

SENSORES REMOTO

UMA ABORDAGEM PRÁTICA NO LEVANTAMENTO FLORESTAL

MADRUGA P.R. de A.¹

As técnicas de geoprocessamento, em especial o Sensoriamento Remoto, tornaram-se corriqueiras no dia a dia dos profissionais que trabalham com planejamento em Unidades de Produção, principalmente aqueles que necessitam tomar decisões rápidas e precisas. Neste sentido, é importante que o técnico tenha conhecimentos mínimos necessários para poder optar por um determinado produto proveniente de um sensor, de maneira a elaborar diferentes mapas temáticos, como por exemplo o de Uso da Terra.

O principal fator a ser levado em consideração é, sem dúvida, a relação custo/benefício, o que demanda, no mínimo, conhecimentos sobre as resoluções Temporal, Radiométrica, Espectral e principalmente a resolução Espacial dos diferentes sensores encontrados atualmente no mercado.

Para tanto, é necessário conceituar-se as diferentes resoluções:

Resolução Temporal – É a periodicidade com que um sensor obtém uma imagem de um determinado alvo;

Resolução Radiométrica – É a capacidade do sensor de discriminar diferentes intensidades de sinal em que o dado se encontra registrado. Ex: 8 bits: 2^8 :256 níveis;

Resolução Espectral – Consiste na capacidade de registro de dados de um sensor, dentro da região do espectro eletromagnético, sendo maior a resolução espectral quanto maior o número de bandas espectrais que o sensor é capaz de coletar;

Resolução Espacial - Consiste na capacidade de um sensor em detectar os objetos a partir de determinado tamanho natural.

Considerando-se a relação custo/benefício, os principais sensores atualmente utilizados no Brasil são: LANDSAT 5 - TM, LANDSAT 7 ETM +, SPOT e IKONOS II, respectivamente em escala de utilização.

Abaixo estão apresentadas as principais características/resoluções dos sensores citados anteriormente.

IKONOS II

Este sistema sensor foi colocado em órbita em 24 de setembro de 1999, com o intuito de obter imagens de alta resolução, orbitando em uma altitude de 681 km, com velocidade de 7 km/s, tendo órbita descendente, ou seja polar, com uma inclinação de 98,1° em relação ao nadir, e com duração de

¹ Prof. Dr. Tit. Do Departamento de Engenharia Rural/CCR/UFSM.

sua órbita de 98 minutos.

A resolução espacial do sensor é de 4 metros no modo multiespectral e 1 metro no modo pancromático.

A Resolução Espectral compõem-se das seguintes faixas do espectro eletromagnético:

- Pancromática: 0.45 – 0.90 μm ;
- Azul: 0.45 – 0.52 μm ;
- Verde: 0.52 – 0.60 μm ;
- Vermelho: 0.63 – 0.69 μm ;
- Infravermelho próximo: 0.76 – 0.90 μm .

A largura da faixa de imageamento é de 13 Km, aproveitável 11 km, sendo que cada visada atinge uma área útil de 169 km².

A Resolução Radiométrica é de 11 bits, fornecendo 2048 níveis de cinza, o que permite maior discernimento dos alvos.

O presente sensor pode efetuar visadas de áreas, possibilitando a aquisição de pares estereoscópios para restituição digital.

A sua Resolução Temporal é de 2.9 dias no modo pancromático e 1.5 dia no modo multiespectral. Estes valores valem para latitude de +/- 40°. A frequência de revisita para latitudes maiores será menor, e maior para as latitudes perto do Equador.

SPOT 1, 2, 3, 4

O SPOT 1, foi lançado em 22 de Fevereiro de 1986, sendo que continua em operação. O SPOT 2 foi lançado em 22 de janeiro de 1990, e também continua operando. O SPOT 3, lançado em 26 de setembro de 1993, operou até novembro de 1997, quando foi perdido. O SPOT 4 e 5, lançados respectivamente em 24 de março de 1998, e 06 de maio de 2002, estão em operação gerando imagens da superfície terrestre.

O quadro abaixo apresenta as principais características dos sensores SPOT.

Características do SPOT 1-2-3

Spot 1, 2, 3	Características
Peso Total Inicial em Início de Vida Útil	1870 kg
Potência dos Painéis Solares	1 kW
Largura dos Painéis Solares	8,032 m
Altitude média no Equador	822 km
Tamanho do Corpo do Satélite	2 m x 2 m x 4,5 m
Frequência da Telemetria da Imagem	8,253 GHz
Fluxo de Transmissão	2 x 25 Mbits/sec
Foguete Lançador	Ariane 2/3
Capacidade de Gravação a Bordo	2 x 22 minutos
Duração da Vida Útil Prevista	> a 3 anos
Ciclo Orbital	26 dias
Duração de uma órbita (nominal)	101,4 min
Inclinação da Órbita	98.7 Graus
Nó Descendente	10:39 Horas
Órbita	Circular e Heliosincronizada

Características do SPOT 4

Spot 4	Características
Peso Total Inicial em Início de Vida Útil	2 700 kg
Potência dos Painéis Solares	2,1 kW
Largura dos Painéis Solares	8,14 m
Altitude média no Equador	822 km
Tamanho do Corpo do Satélite	2 m x 2 m x 5.6 m
Frequência da telemetria da Imagem	8,253 GHz
Fluxo de Transmissão	2 x 25 Mbits/sec
Foguete Lançador	Ariane 4
Capacidade de Gravação a Bordo	2 x 40 minutos + 3 min
Duração da Vida Útil Prevista	> a 5 anos
Ciclo Orbital	26 dias
Duração de uma órbita (nominal)	101,4 min
Inclinação da Órbita	98.7 Graus
Nó Descendente	10:39 Horas
Órbita	Circular e Heliosincronizada

O SPOT opera em 2 modos espectrais distintos que podem ser programados simultaneamente para uma mesma área: Multiespectral XI ou XI, dependendo do satélite e Pancromático ou Monoespectral, dependendo do satélite. Todas as imagens do SPOT são codificadas em 8 bits.

Nos modos Multiespectrais, as observações são feitas em três bandas espectrais (modo XS) para o SPOT 1,2,3 e 4 bandas no SPOT 4 (modo XI), sempre com resolução de 20 metros.

No modo Pancromático ou Monoespectral, as observações são feitas por uma única banda, de 0,51 μm a 0,73 μm , no caso do SPOT 1-2-3, e de : 0,61 a 0,68 μm no SPOT 4, sempre com uma resolução de 10 metros.

O quadro abaixo apresenta as resoluções espectrais e temporal.

Sensores	Bandas Espectrais	Resolução
HRV-XS : Multiespectral: 3 bandas no SPOT 1-2-3	Banda-1 : 0.50 ~ 0.59 μm Verde Banda 2 : 0.61 ~ 0.68 μm Vermelho	
HRVIR-XI : Multiespectral: 4 bandas no SPOT-4	Banda 3 : 0.79 ~ 0.89 μm Infra Vermelho Próximo Banda 4 : 1.58 ~ 1.75 μm Infra Vermelho Médio	20m
HRV-PAN : Pancromático no SPOT 1-2-3	Banda única: 0.51 ~ 0.73 μm Visível menos Azul Dados comprimidos a bordo (DPCM $\frac{3}{4}$)	
HRVIR-M : Monoespectral No SPOT 4	Banda única: 0,61 ~ 0,68 μm Igual a Banda 2 Dados comprimidos a bordo (DPCM $\frac{3}{4}$)	10m

O modo Pancromático ou Monoespectral é aconselhado para aplicações que procuram precisão geométrica e resolução.

O Modo Multiespectral XS ou XI é recomendado para aplicações temáticas, para estudos de vegetação, uso e ocupação de solos, etc...

Os modos PAN e XS podem ser combinados rendendo uma imagem PAN+XS, colorida, com 3 bandas e 10 m de resolução. As imagens PAN e XS do SPOT 1-2-3, ainda que adquiridas simultaneamente, não estão registradas entre si, o que pode fazer este processamento ser trabalhoso.

Os modos M e XI do SPOT 4 XS podem ser combinados rendendo uma imagem PAN+XS, colorida, com 4 bandas e 10 m de resolução. As imagens M e XI do SPOT 4, quando adquiridas simultaneamente, estão registradas entre si, o que faz deste processamento uma tarefa muito simples e sistemática ! Isto é possível porque a imagem no modo Monoespectral do SPOT 4, a diferença do que acontece no SPOT 1-2-3, é gerada pela banda 2 do instrumento XI de 20 m de resolução, sendo então plenamente compatível geometricamente com a imagem XI, adquirida simultaneamente pelo mesmo instrumento.

Cada instrumento tem uma faixa de varredura de 60 km. Quando os dois instrumentos operam em modo "geminado" imageando áreas contíguas, a área total coberta é de 117 km, ou seja, duas faixas de 60 Km de largura cada com 3 km de sobreposição.

SPOT 5

O SPOT 5 possui resolução espacial de 2,5 m com faixa imageada de 60 Km (cena de 60 x 60 Km), com recobrimento dos 5 continentes com Estereoscopia para geração de MNT.

O Spot 5 possui alta resolução espacial e larga faixa imageada. Os dois novos instrumentos HRG (High-Resolution Geometric) imageiam com 5 m de resolução em Pancromático e 2.5 metros em "supermode". Cada um dos dois instrumentos recobre uma faixa de 60 Km no solo, dentro de um corredor potencial de visibilidade de ± 420 km. Da mesma forma que os sensores dos antecessores do

SPOT 5, os instrumentos HRG podem imagear igualmente em modo multiespectral em 4 bandas (faixa espectral da luz verde, vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio).

Os produtos SPOT 5 foram concebidos para satisfazer os requisitos do mercado em termos de fornecimento de informação geográfica operacional, na área de aplicações cartográficas, defesa, agricultura, redes de telecomunicações, planejamento urbano, gerenciamento de desastres naturais, ...

A constelação SPOT possibilita o acesso de qualquer ponto da Terra em menos de 24 horas, uma característica diferenciada dos outros sistemas comerciais.

3 a 5 dias. Com 4 satélites operando, a frequência de revisita pode ser praticamente diária. Na ocasião da erupção do vulcão Etna, em julho de 2001, foram obtidas 24 imagens em 21 dias.

A área recoberta por cada cena é de 60 km x 60 km, ou 60 km x 120 km quando os 2 instrumentos HRG forem usados simultaneamente. Possui uma precisão absoluta de localização melhor que 50m sem uso de pontos de controle. Aplicações nas escalas entre 1:10.000 e 1:25.000

LANDSAT 5 e 7

Uma das principais diferenças entre o sensor do LandSat 5 para o LandSat 7 foi a adição neste último, de uma banda Pancromática com resolução espacial de 15m. Outra diferença é o aprimoramento no sistema de calibração radiométrica dos sensores, o que garante uma precisão radiométrica absoluta de +/-5%.

A geometria de imageamento foi aprimorada, o que resultou numa maior precisão em imagens corrigidas apenas a partir de dados de efemérides de satélite geradas pelo GPS de bordo, muito próxima da precisão obtida com imagens georreferenciadas com pontos de controle cartográficos.

As bandas do visível e do infravermelho mantiveram a resolução espacial de 30 m do Landsat 5 (canais 1,2,3,4,5 e 7). As bandas do infravermelho termal (canais 6L e 6H) passam a ser adquiridas com resolução de 60 metros, contra 120 m no Landsat 5. A nova banda Pancromática (canal 8) tem 15 m de resolução espacial.

O quadro comparativo abaixo ilustra as diferenças de resolução espectral entre o sensor TM do Landsat5 e o sensor ETM+ do Landsat 7. Os valores abaixo, em μ , representam os limites de comprimentos de onda de sensibilidade das bandas espectrais:

Sensor	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda 7	Banda 8								
TM	0.45	0.52	0.52	0.60	0.63	0.69	0.76	0.90	1.55	1.75	10.4	12.5	2.08	2.35		
ETM+	0.45	0.52	0.53	0.61	0.63	0.69	0.78	0.90	1.55	1.75	10.4	12.5	2.09	2.35	0.52	0.90

A banda Pancromática (banda 8), é a grande novidade no Landsat7 e o sensor ETM+. A sua resolução espacial de 15 m registrado com as demais bandas, facultam as imagens geradas pelo sensor ETM+ do satélite Landsat7 serem trabalhadas para ampliações até escala 1:25.000. Trabalha na faixa espectral de 0.52 - 0.90 (μ) gerando uma imagem de boa separabilidade dos alvos de interesse tanto em área rural como urbana.

O Landsat 7 gera a banda 6 (termal), com ganho baixo (Canal 6L) e ganho alto (Canal 6H). Isso permite várias opções de análise e aplicações, tais como a medição relativa de temperatura radiante ou o cálculo de temperatura absoluta.

O Landsat7 pode adquirir imagens numa área que se estende desde 81° de latitude norte até 81° de latitude sul e obviamente, em todas as longitudes do globo terrestre.

Uma órbita do Landsat7 é realizada em aproximadamente 99 minutos, permitindo ao satélite dar 14 voltas da Terra por dia, e a cobertura total do nosso planeta sendo completada em 16 dias. A órbita é descendente, ou seja de norte para sul, o satélite cruzando a linha do Equador entre 10:00 e 10:15 (hora local) em cada passagem. O Landsat7 é "heliosincronizado", ou seja sempre passa num mesmo local dado ao mesmo horário solar.

A resolução temporal permanece como a do LandSat 5, com 16 dias. E a resolução Radiométrica é de 8 Bits.

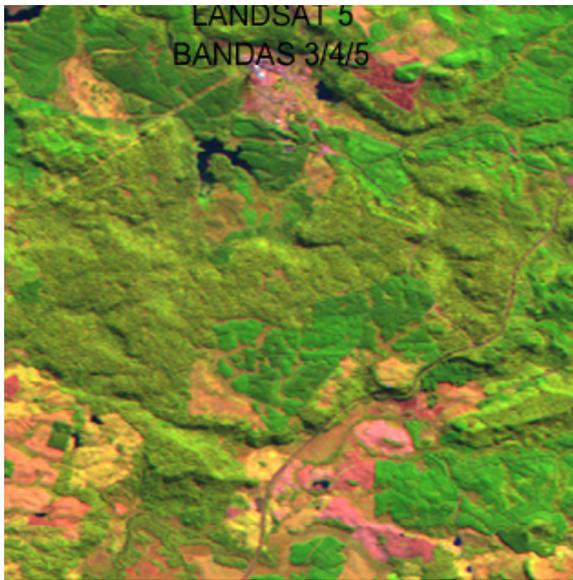
MOSAICO DIGITAL (MÉDIO FORMATO)

Atualmente uma das técnicas que vem sendo utilizada para mapeamentos temáticos, consiste na elaboração de mosaicos digitais provenientes de fotografias aéreas de médio formato, retificadas através da utilização de GPS com precisão topográfica (Pós-processamento), com digitalização raster diretamente do negativo, o que elimina problemas provenientes da projeção cônica quando da ampliação analógica do negativo. Esta técnica possibilita obter resoluções espacial de diferentes níveis, em função da obtenção de fotografias em diferentes alturas de vôo, ou usando lentes com diferentes distâncias focais (calibradas).

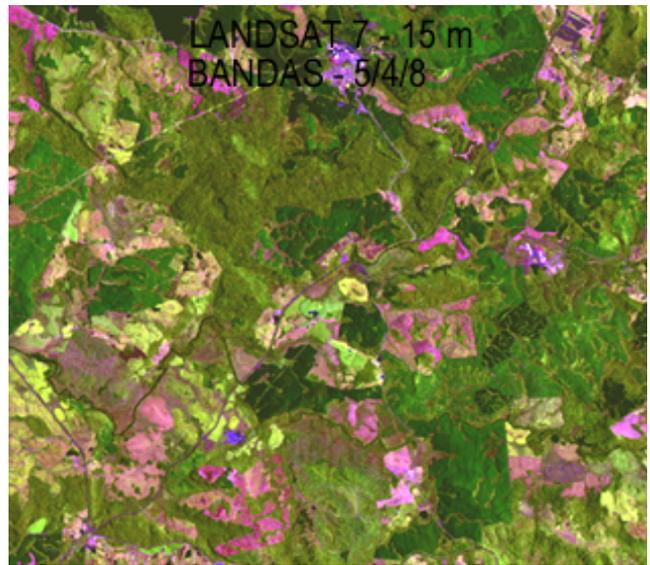
Podemos citar como exemplo de câmara de médio formato a Câmara Mamiya 645 PRO, com Magazine 4,15 X 5,6 cm. A lente utilizada nos exemplos demonstrados a seguir foram calibradas pela UFPR, obtendo as distâncias focais de 55,824 e 80,352 mm. O aplicativo computacional utilizado para a elaboração do mosaico, foi o TNT mips Versão 5.7. E para o Processo de Retificação foi utilizado o GPS com precisão topográfica (Pós-processamento), de maneira a obter resolução espacial de 1 metro.

EXEMPLOS

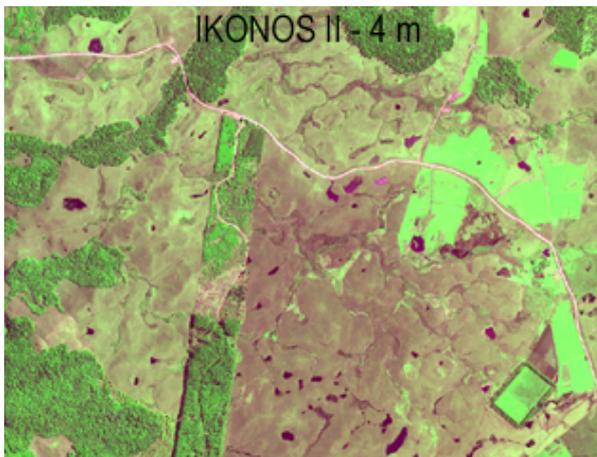
TM LANDSAT 5 – 30 m



LANDSAT 7 ETM+ - 15 m (merge)



IKONOS II – Multiespectral 4 m



LANDSAT 5 – 30m



LANDSAT 5 – 30 m



SPOT 4 – 20 m Multiespectral



MOSAICO DIGITAL – 1 M



DETALHE AMPLIADO DE MOSAICO

