

INTRODUÇÃO AO SENSORIAMENTO REMOTO

CARLOS ALBERTO STEFFEN

Instituto Nacional de pesquisas Espaciais

Divisão de Sensoriamento Remoto

steffen@itid.inpe.br

RADIAÇÃO SOLAR

O Sol é a principal fonte de energia para todo o sistema solar e, devido à sua elevada temperatura, gera uma grande quantidade de energia que é irradiada para todo o espaço. Propagando-se pelo vácuo com uma velocidade próxima de 300.000 km/s a **energia radiante**, também chamada **radiação solar**, atinge a Terra onde é em parte refletida de volta para o espaço e em parte absorvida pelos objetos terrestres transformando-se em calor ou outras formas de energia. Por exemplo, a radiação solar ao ser absorvida pela água do oceano se transforma em calor que a faz evaporar formando as nuvens e estas, ao se precipitarem na forma de chuva alimentam os reservatórios das usinas hidroelétricas; a água acumulada nos reservatórios contém energia mecânica potencial que ao se precipitar através dos geradores da usina é transformada em energia elétrica e então transportada (por fios elétricos) para outros lugares onde novas transformações podem gerar luz, calor, acionar motores, etc. A energia radiante também pode ser gerada na Terra por objetos aquecidos ou através de outros fenômenos físicos. Por exemplo, o filamento de uma lâmpada se torna incandescente ao ser percorrido por uma corrente elétrica, gera energia radiante, sob a forma de luz, que ilumina os objetos ao redor.

LUZ E RADIAÇÃO

Isaac Newton (1642-1727), um dos maiores cientistas de todos os tempos, provou que a radiação solar poderia ser separada (dispersa) em um **espectro** colorido, como acontece num arco-íris. Sua experiência, mostrou que a radiação solar visível (luz branca) é uma mistura de luzes de cores diferentes. Experimentos realizados posteriormente mostraram que o espectro solar contém outros tipos de radiação invisíveis, como a ultravioleta e a infravermelha (figura 1).

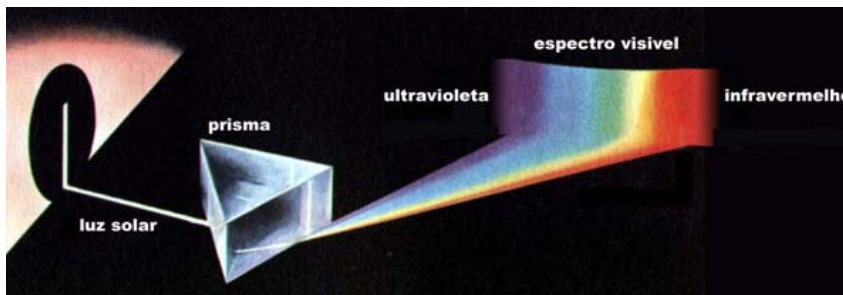


Figura 1. Dispersão da radiação solar.

Observe na figura 2 que ao agitar uma corda você transfere energia para ela e esta energia se propaga formando ondas ao longo da mesma. Se você observar com cuidado verá que as ondas que se formam tem uma geometria que se repete em ciclos de mesmo comprimento ao longo da corda. Esse **comprimento de onda** depende da **freqüência** com que você agita a corda e também da **velocidade** com que as ondas podem se propagar através dela (numa corda fina as ondas se propagam mais rapidamente que numa grossa). Desta forma, uma propagação ondulatória de energia pode ser caracterizada pelo comprimento ou freqüência das ondas que se formam. Para produzir ondas curtas você precisa agitar a corda com freqüência mais alta, isto é, transferir mais rapidamente energia para a corda; por isso, as ondas de comprimento de onda curto transportam mais energia por segundo.

Diferente dos outros tipos de energia que dependem de um meio material (como a corda) para se propagar de um lugar para outro, a energia radiante pode se deslocar através do vácuo; neste caso, os físicos dizem que a radiação se propaga através de um meio denominado **campo eletromagnético** e, por isso, é também denominada **radiação eletromagnética** (REM).

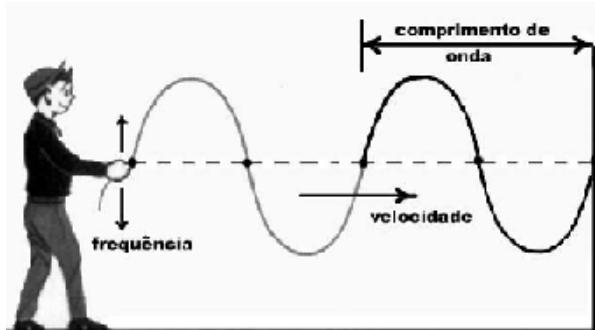


Figura 2. Propagação da energia.

Os comprimentos de onda da radiação eletromagnética podem ser tão pequenos que são medidos em sub-unidades como o **nanometro** ($1\text{nm} = 0.000000001\text{m}$) ou o **micrometro** ($1\text{mm} = 0.000001\text{m}$). Por outro lado as frequências podem ser tão altas que são medidas em **Gigahertz** ($1\text{Ghz} = 1.000.000.000$ de ciclos por segundo) ou **Megahertz** ($1\text{MHz} = 1.000.000$ de ciclos por segundo).

Se organizarmos todo o nosso conhecimento sobre os diferentes tipos de radiação eletromagnética, teremos um gráfico como o da figura 3, denominado **Espectro Eletromagnético**, que foi construído com base nos comprimentos de onda (ou frequências) das radiações conhecidas. O espectro está dividido em regiões ou **bandas** cujas denominações estão relacionadas com a forma com que as radiações podem ser produzidas ou detectadas (com certeza você já ouviu falar em muitos desses nomes, apenas não sabia que se tratavam de coisas da mesma natureza).

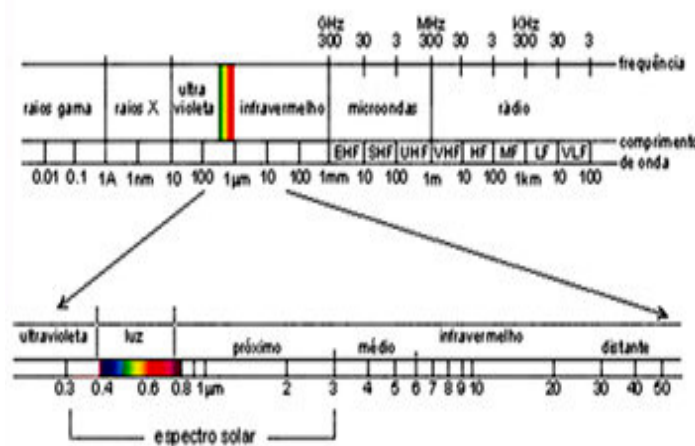


Figura 3. O espectro eletromagnético.

Podemos destacar algumas bandas do espectro e suas características mais notáveis:

1. A pequena banda denominada **luz** compreende o conjunto de radiações para as quais o sistema visual humano é sensível;

2. A banda do **ultravioleta** é formada por radiações mais energéticas que a luz (tem menor comprimento de onda); é por isso que penetra mais profundamente na pele, causando queimaduras quando você fica muito tempo exposto à radiação solar.
3. A banda de **raios X** é mais energética que a ultravioleta e mais penetrante; isso explica porque é utilizada em medicina para produzir imagens do interior do corpo humano.
4. As radiações da banda **infravermelha** são geradas em grande quantidade pelo Sol, devido à sua temperatura elevada; entretanto podem também ser produzidas por objetos aquecidos (como filamentos de lâmpadas).
5. O conjunto de radiações geradas pelo Sol, se estendem de 300 até cerca de 3000nm e essa banda é denominada **espectro solar**.

LUZ E COR

O sistema visual do homem e dos animais terrestres é sensível a uma pequena banda de radiações do espectro eletromagnético situada entre 400nm e 700nm e denominada **luz**. Dependendo do comprimento de onda, a luz produz as diferentes sensações de cor que percebemos. Por exemplo, as radiações da banda entre 400nm até 500nm, ao incidir em nosso sistema visual, nos transmitem as várias sensações de azul e cian, as da banda entre 500nm e 600nm, as várias sensações de verde e as contidas na banda de 600nm a 700 nm, as várias sensações de amarelo, laranja e vermelho.

Uma propriedade importante das cores é que estas podem ser misturadas para gerar novas cores. Escolhendo três cores básicas (ou primárias) como o azul, o verde e o vermelho, a sua mistura em proporções adequadas pode gerar a maioria das cores encontradas no espectro visível. Como você pode ver na figura 4, os **matizes** formados podem ser agrupados em **amarelo** (Y), **cian** (C) e **magenta** (M), este último não encontrado no espectro visível. A mistura das três cores primárias forma o **branco** (W).

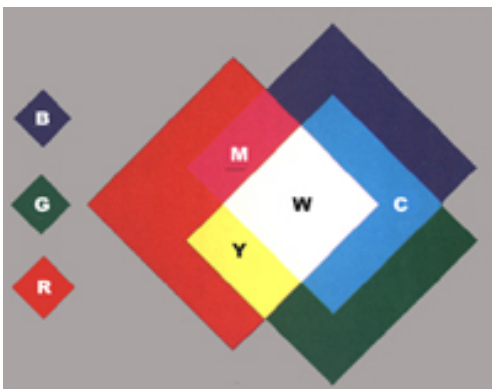


Figura 4. Mistura de cores.

ASSINATURAS ESPECTRAIS

Quando a radiação interage com um objeto, pode ser refletida, absorvida ou mesmo transmitida (no caso de objetos transparentes). Em geral a parte absorvida é transformada em calor ou em algum outro tipo de energia e a parte refletida se espalha pelo espaço. O fator que mede a capacidade de um objeto de refletir a energia radiante indica a sua **reflectância**, enquanto que a capacidade de absorver energia radiante é indicada pela sua **absortância e**, da mesma forma, a capacidade de transmitir energia radiante é indicada pela sua **transmitância**. Certamente um objeto escuro e opaco tem um valor baixo para a reflectância, alto para a absortância e nulo para a transmitância. A reflectância, absortância e a transmitância costumam ser expressas em porcentagem (ou por um número entre 0 e 1).

Podemos medir a reflectância de um objeto para cada tipo de radiação que compõe o espectro eletromagnético e então perceber, através dessa experiência, que a reflectância de um mesmo

objeto pode ser diferente para cada tipo de radiação que o atinge. A curva **a** da figura 5 mostra como uma folha verde tem valores diferentes de reflectância para cada comprimento de onda, desde o azul até o infravermelho próximo. Esse tipo de curva, que mostra como varia a reflectância de um objeto para cada comprimento de onda, é denominada **assinatura espectral** e depende das propriedades do objeto.

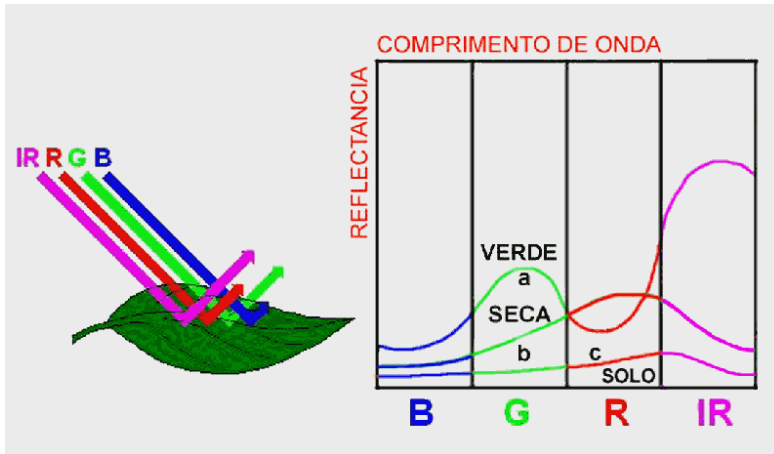


Figura 5. Assinaturas espectrais.

Analisando a assinatura espectral da folha verde na figura 5, podemos explicar as razões para as variações encontradas: na banda visível (B, G e R), a pequena reflectância (maior absorvância) é produzida por pigmentos da folha (clorofila, xantofila e carotenos) enquanto que na banda infravermelha (IR), a maior reflectância resulta da interação da radiação com a estrutura celular superficial da folha. Duas características notáveis resultam dessa assinatura espectral: 1- a aparência verde da fôlha, e por extensão da vegetação, está relacionada com a sua maior reflectância nessa banda (G) e é produzida pela clorofila, 2- a elevada reflectância na banda infravermelha (IR) está relacionada com os aspectos fisiológicos da folha e varia com o seu conteúdo de água na estrutura celular superficial; por isso é um forte indicador de sua natureza, estágio de desenvolvimento, sanidade, etc. Veja na curva **b** da mesma figura a assinatura espectral de uma folha seca. Você seria capaz de explicar a razão das mudanças? Veja ainda nessa figura, a curva **c** que mostra a assinatura espectral de uma amostra de solo; no caso do exemplo trata-se de um tipo de solo contendo ferro e pouca matéria orgânica.

CÂMARAS DIGITAIS

Na figura 6, que mostra a estrutura do olho humano, você pode perceber como as imagens dos objetos observados são formadas. Cada ponto do objeto reflete luz em todas as direções e parte dessa luz refletida atinge o olho sendo focalizado pelo **crystalino** (uma lente orgânica) sobre o fundo do olho numa região chamada **retina**. Desta forma, o conjunto de todos os pontos projetados sobre a retina formam uma imagem do objeto. Na retina, milhões de células sensíveis à luz são estimuladas pela imagem e transmitem sinais nervosos para o cérebro, através do **nervo óptico**. No cérebro esses sinais são interpretados como sensações de forma, brilho e cor em função de nossa experiência visual.

No fundo do olho, a retina é recoberta por dois tipos de células: os cones e os bastonetes. Os cones estão divididos em grupos sensíveis ao azul, ao verde e ao vermelho; assim, quando a imagem de um objeto colorido é projetado sobre a retina, as células correspondentes às cores da imagem são excitadas e enviam para o cérebro os sinais nervosos respectivos que são interpretados como sensações adicionais de cor. Os bastonetes não tem sensibilidade para cores, entretanto tem maior sensibilidade para detectar sinais luminosos fracos e são responsáveis pela visão noturna. Você certamente já ouviu falar que "à noite todos os gatos são pardos; tente justificar isso!

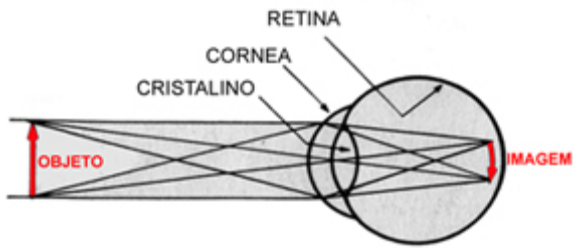


Figura 6. O sistema visual humano.

Com o desenvolvimento da tecnologia das **câmaras digitais**, o processo fotográfico está sofrendo transformações muito importantes que aumentam a sua flexibilidade e aplicações. Compare a a câmara digital, mostrada na figura 7, com a câmara convencional da mesma figura. Veja que as partes ópticas são iguais, entretanto no lugar do filme é utilizado um **chip CCD**. Um chip CCD é um dispositivo eletrônico composto de milhares de pequenas células sensíveis à radiação, também chamadas de **detetores**, dispostas numa matriz (linhas e colunas). Quando uma imagem é projetada sobre o chip, cada detetor é ativado gerando uma pequena carga elétrica proporcional ao brilho da parte da imagem projetada sobre ele. Um componente eletrônico da câmara, lê rapidamente o valor da carga de cada detetor e a registra num dispositivo de memória física (cartão de memória, disquete, fita magnética, disco óptico) na forma de um arquivo de computador, Esses arquivos podem então ser lidos por um programa do computador que torna as imagens visíveis para serem analisadas, modificadas e impressas.

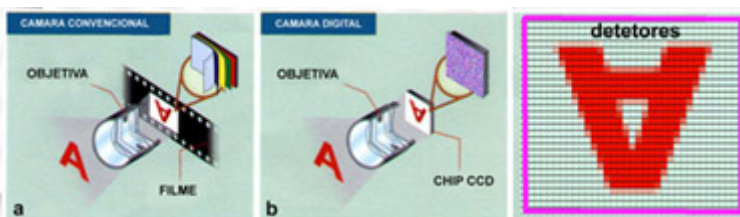


Figura 7. Câmera convencional e câmera digital CCD.

Quando um computador lê o arquivo da imagem digital, esta é exibida no monitor como um conjunto de células organizadas em uma matriz de linhas e colunas equivalente à do chip CCD. Cada célula dessa matriz é denominada **PIXEL** (de picture cell) e o seu brilho (tonalidade) é proporcional ao valor ou **nível digital** registrado na célula correspondente do chip CCD.

Não é difícil perceber que uma câmera digital cujo chip CCD tem poucos detetores sensíveis, produz imagens pouco detalhadas como a da figura 8b; por outro lado, se o chip tem uma grande quantidade de detetores a imagem exibirá detalhes que antes não podiam ser percebidos, como mostra a figura 8a.

A qualidade da imagem relacionada com a sua capacidade de registrar detalhes de uma cena é denominada **resolução geométrica** ou **espacial**. Essa resolução da imagem depende da qualidade óptica da câmara e do número de detetores do chip CCD.

Muitas vezes a resolução da imagem costuma ser expressa pelo tamanho do elemento da cena representada por um píxel; por exemplo, se cada píxel da imagem 8b representa uma parte da cena de 1mm x 1mm então costuma se dizer que a imagem tem resolução de 1mm.

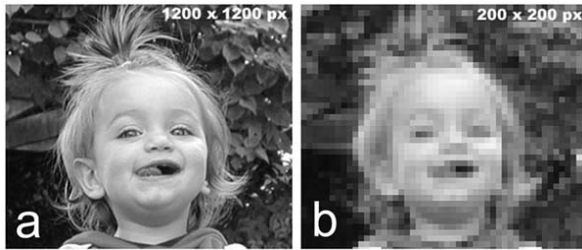


Figura 8. Pixel e resolução na imagem digital.

Uma câmara como o da figura 7 gera imagens **pancromáticas** (todas as cores) em tons de cinza, como as da figura 8, entretanto a sua configuração pode ser modificada para que produza imagens coloridas. Veja no arranjo da figura 9 que a luz proveniente da cena é separada por um dispositivo óptico, formado por prismas e filtros, em três componentes. Escolhendo filtros adequados para as cores primárias azul, verde e vermelho, uma imagem da cena, em cada uma dessas três bandas, é projetada sobre o chip CCD correspondente. A leitura dos chips pelo sistema eletrônico gera três imagens **monocromáticas** (relativas a uma cor) da cena que são gravadas em um arquivo de computador.

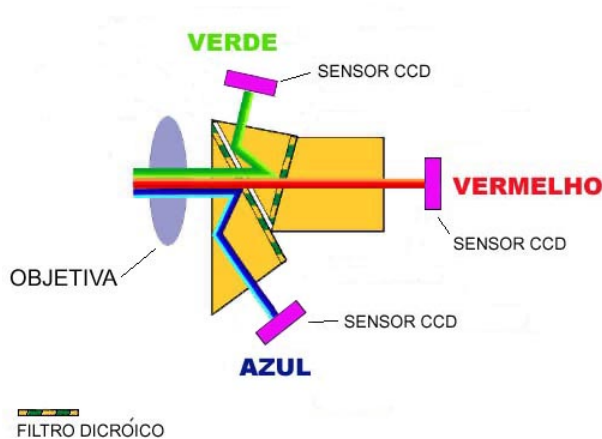


Figura 9. Uma câmara digital colorida.

Para entender como essas três imagens podem ser compostas para sintetizar uma única imagem colorida no computador observe a figura 10. A tela do monitor é composta de milhares de pequenas células coloridas (azul, verde e vermelho) dispostas em trincas como em D. Quando o computador superpõe as imagens das três bandas no monitor, as células de cada cor, brilham com intensidades proporcionais aos níveis digitais de cada píxel da imagem monocromática correspondente e o resultado percebido é uma imagem colorida. Se você olhar para a tela do monitor com uma lente de aumento poderá observar essas trincas, entretanto sem a lente, cada uma delas funciona como se fosse um único píxel já que o seu sistema visual não tem resolução suficiente para percebê-las. Resumindo: decompõe-se a imagem para registrá-la e compõe-se os registros para exibi-la de forma colorida.

No exemplo da figura 10 você pode perceber que as imagens da vegetação nas componentes **A**, **B** e **C** guardam estreita relação com a assinatura espectral da folha mostrada na figura 5. Note que em **A**, a vegetação aparece escura, na **B** onde a reflectância é maior aparece em tonalidade mais clara e na imagem **C**, onde a clorofila absorve a radiação vermelha, aparece novamente mais escura; com base na figura 4, é fácil entender porque a vegetação aparece verde na imagem colorida. Como exercício, tente justificar a aparência da área de solo preparado que aparece na imagem colorida.

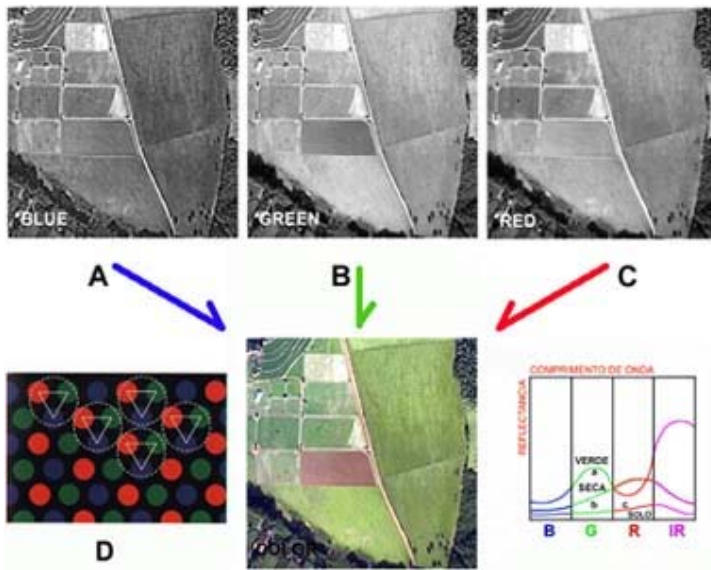


Figura 10. Sintetizando uma imagem colorida.

CÂMARAS NÃO CONVENCIONAIS

Um **sensor remoto** é um sistema opto-eletrônico utilizado para gerar imagens ou outro tipo de informações, sobre objetos distantes. A câmara digital que analisamos pode ser considerada como um sensor remoto quando instalada em uma aeronave para fotografar a superfície da Terra; entretanto esse sensor remoto seria ainda muito simples e gerando imagens coloridas apenas na parte visível do espectro.

A figura 11 mostra como a nossa câmara digital pode ser aperfeiçoada para obter imagens que incluam a banda infravermelha (muito importante para o estudo da vegetação). Para isto, o nosso sistema sensor foi modificado para incluir um filtro e um chip CCD, sensível à radiação infravermelha, no lugar do filtro e do chip CCD da banda azul. Neste caso, os filtros dicróicos fazem uma separação preliminar das bandas em verde, vermelha e infravermelha e os filtros secundários separam com maior precisão as bandas desejadas. As imagens geradas nos 3 chips CCD são então armazenados em um arquivo compatível com computador da mesma forma que na câmara convencional.

Como não existe uma cor básica correspondente ao infravermelho, um artifício é utilizado na hora de observar a imagem obtida no computador. Utilizamos a cor básica azul para representar o registro da banda verde, a cor verde para representar o registro da banda vermelha e a cor vermelha para representar o registro da banda infravermelha. Você pode ver que a imagem produzida desta forma, na figura 12, tem as formas e textura esperadas entretanto, as cores não correspondem à nossa experiência visual e por isso esse tipo de imagem é denominada **falsa-cor**.

Imagens construídas com a banda infravermelha podem ter uma quantidade muito maior de informações temáticas que as convencionais (de cores naturais); entretanto, é importante ressaltar que o significado dessas cores e suas variações, deve ser analisado com base no conhecimento das assinaturas espectrais dos objetos, para que possamos extrair informações corretas sobre as suas propriedades.

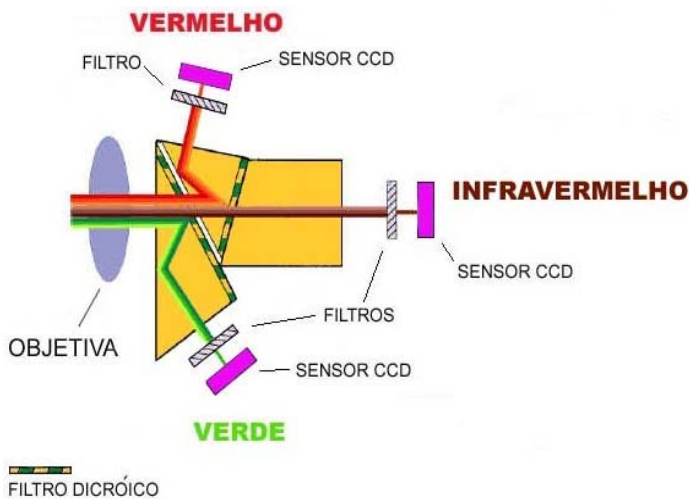
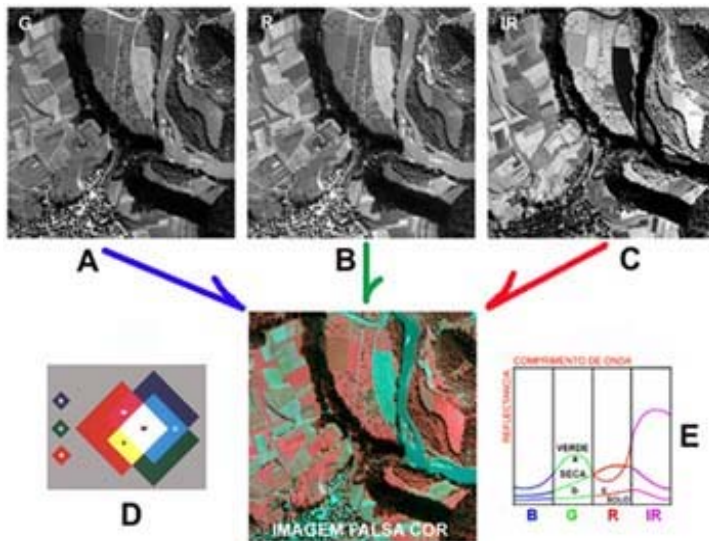


Figura 11. Uma câmara digital de infravermelho.



Veja na figura 12 que a vegetação aparece em tonalidades de magenta e isso é simples de explicar se você observar que na assinatura espectral da vegetação predominam as reflectâncias nas bandas verde (B) e infravermelha (C), sendo esta última maior. Como estas bandas são representadas na imagem pelas cores azul e vermelha, a mistura destas (ver figura 4) gera as tonalidades de magenta com predominância de vermelho. Da mesma forma, a tonalidade cian do solo resulta das reflectâncias mais elevadas nas bandas vermelha e infravermelha. Veja na imagem c que a água do rio tem reflectância quase nula na banda infravermelha; observando as imagens (A e B), qual seria a cor natural desse rio?

Figura 12. Sintetizando uma imagem falsa-cor

Da mesma forma que a nossa câmara foi modificada para funcionar na banda infravermelha, outras bandas podem ser incluídas utilizando chips e filtros adequados. Nos sensores orbitais, como o Landsat, Spot e o Cbers, os sensores são bem mais sofisticados e tem muitas bandas (veja na tabela 1), entretanto seguem os mesmos princípios discutidos para a nossa câmara digital.

SATÉLITES ARTIFICIAIS

Sensores remotos podem ser colocados em aeronaves, foguetes e balões para obter imagens da superfície da Terra, entretanto estas **plataformas** são operacionalmente caras e limitadas.

Uma boa idéia neste caso é utilizar satélites artificiais para instalar esses sistemas. Um satélite pode ficar girando em órbita da Terra por um longo tempo e não necessita combustível para isso; além do mais, a sua altitude permite que sejam obtidas imagens de grandes extensões da superfície terrestre de forma repetitiva e a um custo relativamente baixo.

Como os satélites ficam em órbita e não caem? Esta é uma pergunta freqüente cuja resposta é bastante fácil de entender. Vamos imaginar uma experiência simples: pegue uma pedra, levante-a do chão e solte; a pedra cai verticalmente puxada pelo seu peso, isto é, pela força da gravidade. Jogue a pedra horizontalmente em frente, ela também cai só que desta vez realiza uma trajetória curva antes de atingir o solo. Vamos melhorar o nosso experimento; agora você sobe num lugar bem alto (que tal o pico do Everest?) e lança novamente a pedra em frente com bastante força; esta ainda descreve um arco antes de cair ao solo, só que muito mais longe de você. Se você puder lançá-la com tanta força que o arco que realiza seja paralelo à curvatura da Terra, então a pedra dará a volta na Terra, passará por você (abaixe a cabeça!) e continuará "caindo", isto é dando voltas em torno da Terra. Neste momento você poderá dizer que a pedra entrou em órbita e se transformou num satélite da Terra (como a Lua). Neste experimento você pode perceber que existe uma velocidade crítica de lançamento para que a pedra entre em órbita (a bem da verdade, nesse experimento, a pedra logo cairá ao solo porque a resistência do ar diminuirá constantemente a sua velocidade e a órbita será uma espiral descendente).

Como levar um satélite artificial (que pode pesar algumas toneladas) para uma grande altitude, onde a resistência do ar seja desprezível, e fazê-lo atingir aquela velocidade crítica para permanecer em órbita durante um longo tempo? A solução para este problema está na utilização dos foguetes que são sistemas extremamente poderosos e capazes de levar grandes cargas para grandes altitudes onde a resistência do ar é desprezível. Como você pode ver na figura 13, o foguete após disparado, realiza uma trajetória curva enquanto sobe e, no momento que atinge a altitude desejada e com a velocidade crítica necessária, libera o satélite e este permanece em órbita, girando em torno da Terra.

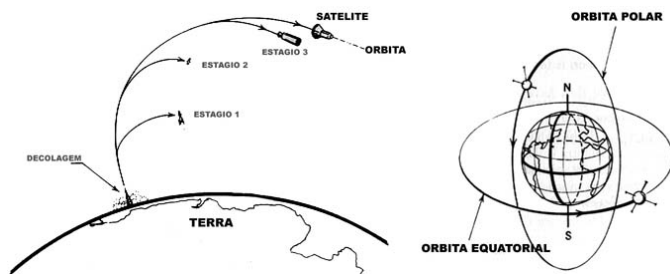


Figura 13. Pondo satélites em órbita.

Como você pode notar na figura 13, o plano da órbita pode ser **polar**, **equatorial** ou estar em qualquer outro plano adequado para o tipo de aplicação do satélite. O **período de rotação** do satélite é o tempo que ele leva para dar uma volta completa em torno da Terra e isto depende de sua altitude. Muitos satélites de comunicações e meteorológicos são **geoestacionários**, isto é, ficam aparentemente "parados" no céu sobre um mesmo ponto da superfície terrestre; neste caso, o seu período de rotação deve ser de 24 horas e por isso, são lançados em órbita equatorial, a cerca de 36000 km de altitude, na mesma direção de rotação da Terra (de oeste para leste). Existe uma grande quantidade desses satélites utilizados para a difusão de sinais de rádio e televisão, retransmissão de telefonia e geração de imagens meteorológicas. Certamente você já assistiu no boletim meteorológico da TV, uma animação que mostra o deslocamento das nuvens sobre a superfície da Terra; essa animação é uma seqüência de imagens produzidas (à cada meia hora) por esses satélites meteorológicos geoestacionários.

IMAGEADORES ORBITAIS

Os satélites artificiais são plataformas estruturadas para suportar o funcionamento de instrumentos de diversos tipos e, por isso, elas são equipadas com sistemas de suprimento de

energia (painéis solares que convertem a energia radiante do Sol em energia elétrica e a armazenam em baterias), de controle de temperatura, de estabilização, de transmissão de dados, etc.

Os satélites de observação da Terra são plataformas com a estrutura básica citada anteriormente e que tem como instrumento principal um sistema sensor capaz de produzir imagens da superfície da Terra em várias bandas simultâneas; neste caso, o imageador orbital funciona basicamente como a câmara digital que analisamos e com as adaptações necessárias para gerar imagens em muitas bandas.

De modo geral os sistemas imageadores orbitais, para aplicações em Geociências, tem órbitas de pequena inclinação com relação aos meridianos, isto é, órbitas do tipo **quase-polar**. Esse tipo de órbita associado ao seu período de rotação faz com que o satélite passe sempre "voando" de norte para sul na parte da Terra que está iluminada pelo Sol, cruzando o equador no mesmo horário (por volta de 10h local), quando as condições de iluminação são as mais adequadas para a aquisição de imagens. Um efeito desse tipo de órbita, combinado com a rotação da Terra, é que o satélite passa sobre uma região diferente da Terra em cada rotação, voltando depois de um período de vários dias, denominado **período de revisita**, a passar sobre a mesma região. Esta característica orbital é muito importante porque permite a aquisição de imagens periódicas de uma mesma região, o que é muito conveniente para analisar fenômenos temporais ou obter imagens sem nuvens. Veja na tabela **la**, **b** e **c** o período de revisita dos principais satélites utilizados em Sensoriamento Remoto.

Quando o satélite de Sensoriamento Remoto avança de norte para sul em sua órbita, seu sensor multibandas pode produzir imagens de uma faixa da superfície terrestre, como mostra a figura 14. Aproveitando o movimento do satélite, o imageador utiliza chips CCD lineares (uma só linha de detectores) para produzir (em várias bandas) as linhas de imagem transversais ao seu deslocamento na órbita. Essas linhas de imagem ou **linhas de varredura**, são transmitidas para as estações receptoras na Terra, à medida que vão sendo produzidas. A recepção e gravação dessas linhas é feita por meio de receptores, gravadores e grandes antenas parabólicas, como as do **INPE** em Cuiabá que acompanham o satélite em sua trajetória (de norte para sul) de horizonte a horizonte.

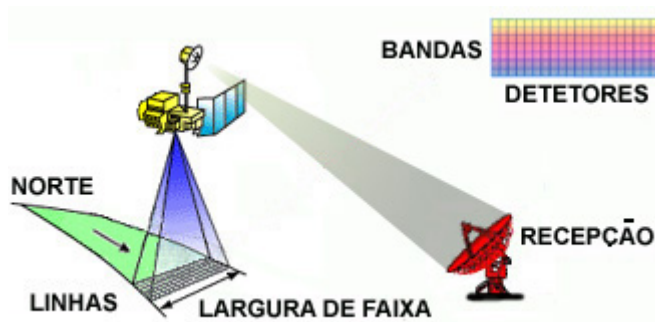
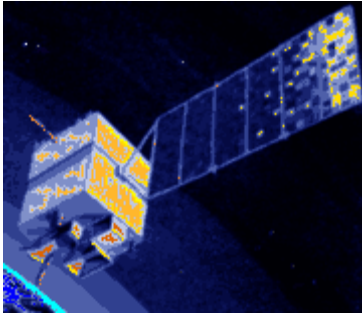


Figura 14. Varredura de um imageador orbital multibandas.

As fitas magnéticas contendo a gravação das linhas de varredura produzidas pelo imageador orbital são então processadas nos computadores das estações terrenas, para gerar as cenas correspondentes a cada banda. Neste caso, cada cena é um conjunto de linhas cuja quantidade é suficiente para gerar imagens no formato estabelecido para cada tipo de imageador orbital.



CBERS: CHINESE-BRAZILIAN EARTH RESOURCES SATELLITE

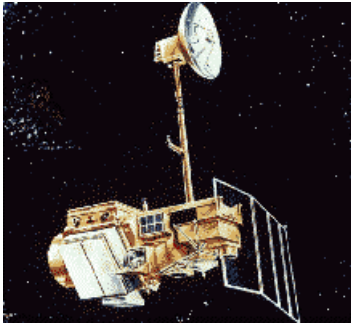
CARACTERÍSTICAS GERAIS	
Massa	1.450 kg
Potência do painel solar	1.100 watts
Dimensões do painel solar	6,3 x 2,6m
Dimensões do corpo	2,0m x 8,3m x 3,3m (em orbita)
Tempo de vida	2 anos (confiabilidade de 0,6)

CARACTERÍSTICAS ORBITAIS	
Altitude média	778 km
Inclinação	98,5 graus com o equador
Revoluções por dia	14 + 9/26
Período	100,26 minutos
Cruzamento do equador	10h 30min

CARACTERÍSTICAS DOS IMAGEADORES			
Imageadores >	CCD	IR-MSS	WFI
Bandas Espectrais (?m)	0,51 – 0,73 (pan) 0,45 – 0,52 0,52 – 0,59 0,63 – 0,69 0,77 – 0,89	0,50-1,10 pan 1,55-1,75 2,08-2,35 10,40-12,50	0,63-0,69 0,76-0,90
Resolução espacial (m)	20	80 (pan e IV)	260
Período de revisita (nadir):	26 dias	26 dias	3-5 dias
Período de revisita (off-nadir):	3 dias (+/- 32°)	-	-

Largura da faixa imageada	113 km	120 km	890 km
Ângulo de visada lateral	+/- 32°	-	-

Tabela I-a. Satélites de Sensoriamento Remoto



LANDSAT 7: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE – USA

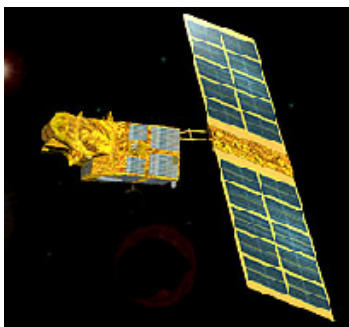
CARACTERÍSTICAS GERAIS	
Massa	~2100 kg
Potência do painel solar	Nd
Dimensões do painel solar	Nd
Dimensões do corpo	Nd
Tempo de vida	> 5 anos

CARACTERÍSTICAS ORBITAIS	
Altitude média	705 km
Inclinação	98.2
Revoluções por dia	~14
Período	98 minutos
Cruzamento do equador	~10h15min

CARACTERÍSTICAS DOS IMAGEADORES						
Imageadores >	TM (LANDSAT 5)			ETM+ (LANDSAT 7)		
Bandas espectrais (?m)	0,45	-	0,52	0,45	-	0,52
	0,52	-	0,60	0,53	-	0,61
	0,63	-	0,69	0,63	-	0,69
	0,76	-	0,90	0,78	-	0,90

	1,55 - 1,75	1,55 - 1,75
	10,4 - 12,5	10,4 - 12,5
	2,08 - 2,35	2,08 - 2,35
		0,52 - 0,90 (pan)
Resolução espacial (m)	30m	30 m
	120 m (termal)	60 m (termal)
		15 m (pan)
Período de revisita	16 dias	16 dias
Largura da faixa imageada	185 km	185 km

Tabela I-b. Satélites de Sensoriamento Remoto



SPOT 4: SISTÈME PROBATOIRE DE L'OBSERVATION DE LA TERRE - FRANCE

CARACTERÍSTICAS GERAIS	
Massa	2700 kg
Potência do painel solar	2.100 watts
Dimensões do painel solar	8m (comprimento)
Dimensões do corpo	2,0m x 2,0m x 5,6m
Tempo de vida	>5 anos

CARACTERÍSTICAS ORBITAIS	
Altitude média	822 km

Inclinação	98.7
Revoluções por dia	~14
Período	101.4 minutos
Cruzamento do equador	~10h30min

CARACTERÍSTICAS DOS IMAGEADORES HRVIR		
Imageadores >	MULTIESPECTRAL	PANCRO
Bandas espectrais (?m)	0,50 - 0,59 (verde) 0,61 - 0,68 (vermelha) 0,79 - 0,89 (infravermelho)	0,61 - 0,68
Resolução espacial (m)	20 m	10 m
Período de revisita (nadir):	26 dias	26 dias
Período de revisita (off-nadir):	3 dias	3 dias
Largura da faixa imageada	117 km (2X60km)	117 km (2X60km)
Ângulo de visada lateral	+/- 27°	+/- 27°

Tabela I-c. Satélites de Sensoriamento Remoto