

TRMM — Tropical Rainfall Measuring Mission: Bringing remote sensing of precipitation into your classroom*

TRMM: Trazendo o sensoriamento remoto de precipitação para sua sala de aula¹

Dr. Michael J. Passow

Dwight Morrow High School, Englewood, NJ, USA and Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Palisades, NY, USA

*Este artigo deve ser referido como segue:

Passow M. J. 2010. TRMM — Tropical rainfall measuring mission: Bringing remote sensing of precipitation into your classroom. TRMM: Trazendo o sensoriamento remoto de precipitação para sua sala de aula. *Terræ Didática*, 6(1):03-08 <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>>

1. Tradução por Celso Dal Ré Carneiro, 2010.

ABSTRACT *Geosynchronous and polar-orbiting environmental satellites have provided valuable data about our planet for more than 50 years. The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite monitors clouds, precipitation, and other aspects of the water cycle between 35 degrees North and 35 degrees South. TRMM's imagery collection provides a vast array of resources that can be used to create lessons and facilitate authentic science research by students.*

KEYWORDS *Satellites, remote sensing, precipitation, meteorology*

RESUMO *Satélites geossíncronos ambientais de órbita polar fornecem dados importantes sobre nosso planeta há mais de 50 anos. O satélite tropical de medição de precipitações (TRMM na sigla em Inglês) monitora nuvens, precipitação e outros aspectos do ciclo da água entre 35 graus de latitude norte e 35 graus sul. A coleção de imagens TRMM oferece vasta gama de recursos que podem ser usados para criar aulas e para proporcionar, de modo autêntico, investigação científica pelos alunos.*

PALAVRAS-CHAVE *Satélites, sensoriamento remoto, precipitação, meteorologia*

Remote sensing of precipitation into a classroom

“Weather is felt locally, created globally, and best understood regionally”.

Each of us is affected by the weather around us. Our weather is part of the global atmospheric conditions, which in turn are part of the entire Earth System. But to understand why we have the weather we do, it is necessary to look on a regional scale. In some parts of the world, weather measurement is routinely and comprehensively accomplished as part of modern, computer-based monitoring and forecasting networks. But over much of the world — including almost all of the three-quarters of our planet covered by ocean — the only way to observe weather is through remote sensing, primarily by satellites.

There are two basic types of satellites (Fig. 1). Every minute of every day, an array of *geosynchronous (geostationary) operational environmental satellites (GOES)* monitor atmospheric conditions around

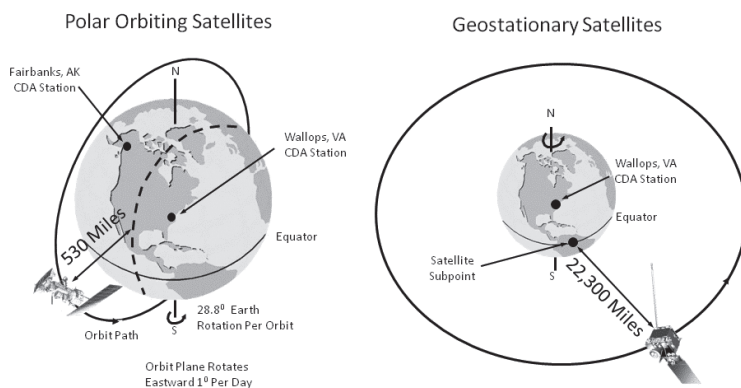


Figure 1 - Representations of orbits for POES and GOES satellites.

Source: <http://www.iitap.iastate.edu/gcp/satellite/images/image7.gif>

Figura 1 - Representações das órbitas para os satélites POES e GOES.

Fonte: <http://www.iitap.iastate.edu/gcp/satellite/images/image7.gif>

the globe. They measure selective wavelengths using *passive* and *active* sensors. Computer-processed images, especially in the *infrared* (heat) range, are familiar from television and web-based weathercasts. GOES orbit approximately 35,800 km above the surface and revolve around Earth at the exact same rate that Earth rotates. This keeps the satellite over the same point above the equator, and allows for continuous coverage of almost the entire planet from pole to pole.

More detailed imaging comes through *polar-*

Sensoriamento remoto de precipitação em sala de aula

“O tempo se faz sentir em nível local, é criado em nível global, e mais bem compreendido em nível regional”.

Cada um de nós é afetado pelo clima que nos rodeia. O tempo é parte das condições atmosféricas globais, que por sua vez fazem parte de todo o Sistema Terra. Para entender por que faz o tempo que nós sentimos, é necessário observar na escala regional. Em algumas partes do mundo, a medição do tempo é rotineira e exaustivamente realizada por modernos sistemas de monitoramento por computador e redes de previsão. Entretanto, em grande parte do mundo – incluindo quase inteiramente as três quartas partes do planeta cobertas por oceanos – a única forma de observar o tempo é por meio de sensoriamento remoto, principalmente por satélites.

Existem dois tipos básicos de satélites (Fig. 1). A cada minuto de cada dia, um arranjo de *satélites ambientais operacionais geossíncronos (geostacionários)*

(GOES) monitora as condições atmosféricas em todo o mundo. Os satélites medem comprimentos de onda selecionados, por meio de sensores *ativos* e *passivos*. As imagens processadas por computador, especialmente na faixa do infravermelho (calor), tornaram-se familiares pela televisão e pelos sistemas de previsão de tempo baseados na WEB.

A órbita do sistema GOES situa-se aproximadamente a 35.800 km acima da superfície e se move ao redor da Terra exatamente na mesma velocidade com que a Terra gira. Isso mantém o satélite sobre o mesmo ponto acima do equador, e permite cobertura contínua de quase todo o planeta, de polo a polo.

Imagens mais detalhadas são obtidas pelos satélites de órbita polar, nome um tanto enganador, pois esses satélites podem voar em latitudes tropicais, na medida em que viajam a altitudes mais baixas, cerca de 800 km de altura. Eles descrevem uma órbita completa a cada 90 minutos, cerca de 14 órbitas por dia. Cada órbita varre uma faixa de aproximadamente 1000 km de largura, que fica

orbiting satellites. The name is somewhat misleading, because these satellites may fly in tropical latitudes as they travel at lower altitudes, approximately 800 km high. They make one orbit every 90 minutes, about 14 orbits each day. Each orbit scans a path around 1000 km wide that is further west than the previous one. This allows for construction of a time series of images of the same locations. NASA and other space agencies operate many missions that allow constant monitoring of storms, sea surface temperatures, phytoplankton distribution, and many other atmospheric and oceanic variables. For example, each day the Aqua mission produces about 89 Gigabytes of data about water in the Earth system!

TRMM — Tropical Rainfall Measuring Mission — provides some of the most valuable monitoring for forecasting and analyzing precipitation. For more than a dozen years, TRMM has flown between approximately 35 ° +/- latitude on either side of the equator, making 16 orbits each day. On-board instruments monitor clouds, precipitation, lightning, and other aspects of the water cycle. These can create what amount to 3-D CAT-scan-like images of storms, instead of the more typical 2-D X-ray-like images. TRMM was launched in 1997 as a joint experimental satellite by NASA and the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). It has so exceeded expectation that it has become a key operational satellite, used to aid forecasts, particularly for hurricanes.

The TRMM platform (Fig. 2) contains an array of instruments. TRMM's *Precipitation Radar* was the first spaceborne instrument designed to provide three-dimensional maps of storm structure. The

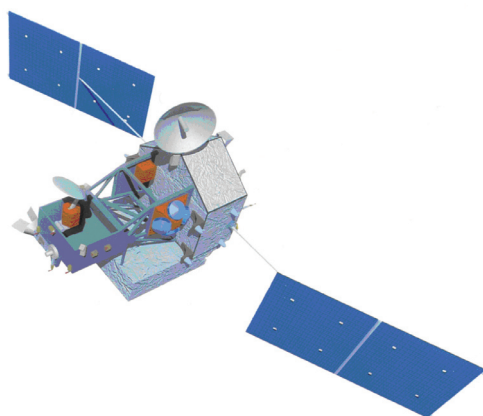


Figure 2 - Schematic image of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite.

Source: http://trmm.gsfc.nasa.gov/trmm_rain/Events/TRMM_SATELLITE.blurred.medium.jpg

Figura 2 - Imagem esquemática do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM).

Fonte: http://trmm.gsfc.nasa.gov/trmm_rain/Events/TRMM_SATELLITE.blurred.medium.jpg

sempre mais a oeste do que a órbita anterior. Isto permite construir uma série temporal de imagens dos mesmos locais. A NASA e outras agências espaciais operam muitas missões que permitem monitoramento constante de tempestades, temperaturas da superfície do mar, distribuição do fitoplâncton, e muitas outras variáveis atmosféricas e oceânicas. Por exemplo, a cada dia a missão Aqua produz cerca de 89 Gigabytes de dados sobre água no Sistema Terra!

O sistema TRMM — *Tropical Rainfall Measuring Mission* — oferece algumas das mais valiosas imagens para acompanhamento, previsão e análise de precipitação. Durante mais de doze anos, o satélite TRMM voou entre as latitudes de aproximadamente 30° +/-, de ambos os lados do equador, fazendo 16 órbitas por dia. Os instrumentos de bordo monitoram nuvens, precipitações, fluxo de calor, raios e outros aspectos do ciclo da água. Eles podem criar o que equivale a imagens 3D e *CAT-scan* das tempestades. TRMM foi lançado em 1997 como satélite experimental conjunto da NASA e da Agência de Exploração Aeroespacial do Japão (JAXA). Assim, excedeu tão bem as expectativas, que seu *status* foi alterado para o de um satélite operacional, utilizado para gerar previsões.

A plataforma TRMM (Fig. 2) contém cinco instrumentos básicos. O *radar de precipitação* TRMM foi o primeiro instrumento espacial concebido para fornecer mapas tridimensionais da estrutura de uma tempestade. O *imageador de microondas* é um sensor de microondas passivo projetado para fornecer informações quantitativas de precipitação sobre uma ampla área sob o satélite. O imageador de microondas permite que a TMI quantifique o vapor de água, a água de nuvens e a intensidade da precipitação na atmosfera. O *scanner de radiação visível e infravermelha* também fornece indicação da chuva, e se conecta as observações recolhidos por TRMM com aqueles coletados por GOES e outras missões POES. O *sistema de nuvens e energia radiante da Terra* monitora a energia trocada entre o Sol; a atmosfera terrestre, a superfície e nuvens, e o espaço. Finalmente, o *sensor de imageamento de raios* é um instrumento altamente sofisticado capaz de detectar e localizar um relâmpago na região tropical do globo.

TRMM *Microwave Imager* (TMI) is a passive microwave sensor designed to provide quantitative rainfall information over a wide swath under the satellite. The TMI enables TRMM to quantify the total amount of water vapor, cloud water, and rainfall in the atmosphere. The *Visible and Infrared Scanner* also provides information on the clouds, and connects TRMM observations with those collected by GOES and other missions.

More details about these instruments are available at http://trmm.gsfc.nasa.gov/overview_dir/instrumentfacts.html.

For educators, the value of TRMM lies in the imagery collection on the TRMM website. This provides a vast array of resources that can be used to create riveting lessons. Routine monitoring of global precipitation, along with data representing anomalies, greatly expand student understanding of how our planet behaves. Fig. 3 provides an example of how TRMM products can be used to create an image of location and intensity of rainfall during a 3-hour period.

In these images, note that the left and right sides represent the Prime Meridian. The central horizontal line is the Equator, and the dashed-line latitudes mark 30° N and S. UTC refers to “Universal Time Coordinates,” or “Greenwich Time”. This can easily be translated to the time zone of the user.

Data can be accumulated and computationally processed to create images showing monthly average rainfall, in millimeters per day (mm/d). Color-coding allows for easily identifiable zones of heavy precipitation or little to no precipitation. Note in Fig. 4 the bands of precipitation over the tropical Pacific and Atlantic, as well as southeastern Asia. Then note

Mais detalhes sobre esses instrumentos estão disponíveis em http://trmm.gsfc.nasa.gov/overview_dir/instrumentfacts.html.

Para os educadores, o principal valor do TRMM está na coleção de imagens no sítio TRMM, que fornece vasta gama de recursos que pode ser usada para criar aulas de fixação. O monitoramento rotineiro de precipitação global, juntamente com dados representativos de anomalias, expandem muito o entendimento do aluno sobre como nosso planeta se comporta. A figura 3 fornece um exemplo de como os produtos TRMM podem ser utilizados para criar uma imagem da localização e intensidade de chuvas durante um período de 3 horas.

Nestas imagens, notar que os limites à esquerda e à direita representam o Meridiano de Greenwich. A linha central horizontal é o equador e as latitudes em linha tracejada marcam 30° N e S. UTC se refere ao “Tempo Universal Coordenado”, ou *Greenwich Time*. Isso pode ser facilmente ajustado para o fuso horário do utilizador.

Os dados podem ser acumulados e processados em computador para criar imagens que mostrem a precipitação média mensal, em milímetros por dia (mm/dia). A codificação de cores permite identificar facilmente as zonas de maior precipitação ou pouca ou nenhuma precipitação. Observe na figura 4 as bandas de precipitação sobre o Pacífico e Atlântico tropical, assim como no sudeste da Ásia. Então, note a falta de chuvas sobre o Saara e na parte norte do Oceano Índico (que atravessa a estação seca das monções), e ventos alísios no Atlântico e no Pacífico.

A compreensão adicional do Sistema Terra provém da conversão de dados atuais ou dados de

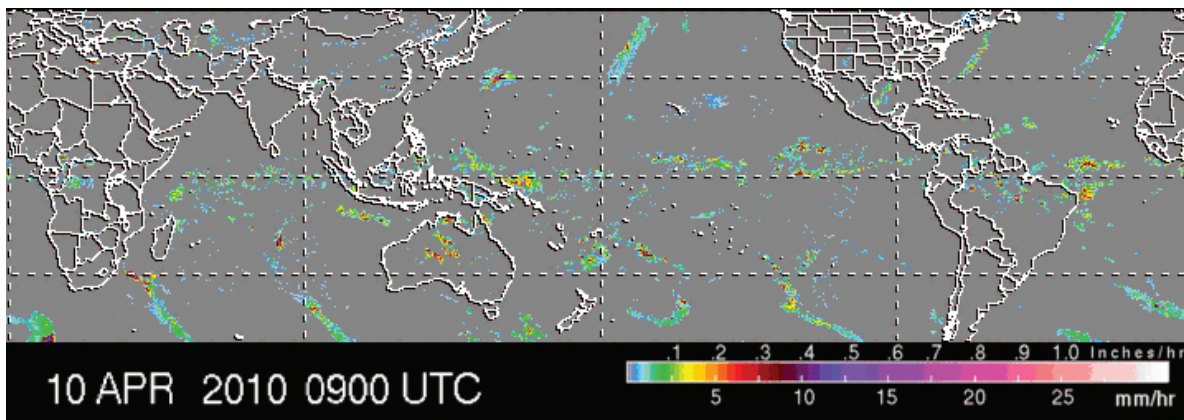


Figure 3 - Example of 3-Hour Global Rainfall Image. Source: http://trmm.gsfc.nasa.gov/images_dir/images.html

Figura 3 - Exemplo de imagem global de chuvas para período de 3 horas. Fonte: http://trmm.gsfc.nasa.gov/images_dir/images.html

the lack of rainfall over the Sahara; northern Indian Ocean (experiencing the monsoonal dry season); and trade wind belts in the Atlantic and Pacific.

Additional understanding of the Earth System comes from converting current or average data into images representing *anomalies* — departures from expected values. For example, while it is interesting to know that a certain geographical location is receiving a given amount of precipitation, it may be more valuable to know whether that amount is above or below the long-term average value for the time and place. Figure 5 illustrates how color-coding can indicate regions with more or less precipitation than normal.

Teachers and students can use the current and archived images of TRMM data to carry out a variety of research projects. TRMM scientists have created

médias em imagens que representam as anomalias — que constituem desvios dos valores esperados. Por exemplo, se interessa saber que determinada localização geográfica está recebendo certa quantidade de precipitação, pode ser mais valioso saber se esse valor está acima ou abaixo do valor esperado a longo prazo, para a mesma época e lugar. A figura 5 ilustra como a codificação de cores pode indicar regiões com precipitação maior ou menor do que a normal.

Professores e alunos podem usar as imagens atuais e imagens de arquivo gerados a partir de dados coletados pelos instrumentos TRMM para realizar ampla variedade de projetos de pesquisa. Os cientistas TRMM criaram páginas web especiais para representar eventos resultantes de monitoramento de furacões, tufões e outros eventos extre-

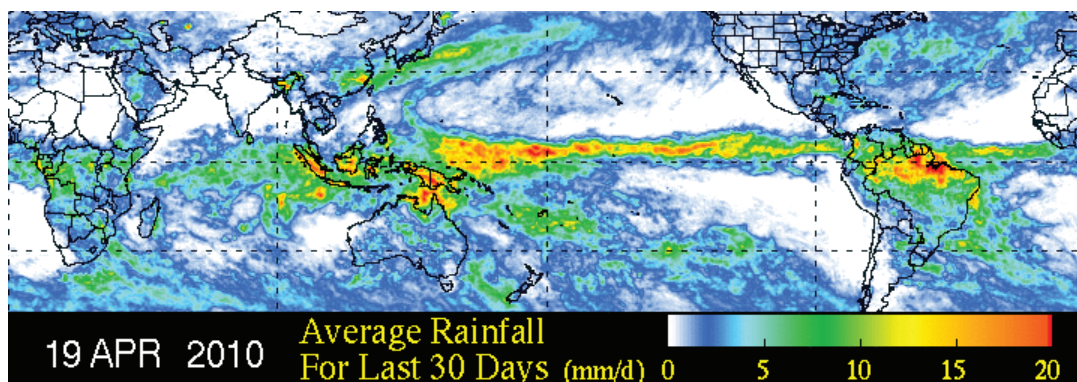


Figure 4 - Example of 30-day Global Rainfall Image.

Source: http://trmm.gsfc.nasa.gov/images_dir/images.html

Figura 4 - Exemplo de imagem global de chuvas para período de 30 dias

Fonte: http://trmm.gsfc.nasa.gov/images_dir/images.html

special web pages featuring events resulting from monitoring hurricanes, typhoons, and extreme events. One example is the heavy flooding in northern Brazil during April-May 2009 (Fig. 6.)

In addition to single images, the TRMM website provides animations created by “looping” a series of images. These can clearly show such phenomena as seasonal and annual shifting patterns in the location of the rainfall and anomalies, precipitation variation within hurricanes, and other events. These images are accessible at http://trmm.gsfc.nasa.gov/images_dir/images.html.

Finally, a panel of university and high school educators created a set of problem-based classroom modules based on using TRMM resources. “*Investigating the Climate System*” contains learning activities about Energy, Precipitation, Clouds, Wind, and

mos. Um exemplo são as inundações no norte do Brasil durante abril-maio de 2009 (Fig. 6).

Em adição à página de imagens, o sítio TRMM fornece animações criadas por “looping” de séries de imagens, que podem evidenciar claramente fenômenos tais como mudanças sazonais e anuais nos padrões de localização de chuvas e suas anomalias ou variações de precipitação em furacões e outros eventos. Estes dados estão acessíveis em http://trmm.gsfc.nasa.gov/images_dir/images.html.

Por último, um painel de estudantes universitários e educadores de ensino médio criou um conjunto de módulos de aulas-problema baseadas na utilização de recursos TRMM. O recurso “*Sistema de Investigação do Clima*” contém atividades de aprendizagem sobre Energia, Chuva, Nuvens,

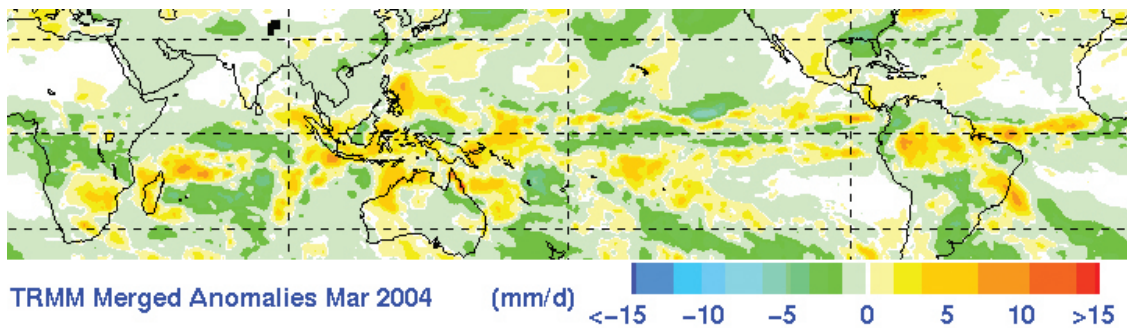


Figure 5 - Example of a map for global anomalies of precipitation, 2004.

Source: http://trmm.gsfc.nasa.gov/images/3B43_anom_mar04.gif

Figura 5 - Exemplo de mapa de anomalias globais de chuvas, 2004.

Fonte: http://trmm.gsfc.nasa.gov/images/3B43_anom_mar04.gif

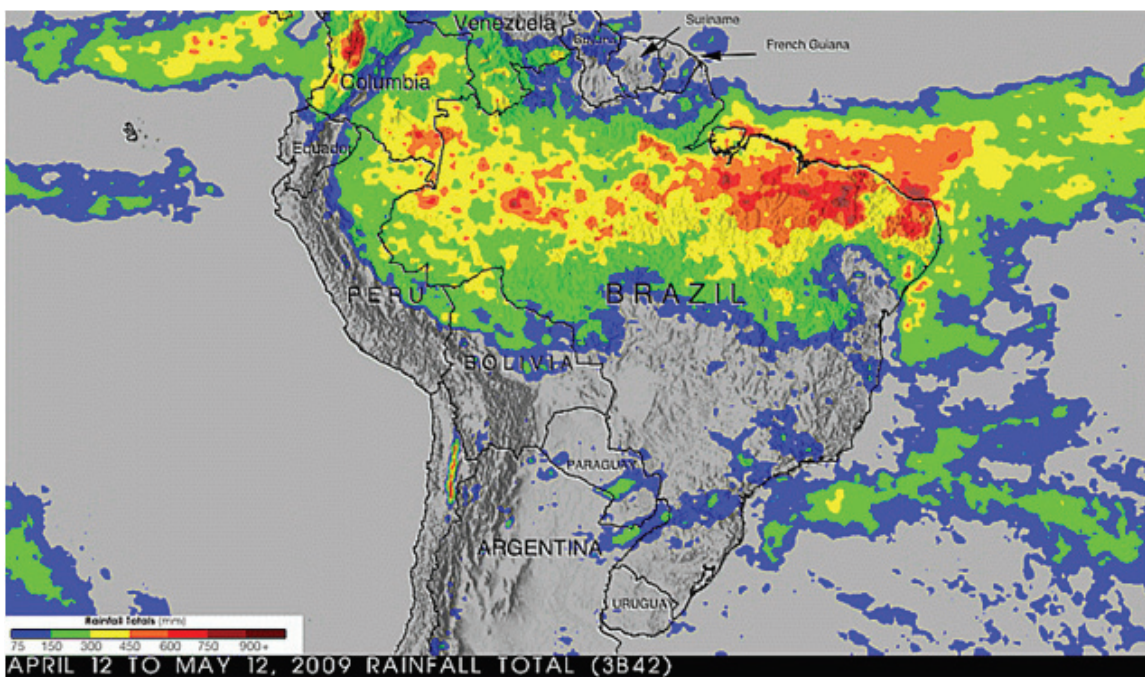


Figure 6 - Recorded precipitation for the northern part of South America, may 12th, 2009.

Source: http://trmm.gsfc.nasa.gov/publications_dir/brazil_may09_flooding.html

Figura 6 - Mapa de precipitação da parte norte da América do Sul, 12 de maio de 2009.

Fonte: http://trmm.gsfc.nasa.gov/publications_dir/brazil_may09_flooding.html

Weather. These and other educational resources are available at http://trmm.gsfc.nasa.gov/education_dir/education.html.

Vento e Tempo. Esses e outros recursos educacionais estão disponíveis em http://trmm.gsfc.nasa.gov/education_dir/education.html.

Acknowledgement

Drs. Scott Braun and Harold F. Pierce, TRMM Project Scientists, NASA Goddard Space Flight Center.

Agradecimento

Drs. Scott Braun e Harold F. Pierce, TRMM Project Scientists, NASA Goddard Space Flight Center.