

## **CAPÍTULO 10**

# **UTILIZAÇÃO DE IMAGENS TRANSMITIDAS POR SATÉLITES METEOROLÓGICOS**

**Nelson Jesus Ferreira\***

**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**

---

\* e-mail: [nelson@ltd.inpe.br](mailto:nelson@ltd.inpe.br)



## ÍNDICE

|   |                |
|---|----------------|
| <b>LISTA DE FIGURAS .....</b>                               | <b>10 - 5</b>  |
| <b>LISTA DE TABELAS .....</b>                               | <b>10 - 7</b>  |
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                   | <b>10 - 9</b>  |
| 1.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS SATÉLITES METEOROLÓGICOS ... | 10 - 9         |
| <b>2 TIPOS DE ÓRBITAS .....</b>                             | <b>10 - 10</b> |
| 2.1 SATÉLITES METEOROLÓGICOS GEOESTACIONÁRIOS .....         | 10 - 10        |
| 2.2 SATÉLITES DE ÓRBITA POLAR .....                         | 10 - 13        |
| <b>3 TIPOS DE IMAGENS .....</b>                             | <b>10 - 14</b> |
| 3.1 INFRAVERMELHO .....                                     | 10 - 15        |
| 3.2 VISÍVEL .....   | 10 - 17        |
| 3.3 VAPOR DE ÁGUA .....                                     | 10 - 19        |
| <b>4 APLICAÇÕES EM METEOROLOGIA E ÁREAS AFINS .....</b>     | <b>10 - 22</b> |
| 4.1 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR .....                  | 10 - 22        |
| 4.2 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE CONTINENTAL .....             | 10 - 23        |
| 4.3 NEVOEIROS .....   | 10 - 24        |
| 4.4 ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO .....                       | 10 - 25        |
| 4.5 QUEIMADAS .....   | 10 - 26        |
| <b>5 INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS .....</b>                     | <b>10 - 27</b> |

**6 BIBLIOGRAFIA ..... 10 - 29**

## LISTA DE FIGURAS

|   |                |
|---|----------------|
| <b>FIGURA 2.1 - POSIÇÃO TÍPICA DE UM SATÉLITE GEOESTACIONÁRIO</b><br>.....  | <b>10 - 11</b> |
| <b>FIGURA 2.2 - REGIÃO MONITORADA PELO GOES-EAST</b> .....  | <b>10 - 12</b> |
| <b>FIGURA 2.3 - REGIÃO MONITORADA PELO GOES-WEST</b> .....  | <b>10 - 12</b> |
| <b>FIGURA 2.4 - REGIÃO MONITORADA PELO GMS</b> .....  | <b>10 - 12</b> |
| <b>FIGURA 2.5 - REGIÃO MONITORADA PELO FENGYUN-2</b> .....  | <b>10 - 12</b> |
| <b>FIGURA 2.6 - REGIÃO MONITORADA PELO ELEKTRO</b> .....  | <b>10 - 13</b> |
| <b>FIGURA 2.7 - REGIÃO MONITORADA PELO METEOSAT-5</b> .....   | <b>10 - 13</b> |
| <b>FIGURA 2.8 - ILUSTRAÇÃO DO TRAJETO DOS SATÉLITES DE ÓRBITA<br/>POLAR</b> .....   | <b>10 - 14</b> |
| <b>FIGURA 3.1 - O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO SEGUNDO O<br/>COMPRIMENTO DE ONDA (EIXO DIRETO) E FREQUÊNCIA (EIXO<br/>ESQUERDO)</b> ..... | <b>10 - 15</b> |
| <b>FIGURA 3.2a - IMAGEM INFRAVERMELHO, SATÉLITE GOES-8, 18/10/99,<br/>16:00 HORAS</b> .....   | <b>10 - 16</b> |
| <b>FIGURA 3.2b - IMAGEM INFRAVERMELHO, SATÉLITE GOES-8, 08/05/2000,<br/>06:00 UTC</b> .....   | <b>10 - 17</b> |
| <b>FIGURA 3.3a - IMAGEM VISÍVEL, SATÉLITE GOES-8, 18/10/99, 16:00<br/>HORAS</b> .....   | <b>10 - 18</b> |
| <b>FIGURA 3.3b - GOES-8, VISÍVEL, 03 Z, 08/05/2000</b> .....  | <b>10 - 18</b> |
| <b>FIGURA 3.3c - GOES-8, VISÍVEL, 06 Z, 08/05/2000</b> .....  | <b>10 - 18</b> |

|  |                |
|--|----------------|
| <b>FIGURA 3.3d - GOES-8, VISÍVEL, 09 Z, 08/05/2000 .....</b>   | <b>10 - 19</b> |
| <b>FIGURA 3.3e - GOES-8, VISÍVEL, 12 Z, 08/05/2000 .....</b>   | <b>10 - 19</b> |
| <b>FIGURA 3.3f - GOES-8, VISÍVEL, 18 Z, 08/05/2000 .....</b>   | <b>10 - 19</b> |
| <b>FIGURA 3.3g - GOES-8, VISÍVEL, 18 Z, 09/05/2000 .....</b>   | <b>10 - 19</b> |
| <b>FIGURA 3.4 - IMAGEM VAPOR D'ÁGUA, SATÉLITE GOES-8, 18/10/99, 16:00 HORAS .....</b>  | <b>10 - 20</b> |
| <b>FIGURA 4.1 - CORTE VERTICAL ILUSTRANDO A EVOLUÇÃO DO PADRÃO DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR NO OCEANO PACÍFICO. EM ANOS NORMAIS ÁGUAS QUENTES (EM VERMELHO) SE CONCENTRAM NO SETOR OESTE DO OCEANO PACÍFICO E EM ANOS DE EL NIÑO DESLOCA-SE PARA O PACÍFICO LESTE .....</b> | <b>10 - 23</b> |
| <b>FIGURA 4.2 - TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE CONTINENTAL ESTIMADA UTILIZANDO-SE DADOS DO SATÉLITE GOES .....</b>  | <b>10 - 24</b> |
| <b>FIGURA 4.3 - MONITORAMENTO DE NEVOEIROS/STRATUS (EM AMARELO) UTILIZANDO-SE SATÉLITES .....</b>  | <b>10 - 25</b> |
| <b>FIGURA 4.4 - ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO UTILIZANDO-SE O SATÉLITE METEOROLÓGICO GOES .....</b>  | <b>10 - 26</b> |
| <b>FIGURA 4.5 - DISTRIBUIÇÃO DOS FOCOS DE FOGO, ESTIMADOS COM DADOS DE SATÉLITES .....</b>   | <b>10 - 27</b> |

## LISTA DE TABELAS

|   |                |
|---|----------------|
| <b>TABELA 3.1 - CANAIS ESPECTRAIS DO GOES-8 .....</b> | <b>10 - 21</b> |
|---|----------------|





## **1 INTRODUÇÃO**

Os satélites meteorológicos são utilizados principalmente para o monitoramento dos sistemas de tempo (nuvens) que atuam em nosso planeta. Neste sentido, eles podem por exemplo, identificar tempestades violentas, ondas de frio, tornados e furacões. Além disso, eles também são utilizados para observar diversas características da superfície terrestre tais como cobertura vegetal, queimadas etc. Uma característica importante dos satélites meteorológicos é sua ampla cobertura espacial. Isto possibilita monitorar locais onde existem poucas observações meteorológicas, como é o caso dos oceanos e da Região Amazônica.

Os satélites meteorológicos fazem parte do grupo de satélites de sensoriamento e monitoramento do meio ambiente em nosso Planeta. A Meteorologia entrou na era do espaço no dia 01 de abril de 1960, com o lançamento do primeiro satélite meteorológico TIROS (Television and Infra-Red Observation Satellite), que levava a bordo um par de câmeras de televisão em miniatura. Desde aquela data, numerosos satélites foram lançados sempre incorporando novas tecnologias para aprimorar a capacidade de observação. No Brasil, o INPE iniciou suas atividades em Meteorologia por Satélites em 1967. A seguir seguem algumas considerações sobre as características gerais dos satélites e dos dados transmitidos por eles.

### **1.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS SATÉLITES METEOROLÓGICOS**

Os dados transmitidos pelos satélites meteorológicos podem ser convertidos em imagens fotográficas ou processados na forma digital. A qualidade desses dados depende das características do satélite utilizado. Essencialmente existem dois tipos de satélites meteorológicos: os geoestacionários e os de órbita polar. Os geoestacionários tem a mesma velocidade de rotação da Terra e os de órbita polar orbitam em um plano quase perpendicular ao equador, mantendo sempre o mesmo ângulo com o sol.

Como mencionado anteriormente, a energia (proveniente de nosso Planeta) detectada pelos sensores instalados a bordo dos satélites meteorológicos, é transmitida à Terra em forma de sinais eletrônicos. Esses sinais, associados a temperatura e refletividade dos alvos, podem ser convertidos diretamente em tonalidades de cinza (imagem fotográfica) ou então processados na forma digital. Os sinais digitais contêm muito mais informações do que as imagens em papel fotográfico, onde os inúmeros níveis de cinza não podem ser vistos. Os dados digitais podem ser retificados para mapas de diferentes escalas e transformados em imagens gradeadas. Além disso, a escala de cinza pode ser alterada para identificar áreas de interesse, tais como a temperatura da superfície terrestre e nuvens. Neste caso, pode-se utilizar inclusive cores falsas para destacar essas áreas. Finalmente, os dados digitais podem ser processados para inferir informações sobre vento, temperatura, umidade etc.

## **2 TIPOS DE ÓRBITAS**

Como mencionado anteriormente, os satélites meteorológicos podem ser classificados de acordo com sua órbita, em geoestacionários e de órbita polar.

### **2.1 SATÉLITES METEOROLÓGICOS GEOESTACIONÁRIOS**

Os satélites geoestacionários fornecem imagens de uma mesma região geográfica, a cada 30 minutos, no canal visível (sensor equivalente ao que o olho humano enxerga) durante o dia, e no espectro infravermelho (sensor que mede a energia/temperatura emitida pelos corpos) dia e noite. O menor elemento de área (resolução espacial) detectado pelos satélites varia de 1 km até 8 km. Os satélites geoestacionários ou geosíncronos, orbitam no plano equatorial da Terra (Figura 2.1) a cerca de 36.000km de altura sobre um ponto fixo na superfície terrestre. Nesta altura, o período orbital do satélite coincide com a rotação da Terra, e o satélite parece estar estacionado sobre o mesmo ponto no equador. Como o campo de visada de um satélite geoestacionário é fixado, ele sempre vê a mesma região geográfica. Isto é ideal para acompanhar de

maneira quase continua a evolução do estado da atmosfera e dos padrões de nuvens numa certa região.

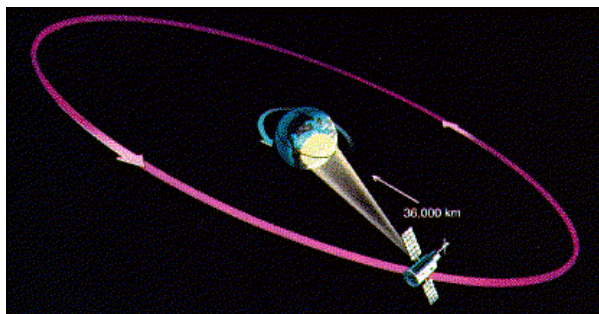


Fig.2.1 - Posição típica de um satélite geoestacionário.

FONTE:

O satélite GOES-8 é um satélite geoestacionário americano que atualmente monitora o nosso continente. Os satélites geoestacionários medem em tempo real, significando que eles transmitem fotografias para estações de recepção em Terra, assim que as "câmeras" obtêm a foto. Uma sucessão de fotos desse satélite pode ser mostrada em seqüência para produzir um filme mostrando movimentos de nuvens. Isto possibilita aos meteorologistas monitorar a evolução dos sistemas meteorológicos. A direção e velocidade do vento também podem ser determinadas monitorando-se os movimentos de nuvens. Atualmente existem os seguintes satélites meteorológicos geoestacionários:

- GOES-EAST (norte americano); monitora a América do Norte e América do Sul, Figura 2.2,
- GOES-WEST(norte americano); monitora o Oceano Pacífico Leste, Figura 2.3,
- GMS (japonês); monitora o Japão e Austrália e o oceano Pacífico Oeste, Figura 2.4,
- FENGYUN-2 (chinês); monitora a China e oceano Índico, Figura 2.5.
- ELEKTRO (russo); monitora a Ásia Central e Oceano Indico, Figura 2.6,
- METEOSAT (europeu); monitora a Europa e África, Figura 2.7,



Fig. 2.2 - Região monitorada pelo GOES-EAST.

FONTE: <http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/uncgi/Earth>



Fig.2.3 - Região monitorada pelo GOES-WEST.

FONTE: <http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/uncgi/Earth>



Fig.2.4 - Região monitorada pelo GMS.

FONTE: <http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/uncgi/Earth>



Fig.2.5 - Região monitorada pelo FENGYUN 2

FONTE: <http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/uncgi/Earth>



Fig.2.6 - Região monitorada pelo ELEKTRO.

FONTE: <http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/uncgi/Earth>



Fig.2.7 - Região monitorada pelo METEOSAT-5.

FONTE: <http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/uncgi/Earth>

## 2.2 SATÉLITES DE ÓRBITA POLAR

Os satélites de órbita polar aproximadamente seguem os meridianos, passando sobre os pólos norte e sul em cada revolução (Figura 2.8). Tipicamente, esses satélites são colocados numa órbita síncrona com o sol, numa altura entre 700 a 850 Km, com período orbital de cerca de 100 minutos. Como a Terra gira para leste abaixo do satélite, cada passagem monitora uma área a oeste da passagem anterior. Os satélites de órbita polar têm a vantagem de fotografarem nuvens diretamente abaixo deles. Desta forma podem fornecer informações detalhadas sobre tempestades, sistemas de nuvens, queimadas e cobertura vegetal.

Estes satélites são também chamados de heliosíncronos, por manterem constante a sua posição angular relativa ao sol. Eles são colocados em órbita circular, polar, com período em torno de 100 minutos. A observação da Terra a partir destes satélites é feita, sobre uma mesma região, em passagens que se repetem a cada seis horas, alternadamente, quando se dispõe de dois satélites.

Atualmente os satélites meteorológicos de órbita polar (NOAA 14 e 15) carregam inúmeros sensores para medir variáveis meteorológicas, tais como temperatura, umidade e ozônio, fornecendo informações importantes para os meteorologistas, agricultores, pescadores e pilotos. Dentre essas variáveis destacam-se as medidas da temperatura da superfície do mar e medidas de radiação.

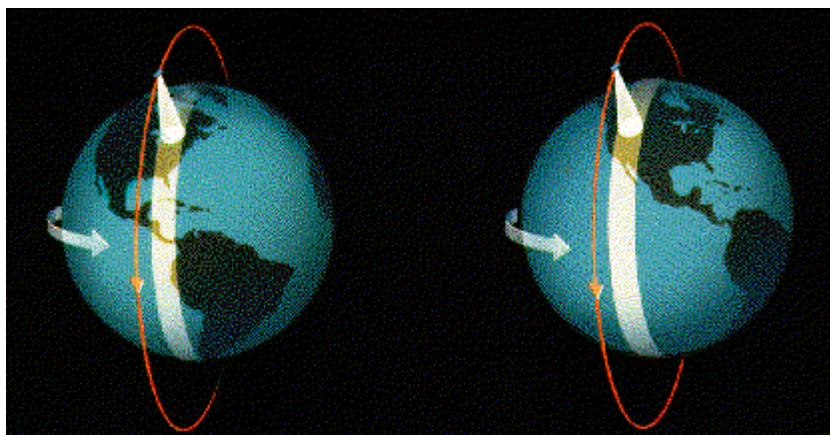


Fig.2.8 - Ilustração do trajeto dos satélites de Órbita Polar.

FONTE:

### 3 TIPOS DE IMAGENS

A radiação, quando disposta de acordo com os comprimentos de onda (distância entre duas cristas consecutivas de uma onda), forma um arranjo contínuo, conhecido como espectro eletromagnético (Figura 3.1). A energia radiante transmitida pelo sol abrange uma ampla faixa, que vai desde os raios gama e raios X (ondas muito curtas) até as ondas de rádio (ondas longas). Nossos sentidos são capazes de detectar a radiação somente quando seus comprimentos de onda situam-se dentro da região do espectro entre aproximadamente 0,1 e 100 micra. Nessa faixa de comprimento de onda, a radiação chamada infravermelha pode causar aquecimento num corpo receptor, na faixa (banda) entre aproximadamente 1,0 a 100 micra. O nervo ótico do olho é sensível à radiação de luz visível na banda estreita entre 0,38 e 0,76 micra. Em Meteorologia, o trecho do espectro que é de maior interesse compreende uma parte do infravermelho (de 8 a 16 micra) e a luz visível (de 0,38 a 0,76 micra). A seguir, apresenta-se as principais

características dos sensores utilizados para medir a energia proveniente dessas faixas espectrais.

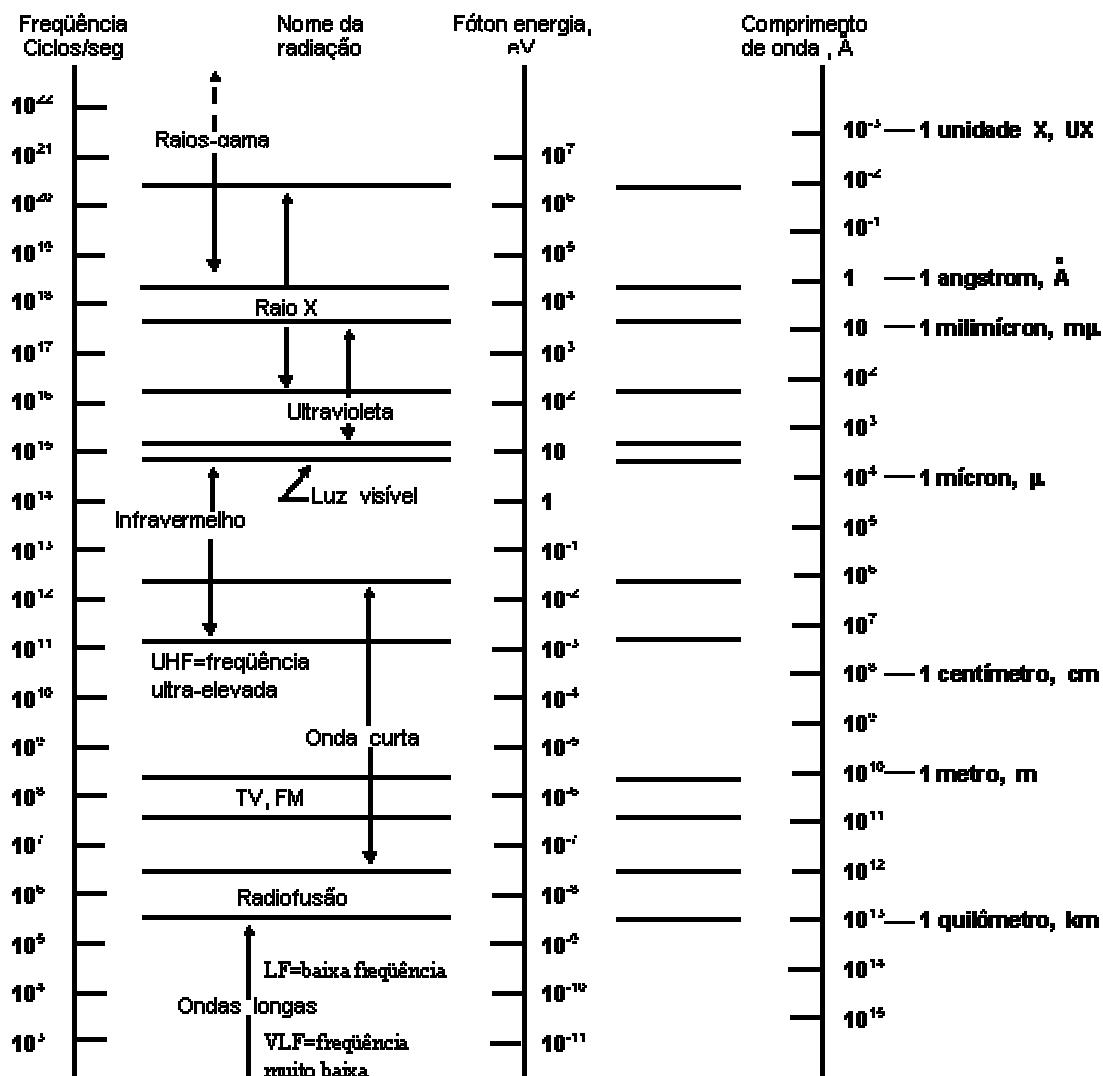


Fig.3.1 - O espectro eletromagnético segundo o comprimento de onda (eixo direito) e frequência (eixo esquerdo).

FONTE:

### 3.1 INFRAVERMELHO

Os dados no infravermelho são obtidos através dos sensores que medem a radiação de ondas longas, emitidas por nuvens e por superfícies continentais e oceânicas. Baseados em instrumentos adequadamente calibrados, essas medidas podem ser convertidas nas

temperaturas dos corpos detectados, e dispostos como tons de cinza em papel fotográfico, ou então, processados na forma digital. Quanto mais quente a superfície, mais radiação infravermelha é emitida. Assim, numa imagem de satélite, nuvens com topos frios e/ou com grande desenvolvimento vertical, apresentam-se com tonalidade branca enquanto que as nuvens baixas são relativamente mais quentes, e portanto apresentam tonalidade cinza escura. Assim, as imagens no infravermelho (Figuras 3.2a e 3.2b) são utilizadas para distinguir tanto diferenças de temperatura em nuvens como também da superfície da Terra ou do mar. No caso de nuvens, estas diferenças trazem informações sobre a altitude delas. A grande vantagem dos sensores infravermelho é que eles fornecem imagens dia e noite.

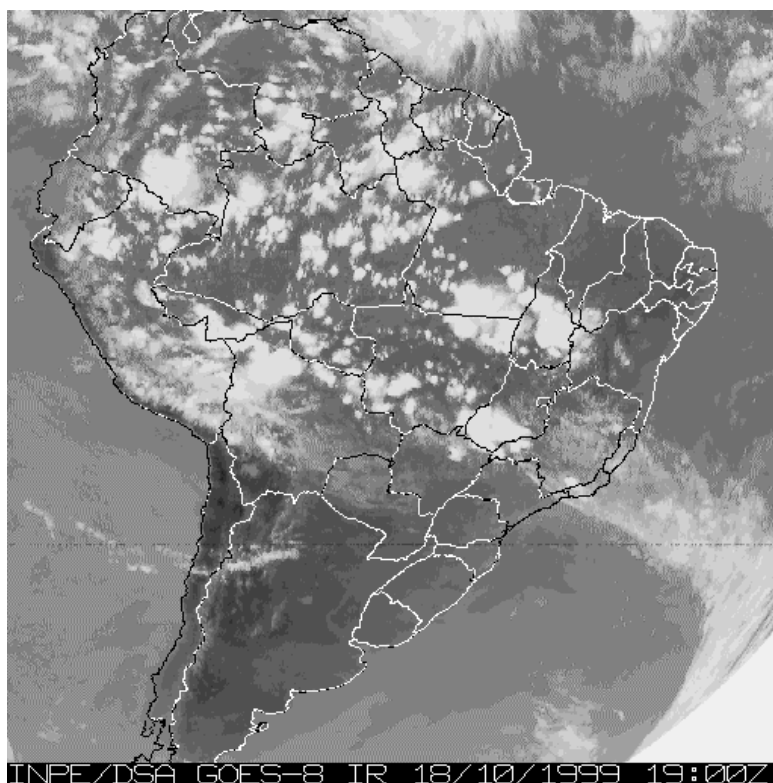


Fig.3.2a - Imagem Infravermelho, satélite GOES-8, 18/10/99, 16:00 horas.

FONTE: INPE, Divisão de Satélites Ambientais.



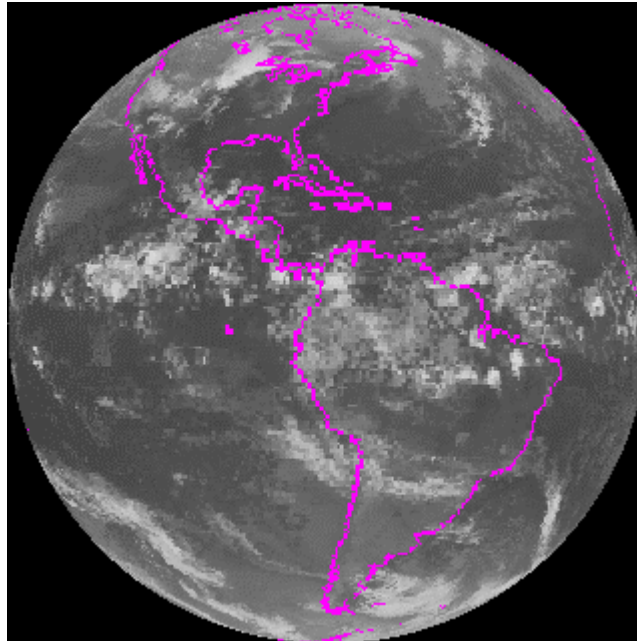


Figura 3.2b - Imagem Infravermelho, satélite GOES-8, 08/05/2000, 06:00 UTC  
FONTE: Universidade de Wisconsin-Madison, Space Science and Engineering Center.

### 3.2 VISÍVEL

Os dados no espectro visível são transmitidos pelos sensores instalados a bordo dos satélites meteorológicos, que medem a radiação refletida na porção visível do espectro eletromagnético. Isto é equivalente a tirar fotos em branco e preto da Terra. As áreas brilhantes (Figura 3.3a) mostram onde o sol está sendo refletido de volta para o espaço devido a cobertura de nuvens. Nuvens e neve parecem brancas e os oceanos e superfície continental parecem escuros. A refletividade de uma nuvem está relacionada com a espessura da mesma. As imagens no visível são bastante utilizadas para a identificação de estruturas e tipos de nuvens. Uma limitação desse tipo de dados é que eles são disponíveis só durante o dia. Uma limitação desse tipo de dados é que eles são disponíveis só durante o dia. As Figuras 3.3b a 3.3g exemplificam a cobertura diurna dessas imagens.

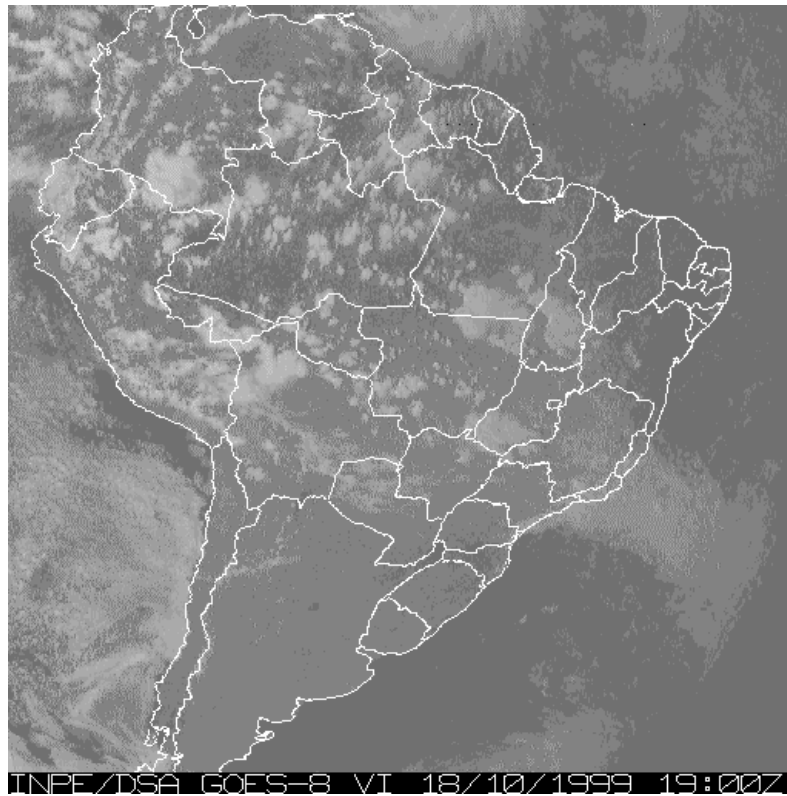


Fig.3.3a - Imagem Visível, satélite GOES-8, 18/10/99, 16:00 horas.

FONTE: INPE, Divisão de Satélites Ambientais.



Fig. 3.3b - GOES 8, visível, 03Z,  
08/05/2000

FONTE: <http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/uncgi/Earth>



Fig. 3.3c - GOES 8, visível, 06Z,  
08/05/2000

FONTE: <http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/uncgi/Earth>



Fig. 3.3d - GOES 8, visível, 09Z,  
08/05/2000

FONTE: <http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/uncgi/Earth>



Fig. 3.3e - GOES 8, visível, 12 Z ,  
08/05/2000

FONTE: <http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/uncgi/Earth>



Fig. 3.3f - GOES 8, visível, 18Z,  
08/05/2000

FONTE: <http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/uncgi/Earth>

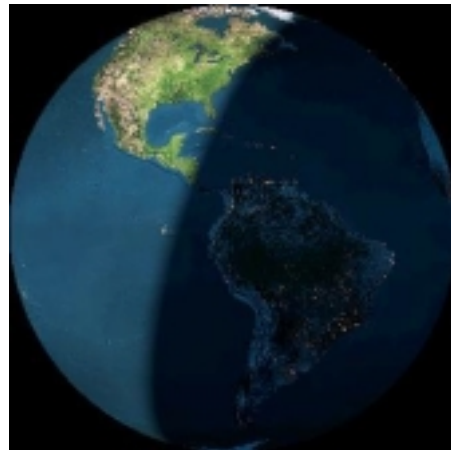


Fig. 3.3g - GOES 8, visível, 18Z,  
09/05/2000

FONTE: <http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/uncgi/Earth>

### 3.3 VAPOR DE ÁGUA

Alguns satélites são equipados com sensores de vapor de água que podem mapear a distribuição de umidade na média troposfera (Figura 3.4), cerca de 5 quilômetros de altura. Essas informações também são úteis para monitorar os movimentos horizontais e verticais dos ventos. Isto é de grande utilidade para os meteorologistas localizarem

correntes de jato (ventos fortes em aproximadamente 10 km de altura), ciclones (centro de pressões baixa) e anticiclones (centro de pressões altas).

Por outro lado, os satélites meteorológicos também podem receber informações ambientais (nível de rios, temperatura, precipitação, vento, pressão etc.) a partir de plataformas de coleta de dados localizadas na superfície terrestre (nível de rios, abalos sísmicos, etc.).Essas informações são automaticamente retransmitidas para estações terrenas de recepção.

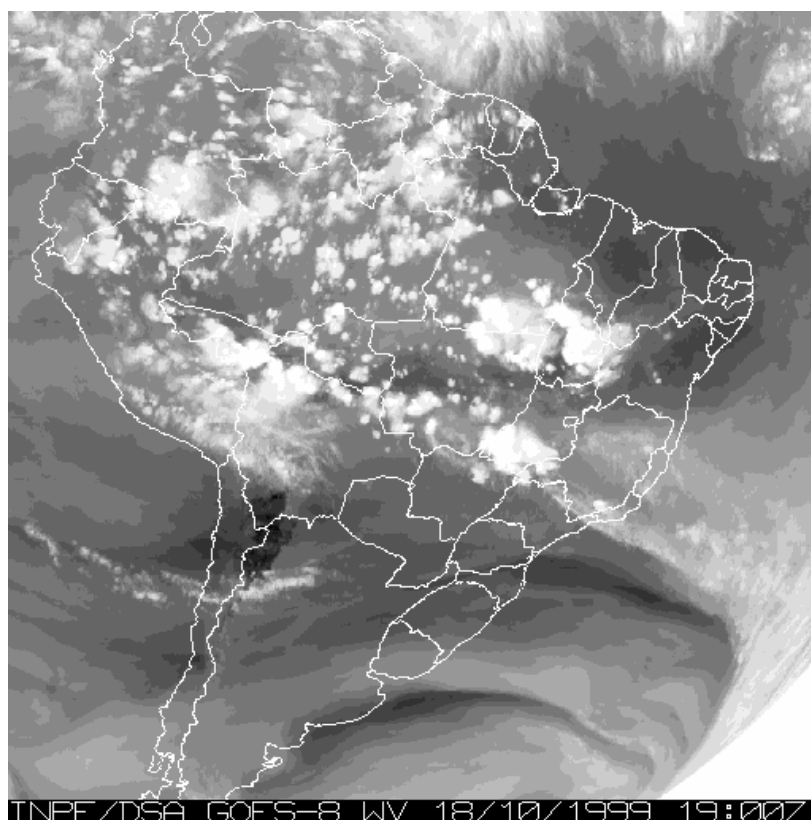


Fig. 3.4 - Imagem Vapor de água, satélite GOES-8, 18/10/99, 16:00 horas.

FONTE:

A tabela a seguir, mostra os principais canais espectrais (sensores) a bordo do GOES-8.

**TABELA 3.1 - CANAIS ESPECTRAIS DO GOES 8.**

| <b>Canal Espectral</b> | <b>Comprimento de onda (<math>\mu</math>)</b> | <b>Resolução Espacial (Km)</b> | <b>Região</b>         |
|------------------------|---|--------------------------------|-----------------------|
| 1                      | 0,7   | 1                              | visível               |
| 2                      | 3,9   | 4                              | infravermelho próximo |
| 3                      | 6,7   | 8                              | vapor d'água          |
| 4                      | 10,7  | 4                              | infravermelho         |
| 5                      | 12,0  | 4                              | infravermelho         |

FONTE:

O canal 1 mede a radiação de ondas curtas refletida pela superfície terrestre e pelas nuvens. A refletividade ou brilho das nuvens está associado com o grau de desenvolvimento vertical das mesmas. Em outras palavras, nuvens com grande desenvolvimento vertical (espessura) apresentam refletividade maiores.

O canal 2 (infravermelho próximo) mede uma combinação da energia refletida pela superfície terrestre e nuvens como também a radiação emitida por esses alvos.

O canal 3 está associado a emissão de energia devido ao vapor d' água presente na média/alta troposfera.

Os canais 4 e 5 medem a energia emitida pela superfície terrestre e nuvens. Enquanto o centro da banda 10,7 micra situa-se na porção do espectro (janela atmosférica) onde praticamente não ocorre absorção, o canal 5 situa-se na faixa espectral onde o vapor d'água absorve parte da energia vinda da baixa troposfera.

## 4 APLICAÇÕES EM METEOROLOGIA E ÁREAS AFINS

### 4.1 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR

As medidas da temperatura da superfície do mar têm inúmeras aplicações. Em regiões oceânicas o mapeamento da temperatura da superfície tem grande valor para a indústria da pesca, pois possibilita a localização de cardumes de peixes em certas faixas de temperatura. Além disso, é através desse monitoramento que os meteorologistas identificam o fenômeno El-Niño na região equatorial do Oceano Pacífico.

O El-Niño é o aumento anormal da temperatura da superfície do mar, na vizinhança do Peru, costa oeste da América do Sul. Como consequência, grandes áreas de instabilidade que tipicamente são localizadas no Pacífico Oeste, deslocam-se para Leste. A mudança dessas áreas de instabilidades provocam uma mudança significativa na circulação geral da atmosfera, provocando enchentes e secas em diversas regiões do Planeta. A Figura 13 ilustra como as águas quentes se deslocam do Pacífico Oeste para leste durante anos de El Niño. Numa situação normal, o Oceano Pacífico tropical é dominado pelos ventos de leste (ventos alísios). A atuação sistemática desses ventos provoca um ligeiro aumento no nível do mar no Pacífico Oeste. Além disso, observa-se a existência de um tipo de oscilação no campo de pressão (conhecida como Oscilação do Sul) entre os Pacífico Oeste e Central/Leste. Essas oscilações estão associadas com o aumento da temperatura da superfície do mar. Em anos de El-Niño observa-se:

- enfraquecimento dos ventos alísios, altas temperaturas na costa oeste da América do Sul, a pressão baixa no Pacífico Oeste e aumenta no Pacífico Central. O El Niño tem uma periodicidade de 3 a 5 anos e dura de 12 a 18 meses. Como consequência desse fenômeno observam-se as seguintes anomalias climáticas: seca na Austrália, chuvas intensas no Sul do Brasil, seca no Nordeste, inundações no Peru e Equador, diminuição de chuvas na Amazônia.

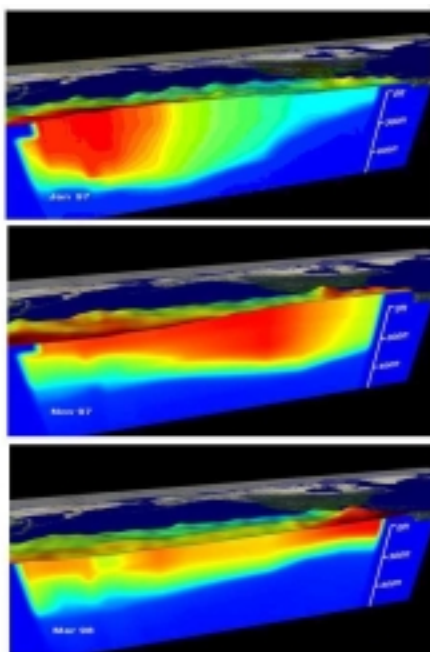


Fig.4.1 - Corte vertical ilustrando da evolução do padrão da temperatura da superfície do mar no Oceano Pacífico. Em anos normais águas quentes (em vermelho) se concentram no setor Oeste do Oceano Pacífico e em anos de El Niño desloca-se para o Pacífico Leste.

FONTE:

#### 4.2 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE CONTINENTAL

Em regiões continentais, o uso de satélites para medir a temperatura da superfície terrestre (sensor infravermelho), é de grande valia para o monitoramento de geadas. Esse fenômeno ocorre quando a temperatura do ar próximo do solo, chega na vizinhança de zero graus centígrados. Há grande interesse econômico em monitorar

geadas durante o inverno, pois os agricultores no sul e sudeste do Brasil podem evitar danos em suas plantações. Medidas da temperatura da superfície terrestre também são de interesse para a previsão de tempo e aplicações em agrometeorologia. A Figura 4.2 mostra um exemplo de estimativas de temperatura utilizando-se o satélite meteorológico GOES-8.

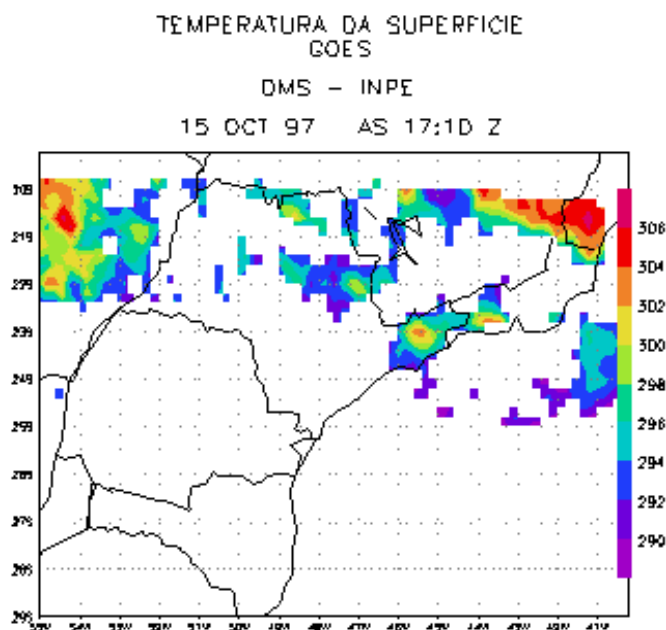


Fig. 4.2 - Temperatura da superfície continental estimada utilizando-se dados do satélite GOES.

FONTE:

### 4.3 NEVOEIROS

Os nevoeiros formam-se quando o vapor de água que permanece no ar condensa-se próximo da superfície terrestre, formando uma nuvem de microscópicas gotículas de água líquida. O nevoeiro pode ser considerado como uma nuvem stratus (nuvem baixa) cuja altura da base encontra-se no chão. Geralmente os nevoeiros estão associados com tempo bom, mas eles podem reduzir a visibilidade próximo da superfície terrestre a distância menores de 1 km, causando sérios problemas para aeroportos e rodovias. Após o nascer do sol a radiação solar aquece o solo e as suas camadas de ar vizinhas,



dissipando gradualmente os nevoeiros. Nevoeiros e stratus podem ser identificados à noite através das diferenças de temperatura obtidas entre as imagens do canal infravermelho do satélite meteorológico GOES (canal 4) e (canal 2). Como resultado tem-se valores positivos ou negativos, que são normalizados e escalados para fins de visualização em forma de imagens. Áreas com nevoeiros ou stratus apresentam valores positivos, os quais foram associados a cor amarela (Figura 4.3). Nevoeiros apresentam diferenças de temperaturas positivas porque a emissividade das gotículas de água em 3,9 micra é menor do que em 10,7 micra.

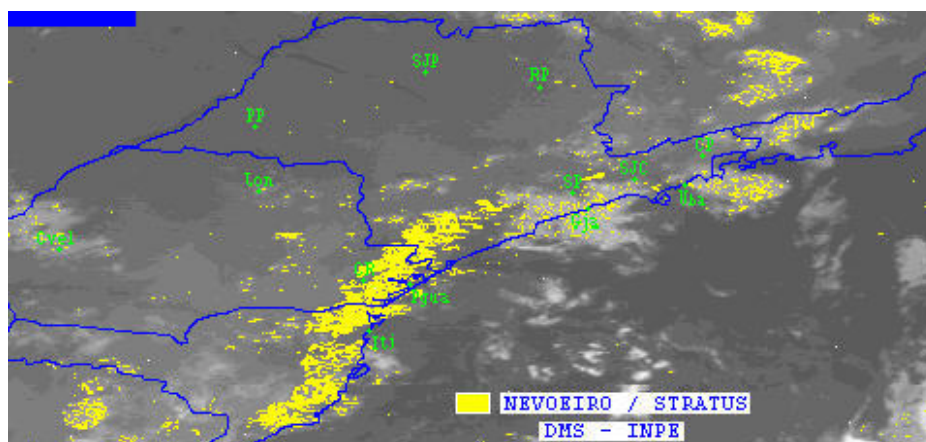


Fig.4.3 - Monitoramento de nevoeiros/stratus (em amarelo) utilizando-se satélites.

FONTE:

#### 4.4 ESTIMATIVAS DE PRECIPITAÇÃO

Há anos os meteorologistas vêm utilizando dados (principalmente visível e infravermelho) transmitidos por satélites meteorológicos para estimativas de precipitação. Geralmente isto é feito utilizando métodos estatísticos ou modelos físicos. Essas estimativas têm como base o fato de que no infravermelho as nuvens que produzem chuvas apresentam topos frios enquanto que no visível elas são brilhantes. Além disso, tendo-se uma seqüência de imagens pode-se acompanhar a taxa de crescimento do topo das nuvens. Essa característica está associada com a quantidade de chuva que cai. No caso das imagens do espectro visível, a taxa de precipitação está associada com o brilho das nuvens e também com a rugosidade do seu topo. A Figura

4.4 mostra uma imagem obtida da distribuição de precipitação sobre a América do Sul , utilizando-se dados do canal infravermelho.

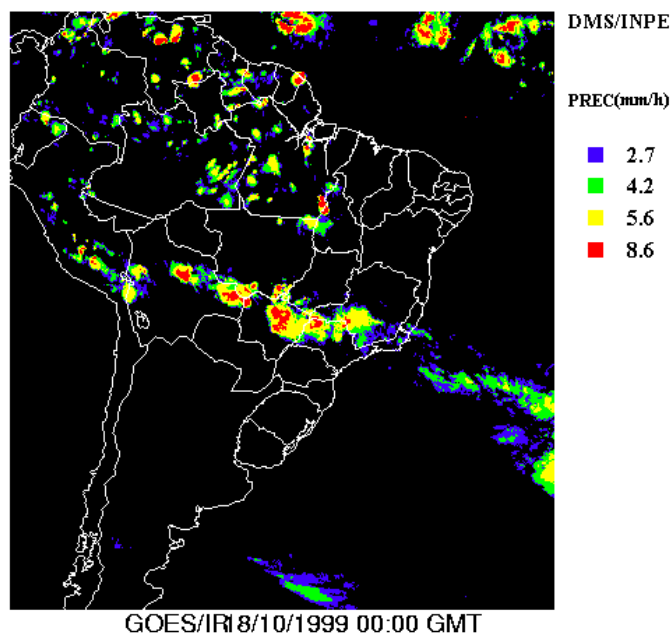


Fig.4.4 - Estimativas de precipitação utilizando-se o satélite meteorológico GOES.

FONTE:

#### 4.5 QUEIMADAS

Queimada é uma antiga prática (ilegal) agropecuária utilizada nos trópicos para preparar o solo para pastagens e agricultura. Estima-se que em média, cerca de um terço de toda área ocupada do Brasil seja queimada anualmente por ação humana. Novos desmatamentos na floresta Amazônica ou em cerrados densos, são geralmente feitos com uso do fogo, contribuindo assim para a expansão das queimadas.

O impacto das queimadas no meio ambiente é muito intenso. O fogo destrói a vegetação e como consequência ocorre o empobrecimento dos solos em vastas regiões. Outro impacto é que em períodos de queimadas, ocorre um aumento considerável de problemas respiratórios na população. Além disso, o processo de queimadas envolve um aumento substancial da emissão de gases-traços para a atmosfera, contribuindo para o efeito estufa, com possíveis impactos no clima em escalas regional e global.

O monitoramento e mapeamento de queimadas no Brasil vem sendo feito desde 1988 utilizando-se satélites meteorológicos. Basicamente, focos de fogo são detectados identificando-se os elementos de imagens que apresentam temperaturas muito elevadas (canal infravermelho) ou valores baixos de refletividade usando-se o canal do infravermelho próximo. Em geral os elementos de imagens associados com queimadas apresentam temperaturas a partir de 50 graus Centígrados. O satélites de órbita polar são mais adequados para o monitoramento de fogo porque apresentam uma melhor resolução espacial (1 Km). A Figura 17 mostra a distribuição de focos de fogo no Brasil, detectados por satélites da série NOAA durante o período de 1997 e 1998. Durante esse período um total de 3629 elementos de fogo foram detectados em Julho 1997 e 2914 em Junho de 1998 (Figura 4.5). Mato Grosso e Pará foram os estados que apresentaram a maior incidência de elementos de fogo durante o período considerado.

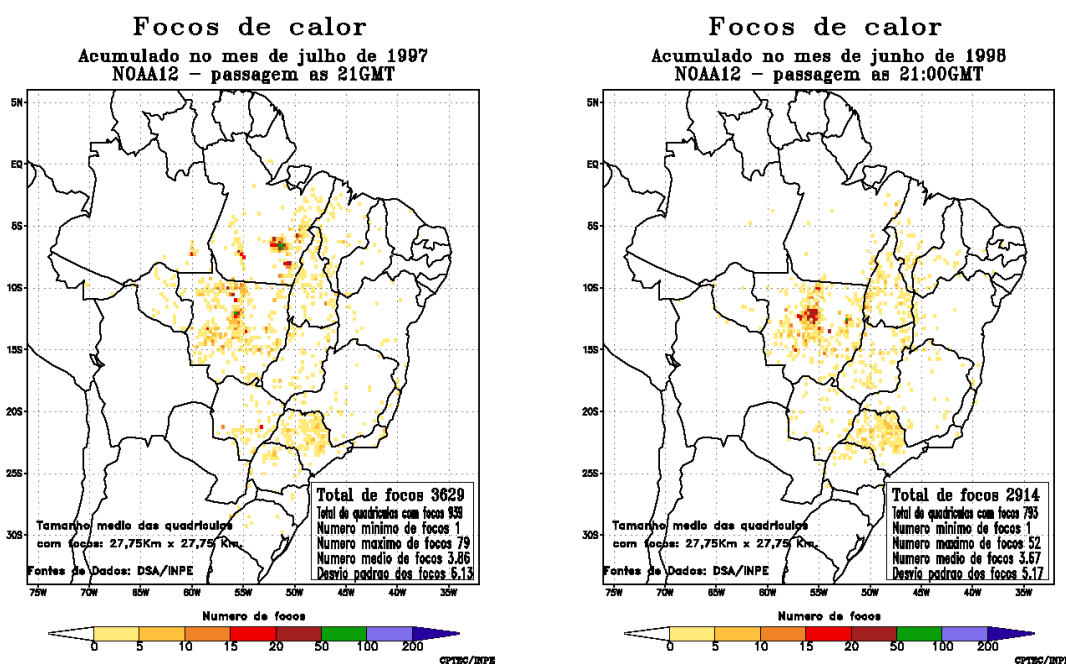


Fig.4.5 - Distribuição dos focos de fogo, estimados com dados de satélites.

FONTE: INPE, Divisão de Satélites Ambientais

## 5 INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS

Do ponto de vista de previsão de tempo, as imagens de satélites são úteis para a identificação de nuvens e dos sistemas de tempo que atuam numa certa região.

A identificação de nuvens pode ser feita utilizando-se os canais infravermelho e visível. No caso do infravermelho, a temperatura do topo das nuvens estão associadas com a altura e tipos de nuvens. Por outro lado, uma imagem do canal visível possibilita identificar os diferentes tipos de nuvens pelo seu brilho. Como primeira aproximação, utilizando-se imagens de satélites do canal infravermelho pode-se classificar as nuvens em altas (topo branco) médias (topo cinza) e baixas (topo cinza escuro). Para facilitar a interpretação os meteorologistas definiram as seguintes propriedades relativas à análise de nuvens, numa imagem de satélite: altura, configuração, textura, forma e tamanho.

A altura das nuvens pode ser inferida diretamente através das diferenças de tons de cinza (temperatura) numa imagem infravermelho. No caso de imagens do canal visível, as variações de brilho são utilizadas para reconhecer os tipos das nuvens.

A configuração é uma característica importante para a identificação de certos tipos de nuvens. Algumas nuvens apresentam configuração em forma de linhas ou ruas, bandas e circulações ciclônicas, seguindo o sentido dos ponteiros dos relógios.

A textura é uma característica que mostra o grau de rugosidade das superfícies de nuvens, quando vistas de cima, sendo um bom indicador de nuvens convectivas.

A forma: de um modo geral todos os tipos de nuvens variam em forma, podendo apresentar bordas circulares, retas, fibrosas, difusas etc. Com relação ao tamanho, as nuvens ou sistemas de nuvens apresentam tamanhos que variam de 1 a 5.000 Km. Os grandes sistemas de nuvens estão associados a frentes frias, linhas de instabilidades e grandes aglomerados de nuvens convectivas. Valendo-se das características mencionadas anteriormente as nuvens que aparecem nas imagens podem ser classificadas em cumuliforme, estratiforme e cirriforme.

Nuvens cumuliformes são grupos de elementos de nuvens com formas irregulares e tamanhos variados. Apresentam-se, comumente, organizadas em bandas, células, ou

distribuídas de formas aleatórias. Como exemplo, podemos citar as nuvens cumulus, cumulus congestus e stratocumulus..

Nuvens estratiformes: São camadas de nuvens, geralmente planas e uniformes, que não possuem textura e configuração organizadas. Como exemplo temos as nuvens stratus ou nevoeiros, altostratus e nimbostratus.

Nuvens cirriformes: normalmente apresentam aparência de suave uniformidade e em outras situações textura fibrosa, podendo também aparecer em extensas camadas. Essas nuvens são compostas de cristais de gelo e formam-se aproximadamente entre 8 a 12 km de altura.

## **6 BIBLIOGRAFIA**

Arking, A., and J.D. Childs, 1985: Retrieval of cloud cover parameters from multispectral satellite images. *J. Clim. Appl. Meteor.*, **24**, 322-333.

Ellrod, E., 1994: Detection and analysis of fog at night using GOES multispectral infrared imagery. **NOAA Technical Report NESDIS 75**.

Eyre, J.R.; Brownscombe, J.L.; Allan, R.J., 1984: Detection of fog at night using advanced very high resolution radiometer (AVHRR) imagery. **Meteorological Magazine**, **113**, 266-271.

Fortune, M. A., e Ferreira, N. J., 1980: Introdução à interpretação de imagens de satélites. **INPE-1681-RPE/113**.

Hartmann, D. L., 1994: Global Physical Climatology. **Academic Press**, San Diego, 411 pp.

Krishna Rao, P.; Holmes, S. J., Anderson, R. K.; Winston, J. S.; and Lehr, P. E., 1990:  
Weather satellites: systems, data, and environmental applications. **American  
Meteorological Society**, Boston, 503 pp.