

ABI (Advanced Baseline Imager)

É um radiômetro imageador passivo que está a bordo dos satélites GOES-16 (East) e GOES-17 (West) feito para observar o hemisfério ocidental. É capaz de observar 16 bandas radiométricas, sendo duas visíveis, quatro no infravermelho próximo e dez no infravermelho.

Resoluções espaciais

Banda	Resolução
Banda 4 e todas com $\lambda > 2 \mu\text{m}$	2 Km
Banda 2	0,5 Km
Demais bandas	1 Km

Resoluções temporais

O ABI pode funcionar em quatro modos de operação:

Modo	Cobertura
Full Disk	Hemisférica com intervalos de 5 a 15 minutos
Mesoscale	Qualquer área de 1000×1000 Km que interesse ao NOAA, a cada 30 segundos
CONUS / PACUS	EUA / Havaí, a cada 5 minutos
Flex Modes	Full Disk a cada 10 ou 15 minutos, CONUS/PACUS a cada 5 minutos e um Mesoscale a cada 30 segundos

Para consultar as últimas áreas *Mesoscale* de interesse: https://www.star.nesdis.noaa.gov/GOES/meso_index.php

A maioria das imagens no modo *Mesoscale* estará focada em regiões onde há ocorrência de fenômenos que possam atingir os EUA, como por exemplo, o Mar do Caribe. Sendo assim, para a América do Sul, vamos sempre buscar as imagens **Full Disk**.

Sobre as bandas

Banda 1 “Azul” (0,47 μm)

Uma das duas bandas visíveis do ABI, é capaz de visualizar a faixa do espectro eletromagnético onde há espalhamento em céu claro, sendo mais sensível a aerossóis, poeira e fumaça. Destaca regiões onde a visibilidade está reduzida por material particulado. A outra banda visível não é tão sensível a plumas de fumaça que não sejam concentradas (espessas).

Fumaça e poeira aparecem melhor nesse canal quando o Sol não está em baixos ângulos zenitais (meio-dia), já que fumaça e poeira são melhores em espalhar a radiação e não em refletir. Essa banda também é mais afetada pelo espalhamento de Rayleigh.

Banda 2 “Vermelho” (0,64 μm)

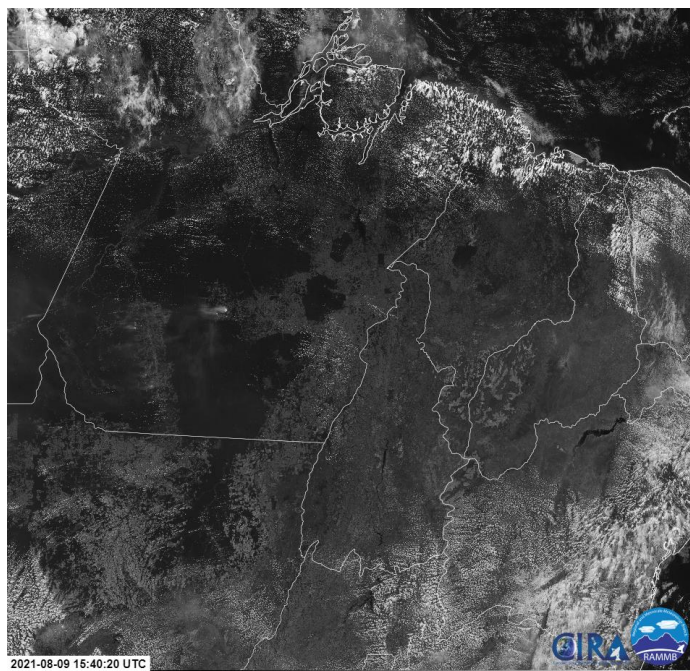
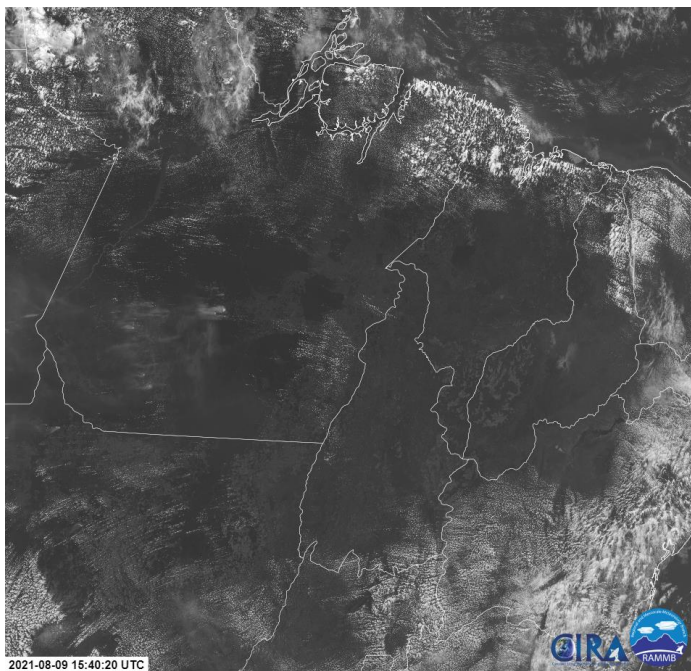
A segunda banda visível tem a melhor resolução espacial (0,5 Km no ponto subsatélite) dentre todas as bandas do ABI. Sendo assim, é ideal para identificar os aspectos de menor escala, como nevoeiros sobre rios, os limites entre nevoeiro e céu claro, nuvens cumuliformes ou topos protuberantes.





Vista lateral de um topo protuberante.

Pode ser utilizado para documentar a cobertura de neve e gelo diariamente, vento derivado de nuvens em baixos níveis, detecção de cinzas vulcânicas, análise de furacões e tempestades de inverno. Especialmente útil em setores de mesoescala para fenômenos que se desenvolvem rapidamente. O contraste entre terra e nuvens altamente refletivas é maior na banda “vermelho” do que na “veggie” ou na “neve/gelo”.

A alta resolução das imagens da banda “vermelho” significa um grande volume de dados para visualizar e armazenar essas imagens (esse volume é comparável ao volume de todas as bandas IR do ABI). A refletância do pixel nessa banda pode exceder 100% sobre nuvens profundas em grandes ângulos zenitais solares devido às contribuições do espalhamento interno na nuvem.



Duas imagens no mesmo horário (próximo ao meio-dia local), sendo a da esquerda na banda “azul” e a da direita na banda “vermelho”. Nota-se que o espalhamento próprio da atmosfera aumenta o brilho de todos os pixels na imagem “azul”.

	cira-rammb-slider---goes-16---full_disk---band...	Tamanho: 2,02 MB
	cira-rammb-slider---goes-16---full_disk---band...	Tamanho: 2,14 MB

Diferença no tamanho de armazenamento entre imagens da banda “azul” e “vermelho” da mesma área no mesmo horário.

Banda 3 “veggie” (0,86 μm)

É uma banda refletiva que detecta aerossóis, nevoeiros e nuvens durante o dia. É usada para computar o NDVI. Seu apelido é “veggie” ou banda de vegetação. Pode detectar focos de incêndio e mostrar características da terra para determinar o potencial de incêndio ou o escoamento potencial. Coberturas vegetais geralmente aparecem mais brilhantes nessa banda do que nas bandas visíveis e é essencial para simular o verde nas imagens “*true color*”. Nessa banda o contraste entre solo e água é acentuado, sendo útil para visualização de ilhas, lagos, regiões inundadas e outros limites entre solo e água.

Como é um canal de radiação solar refletida, só pode ser utilizado durante o dia. Atenção para a refletância da vegetação nesse canal, que é muito mais forte do que nos canais verdes visíveis ($\lambda \approx 0,51 \mu\text{m}$). Tanto as nuvens quanto o solo são muito refletivos nessa banda, o que dificulta a visualização de nuvens sobre terra.

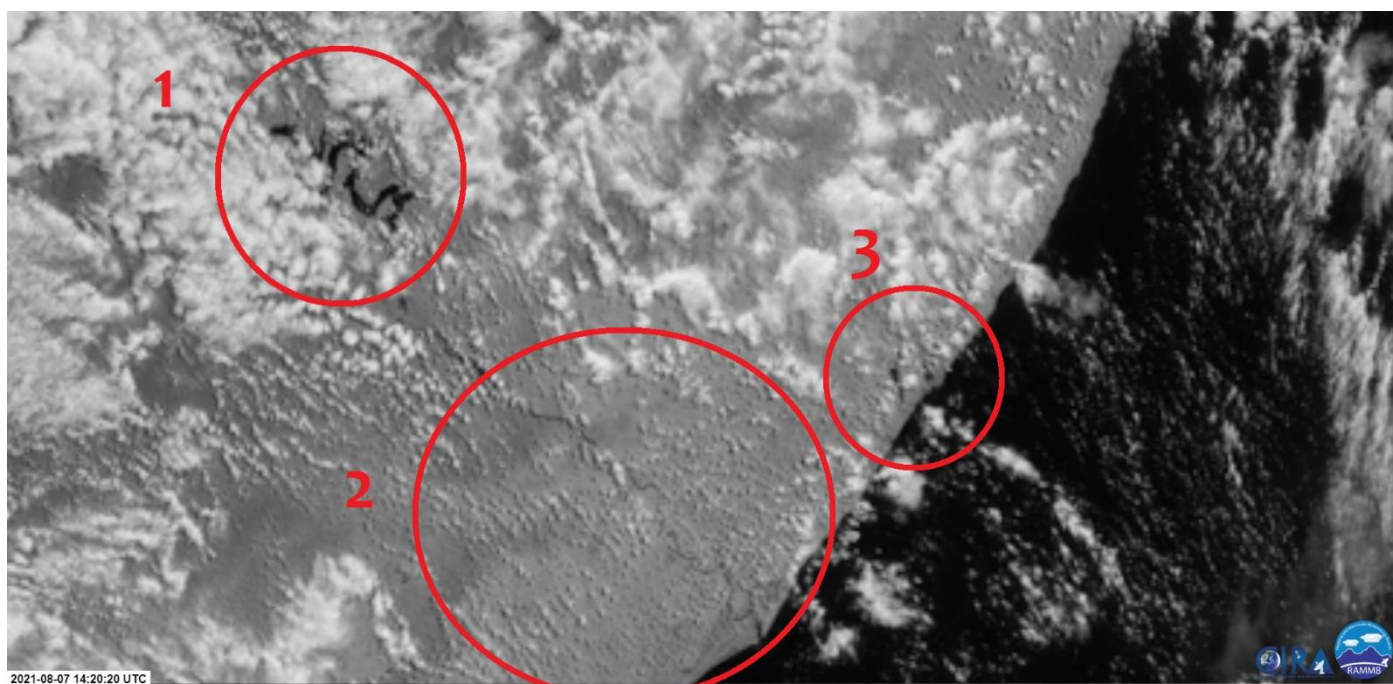
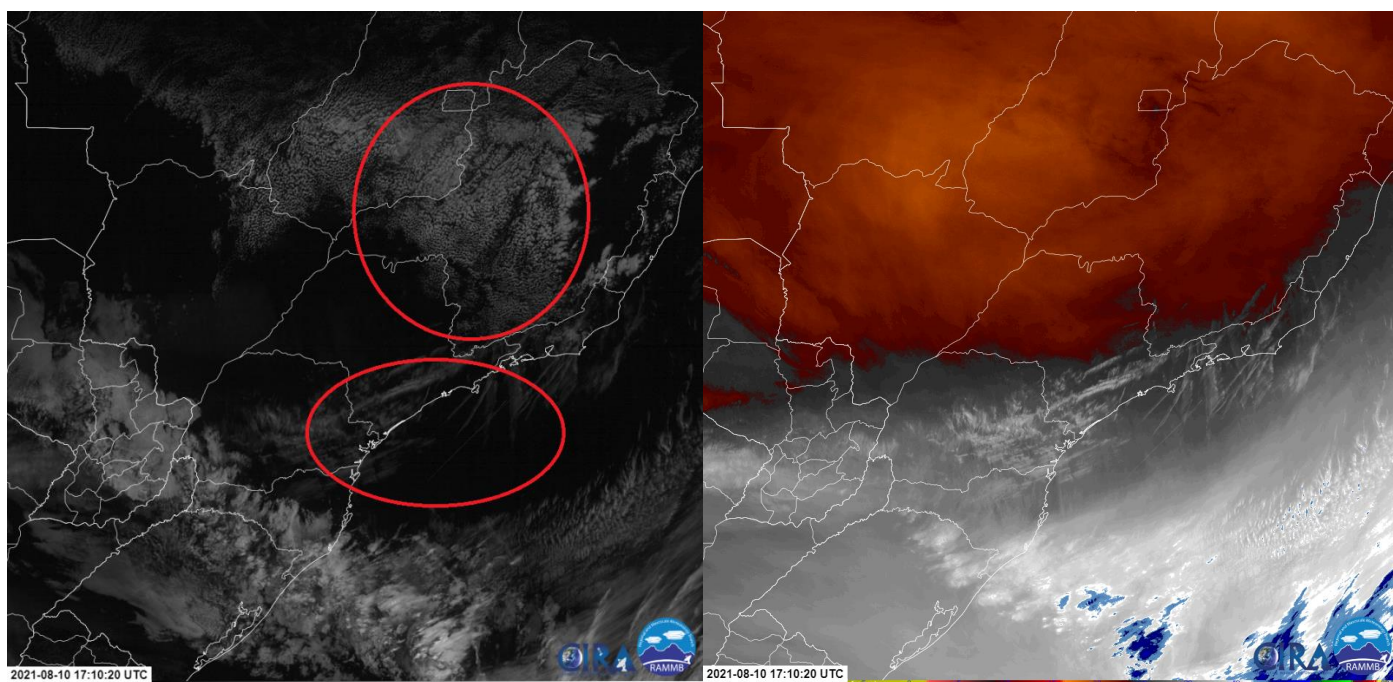


Imagem do Rio São Francisco no canal “veggie”. O rio se destaca “escuro” em meio ao solo do nordeste formando a divisa entre os estados de Pernambuco e Bahia (1) e entre Alagoas e Sergipe como uma fina linha até desaguar no Atlântico (2). Destacam-se também as lagoas Mundaú e Manguaba (3).

Banda 4 “cirrus” (1,37 μm)

A banda “cirrus” é única dentre as bandas refletivas do ABI, no sentido de que ocupa uma região de forte absorção pelo vapor d’água no espectro eletromagnético. É capaz de detectar nuvens cirrus muito finas durante o dia. Mas também capta aspectos de muita refletividade, como poeira ou nuvens, se houver pouco vapor d’água sobre eles.



Uma imagem na banda “cirrus” (esq.) mostra nebulosidade em Minas Gerais e entre São Paulo e Paraná, porém no canal “vapor d’água em altos níveis” (dir.) observa-se uma área de ar superior mais seco em MG do que na região mais ao sul. A camada seca em altos níveis permite ao canal “cirrus” enxergar nuvens de níveis inferiores.

Seu uso é limitado ao período diurno. Teorias sugerem que a maior parte da radiação solar na frequência dessa banda pode ser absorvida por cerca de 12 mm de água precipitável. Quantidades variáveis de umidade na atmosfera influenciam o quão profundo é possível ver na banda 4.

Banda 5 “neve/gelo” (1,61 μm)

Essa banda se aproveita da diferença entre os componentes de refração da água e do gelo em 1,61 μm . Nuvens de **água líquida** aparecerão **brilhantes** enquanto nuvens de **gelo** serão mais **escuras**, porque o gelo absorve radiação nessa frequência, em vez de refletir. Assim é possível inferir a fase da nuvem – quente, fria, super-resfriada ou mista. O contraste entre terra e água é forte nesse canal e também é capaz de detectar incêndios à noite (o fogo emite radiação nesse comprimento de onda). A discriminação das fases da nuvem está limitada ao período diurno, já que é uma banda de radiação refletida, além disso, à noite as nuvens podem esconder um incêndio.

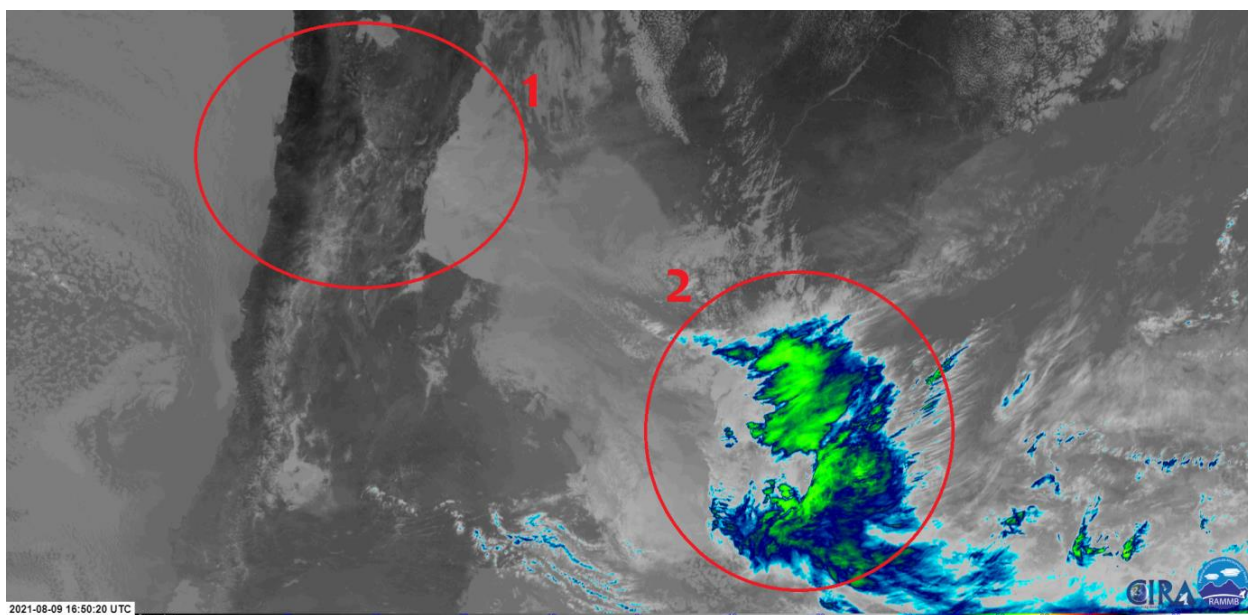


Imagem dos Andes (1) e de nebulosidade sobre Argentina e Uruguai (2) na banda “IR limpo” com realce: tanto as nuvens quanto o topo das montanhas (1) aparecem claros.



A mesma área na banda “neve/gelo”: o topo das montanhas se destaca escuro em relação às nuvens, ainda é possível observar uma área de nuvens de gelo (cinza) em meio à grande textura homogênea (branca) no centro da imagem, correspondente à área realçada na imagem anterior.

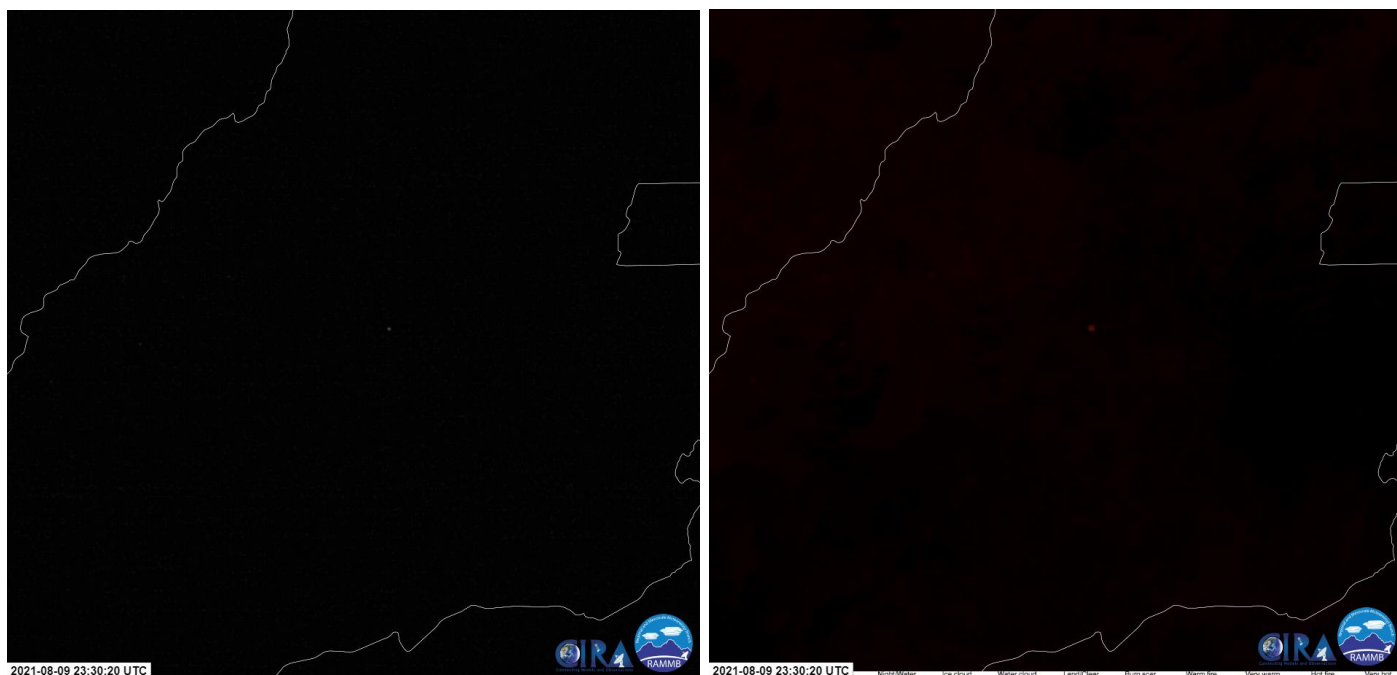


Imagem noturna do canal “neve/gelo” (esquerda) e o composto multiespectral “Fire Temperature (CIRA)” (direita) mostrando um foco de incêndio em Goiás.

Banda 6 “Tamanho das partículas de nuvem” (2,24 μm)

Quando observada em conjunto com outras, essa banda permite estimar o tamanho das partículas de nuvem, o que pode indicar o desenvolvimento da nuvem. Também pode estimar o tamanho de aerossóis – caracterizando o plano de fundo sem aerossóis sobre a superfície da Terra. Serve de entrada para os produtos *Cloud Mask*, *Aerosol Optical Depth* e *Cloud Phase*, que pode ser usado para prever congelamento na nuvem. Fogo também emite radiação nesse canal, logo, ele também faz parte dos compostos de RGB para detecção de incêndio. Partículas **pequenas** aparecem **claras** e partículas **grandes** aparecem **escuras**.

A banda 6 é de radiação solar refletida, em relação à banda 5 as imagens apresentam menor contraste entre água líquida e gelo, e menor resolução, durante uma noite nublada também não detectará o fogo.

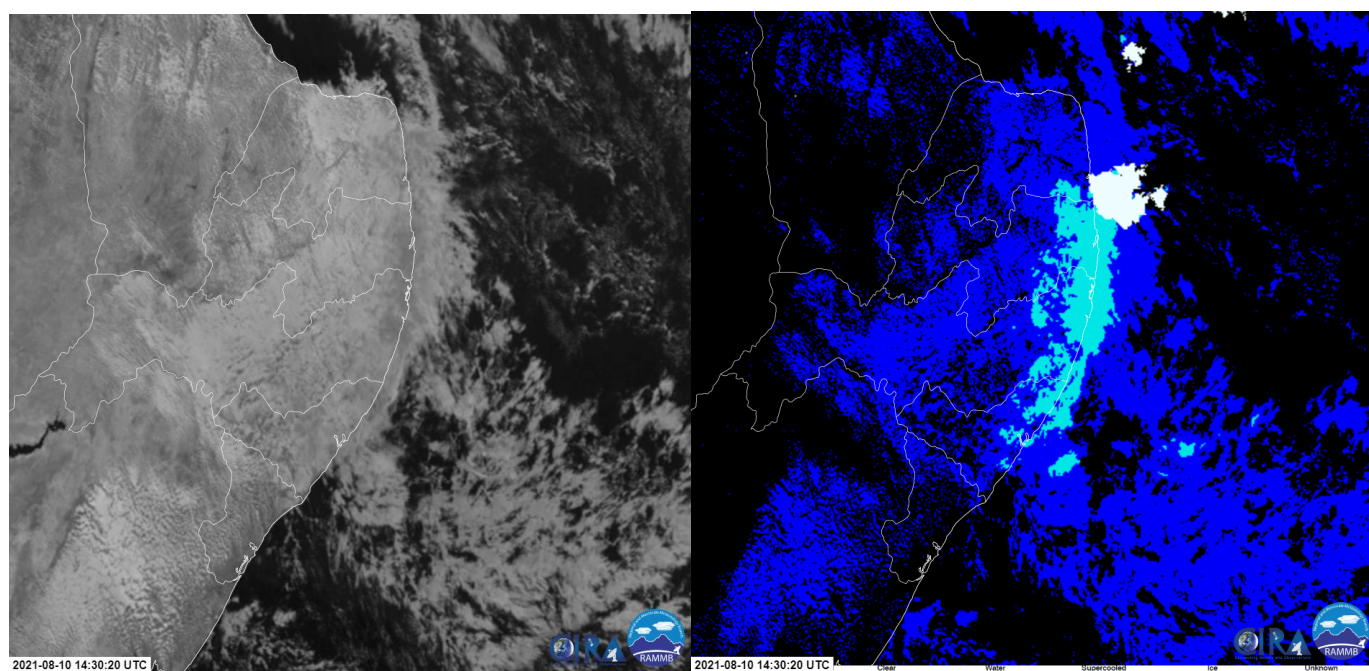


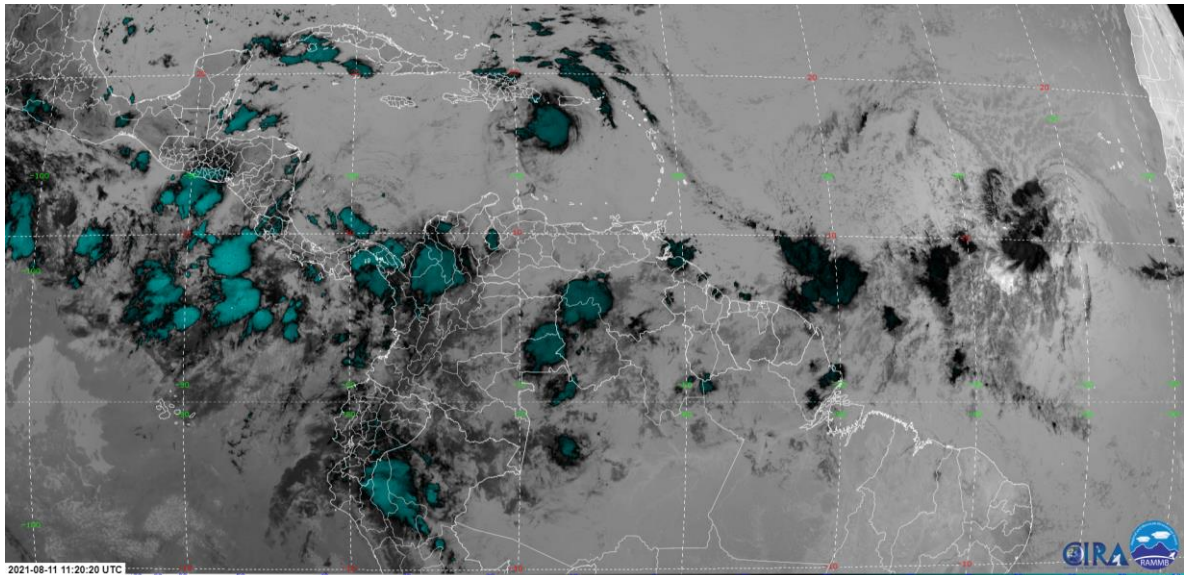
Imagem somente na banda 6 (esq.) e produto “Cloud Phase (NOAA)” (dir.)

Banda 7 “Infravermelho de onda curta” (3,9 μm)

Pode ser usada para identificar nevoeiros e nuvens baixas à noite, áreas de fogo, cinzas vulcânicas, estimar a TSM e discriminar o tamanho de cristais de gelo durante o dia. Vento em baixos níveis podem ser estimado com essa banda. Pode ser utilizada para estudar ilhas de calor urbanas. É sensível tanto à radiação terrestre quanto a reflexão da radiação solar. Nuvens stratus não emitem radiação em 3,9 μm como um corpo negro, logo, a temperatura inferida é mais fria do que em 10,3 μm – que é emitida pelas stratus como radiação de CN –, sendo assim, durante a noite as nuvens stratus são aparentes pela diferença na temperatura de brilho. Pequenos cristais de gelo refletem mais em 3,9 μm e aparecem mais quentes (escuros) enquanto os maiores aparecem frios (claros).

A banda 7 tem a maior profundidade de bits (14 bits) entre todas as bandas do ABI. O escopo de temperaturas de brilho detectadas é de -75°C a 140°C .

A reflexão da radiação solar se soma à radiação emitida pelos corpos e interfere na resultante, logo há diferenças entre as imagens observadas de noite e de dia.



Diferença nas temperaturas em nuvens convectivas na ZCIT entre as zonas onde é noite (Pacífico) e dia (Atlântico) no canal 7.

Banda 8 “Vapor d’água em altos níveis” (6,2 μm)

Estima a umidade em altos e médios níveis, pode identificar regiões com potencial para turbulência. Variação de temperaturas com o tempo pode revelar movimentos verticais em médios e altos níveis. Útil na identificação de aspectos como cristas e cavados em altitude, correntes de jato e potencial de turbulência.

Banda 9 “Vapor d’água em médios níveis” (6,9 μm)

Características da superfície geralmente não aparecem nessa banda. É capaz de detectar assinaturas de turbulência, centros de vorticidade e *contrails*.

Banda 10 “Vapor d’água em baixos níveis” (7,3 μm)

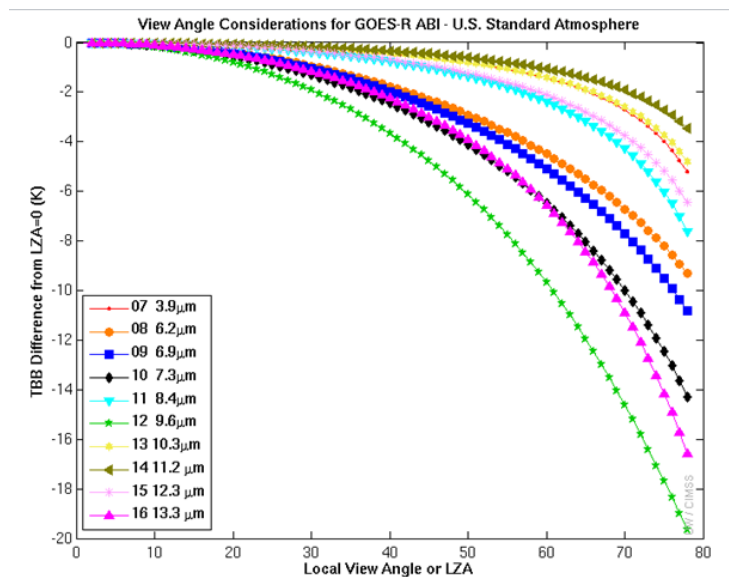
Tipicamente essa banda capta mais profundamente até a média troposfera em regiões de céu claro, até cerca de 500 hPa ou 750 hPa. É utilizada para identificar ventos na baixa troposfera, regiões com potencial de turbulência, estimar umidade em baixos níveis, monitorar tempo severo, plumas vulcânicas ricas em

dióxido de enxofre e rastrear *Lake-Effect Snow*. A presença de nuvens de grande espessura óptica em níveis superiores obstrui a visualização de umidade nos níveis inferiores. A detecção de nuvens de baixos níveis ocorre somente se os níveis superiores estiverem secos.

Interpretação das imagens de vapor d'água

As bandas de vapor d'água, tecnicamente, são bandas infravermelhas que captam a temperatura média de uma camada de umidade, cuja altitude e profundidade podem variar dependendo dos perfis de temperatura e umidade da coluna atmosférica e do ângulo de visada do sensor.

Canais infravermelhos de vapor d'água são afetados pelo resfriamento à medida que o ângulo de visada aumenta. Se a localização do pixel estiver mais longe do que o ponto subsatélite, a trajetória feita pela energia da Terra ao satélite compreenderá mais partes frias da troposfera superior.



Queda na temperatura de brilho em função do ângulo zenital em céu claro em algumas bandas do ABI.

Sob nuvens espessas a temperatura de brilho nos três canais será a mesma: a temperatura do topo da nuvem.

O exame de gráficos de funções-peso de vapor d'água pode ser necessário para interpretar corretamente os aspectos tridimensionais das imagens de canais de **vapor d'água em níveis**.

Funções-peso

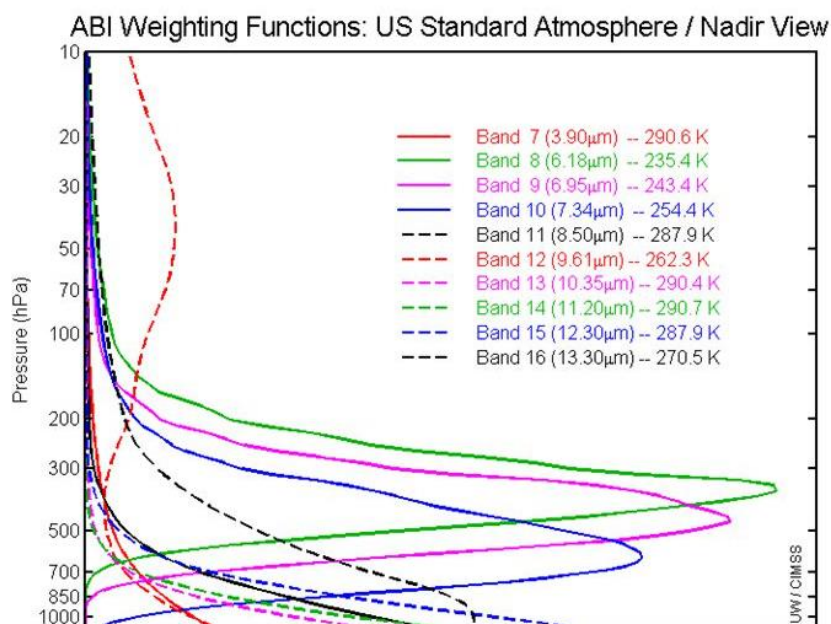
Permitem mensurar graficamente as mudanças na transmitância total com respeito ao gradiente vertical de pressão atmosférica. Em geral, descreve a camada da atmosfera da qual a radiação medida por um determinado canal do sensor foi emitida.

Há dois aspectos importantes dos perfis da função peso: o pico e a extensão vertical. O pico se refere ao valor máximo da função-peso que ocorre em determinada altitude ou nível de pressão. Representa a altitude onde a maior parte do sinal na camada é vista pelo instrumento. A extensão vertical se refere à camada na qual o instrumento enxerga, bem como a contribuição relativa daquela camada.

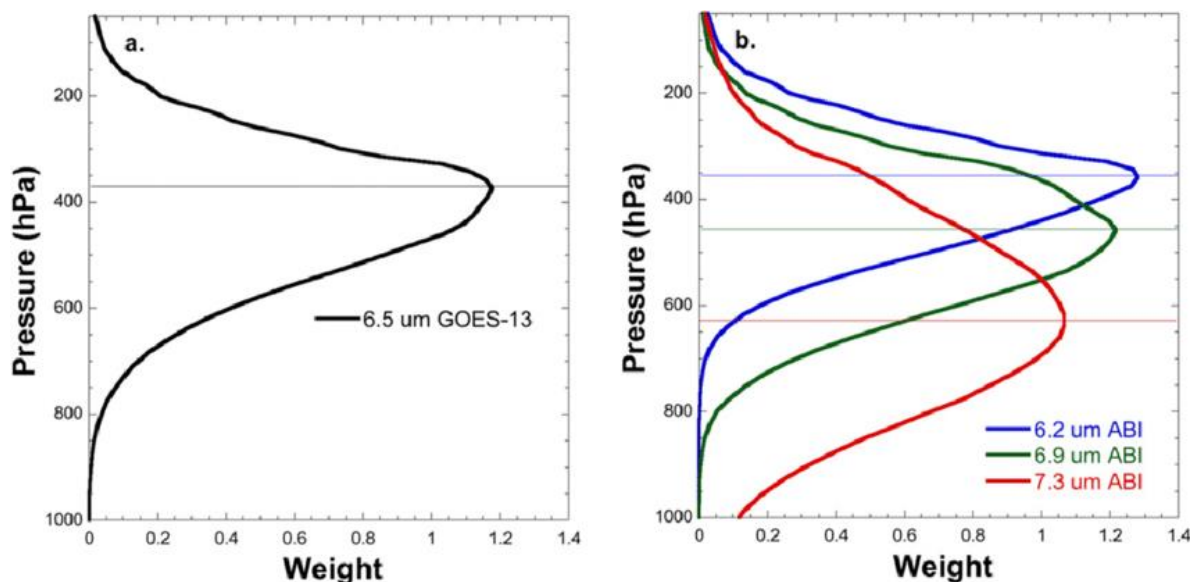
Os três canais de vapor d'água da série GOES-R têm diferentes perfis de funções-peso que explicam seus respectivos apelidos. Analisar as três bandas permite obter uma perspectiva tridimensional quando comparada à banda única pré-GOES-R.

Canais do tipo **janela** apresentam o pico da função-peso na superfície da Terra. A maioria dos canais infravermelhos do ABI apresenta esse comportamento, exceto os canais de vapor d'água e o canal "Ozônio", que apresenta um pico secundário na estratosfera.

GOES-R ABI Weighting Functions



Na banda de vapor d'água em altos níveis as temperaturas de brilho são geralmente mais frias em céu claro do que nas outras duas bandas, devido ao pico ser mais alto do que nelas. A recíproca é verdadeira para a banda de baixos níveis, pelo pico da função estar em menor altitude.



Funções-peso da banda de vapor d'água do GOES-13 e das bandas do GOES-16, presumindo atmosfera padrão com 50% de umidade relativa; linhas horizontais indicam o pico da função.

Todas as funções-peso são calculadas presumindo condições de céu claro. Deve-se suspeitar de cenas nubladas quando se observam imagens de vapor d'água realçado. O realce é calculado de um modelo (Hannon *et al.*, 1996) posterior às medições do imageador, esse modelo não leva em consideração a reflexão da radiação solar.

A altura e profundidade das funções-peso são influenciadas principalmente pelo perfil de umidade e o ângulo de visada, a temperatura da camada tem um efeito secundário.

Quanto **mais seca** está a atmosfera, **mais fundo** o satélite enxerga;

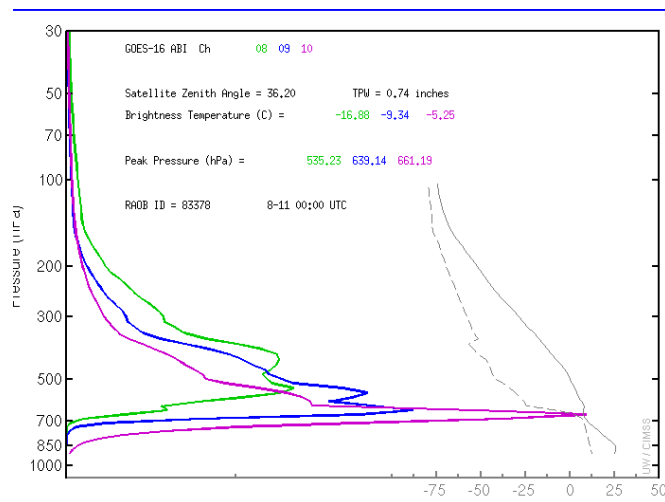
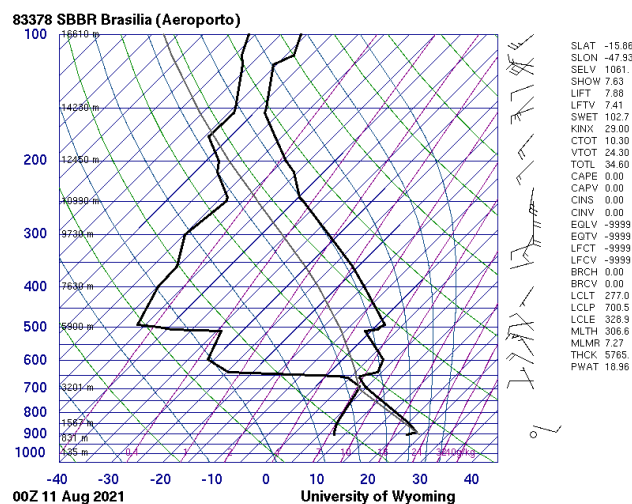
Quanto **menor o ângulo** de visada, **mais fundo** o satélite enxerga.

Como o ar mais frio tem menor capacidade de conter vapor d'água, a coluna de ar mais fria possui menor quantidade de água precipitável, resultando num perfil mais seco (em umidade absoluta), logo:

Quanto **mais fria** está a atmosfera, **mais fundo** o satélite enxerga.

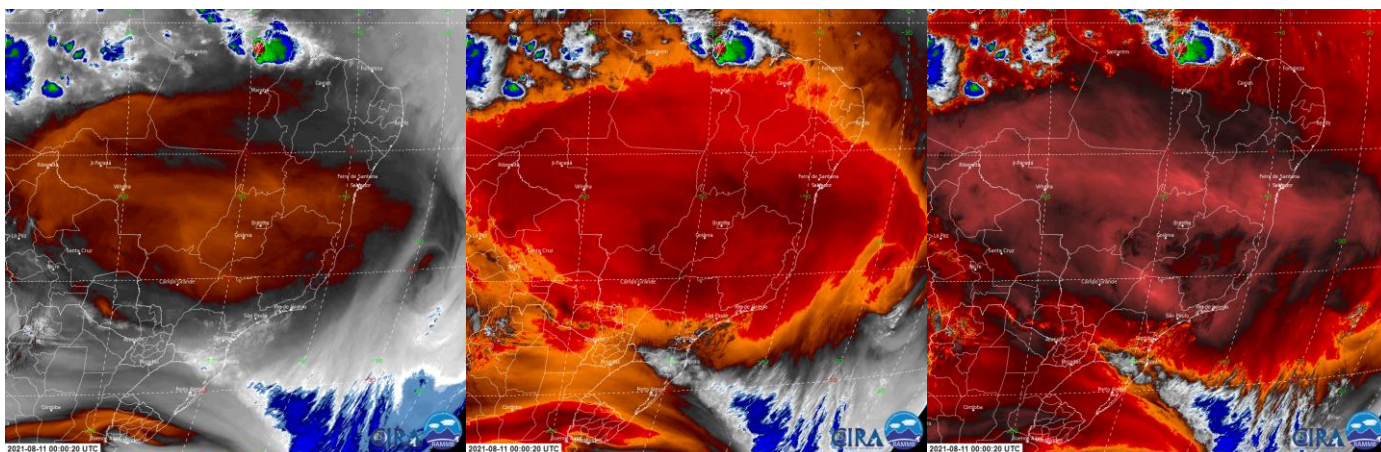
De maneira que, para regiões muito próximas aos polos ou de relevo muito alto, a função-peso dos canais de vapor d'água – principalmente de baixos níveis – pode não terminar antes da superfície. Sendo assim a emissividade da superfície passa a ter peso no resultado da imagem. Se o ar estivesse completamente seco os canais de vapor d'água seriam janelas.

Para acessar as funções-peso em comparação com radiossondagens visite:
<https://cimss.ssec.wisc.edu/goes/wf/>



Radiossondagem em Brasília – DF (esq.) 11Ago2021-00UTC, ao lado da sua função-peso calculada (dir.). Na radiossondagem percebe-se uma camada seca em altos e médios níveis, até uma inversão de subsidência em 500 hPa, abaixo dessa inversão há uma camada menos seca. Em 650 hPa há outra inversão de subsidência, com uma camada úmida até cerca de 700 hPa. A camada seca em altos e médios níveis permite que o canal de WV em altos (linha verde) enxergue até a média troposfera, como se nota pelo pico em 535 hPa [função-peso] que coincide com a primeira inversão. A função-peso de WV de baixos níveis (rosa) apresenta pico em 661 hPa, coincidente com a segunda inversão e a camada úmida. O canal de médios níveis (verde) apresenta picos na primeira inversão e próximo à segunda, logo antes de atingir o seu limite de profundidade.

Ainda que houvesse mais umidade em baixos níveis não seria possível observar nas imagens, pois todas as funções-peso diminuem drasticamente abaixo da camada com muita umidade. Quando essa camada muito úmida ocorre em baixos níveis é possível utilizar os três canais, examinando a atmosfera de cima para baixo. Quando a camada de muita umidade (nuvem) está em níveis superiores, os canais inferiores estarão inutilizáveis, apenas mostrando a mesma camada úmida do nível superior.

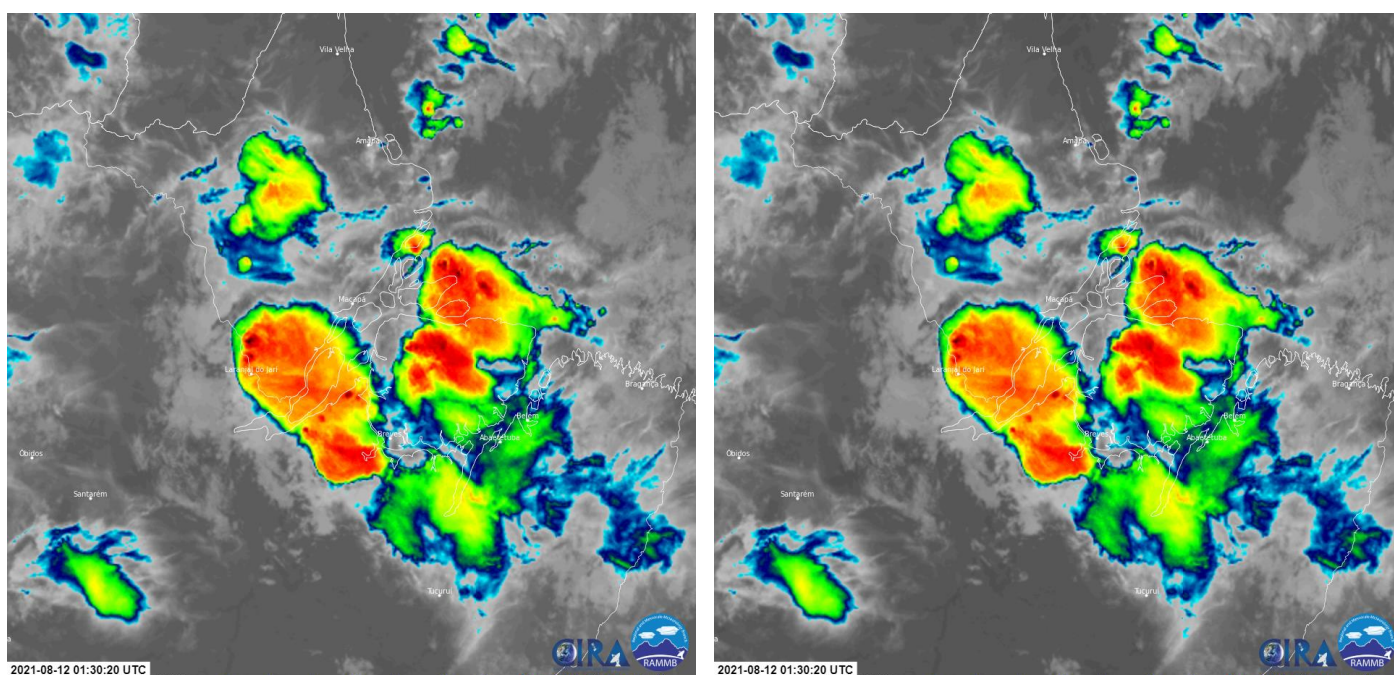


Canais WV em sequência: altos, médios e baixos níveis. Observa-se a massa de ar seco principalmente sobre o Centro-Oeste do Brasil em altos e médios níveis; com esses níveis superiores mais secos o canal de baixos níveis consegue enxergar até os 700 hPa, nível no qual já é possível observar mais umidade em Minas Gerais, Goiás e oeste do Mato Grosso. Perceba-se que há camadas de maior umidade em altos níveis se repetem exatamente no mesmo local nas outras imagens, tanto na região equatorial quanto no Atlântico Sul, essas são as áreas sob nuvens espessas.

Banda 11 “Fase da nuvem infravermelho” (8,5 μ m)

(*Cloud-Top Phase* ou *IR Cloud Phase*) é um canal janela onde há pouca absorção de energia em céu claro, a não ser pelo dióxido de enxofre proveniente de erupções vulcânicas. Diferenças na emissividade das superfícies nessa banda ocorrem sobre diferentes tipos de solo, o que afeta as temperaturas de brilho. Gotas d’água também possuem propriedades emissivas distintas em 8,5 μ m quando comparadas com outros comprimentos de onda. A fase na nuvem pode ser determinada pela diferença entre os canais janela 8,5 μ m e 11,2 μ m, que depende de emissividades diferentes.

Há mais absorção de vapor d’água nesse canal do que no canal 13, o que faz dele um canal sujo. As temperaturas de brilho são moduladas pelo vapor d’água. Para a maior parte dos propósitos de rastreamento de aspectos meteorológicos é mais razoável utilizar a banda 13.



No canal 11 (esq.) percebe-se que as temperaturas de brilho são ligeiramente mais frias, em geral, do que no canal 13 (dir.), isso pode interferir no diagnóstico de sistemas por temperatura ou área de abrangência.

Banda 12 “Ozônio” (9,6 μm)

A banda “ozônio” fornece informações sobre a dinâmica da atmosfera próximo da tropopausa, tanto de dia quanto de noite. Mostra temperaturas mais frias do que a banda 13 porque tanto o ozônio quanto o vapor d’água absorvem energia nesse canal. O efeito de resfriamento é muito aparente em grandes ângulos zenitais. Sozinha esta banda não é capaz de diagnosticar a coluna total de ozônio, para isso são necessários alguns produtos.

A função peso dessa banda apresenta picos na superfície e na estratosfera, onde o O_3 é mais comum. A absorção pelo vapor d’água próximo à superfície impossibilita as tentativas de medir O_3 nesses níveis. A temperatura de brilho aumenta com menos vapor d’água, menos O_3 ou com o aumento da temperatura do ar na camada de vapor ou O_3 .

Banda 13 “Infravermelho limpo” (10,3 μm)

Essa banda é menos sensível à absorção por vapor d’água do que as outras bandas IR. Auxilia na classificação de nuvens, estimativa da temperatura de brilho no topo da nuvem, tamanho das partículas e outras características atmosféricas, além da caracterização de propriedades de superfície em produtos derivados.

A temperatura do solo pode ser muito maior do que a temperatura do ar em 2 metros, principalmente durante o dia.

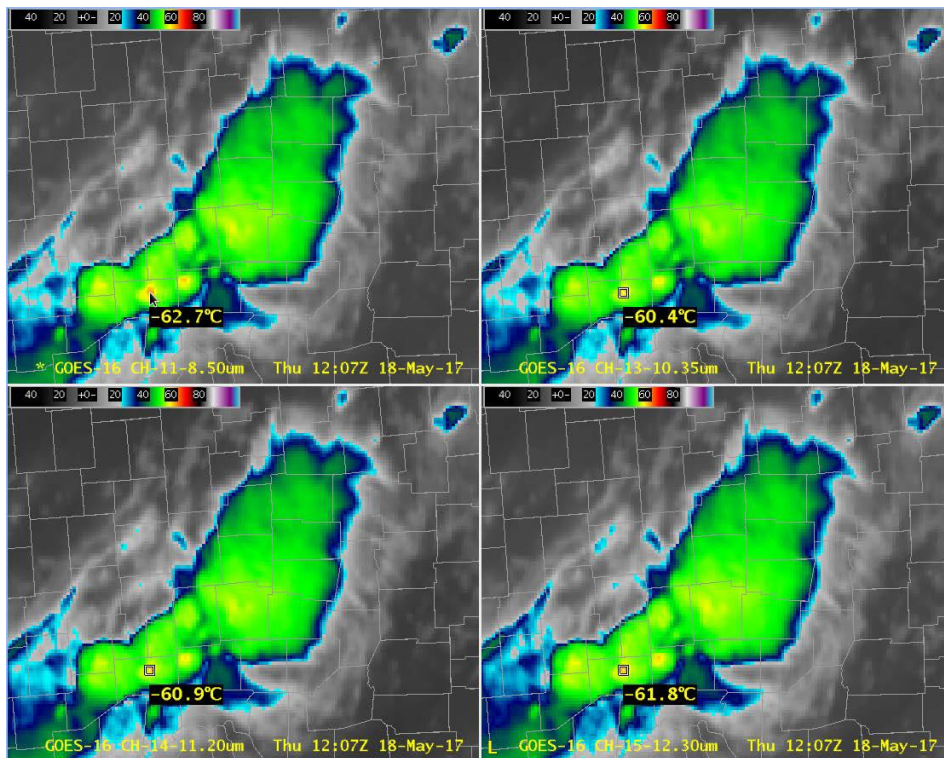
Banda 14 “Infravermelho de onda longa” (11,2 μm)

Tem as suas temperaturas de brilho afetadas pela absorção do vapor d’água, sendo mais frias do que as da janela “limpa” conforme a maior umidade na atmosfera. É semelhante ao canal “limpo”, porém com diferenças, principalmente em áreas de céu claro. A absorção é menor do que na banda “suja”.

Banda 15 “Infravermelho sujo” (12,3 μm)

A absorção e reemissão de vapor d’água, principalmente na baixa troposfera, resfria levemente a maioria das temperaturas de brilho não relacionadas a nuvens. Isso ocorre mais nessa banda do que nas outras janelas infravermelhas – quanto mais vapor, maior é a diferença. A diferença entre a banda “suja” e a “limpa” (banda 13) forma os produtos “*Split Window Difference*”, para detectar umidade ou poeira, e diferenciar esta última em cinzas vulcânicas ou silicatos de poeira.

As temperaturas de brilho de solo nessa banda são mais frias do que as observadas em superfície e nos canais 13 e 14, proporcionalmente à quantidade de vapor d’água na coluna atmosférica, o que faz o motivo do seu apelido de banda “suja”.



Comparação da temperatura de brilho de um mesmo ponto em quatro canais.

Sup. esq.: banda 11 “fase da nuvem”;
inf. esq.: banda 14 “IR de onda longa”;

sup. dir.: banda 13 “IR limpo”;
inf. dir.: banda 15 “IR sujo”.

Banda 16 “Dióxido de carbono (CO₂)” (13,3 μm)

Produtos que fazem uso dessa banda podem ser úteis para delinear a tropopausa, estimar a temperatura do topo das nuvens, discernir o nível de “*Derived Motion Winds*” e até identificar cinzas vulcânicas.

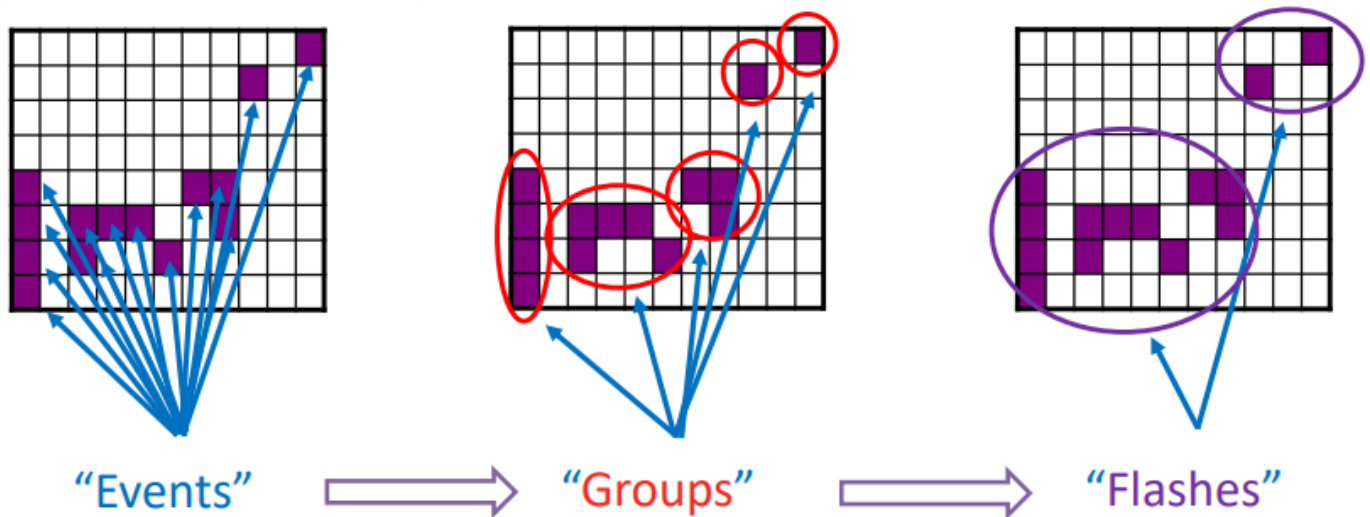
Apesar da sua importância, o canal CO₂, por si só, não é útil para interpretação de fenômenos de tempo. O resfriamento nessa banda, associado à onipresença de CO₂ na atmosfera, é mais notado nas bordas da imagem.

Geostationary Lightning Mapper

O GLM é um detector transiente óptico de infravermelho próximo que pode revelar mudanças momentâneas numa cena óptica, indicando a presença de relâmpagos. Mensura a atividade total de relâmpagos com uma resolução espacial quase uniforme de aproximadamente 10 Km (8 Km no nadir e 14 Km nas bordas). A banda utilizada é de 777,4 nm.

A cobertura espacial alcança até 52° de latitude e a eficiência na detecção de flashes pode variar entre 70% a 90%, com os maiores valores ocorrendo à noite, já que é mais fácil detectar os pulsos óticos com um plano de fundo mais escuro. Apesar da resolução grosseira, o GLM fornece rápidas atualizações temporais.

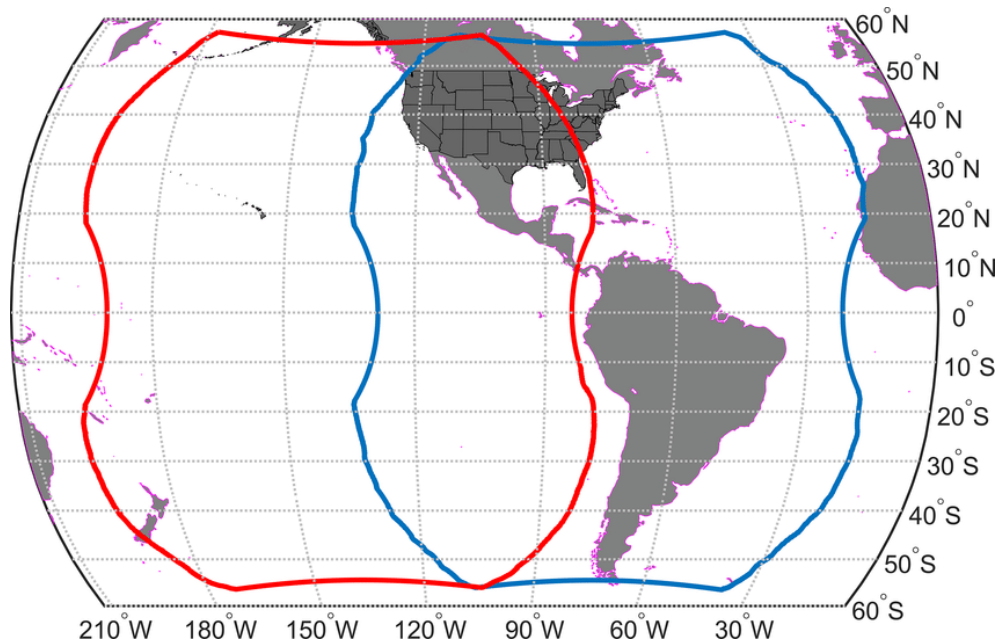
O GLM cria planos de fundo a cada 2,5 minutos e depois imagea 500 quadros por segundo para detectar mudanças no brilho em relação ao plano de fundo. Pixels que estão iluminados acima do limiar do plano de fundo durante um quadro de 2 milissegundos recebem o nome de evento, depois disso, filtros determinam as chances desses eventos serem relâmpagos reais. O *Lightning Cluster Filter Algorithm* combina eventos em grupos e grupos em flashes.



Evento: ocorrência de um único pixel exceder o limiar de detecção durante um quadro de ≈ 2 ms.

Grupo: mais de um evento simultâneo observado em pixels adjacentes.

Flash: um ou mais grupos sequenciais separados por menos de 330 ms e 16,5 Km.



Campo de visão dos GLM a bordo do GOES-West (vermelho) e GOES-East (azul).

Através do site: <https://rammb-slider.cira.colostate.edu> é possível consultar as últimas imagens do GOES-16, que cobre praticamente todo o continente americano, desde as bandas individuais até os produtos de NOAA, CIRA e EUMETSAT; é possível consultar outros satélites, sobrepor canais e produtos, e baixá-los individualmente ou em animações.

Referências

<https://www.goes-r.gov/spacesegment/abi.html#>

<https://goes-r.gov/spacesegment/glm.html>

https://www.nwcsaf.org/Downloads/Workshop2020/Presentations/Session_I/7.NWCSAF_LI_Products_Diamandi_UsersWS2020.pdf

https://cimss.ssec.wisc.edu/goes/YouTube_wf_training.html

<https://slideplayer.com/slide/6009974/>

https://rammb.cira.colostate.edu/training/visit/quick_guides/

Jones, Thomas & Wang, Xuguang & Skinner, Patrick & Johnson, Aaron & Wang, Yongming. (2018). Assimilation of GOES-13 Imager Clear-Sky Water Vapor (6.5 μm) Radiances into a Warn-on-Forecast System. Monthly Weather Review. 146. 10.1175/MWR-D-17-0280.1.

Bateman, Monte & Mach, Douglas & Stock, Michael. (2021). Further Investigation Into Detection Efficiency and False Alarm Rate for the Geostationary Lightning Mappers Aboard GOES-16 and GOES-17. Earth and Space Science. 8. 10.1029/2020EA001237.

William Koshak, Douglas Mach, Monte Bateman, Pete Armstrong, Katrina Virts. GOES-16 GLM Level 2 Data Full Validation Data Quality. Product Performance Guide For Data Users. November 21, 2018

LOPEZ, Philippe. Quality control for GOES Geostationary Lightning Mapper Level-2 flash products. ECMWF technical memo. Oct. 2020.

Hannon, S., L. L. Strow, and W. W. McMillan, 1996: Atmospheric infrared fast transmittance models: A comparison of two approaches. Proc. Optical Spectroscopic Techniques and Instrumentation for Atmospheric and Space Research, Denver, CO. Inter. Soc. for Opt. Eng., 94-105.