

Desempenho do modelo GL versão 1.2

variável: radiação global diária

Época de análise:

2005 (janeiro-março-abril-maio-junho)

Satélite: GOES12

Verdade terrestre: rede de estações do PMTCRH
(Programa de Monitoramento de Tempo, Clima e Recursos Hídricos)

Nota: Análises realizadas em 2005

Estimativa de radiação solar por satélite: Modelo GL1.2

Janeiro 2005 Análise de desempenho

Satélite: GOES 12

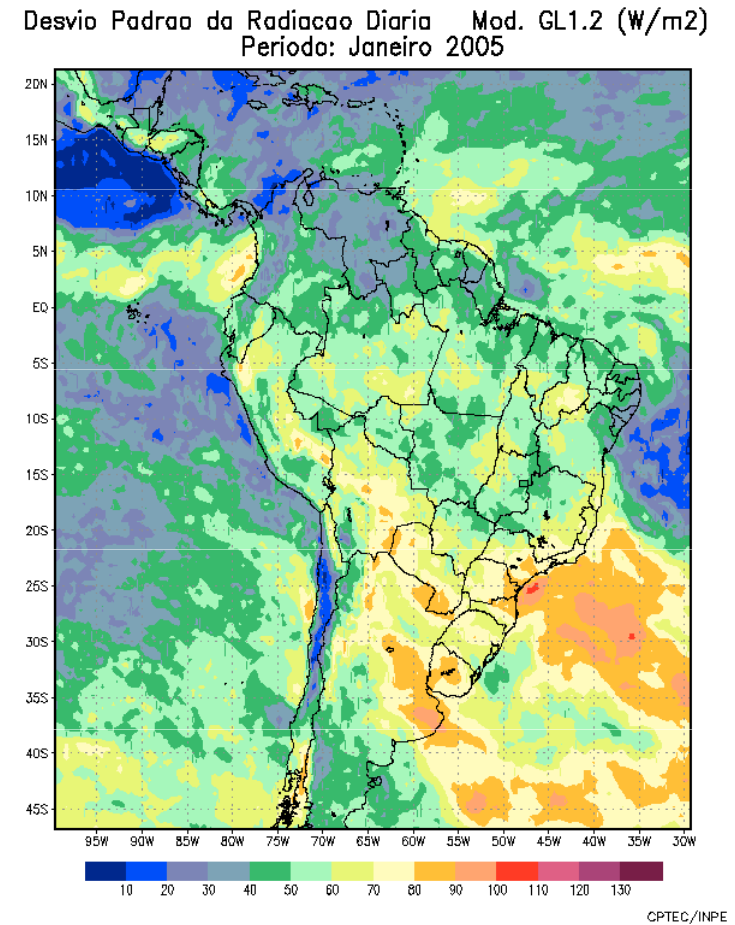
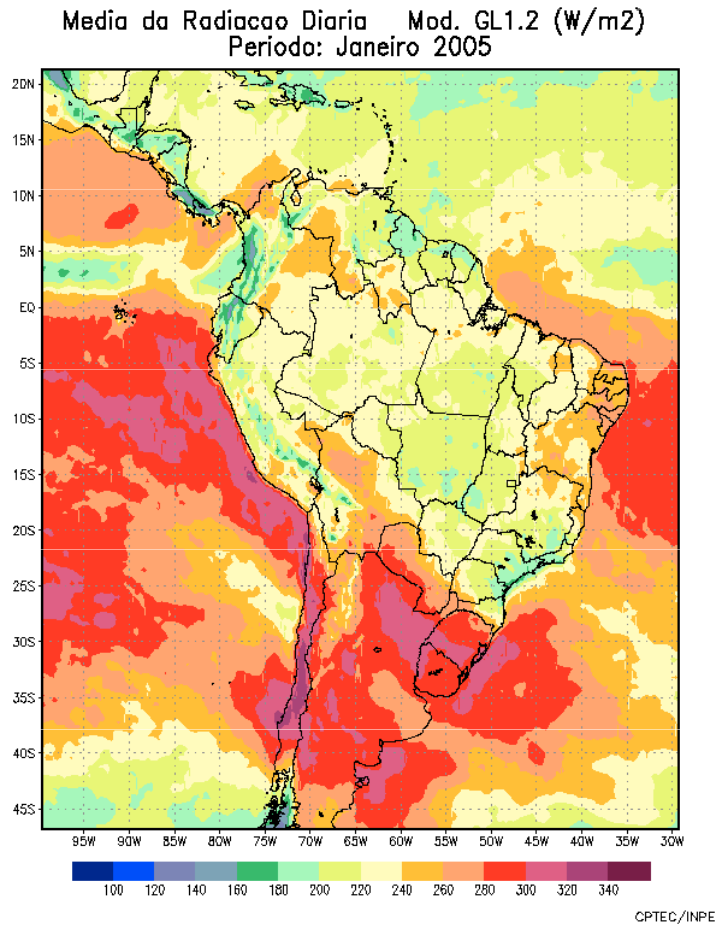
Canal utilizado: Visível

Parâmetros básicos:

- Água precipitável (um valor ao sul de 20°S, outro ao norte dessa latitude)
- Nebulosidade: Linear entre refletâncias 9% e 46% (nublado para valores superiores)
- Descrição detalhada do modelo: Ceballos et al. (2004). Procurar em Satélites → Pesquisa e Desenvolvimento na DSA → Publicações

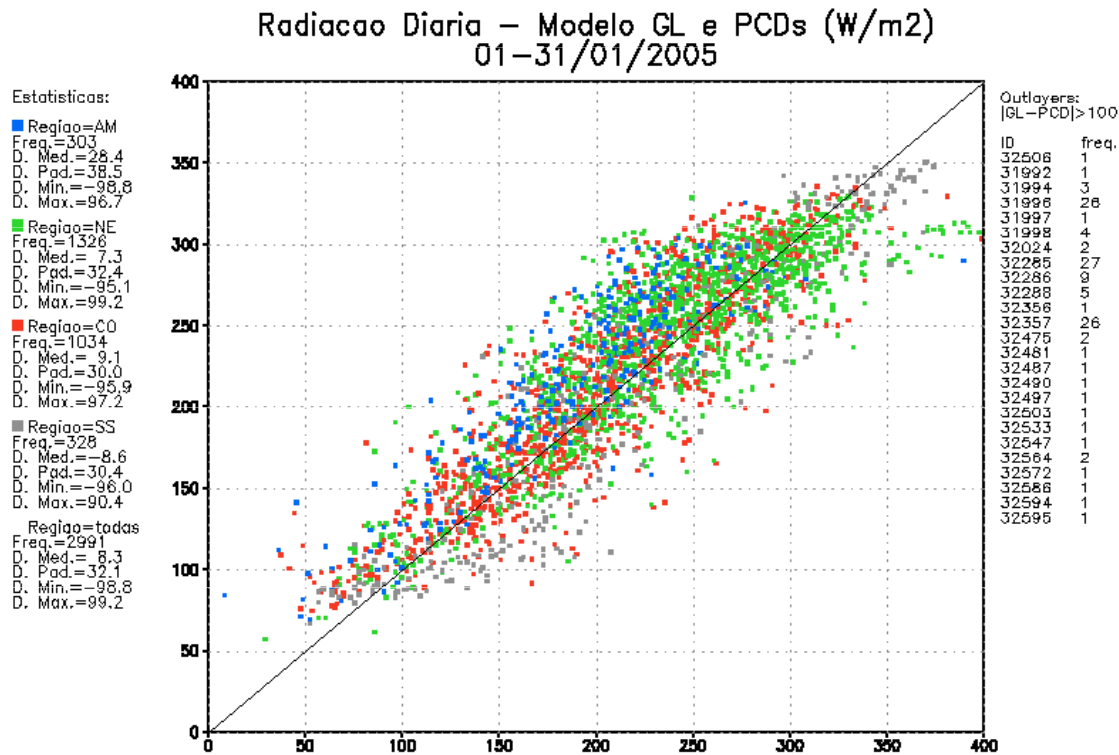
Distribuição geográfica da radiação solar – janeiro 2005

Unidades: irradiância média diária ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) = irradiação diária em $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}/86400 \text{ seg}$



Dados diários e mensais: página do CPTEC → satélites → radiação solar e terrestre

Comparação genérica com dados da rede de PCDs



- O modelo GL 1.2 apresenta boa linearidade com relação à “verdade terrestre”

- Foram eliminados pontos com diferença entre modelo e PCD maior do que 100 W.m⁻²

- Algumas estações do Nordeste apresentam valores significativamente maiores em situações de céu claro: problemas de calibração da PCD

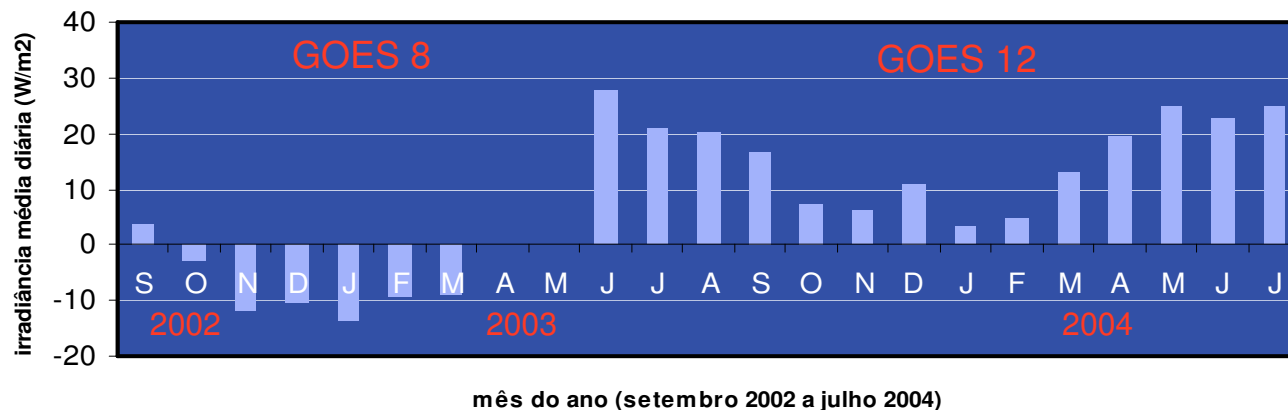
- Em outros casos, o modelo é significativamente superior: prováveis problemas de sujeira no sensor da PCD

- Valores do modelo muito inferiores sugerem dias com poucas imagens disponíveis

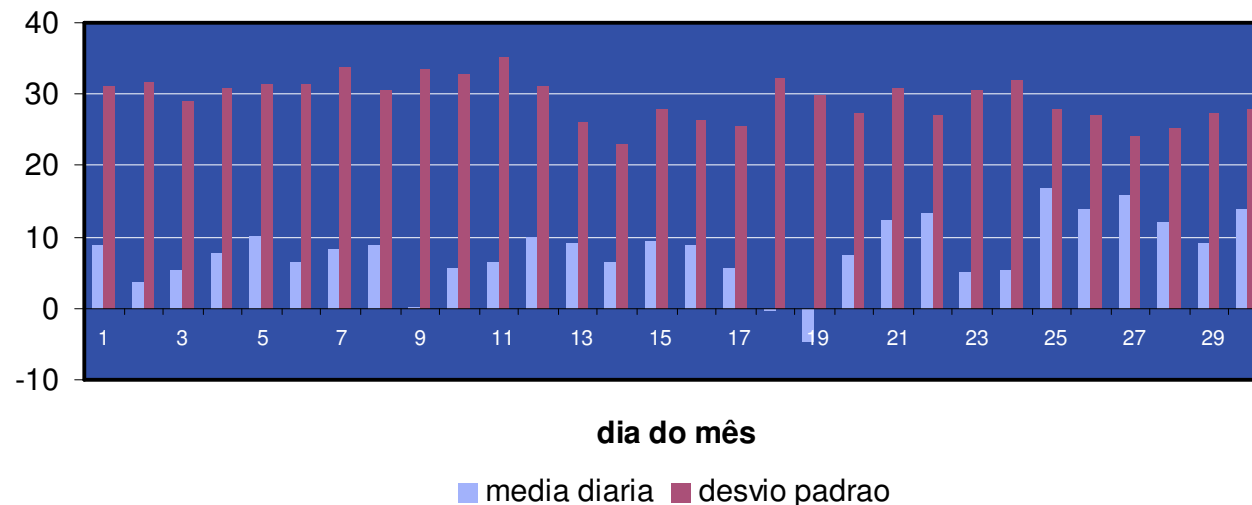
A seguir: análise de desempenho do modelo e detecção de estações com problemas

Comportamento médio do modelo GL1.2

evolução do desvio médio mensal computado sobre a rede de PCDs



comportamento diário (médias sobre a rede de PCDs)
janeiro 2005 - com depuração estatística



- O canal VIS do GOES 8 tinha calibração dia-a-dia avaliada por NOAA e ISCCP.

- GOES 12: tem degradação com relação à calibração inicial. Correções ainda em análise.

- Observa-se um ciclo anual de desvios (verificada também em outros modelos). Por enquanto, o GOES 12 parece introduzir um erro médio sistemático de +10 a +15 $W.m^{-2}$

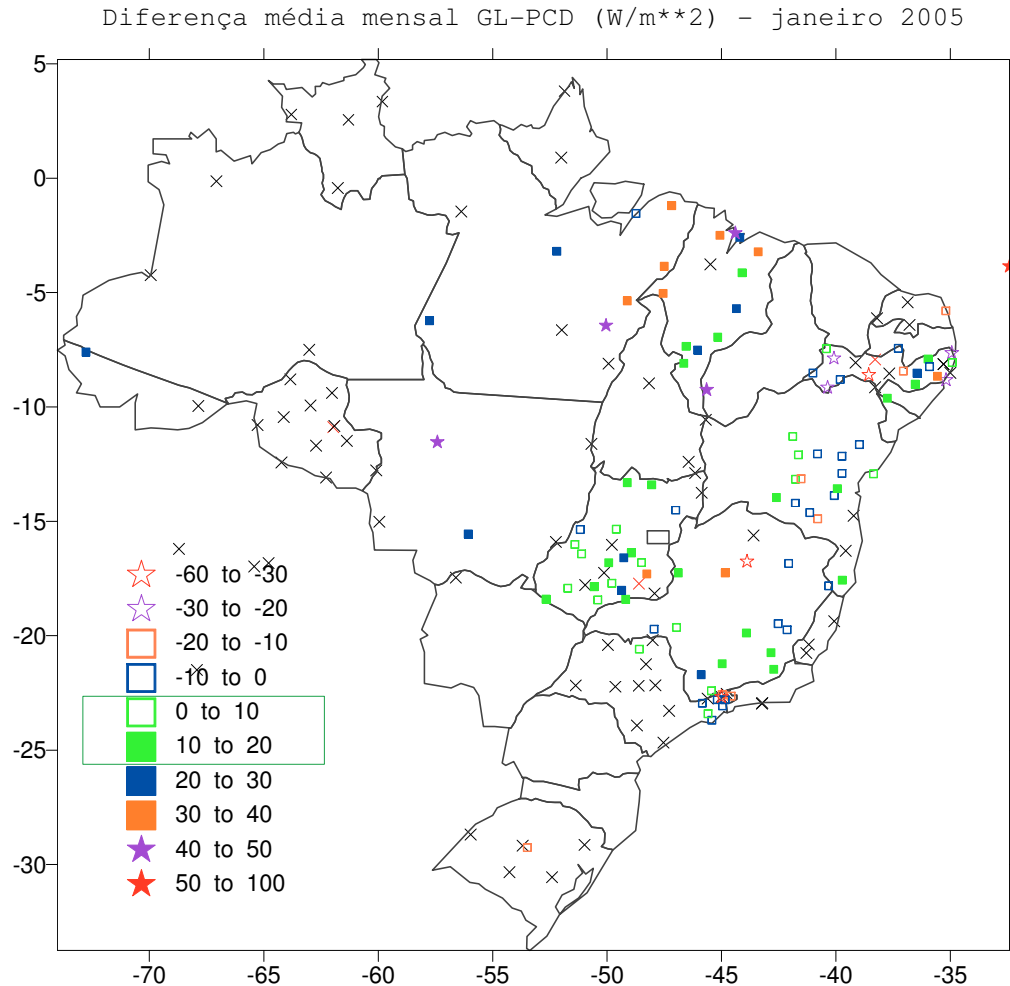
JANEIRO 2005

- Desvio médio observado é de +8 $W.m^{-2}$, semelhante ao de janeiro 2004.

- Valores muito baixos ou negativos podem ser gerados em dias com poucas imagens disponíveis.

- **Observação:** o desvio médio é *sobre a rede*. Estações ou regiões específicas podem mostrar desvios particulares, como evidencia o desvio padrão.

Modelo GL 1.2: Comparação com as estações da rede



Critério de filtragem:

Etapa 1) avaliação de média m e desvio padrão s da estação.

Etapa 2) eliminação de outliers: dados diários fora do intervalo $m \pm 2s$

Etapa 3) Reavaliação de média e desvio padrão da estação; "flag" em dados fora do intervalo $m \pm 2,5s$

- **Cruzes em preto:** estações previstas, ou inoperantes.

- As **estações em verde** apresentam o comportamento mais coerente com o modelo, de acordo com o erro médio sugerido pela degradação do sensor VIS do GOES 12.

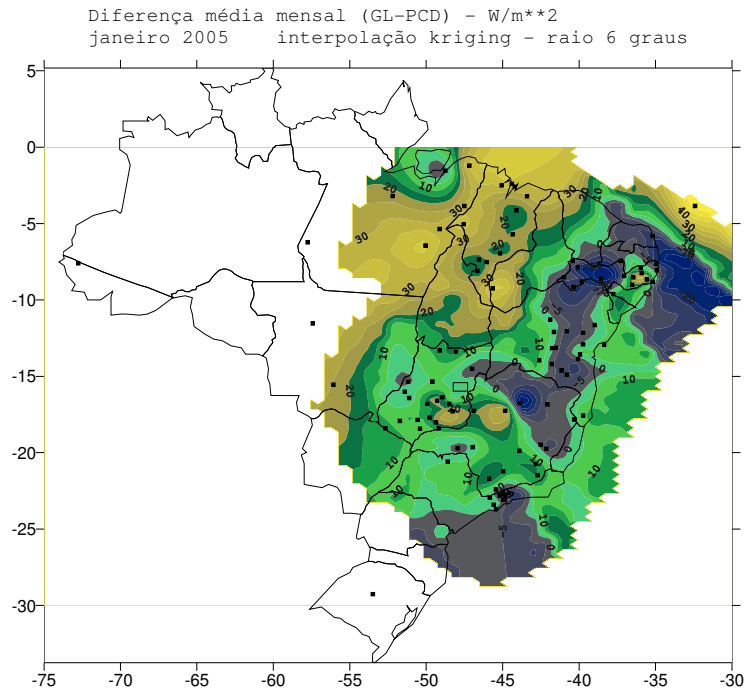
- **Cor laranja:** desvio moderadamente elevado. Comportamento regional em observação.

- Estrelas em **roxo** e **vermelho:** desvios superiores ao estatístico. Sugere-se analisar comportamento da PCD. Símbolos cheios (exceto verde) sugerem sensor com sujeira.

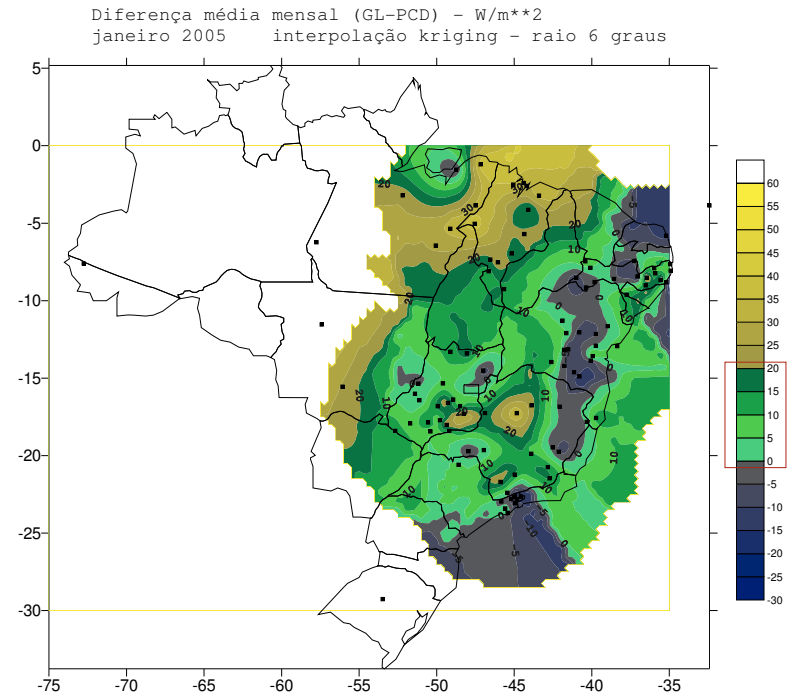
- **Cruzes em vermelho:** estações com valores anômalos. Funcionamento errado.

- Na Amazônia, o modelo parece superestimar radiação [razões possíveis: 1) subestimativa de água precipitável; 2) subestimativa de nebulosidade]

Distribuição geográfica de desvios médios do modelo GL1.2 – janeiro 2005



Inclusão de todas as 102 estações não anômalas



Exclusão de 10 estações com $m > 40$ e $m < 20$

- Interpolação: kriging sobre 6° de raio. Modelo: água precipitável = 4.5 g/cm^2 para $\varphi > -20^\circ$
- A região em **verde** é a mais coerente com os erros médios esperáveis do uso de GOES 12
- A região em **pardo** pode indicar necessidade de ajuste a valores regionais superiores de água precipitável (transição para a região amazônica)
- A região em **azul** pode indicar valores de água precipitável inferiores aos previstos
- A região tem valores de irradiância média **G** entre 200 e 250 W.m^{-2} . O erro médio do modelo representa (**verde**) 5-10% de **G**; (**pardo**) 15% de **G**.
- Em todos os casos, deve ser regionalizada a parametrização para estimativa de nebulosidade [em andamento]

Estimativa de radiação solar: Modelo GL1.2

Período março 2005

Fonte de informação:

- imagens canal VIS, GOES12

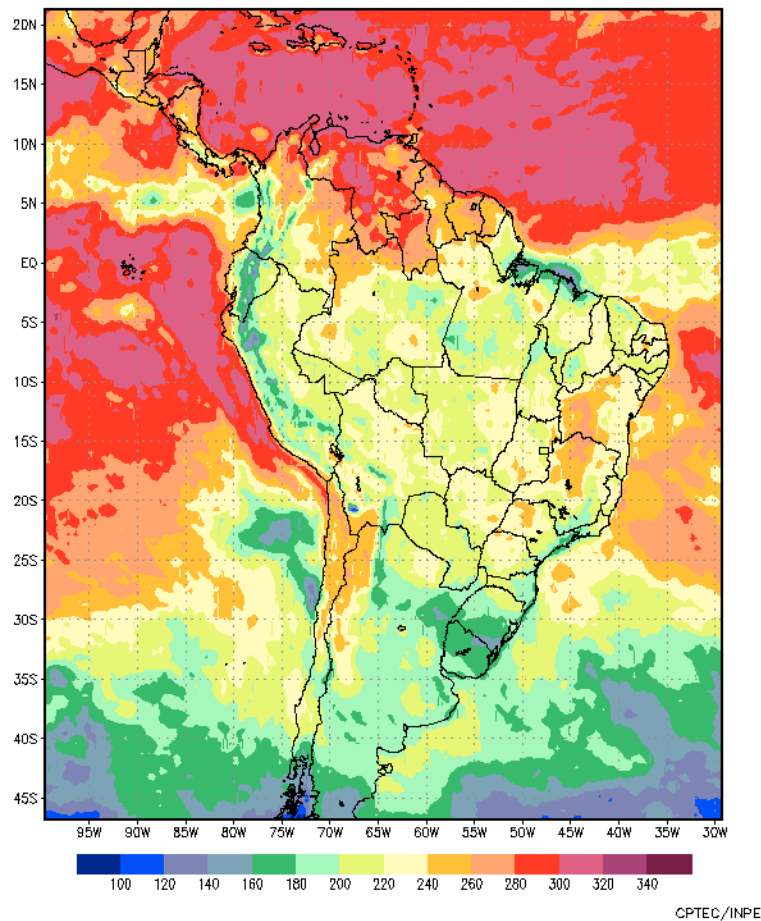
Hipóteses:

- Distribuição regional do vapor d'água
- Conteúdo constante de O₃ (estratosfera)
- Ausência de aerossol
- Troposfera conservativa no visível
- Apenas radiação direta no IV solar, controlada por nebulosidade (a cobertura parcial é estimada a partir do canal VIS)

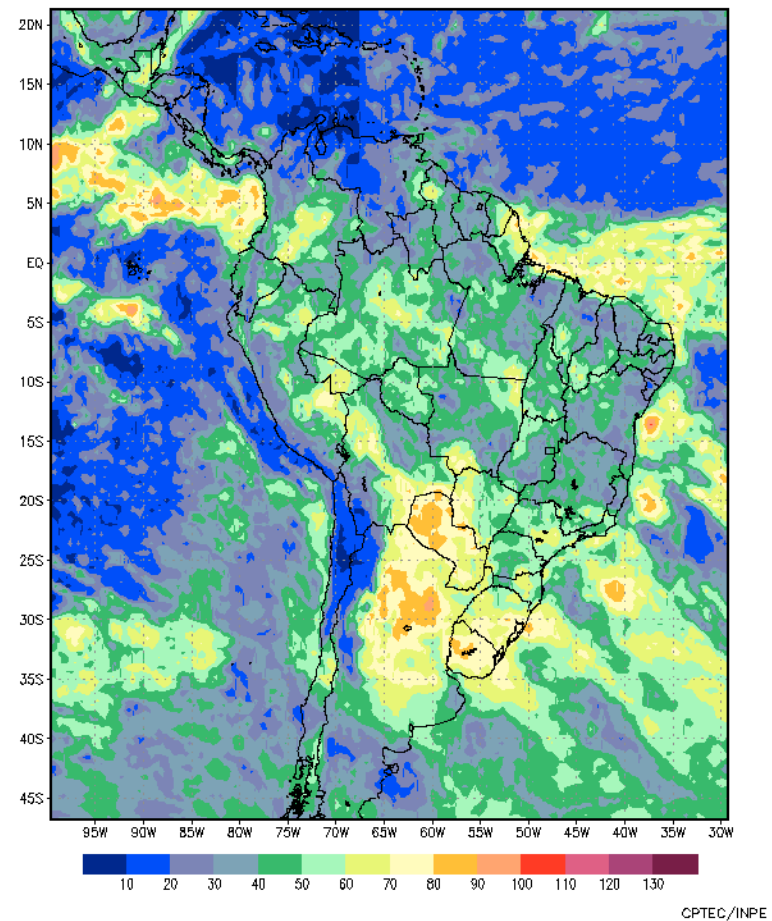
Modelo GL1.2 – Radiação solar diária (irradiância média em $W.m^{-2}$)

Média e desvio padrão sobre 31 dias.

Medida da Radiação Diária Mod. GL1.2 (W/m^2)
Período: Março 2005



Desvio Padrao da Radiação Diária Mod. GL1.2 (W/m^2)
Período: Março 2005



Radiação Diária – Modelo GL e PCDs (W/m²) 01–31/03/2005

Estadísticas:

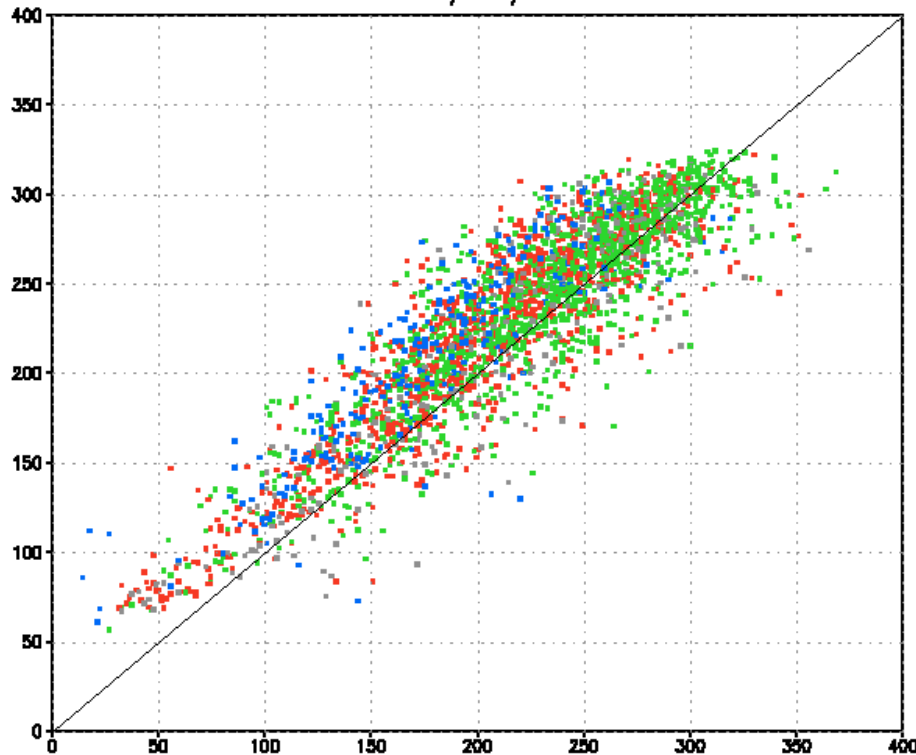
■ Região=AM
Freq.=267
D. Med.=32,3
D. Pad.=41,5
D. Min.=-89,7
D. Max.=99,9

■ Região=NE
Freq.=1241
D. Med.=10,8
D. Pad.=28,3
D. Min.=-93,1
D. Max.=99,8

■ Região=CO
Freq.=1009
D. Med.=17,4
D. Pad.=31,4
D. Min.=-96,2
D. Max.=96,7

■ Região=SS
Freq.=263
D. Med.=10,0
D. Pad.=30,6
D. Min.=-85,9
D. Max.=94,5

■ Região=todas
Freq.=2780
D. Med.=15,2
D. Pad.=31,1
D. Min.=-96,2
D. Max.=99,9



Outliers:
|GL-PCD|>100

ID	freq.
32360	1
32485	1
32506	6
31994	1
31996	13
31997	2
31998	6
32285	20
32287	2
32288	3
32357	28
32464	1
32466	1
32477	2
32481	4
32483	1
32489	2
32520	1
32564	2
32576	1
32589	2
32597	1

Dispersão de estimativas:

Modelo GL1.2 X PCDs

Abscissas: PCD

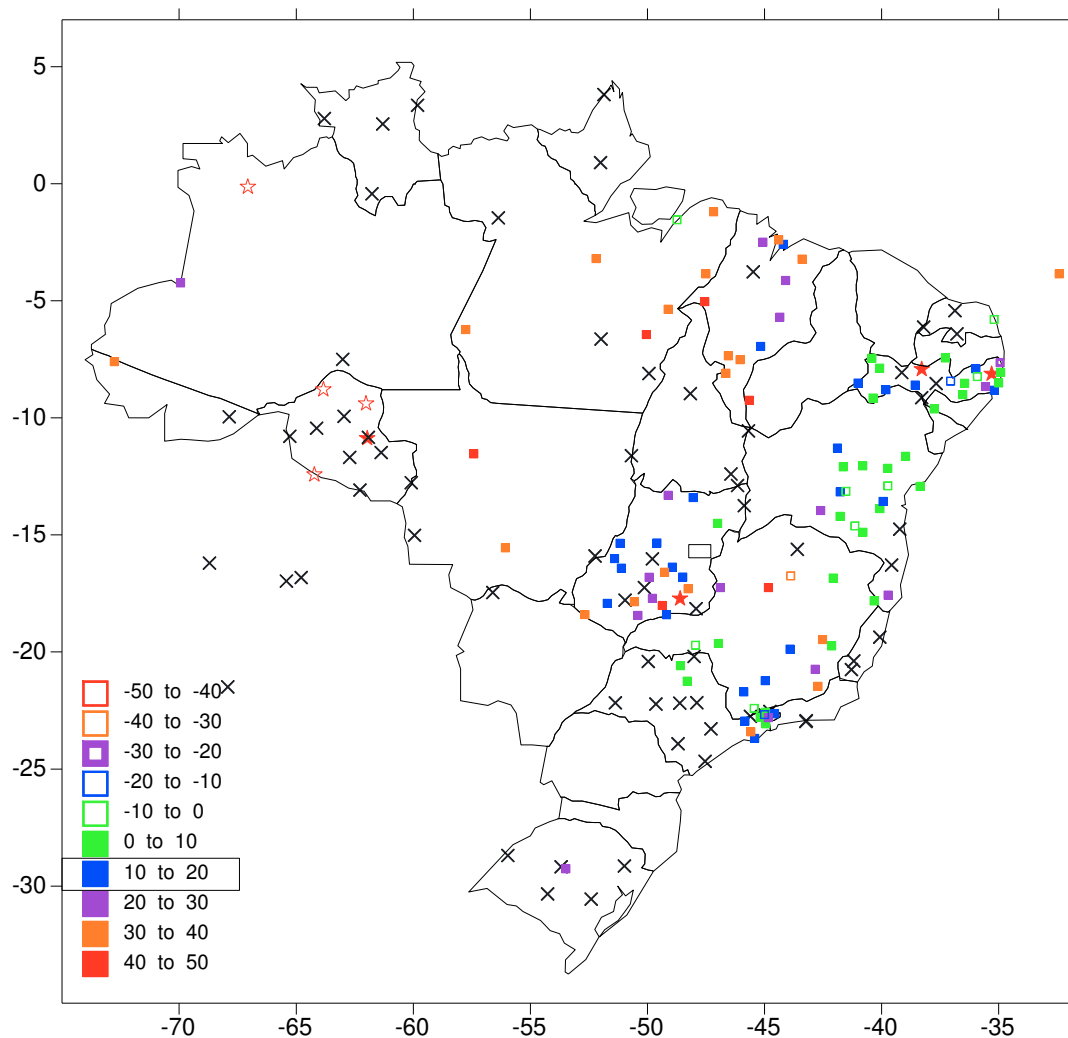
Ordenadas: modelo GL1.2

Foram retirados resultados com desvios absolutos superiores a 100 W.m⁻².

O modelo apresenta ajuste satisfatório com a "verdade terrestre", mas o gráfico sugere um erro sistemático positivo.

Justificativa: Além das eventuais simplificações do modelo, o desvio sistemático é induzido pela degradação do sensor VIS do satélite GOES12 (diminui a estimativa de refletância, portanto induz erro positivo na radiação transmitida).

desvio médio mensal [GL - PCD] - março 2005



Análise dos desvios observados

São utilizadas como referência as irradiações diárias da rede de PCDs. Foram removidos os dados de modelo com desvio absoluto maior do que 90 W.m^{-2} .

A média de desvios sobre a rede de PCDs é de $+16 \text{ W.m}^{-2}$, com desvio padrão de 16 W.m^{-2} . Este desvio é induzido pela calibração incorreta do canal GOES12 VIS.

■ ■ Os resultados podem ser considerados exatos em média mensal, com desvio sistemático induzido pela calibração GOES.

Estrelas vazias indicam valores excessivamente baixos das PCDs; estrelas cheias, valores altos. Nos dois casos, sugerem problemas de calibração / manutenção.

Cruzes: PCDs inativas, sem solarímetro ou em fase de instalação.

O gradiente sistemático de desvios na direção da Amazônia sugere que o modelo considera valores excessivamente baixos de água precipitável (portanto, subestima a absorção de radiação pelo vapor).

Estimativa de radiação solar: Modelo GL1.2

Período abril 2005

Fonte de informação:

- imagens canal VIS, GOES12

Hipóteses:

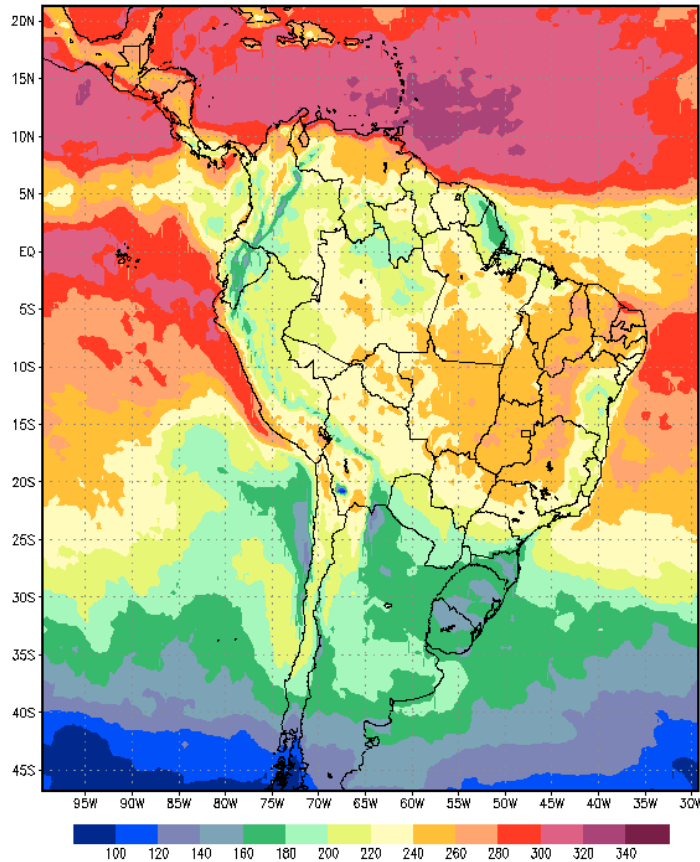
- Distribuição regional do vapor d'água
- Conteúdo constante de O₃ (estratosfera)
- Ausência de aerossol
- Troposfera conservativa no visível
- Apenas radiação direta no IV solar, controlada por nebulosidade (a cobertura parcial é estimada a partir do canal VIS)

Modelo GL1.2 – abril 2005

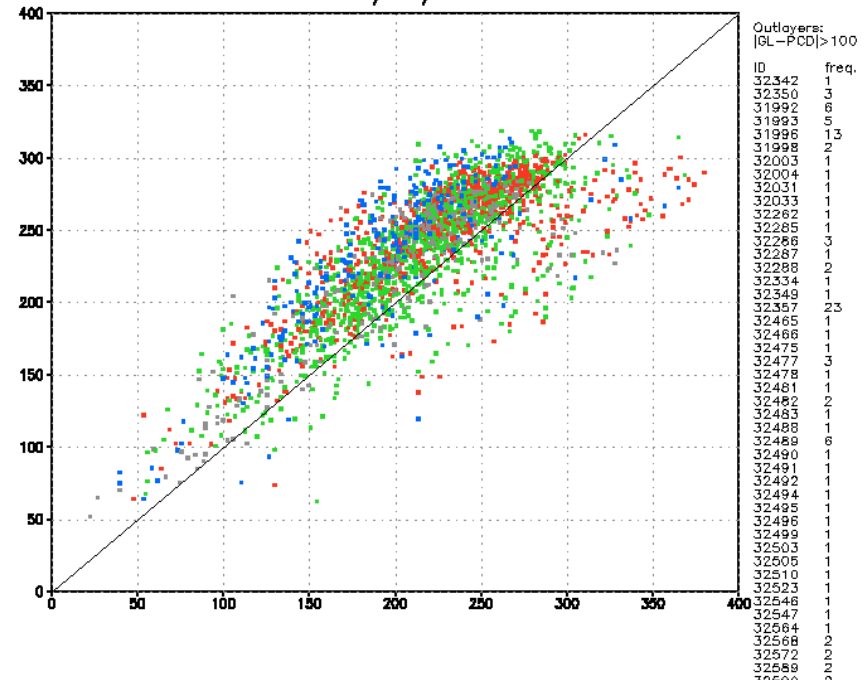
Radiação solar diária (irradiância média em $W.m^{-2}$)

Média e dispersão sobre 28 dias.

Medida da Radiação Diária Mod. GL1.2 (W/m^2)
Período: Abril 2005



Radiação Diária – Modelo GL e PCDs (W/m^2)
01-30/04/2005



O modelo tem comportamento linear,

- 1) Com desvio sistemático positivo (influência parcial de calibração do GOES 12);
- 2) Com subestimativas (pontos abaixo da diagonal) associadas a recepção irregular de imagens em uma semana de abril.

Análise dos desvios observados

Referência: irradiações diárias da rede de PCDs. Na análise de **desvio** $D = \text{MODELO} - \text{PCD}$, efetua-se remoção de desvios excessivos:

= Calculados a média **Dm** e desvio padrão **s**, eliminam-se

- Desvios com $|D| > 100 \text{ W.m}^{-2}$.

- Desvios com $|D - Dm| > 2s$

= Calcula-se nova média **Dm'** e desvio padrão **s'**, eliminando-se os desvios com $|D - Dm'| > 3s'$.

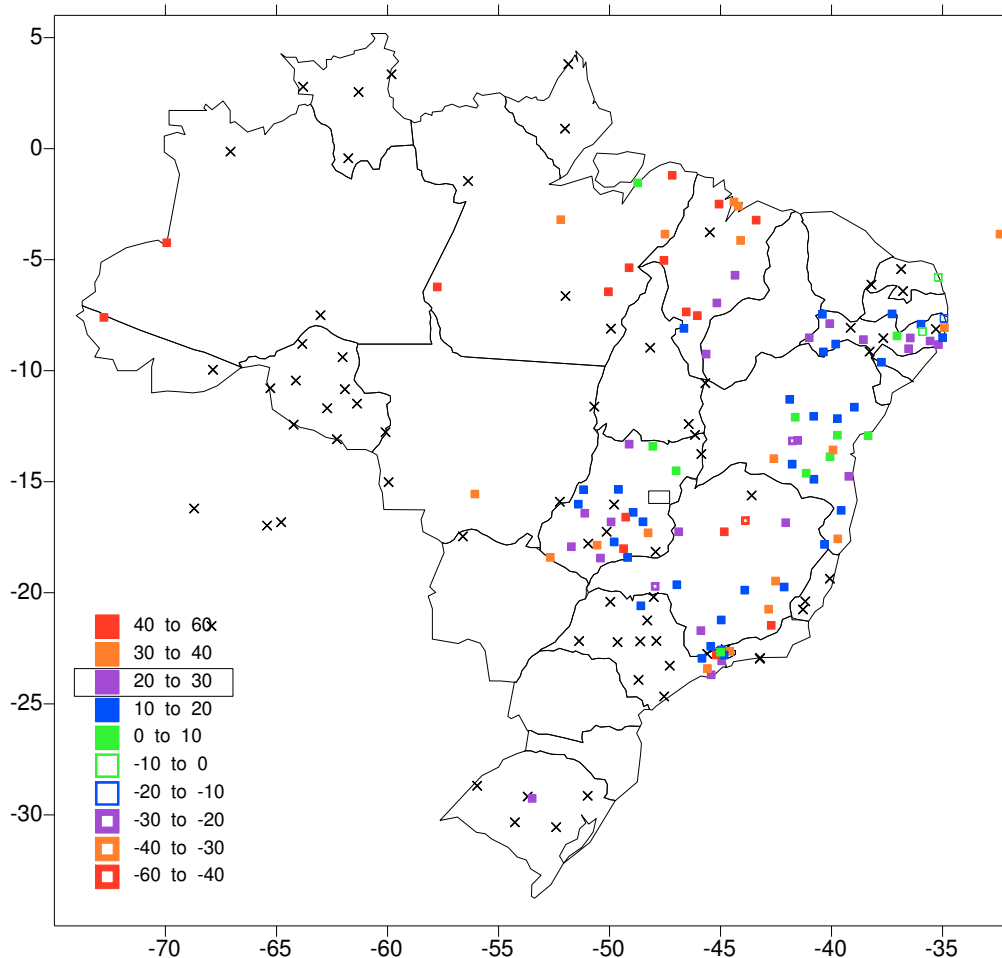
A média de desvios sobre a rede de PCDs é de $+23 \text{ W.m}^{-2}$, com desvio padrão médio de 23 W.m^{-2} . Parte do desvio é induzido pela calibração incorreta do canal GOES12 VIS (ainda não foi publicada correção), da ordem de $+15 \text{ W.m}^{-2}$.

Os quadrados cheios **verdes**, **azuis** e **roxos** indicariam bom ajuste regional do modelo.

Quadrados **laranja** e **vermelho** em Goiás, Minas e Nordeste indicam provável necessidade de manutenção de PCD (a estação fornece valores menores do que os esperados).

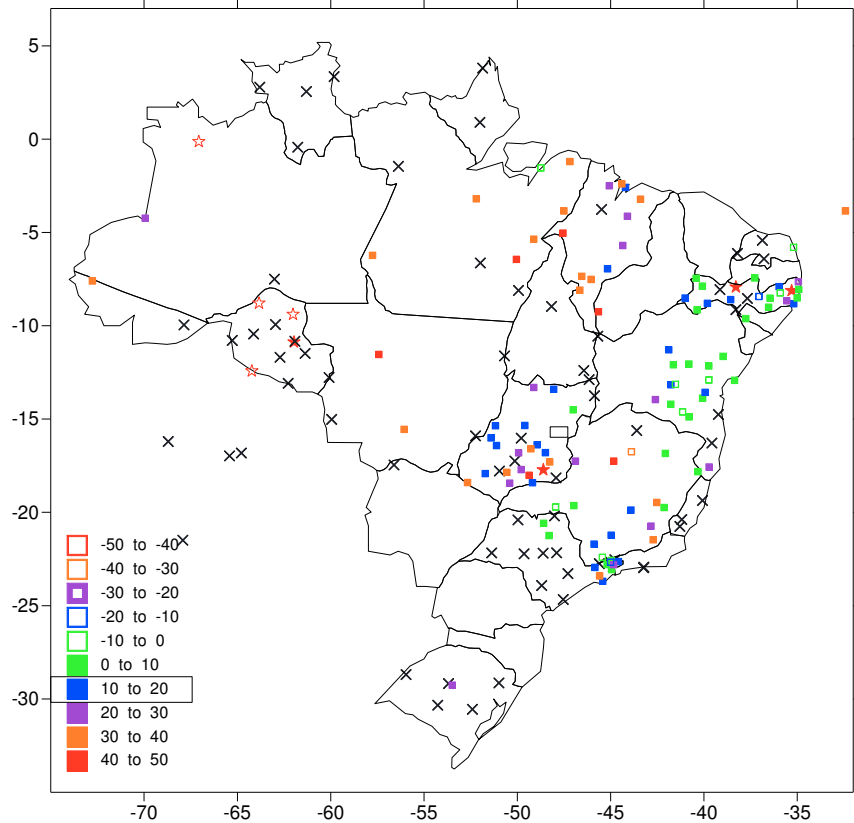
Entretanto, o gradiente sistemático de desvios na direção da Amazônia sugere que o modelo considera valores excessivamente baixos de água precipitável (portanto, subestima a absorção de radiação pelo vapor).

desvio médio mensal (W/m^2) - abril 2005

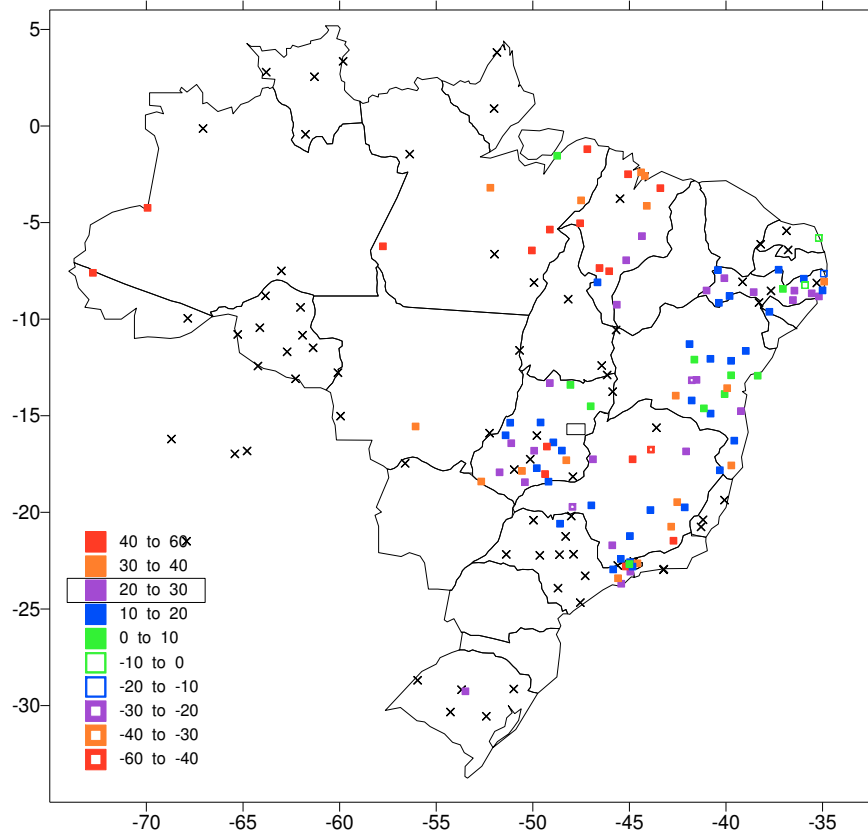


Cruzes: PCDs inativas, sem solarímetro ou em fase de instalação.

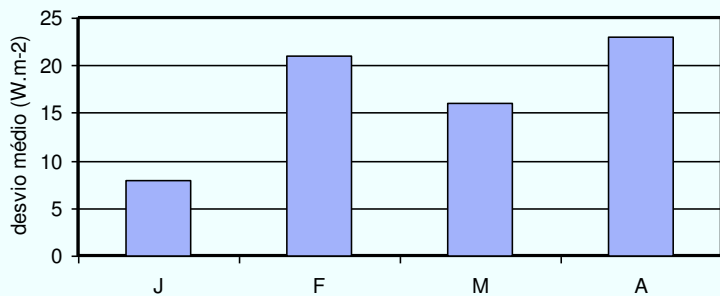
desvio médio mensal [GL - PCD] - março 2005



desvio médio mensal (W/m2) - abril 2005

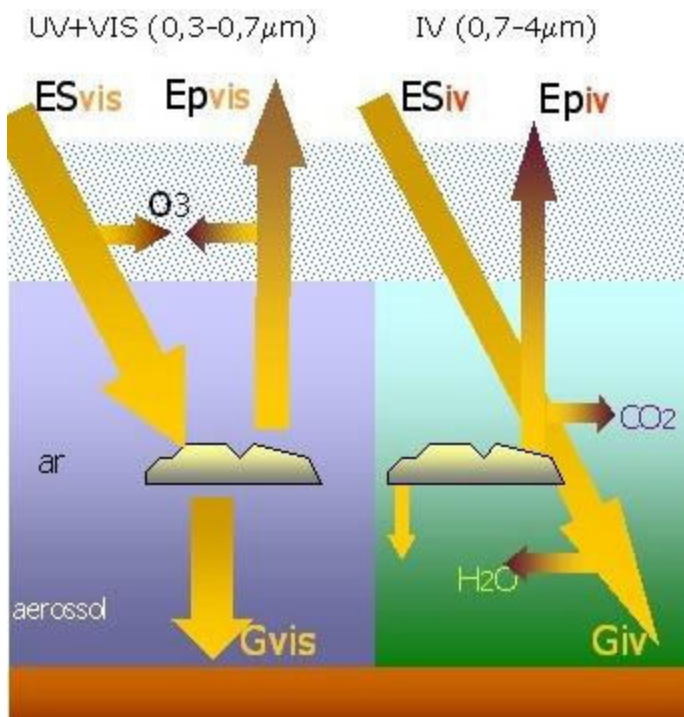


evolução 2005 do desvio médio relativo à rede de PCDs



Comportamentos semelhantes entre março e abril, com flutuação dentro dos 10 W.m⁻²

Observação: em abril, a recepção de imagens GOES teve frequência irregular na última semana do mês.



Estimativa de radiação solar: Modelo GL1.2

Período maio 2005

Fonte de informação:

- imagens canal VIS, GOES12

Hipóteses:

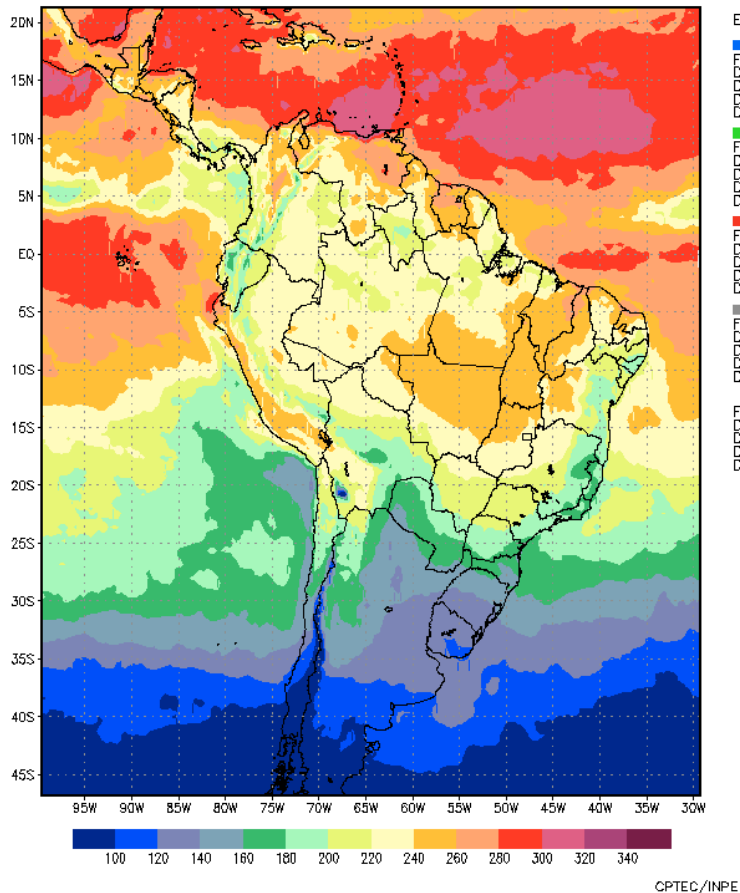
- Distribuição regional do vapor d'água
- Conteúdo constante de O_3 (estratosfera)
- Ausência de aerossol
- Troposfera conservativa no visível
- Apenas radiação direta no IV solar, controlada por nebulosidade (a cobertura parcial é estimada a partir do canal VIS)

Modelo GL1.2 – maio 2005

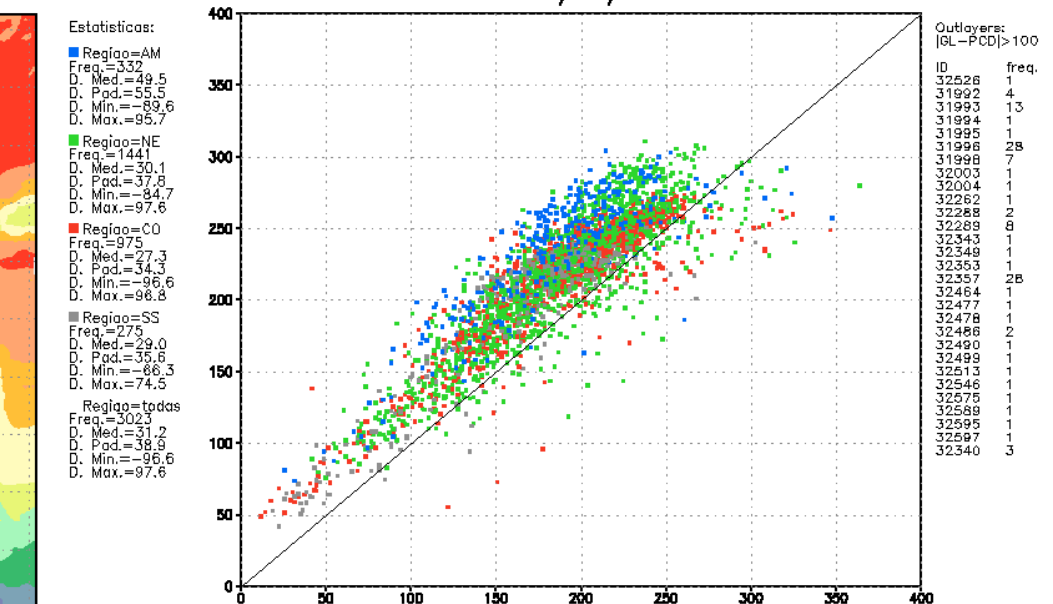
Radiação solar diária (irradiância média em $W.m^{-2}$)

Média e dispersão sobre 30 dias.

Media da Radiação Diária Mod. GL1.2 (W/m^2)
Período: Maio 2005



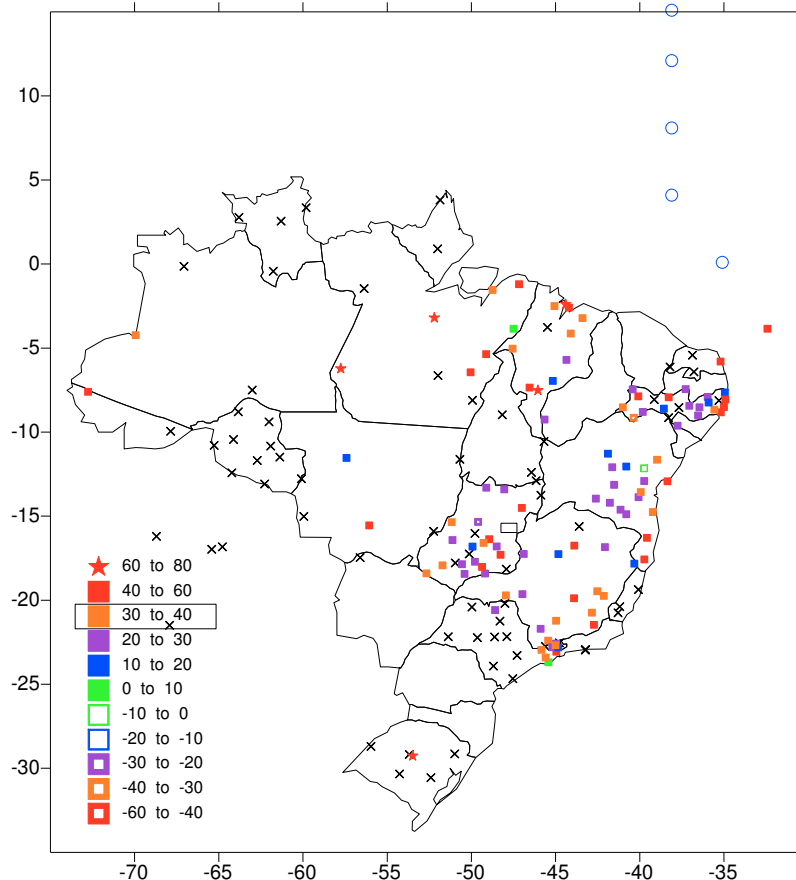
Radiação Diária – Modelo GL e PCDs (W/m^2)
01–31/05/2005



O modelo tem comportamento linear,

- 1) Com desvio sistemático positivo (influência parcial de calibração do GOES 12);
- 2) Com subestimativas (pontos abaixo da diagonal) associadas a recepção irregular de imagens em uma semana de abril.

desvio médio mensal (W/m²) - maio 2005



Cruzes: PCDs inativas, sem solarímetro ou em fase de instalação

Cruzes: PCDs com desempenho irregular

Círculos azúis: boias. Dados de bóia em fase de análise.

O gradiente sistemático de desvios na direção da Amazônia sugere que o modelo considera valores excessivamente baixos de água precipitável (portanto, subestima a absorção de radiação pelo vapor). Correções em fase de desenvolvimento.

Análise dos desvios observados

Referência: irradiações diárias da rede de PCDs. desvio
 $D = \text{MODELO} - \text{PCD}$,

= Calculados a média D_m e desvio padrão s , eliminam-se
• Desvios com $|D| > 100 \text{ W.m}^{-2}$.

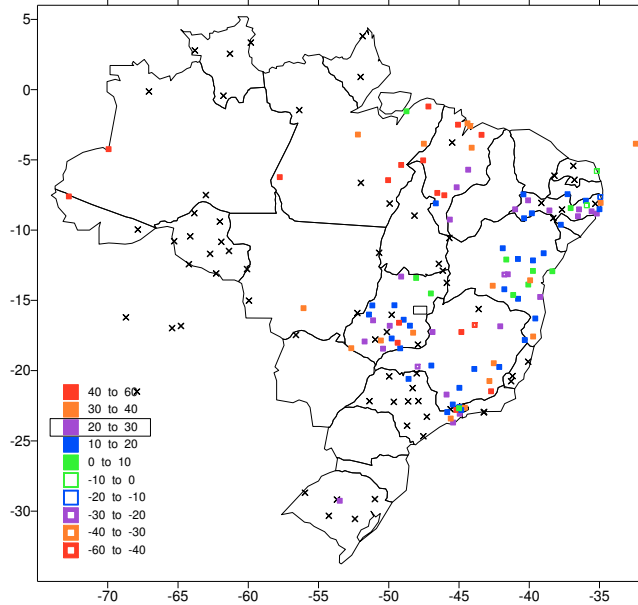
= Calcula-se nova média D_m' e desvio padrão s' , eliminando-se os desvios com $|D - D_m'| > 3 s'$.

A média de desvios diários sobre a rede de PCDs é de $+32 \text{ W.m}^{-2}$, com desvio padrão médio de 15 W.m^{-2} . Parte do desvio é induzido pela calibração incorreta do canal GOES12 VIS, da ordem de $+15 \text{ W.m}^{-2}$.

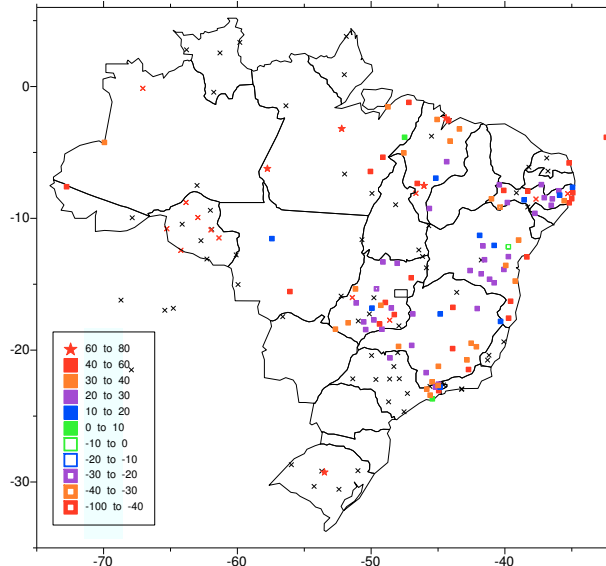
Os quadrados cheios **verdes**, **azuis** e **roxos** indicariam bom ajuste regional do modelo.

Quadrados em **vermelho**: indicam provável necessidade de manutenção de PCD (a estação fornece valores menores do que os esperados).

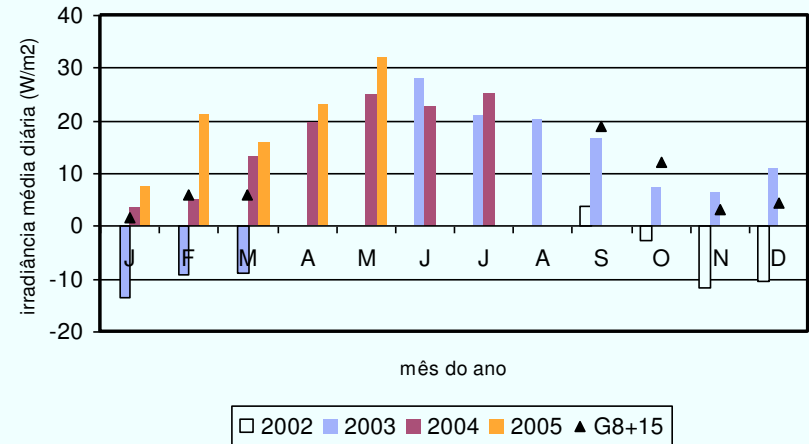
desvio médio mensal (W/m2) - abril 2005



maio 2005 - desvio médio mensal (W/m2)



desvio médio mensal com relação à rede de PCDs
quadrados: sequência GOES8 + 15 W/m2

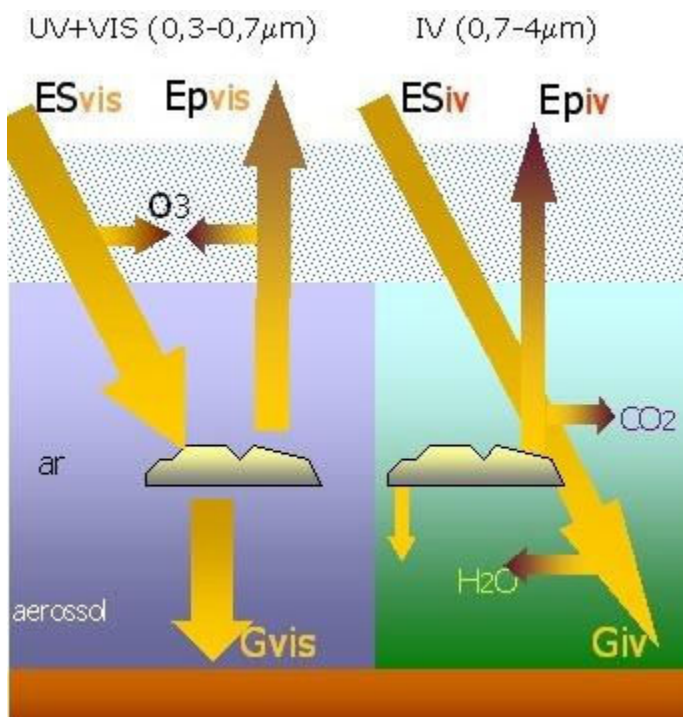


Comportamentos semelhantes entre abril e maio, com aumento da ordem de 10 W.m^{-2}

Acompanha o mesmo ciclo anual que em 2004

Entretanto, o período janeiro/maio sugere que os desvios são maiores. Uma razão disto pode ser a degradação progressiva do sensor VIS do GOES 12.

Além de aprimoramentos regionais na distribuição de água precipitável, a correção da calibração do canal VIS é necessária.



Estimativa de radiação solar: Modelo GL1.2

Período junho 2005

Fonte de informação:

- imagens canal VIS, GOES12

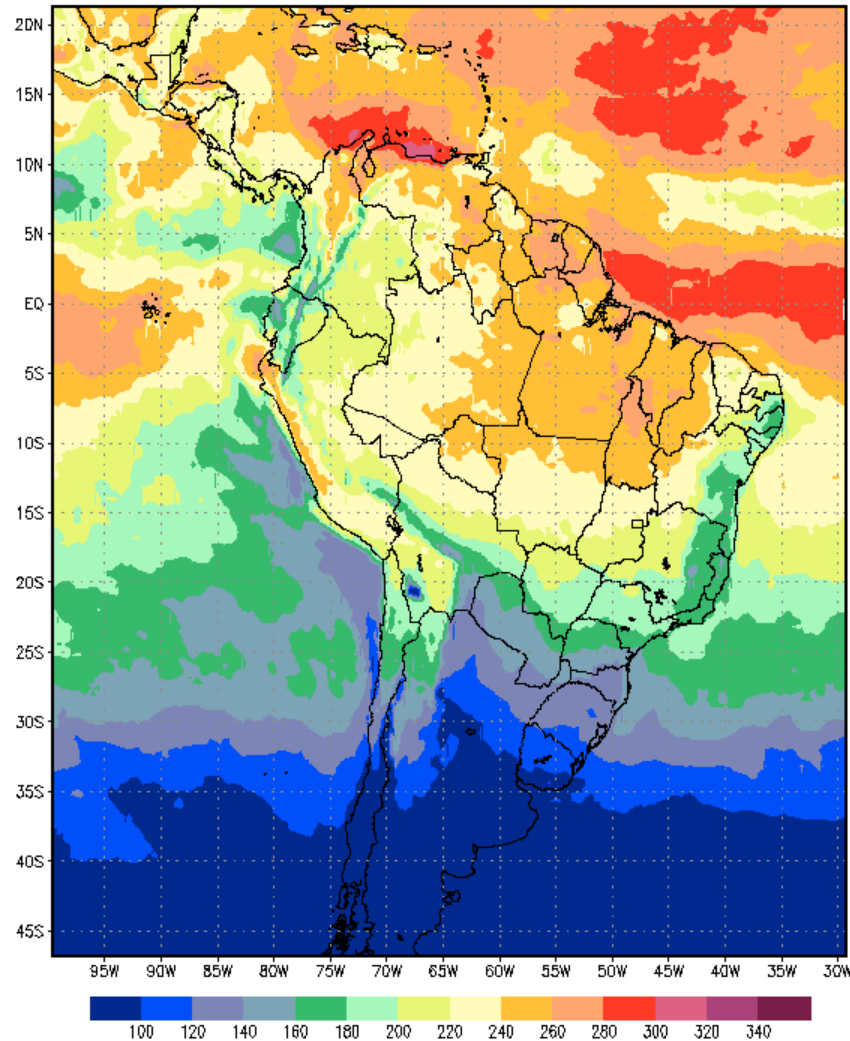
Hipóteses:

- Distribuição regional simplificada e constante do vapor d'água
- Conteúdo constante de O_3 (atuando na estratosfera)
- Ausência de aerossol
- Troposfera conservativa no visível
- No IV solar apenas a radiação direta atinge o solo, controlada por nebulosidade (a cobertura parcial é estimada a partir do canal VIS)

Modelo GL1.2 – junho 2005

Radiação solar diária (irradiância média em $W.m^{-2}$) dispersão sobre 30 dias.

Medía da Radiação Diária Mod. GL1.2 (W/m^2)
Período: Junho 2005



CPTEC/INPE

Radiação Diária – Modelo GL e PCDs (W/m^2)
01–30/06/2005

Estadísticas:

■ Região=AM
Freq.=407
D. Med.=43,6
D. Pcd.=51,8
D. Min.=-96,6
D. Max.=98,5

■ Região=NE
Freq.=1338
D. Med.=32,1
D. Pcd.=38,0
D. Min.=-87,8
D. Max.=98,3

■ Região=C0
Freq.=873
D. Med.=28,5
D. Pcd.=35,3
D. Min.=-92,9
D. Max.=99,7

■ Região=SS
Freq.=891
D. Med.=31,1
D. Pcd.=36,3
D. Min.=-98,0
D. Max.=79,4

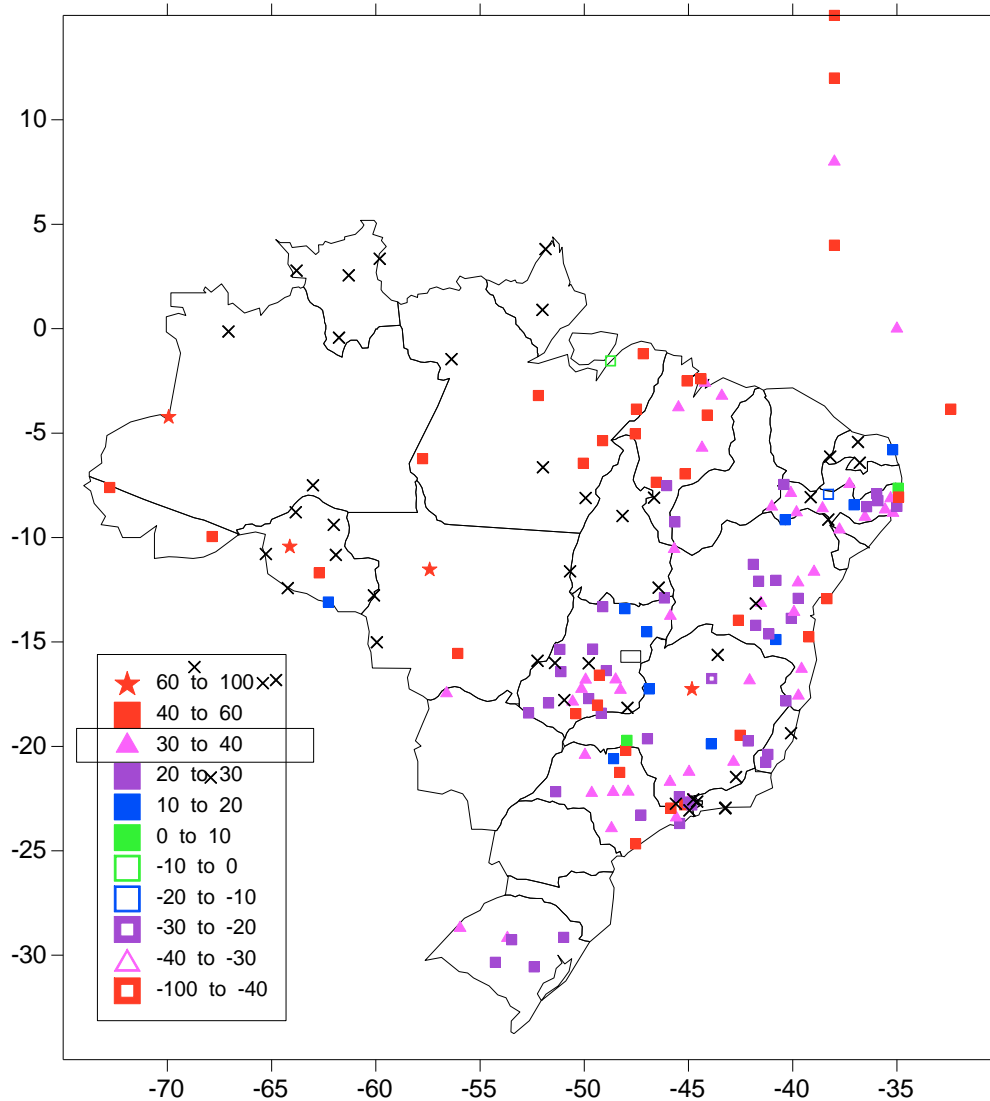
■ Região=todas
Freq.=3308
D. Med.=32,4
D. Pcd.=39,0
D. Min.=-98,0
D. Max.=99,7

Outliers:
[GL-PCD]>100

ID	freq.
31913	1
31917	1
31981	1
31982	1
32545	3
32580	1
31992	1
31993	1
31994	1
31996	6
31997	2
31998	4
32002	1
32288	2
32289	1
32357	1
32359	1
32478	1
32487	1
32491	2
32492	1
32496	1
32499	1
32503	1
32506	1
32533	1
32547	1
32548	1
32565	1
32568	1
32589	2
32766	1
32540	3

- O modelo tem comportamento linear,
- 1) Com desvio sistemático positivo (influência parcial de calibração do GOES 12);
 - 2) Com subestimativas (pontos abaixo da diagonal) associadas a recepção irregular de imagens em alguns dias do mês

junho 2005 - desvio médio mensal (GL1.2 - PCD) em W/m²



Cruzes: PCDs inativas, sem solarímetro ou em fase de instalação
Estrelas em vermelho: indicam provável necessidade de manutenção de PCD (a estação fornece valores menores do que os esperados).

Método de análise

Referência: irradiações diárias da rede de PCDs. Avalia-se o **desvio**
 $D = \text{MODELGL} - \text{PCD}$,

= Eliminam-se desvios $|D| > 100 \text{ W.m}^{-2}$

= Calcula-se a média **Dm** e o desvio padrão **s**

= Eliminam-se os desvios com
 $|D - Dm| > 3s$.

Junho 2005: A média de desvios diários sobre a rede de PCDs é de **+32 W.m⁻²**, com desvio padrão médio de **17 W.m⁻²**.

Parte do desvio é induzido pela calibração incorreta do canal GOES12 VIS, da ordem de +15 W.m⁻².

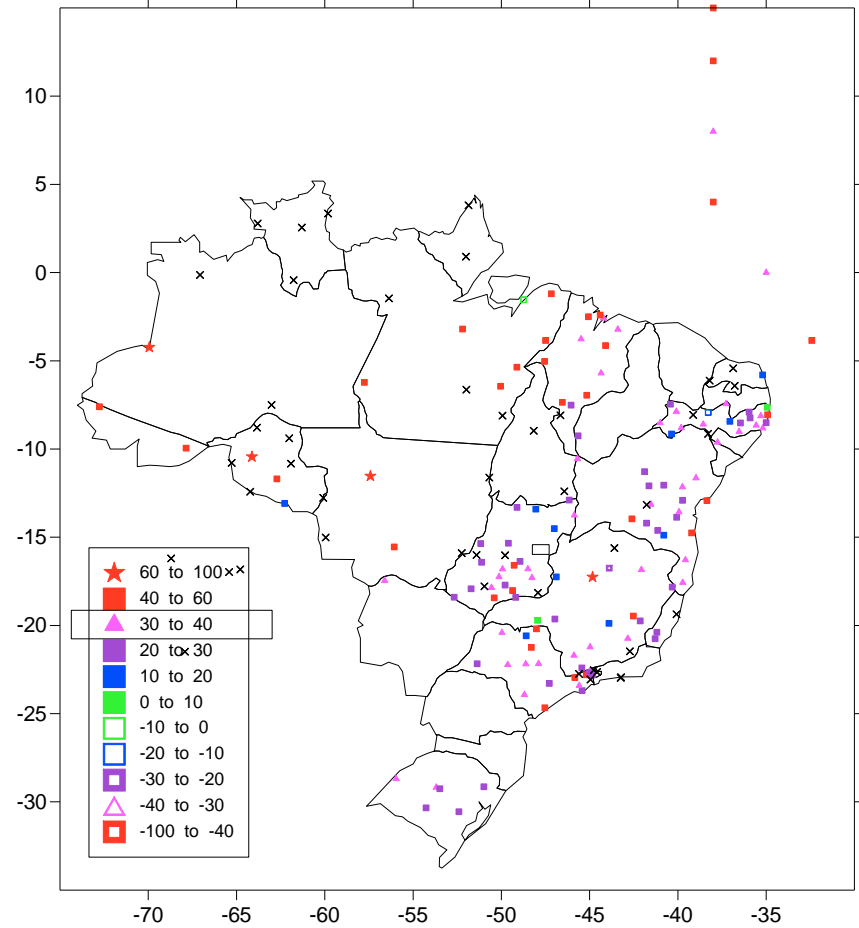
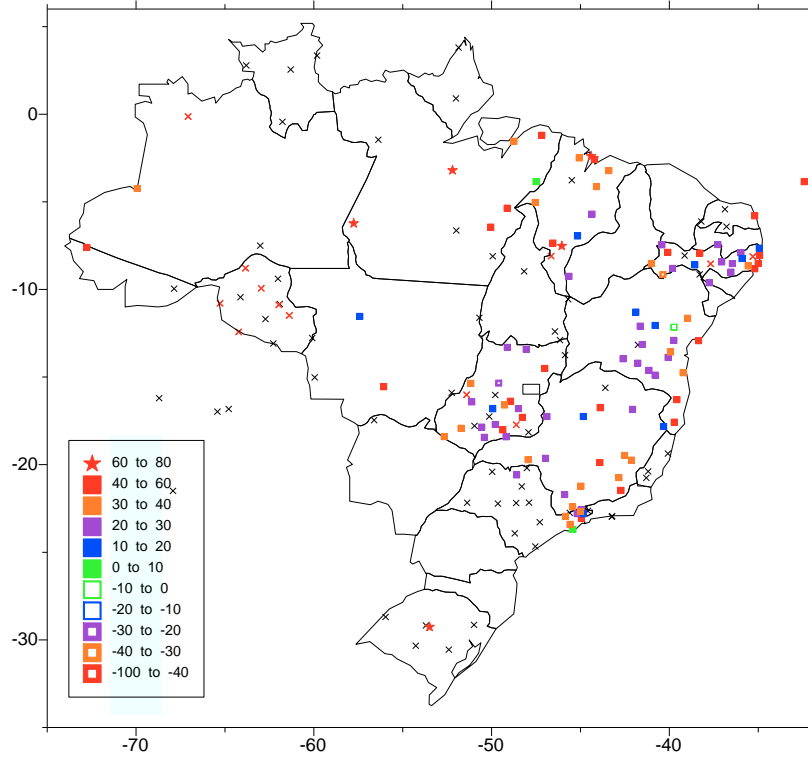
Os quadrados cheios **verdes**, **azuis** e **roxos** indicariam bom ajuste regional do modelo.

Valores elevados de desvio na Amazônia sugerem que:

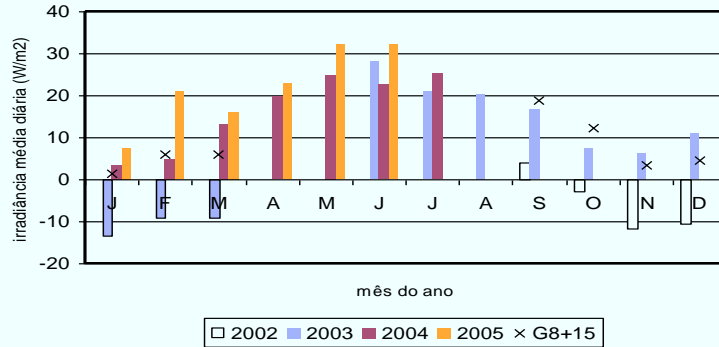
- = Uma subestimativa de água precipitável local contribui a subestimativa de absorção.
- = A degradação do sensor VIS contribui a subestimar refletância e portanto superestimar radiação visível à superfície.
- = Essa subestimativa induz subestimativa da nebulosidade, e maior radiação solar no infravermelho.

Comparação com o mês anterior

maio 2005 - desvio médio mensal (W/m2)



desvio médio mensal com relação à rede de PCDs



Comportamentos semelhantes entre abril e maio, com flutuações locais

Acompanha o mesmo ciclo anual que em 2004