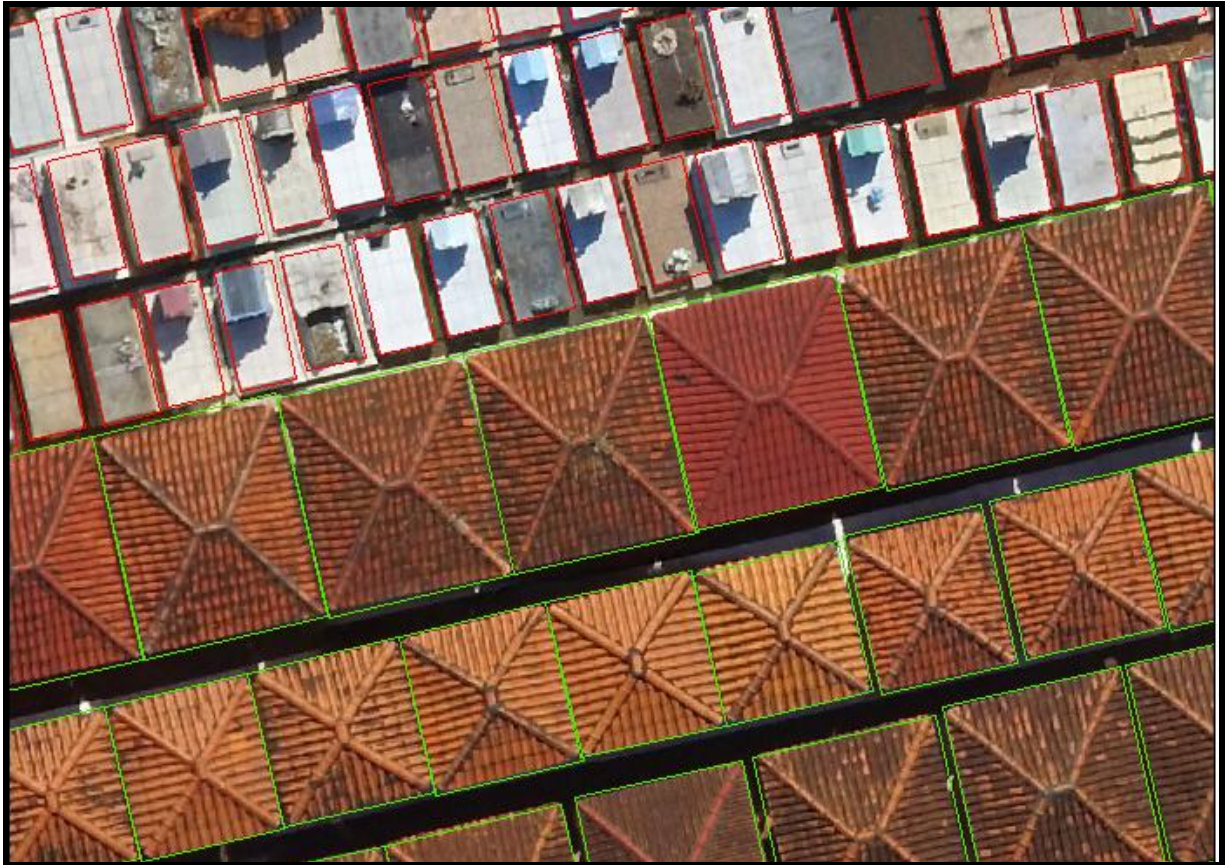


Figura 12: Imagem oriunda do VANT e a vetorização dos objetos
Fonte: O autor.

Foi realizado o georreferenciamento pelo método anteriormente descrito (Figura 12) e posteriormente realizou-se a vetorização da imagem do VANT. Para esta pesquisa foram vetorizados 53 objetos, dentre eles túmulos e capelas. O resultado deste trabalho de vetorização pode ser vista na figura 13.

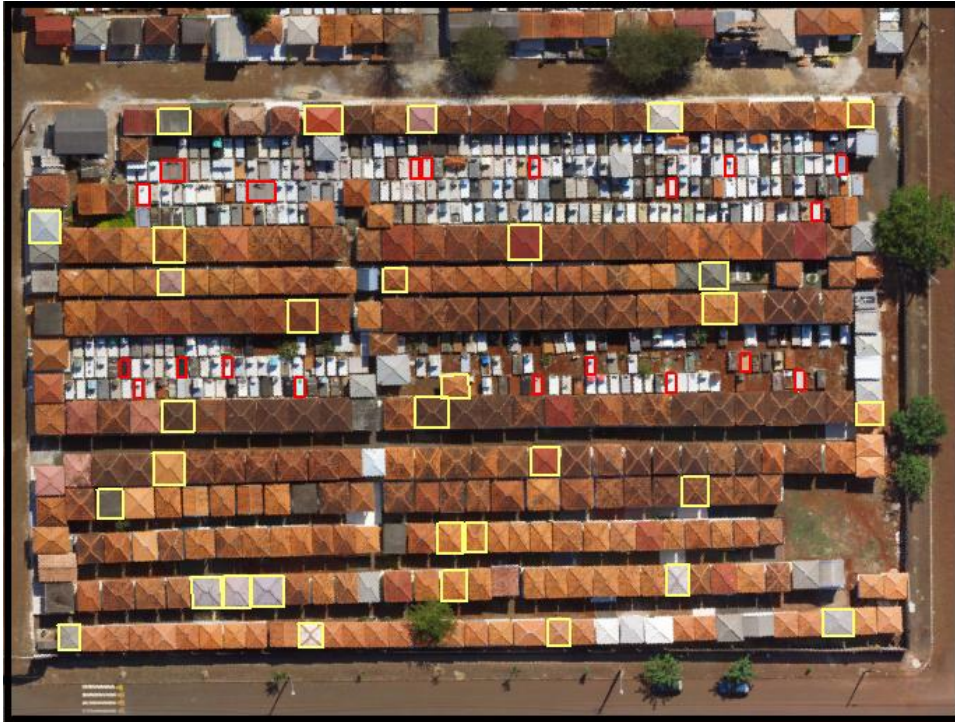


Figura 13 - Bloco 1 do cemitério municipal com as unidades amostrais destacadas, capelas em amarelo, e túmulos em vermelho.
 Fonte: O autor.

Realizou-se então a elaboração de polígonos referentes às unidades amostrais utilizando o programa antes descrito, utilizando-se das ferramentas de desenho presentes no *software*.

Através da metodologia aplicada na área de estudos foi possível realizar levantamentos através de veículo aéreo não tripulado com uma boa precisão. Os resultados apresentados na tabela a seguir mostram que os valores mensurados através da vetorização da imagem do VANT são bem próximos da verdade de campo obtidos com o uso da trena métrica.

Tabela 2 - Resultados da mensuração das unidades amostrais (U.A). Área real (m²), Área Drone = Área obtida após a vetorização da imagem do Vant (m²), D.Á.Real x Á.VANT= Variação de área entre a Unidade Amostral real e a vetorização da imagem Vant (m²), Conf. 95% = Área real multiplicada por 0,05 E% = Diferença percentual entre a área real aferida e a área VANT. Destacado em vermelho, erros percentuais maiores que 5%.

U.E	Área Real m ²	Área Drone m ²	D. Real x D. VANT m ²	Conf. 95%	%E
1	13,015	13,47	0,455	0,651	-3,38
2	12,071	12,26	0,189	0,604	-1,54
3	14,099	13,82	0,279	0,705	2,02

4	9,799	10,35	0,551	0,490	-5,32
5	11,370	11,39	0,020	0,568	-0,18
6	9,523	9,42	0,103	0,476	1,10
7	14,815	14,68	0,135	0,741	0,92
8	15,084	15,16	0,076	0,754	-0,50
9	8,753	8,96	0,207	0,438	-2,31
10	2,940	2,54	0,393	0,147	15,75
11	10,336	11,07	0,734	0,517	-6,63
12	2,465	2,52	0,055	0,123	-2,19
13	2,499	2,95	0,456	0,125	-15,29
14	16,481	17,23	0,749	0,824	-4,35
15	16,286	16,75	0,464	0,814	-2,77
16	8,463	7,27	1,193	0,423	16,41
17	15,558	15,77	0,212	0,778	-1,34
18	13,702	14,37	0,668	0,685	-4,65
19	8,375	8,81	0,435	0,419	-4,94
20	8,835	9,17	0,335	0,442	-3,65
21	9,840	9,39	0,450	0,492	4,79
22	13,485	13,41	0,075	0,674	0,56
23	11,210	11,4	0,190	0,561	-1,67
24	11,084	11,01	0,074	0,554	0,67
25	13,163	13,24	0,078	0,658	-0,59
26	11,932	11,32	0,612	0,597	5,41
27	9,801	10,16	0,359	0,490	-3,53
28	2,596	2,72	0,171	0,127	-4,56
29	2,157	2,455	0,299	0,108	-12,16
30	2,512	2,62	0,132	0,124	-4,12
31	2,444	2,56	0,116	0,122	-4,53
32	2,332	2,44	0,108	0,117	-4,41
33	16,187	16,74	0,553	0,809	-3,30
34	15,679	16,2	0,521	0,784	-3,21
35	2,384	2,44	0,296	0,119	-2,31
36	2,320	2,405	0,250	0,116	-3,53
37	2,360	2,551	0,191	0,118	-7,49
38	2,274	2,39	0,116	0,114	-4,87
39	15,508	16,02	0,512	0,775	-3,20
40	9,052	9,13	0,078	0,453	-0,85
41	9,399	9,66	0,261	0,470	-2,70
42	12,123	12,49	0,368	0,606	-2,94
43	2,499	2,74	0,241	0,125	-8,80
44	7,781	7,55	0,231	0,389	3,05
45	2,502	2,53	0,028	0,125	-1,12

46	2,434	2,48	0,046	0,122	-1,87
47	2,468	2,556	0,293	0,123	-3,46
48	2,441	2,58	0,139	0,122	-5,39
49	2,431	2,54	0,109	0,122	-4,30
50	2,421	2,611	0,191	0,121	-7,30
51	9,405	9,11	0,295	0,470	3,24
52	11,322	11,69	0,368	0,566	-3,15
53	15,349	15,55	0,201	0,767	-1,29

Fonte: O autor

No local foram encontradas algumas dificuldades para se realizar o aferimento das dimensões, como a altura dos telhados e a dificuldade de acesso em alguns túmulos. Devido a demanda por espaço no local, edificações foram construídas nos espaços vagos, inclusive nos arruamentos antigamente existentes, ficando muito próximas uma das outras, dificultando o acesso até esses objetos.

Finalizadas as coletas de campo dos objetos reais de campo e a vetorização em ambas imagens, partiu-se para análises quantitativas, tomando como parâmetro os valores de área mensurados. Para essa avaliação quantitativa foram considerados apenas os valores obtidos em campo, por medidas diretas, com os valores obtidos por vetorização sobre a imagem do Vant.

Para consideração da análise quantitativa da vetorização da imagem do VANT, utilizou-se um parâmetro de confiança de 95%, conforme indicado em testes estatísticos. Analisando os resultados da tabela acima, nota-se que a maioria dos dados com erros percentuais acima de 5% estão relacionados à diferença entre a área real do objeto e a área de vetorização em edificações de menor tamanho. Isto ficou evidente principalmente nos objetos (túmulos) com área em torno de 2,5m², com dimensão entorno de 1m de largura. Justifica-se, portanto, que quanto menor o objeto, maior a dificuldade da identificação de seus limites na imagem. Em algumas capelas também observou-se erros percentuais maiores que 5%, que podem ser ocasionados pela distorção da imagem ou a similaridade de cores, e sombras que dificulta a visualização dos vértices. Nesta pesquisa em universo amostral de 52 objetos, 10 encontraram-se acima do limite de confiabilidade, como caracterizado em vermelho na tabela anterior .



Figura 14 - Visualização dos objetos afetada. Em vermelho pela similaridade de cores entre o túmulo e o entrepiso no chão, dificultando a visualização do vértice; em verde afetado pela sombra da capela ao lado.

Fonte: O autor

Observando a vetorização apresentada na figura 14, deve-se levar em conta o erro de acuidade visual do operador, originado pela dificuldade na determinação dos objetos. Este erro está embutido na mensuração, pois o operador no momento do processamento e da vetorização das imagens não auferirá exatidão dadas as dificuldades e também ao tamanho mínimo do pixel. Quanto menor é o objeto, maior a necessidade de *zoom* na imagem para a identificação, evidenciando os pixels e diminuindo a orientação do operador.



Figura 15 - Evidenciação dos pixels na imagem

Fonte: O autor

Desta forma, pressupõe-se que ao imagear maiores superfícies como terrenos, casas e prédios, o erro percentual entre a área real e a imagem VANT será proporcionalmente menor do que o encontrado por este trabalho, devido as áreas dos objetos serem maiores que as aqui representadas.

Em relação as características qualitativas das imagens como cores e definições dos objetos, é nítida a superioridade da ortofoto obtida pelo VANT. Com uma resolução espacial de 50 cm verdadeiros, a imagem orbital, que é considerada de alta resolução, possibilita a visualização do muro em torno do local, o eixo do sistema viário da área, árvores e a diferenciação de algumas edificações, como os túmulos e capelas, porém não é possível distingui-los entre si quando os mesmos encontram-se próximos uns dos outros.

A ortoimagem oriunda do Veículo Aéreo Não Tripulado após ser processada apresentou uma resolução espacial de 2,5 cm, vinte vezes superior a encontrada na imagem orbital. Devido a esse tamanho de pixel, é possível distinguir além dos elementos fotoidentificáveis na imagem orbital, objetos menores, como telhas nas coberturas das edificações, pequenos arbustos, detalhes dos ladrilhos nos túmulos, túmulos sem identificação diretos na terra e até mesmo pequenos vasos de flores.

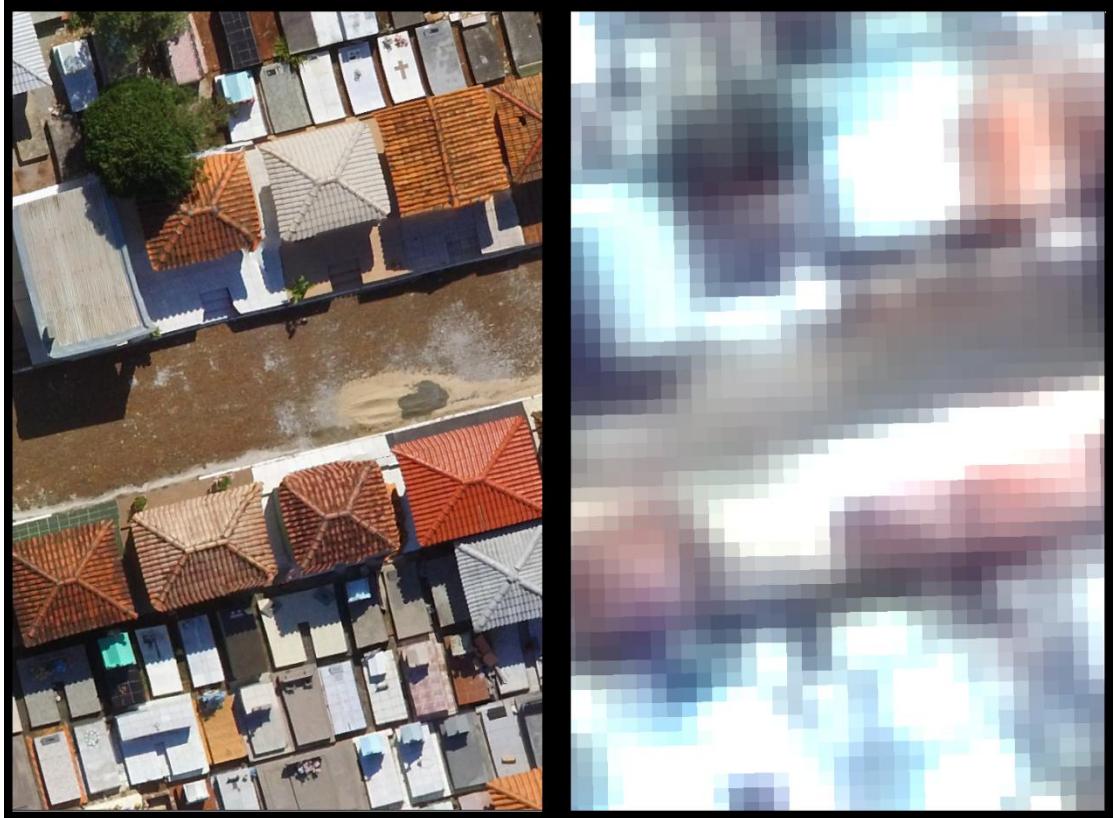


Figura 16 - Comparativo da qualidade das imagens VANT e Satélite, mesma área, mesma escala 1:100.

Fonte: O autor; Sensor WorldView-2, UTFPR-DV.

Como pode-se observar na Figura 16, na imagem VANT é definida-se com clareza as edificações, arbustos, detalhes das coberturas, e algumas flores sobre as sepulturas. Já na imagem oriunda do satélite, fica evidenciado o tamanho dos pixels quando colocada na mesma escala que a imagem VANT, devido a proximidade dos túmulos as feições se confundem a ponto de não se diferenciar a locação de um ou de outro (Figura 17).



Figura 17: Região composta por túmulos e capelas, escala 1:100 para ambas as imagens.
Fonte: O autor

6 CONCLUSÃO

Feitas as considerações, chegou-se à conclusão, que tanto as imagens orbitais quanto as imagens oriundas de VANT podem ser aplicadas em levantamentos urbanos. No entanto os VANTS aplicam-se com grande superioridade na análise de pequenos e médios objetos urbanos devido a sua resolução espacial.

Nesta pesquisa a imagem orbital não atendeu os objetivos devido as dimensões dos objetos em questão. Em todas as áreas não foi possível a identificação clara dos limites dos objetos, nem para túmulos, e nem para capelas, gerando alto índice de erro quando comparado ao real, por isso foi descartada a análise com imagem orbital para esta área de estudo.

Os VANTS aplicam-se com grandes benefícios para levantamentos urbanos, visto que a sua facilidade de atualização da imagem (resolução temporal) e seu baixo custo comparado a uma imagem orbital, aliados a qualidade geométrica (resolução espacial) da imagem correspondem as expectativas desses levantamentos.

Os pontos negativos da utilização dos VANTS fica a cargo do pós processamento, que requer devido ao tamanho do arquivo gerado, o uso de um hardware mais robusto para o processamento de dados.

A resposta a análise do comparativo entre área real e a vetorizada foi melhor do que a esperada, visto que das 53 unidades amostrais, 42 ficaram dentro dos 95% de confiabilidade. Das 11 unidades amostrais que ficaram fora deste percentual, 4 ficaram muito próximas a margem de 5% estabelecida. O restante justifica-se por se encontrarem em regiões que apresentam algum tipo de dificuldade visual, sejam elas por conflito de edificações, similaridade de cores com os objetos ao lado ou do terreno, distorção da imagem por falha no recobrimento, ou outro tipo de situação que tornou a visualização completa dos vértices dificultada. No caso de um mapeamento urbano, visitas de campo podem ser realizadas para dirimir dúvidas.

Os VANTS podem ser utilizados simultaneamente com outras ferramentas das geotecnologias tais como um Sistema de Informações Geográficas, SIG, e podem gerar um importante instrumento de gestão tanto para prefeituras, órgãos de serviço e empresas particulares. Suas aplicações se estendem muito

além do mapeamento urbano, e podem ser utilizado para o acompanhamento de plantios agrícolas e florestais, monitoramento de obras, redes elétricas, reconhecimento de locais de difícil acesso, inspeção de focos endêmicos, como a dengue, entre outros.

Espera-se que esse trabalho sirva de estímulo para pesquisas futuras, e que esta tecnologia se aplique crescentemente na área de geociências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Claudia Maria de, **Aplicação dos Sistemas de Sensoriamento Remoto por Imagens e o Planejamento Urbano Regional**. USJT. 2006, p .88-122. Disponível em: <http://www.usjt.br/arq.urb/numero_03/8arqurb3-claudia.pdf> . Acesso em: 20 de Maio de 2015.

ANAC, **Perguntas e Respostas, 2015. Disponível em:** <http://www2.anac.gov.br/Arquivos/pdf/Perguntas_e_respostas_VANT_02092015.pdf> Acesso em: 23 de Maio de 2016

BRANDALIZE, Marília Cecília Bonato, **Apostila de Topografia**, PUC-PR, Curitiba, n.1, p.1, 2000.

DAN- SCIENTIA, 2010 Disponível em: <<http://dan-scientia.blogspot.com.br/2010/03/relacao-da-frequencia-com-o-comprimento.html>> Acesso em: 08 de Maio de 2016.

FIGUEIREDO, Divino. **Manual de Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. 30p Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Brasília - DF, 2005. GLOBALGEO. **WORDVIEW-2**. 2011. Disponível em: <<http://www.globalgeo.com.br/satelite/worldview-2/>> Acesso em: 15 de Maio de 2015.

IBGE. **RECOMENDAÇÕES PARA LEVANTAMENTOS RELATIVOS ESTÁTICOS – GPS** Disponível em: http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=recom_p_levant_rel_est_gps.pdf . Acesso em: 24 de Junho de 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Informações sobre geociências: Geodésia. 2006 Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/>>. Acesso dia 07/05/2015

INUI, César. **METODOLOGIA PARA CONTROLE DE QUALIDADE DE CARTAS TOPOGRÁFICAS DIGITAIS**. São Paulo, Brasil. Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Programa de Pós Graduação em Geografia humana, p.119. 2006.

MORAES, Elisabete Caria de. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas espaciais, São José dos Campos, p.30., 2002.

PARQUE DA CIÊNCIA, 2013 Disponível em
<<http://parquedaciencia.blogspot.com.br/2013/07/como-funciona-e-para-que-serve-o.html>> Acesso em 03 de Julho de 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS, 2016 Disponível em:
<http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/fazenda-seu-dinheiro/153316-iptu-perguntas-e-respostas.html>. Acesso em: 19 de Março de 2016.

RESOLUÇÕES, 2016 Disponível em:
<<https://geotecnologias.wordpress.com/2016/05/09/resolucao-radiometrica/>> Acesso em 05 de Maio de 2016.

SILVA, Célio H. S.; GUALBERTO, Sandoval.; TUPINAMBÁS, William J. M. **Coordenadas topográficas x coordenadas UTM.** 2013. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2013/06/05/coordenadas-topograficas-x-coordenadas-utm>>. Acesso em: 25 de Maio de 2015.

SILVA, Daniel Carneiro; TOONSTRA, Gerard Willem Anthony; SOUZA, Henrique Lacet Silva; PEREIRA, Túllio Áullus Jó. **QUALIDADE DE ORTOMOSAICOS DE IMAGENS DE VANT PROCESSADOS COM OS SOFTWARES APS, PIX4D E PHOTOSCAN.** V Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife - PE, 12- 14 de Nov de 2014

SILVA, Raquel R. da. **Aplicação de imagens orbitais de alta resolução espacial no cadastro técnico rural multifinalitário.** 2007. 130 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto) - Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SLATER, P. N. **Remote Sensing, Optics and Optical Systems.** Boston (MA): Addison-Wesley Pub. Co., 1980, 575 p.

VALENTI, Eduardo S. da. **Modelo cartográfico digital temático para simulação e previsão de inundações no município de Porto Alegre.** 2010. 140 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto) - Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

VASGEO, 2013 Disponível <<http://www.vasgeo.com.br/2013/03/resolucao-especial-espectral-radiometrica-sensoriamento-remoto.htm>>| Acesso em: 03/07/2015.

VETORAZZI, Carlos A., **TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NO MONITORAMENTO DE ÁREAS FLORESTADAS**, Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.10, n.29, p.45 – 51, Nov. 1996.