



## **Série temporal de valores pentadais do modelo GL 1.2 - radiação global**

Juan Carlos Ceballos, José Márcio Britto, Anthony Carlos Silva Porfirio

abril 2022

**Resumo.** A presente Nota Técnica descreve as características e acessibilidade de arquivos digitais de séries temporais (médias pentadais) 1998-2017 de radiação solar colocadas pelo G-STAR a disposição de usuários da comunidade científica e tecnológica, como contribuição para estudos climatológicos na América do Sul. A base de dados original é a irradiância média diária estimada pelo modelo GL1.2 com base em imagens do canal VIS do sensor Imager da série GOES. Para um melhor entendimento de abrangência e limitações dos dados usados, inclui-se uma breve cronologia da recepção de imagens GOES no CPTEC. A seguir, são descritos os arquivos de dados pentadais e fornecidas instruções para sua leitura. Esta Nota é acompanhada por programa de leitura e visualização dos arquivos pentadais.<sup>(1)</sup>

### **Time series of 5-days means of model GL1.2 - global insolation**

**Abstract.** This Technical Note describes characteristics and accessibility of digital files containing time series (5-days means) for 1998-2017 of global insolation, provided by G-STAR for users of scientific and technological community as contribution for climatological studies over South America. The original data base is mean irradiance estimations by model GL 1.2 based on channel VIS imagery of GOES Imager. For a better understanding of coverage and limitations of data, it is described a short chronology of GOES ingestion and use at CPTEC, followed by description of 5-days files and information on reading procedure.

### **1. Características do modelo e da base de imagens associadas**

O modelo GL (versão 1.2) estima radiação solar à superfície baseado em sinal de satélite geoestacionário (radiação solar refletida no canal VIS). A frequência de imagens e o tamanho dos elementos de imagem (pixels) permitem o monitoramento de irradiância à superfície e sua integração diária com resolução de 0,04° (aprox. 4 km no nadir do satélite). O modelo já foi aplicado tanto ao Imageador da série GOES (Ceballos et al. 2004; Porfirio et al. 2020) como ao SEVIRI do Meteosat (Ceballos e

---

<sup>1</sup> Correio para observações e colaborações: gstar@inpe.br

Rodrigues 2010), com qualidade semelhante de resultados. A comparação com outros modelos de estimativa de irradiância e com redes radiométricas tem evidenciado um desempenho satisfatório, nas escalas diária, decendial e mensal (Costa et al. 2010; Porfirio et al. 2018, 2020; Ceballos et al. 2022). As séries de médias pentadais (5 dias) em escala degradada (0.4°) forneceram informação para descrever aspectos do regime de radiação solar na Argentina (Ceballos et al. 2005)

O GL 1.2 roda operacionalmente na DISSM/CGCT/INPE aplicado a imagens GOES. A série temporal processada utilizou imagens GOES 8, 10, 12, 13 no período 1998-2017. A partir de 2018, as imagens são do sensor ABI do GOES 16. A área monitorada pelo modelo operacional compreende a América do Sul e região oceânica adjacente, sendo descrita por matrizes de dados de 1800x1800 pixels em projeção geográfica regular, resolução 0,04°. Os limites são [-100 -28.04] em longitude, [-50 +21,96°] em latitude, como ilustra a Figura 1. A frequência básica foi de 15 ou 30 minutos na série GOES 8-13; em 2022, o sensor ABI do [GOES-16](#) gera uma imagem a cada 10 minutos. O produto GL típico tem sido a integral diária desses valores, expressa como valor médio de irradiância em  $W\ m^{-2}$ . A Figura 1 ilustra distribuição da média diária numa pëntada.

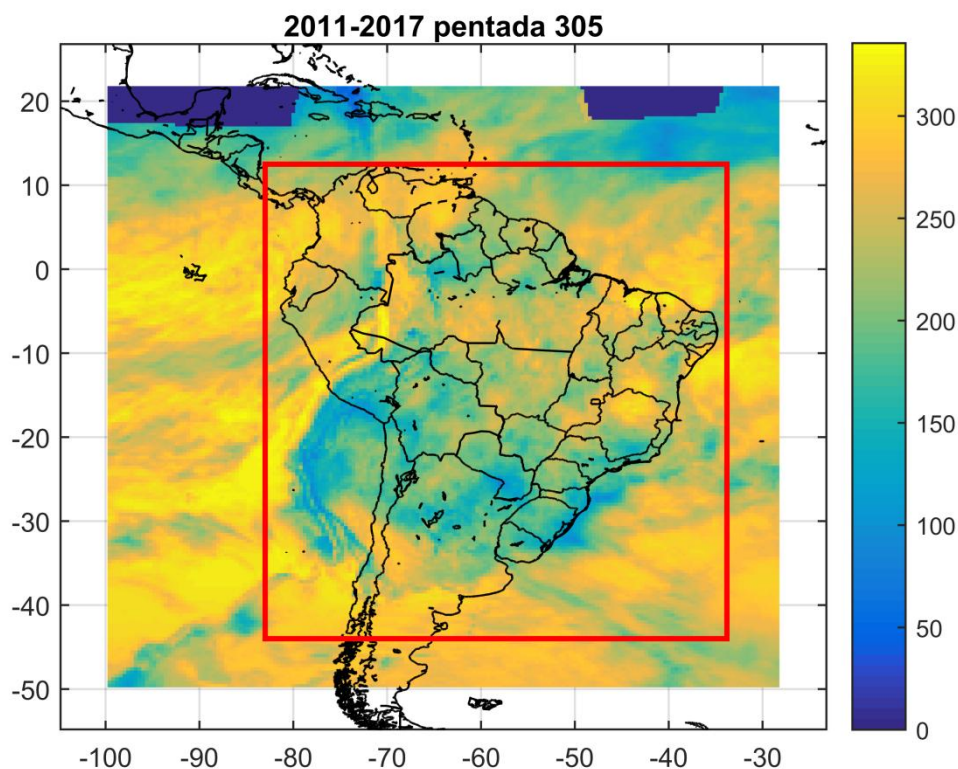


Figura 1. Área de abrangência do modelo GL versão 1.2

## 1. Observações sobre abrangência geográfica do modelo.

Os arquivos digitais do modelo têm conservado os limites desde 1998, mas nem sempre houve informação disponível para preenchê-los. Nesse sentido, é conveniente alguma informação básica sobre o histórico de geração de imagens GOES-n (n= 8, 10, 12, 13) no CPTEC-INPE no período 1998-2022.

- Na série GOES-n (n=13 aposentado em 2017), o sensor [Imager](#) observa continuamente um hemisfério terrestre, centrado em 0° de latitude e 75°W (n=8, 12, 13) ou 60°W (n= 10). Para n=8, 10, 12, 13 a imagem do canal VIS recebida do satélite efetua uma varredura do Hemisfério segundo linhas de Leste a Oeste, de Norte a Sul, com aproximadamente 1 km de resolução espacial. <sup>(2)</sup>
- A varredura de um hemisfério opera durante 30 minutos. Nos primeiros 15 minutos, gera-se uma imagem desde o pólo Norte até 20°S (“Extended North”). Nos segundo 15 minutos, 4 minutos são utilizados para varredura de uma área que inclui os Estados Unidos continentais (“CONUS”), e o restante varre o hemisfério ao sul de 20°S (“South”).
- A cada 3 horas (nos horários sinóticos 00, 03, 06, ..., 21 UTC) era fornecida uma imagem completa do hemisfério, da qual recortava-se uma imagem da América do Sul.
- Dessa forma, uma imagem tipo CONUS é gerada a cada 15 minutos. O resto dos países, dispõe de uma imagem a cada 30 minutos. Entretanto, aqueles países que atravessam a latitude de 20°S precisam recortar e unir segmentos de Extended North e de South (exceto nos horários sinóticos).
- No esquema de imagens ABI (a partir de 2018) é fornecida uma imagem do hemisfério completo. A frequência em 2022 é de cada 10 minutos.

Até 2007, a ocorrência de eventos meteorológicos extremos na área de influência dos Estados Unidos interferiu no cronograma de geração de imagens. Para aumentar a frequência de imagens CONUS, a NOAA utilizava o tempo correspondente a imagens South <sup>(3)</sup>. Nesses períodos, o menor número de imagens disponíveis podia afetar a qualidade dos valores diários obtidos para radiação solar diária. Durante o uso de GOES 10 (2007-2009) e 12 (2010-2013), o Imager foi programado para oferecer uma imagem da América do Sul a cada 15 minutos, recortada da imagem hemisférica desde a latitude de 12,5°N até perto do Pólo Sul <sup>(4)</sup>. A tabela abaixo indica o cronograma de uso dos satélites GOES e a posição geográfica destes.

---

<sup>2</sup> Os pixels do canal 4 (radiação térmica infravermelha em 11  $\mu\text{m}$ ) tinham tamanho de 4 km no nadir do satélite, de modo que um pixel IV correspondia a 4x4 VIS. Para ter uma correspondência pixel-a-pixel entre os dois canais, as imagens VIS armazenadas no INPE foram amostradas (apenas um pixel dentre 16). Assim, a resolução original de 0,01° reduziu-se a 0,04°.

<sup>3</sup> Durante esses períodos, o compromisso de fornecimento reduzia-se a uma imagem nos horários sinóticos. Para um pixel com mais de 3 horas contínuas sem imagens, é atribuída uma integral diária nula.

<sup>4</sup> A maior frequência e regularidade de imagens permitiu a operação de diversos produtos gerados na Divisão de Satélites do CPTEC (Costa et al. 2018). Entretanto, durante esse intervalo, os valores de GL ao norte da latitude de 12,5°N estão zerados.

Tabela. Cronologia de uso do IMAGER GOES no CPTEC/INPE (Rodrigues 2019).

satélite	início	fim	observações
GOES 8	10/1997	03/2003	Descrição em Bottino e Vilas Boas (2006)
GOES 12	04/2003	02/2007	
GOES 10	03/2007	11/2009	Imagens completas América do Sul, 15 minutos. Nadir em 60°W.
GOES12	12/2009	14.04.2010	Deslocamento progressivo para 60°W
GOES 13	14.04.2010	18.05.2010	Nadir 75°W
GOES 12	18.05.2010	07/2013	Imagens completas América do Sul, 15 minutos. Nadir em 60°W.
GOES 13	08/2013	01/2018	Nadir 75°W

## 2. Estrutura dos arquivos pentadais

Uma resolução espacial e temporal menor implica em bases de dados com volume menor, eventualmente sem perder a capacidade de discriminar regimes de radiação solar. Os arquivos fornecidos têm resolução espacial de 0,4° (matrizes de 180 x 180 pixels) e temporal de 5 dias (73 pântadas anuais).

Um pixel de 0,4° x 0,4° (dimensão aproximada de 40 km) foi construído como a médias de 10 linhas x 10 colunas nas matrizes diárias originais (100 dados).

- Na matriz original de valores GL, um pixel sem dado diário válido está zerado. Na matriz diária degradada, o valor é construído como média aritmética de um máximo de 100 dados válidos. Um pixel degradado com menos de 60 dados válidos é zerado.
- As médias pentadais de 180 x 180 pixels são construídas como médias de um máximo de 5 dados. Um pixel com menos de 3 dados é zerado.
- Nos anos bissextos, segue-se a sequência de dias julianos. A última pântada do ano tem efetivamente 6 dias.
- As posições atribuídas aos pixels resultam numa grade de 180 x 180 células com dimensão 0,4° x 0,4° e centros em latitude: [-99,8 -28,2], latitude: [-49,8 +21,8].

Os arquivos fornecidos para download ("BIN", "ST", comprimidos) são

<a href="#">GL12g_AS_04pentad_V01_D1998_2000.bin</a>	[180 x 180 x 219], float 32
<a href="#">STATUS_AS_04pentad_V01_D1998_2000.bin</a>	[180 x 180 x 219], int8
<a href="#">GL12g_AS_04pentad_V01_D2001_2010.bin</a>	[180 x 180 x 730], float32
<a href="#">STATUS_AS_04pentad_V01_D2001_2010.bin</a>	[180 x 180 x 730], int8
<a href="#">GL12g_AS_04pentad_V01_D2011_2017.bin</a>	[180 x 180 x 730], float32
<a href="#">STATUS_AS_04pentad_V01_D2011_2017.bin</a>	[180 x 180 x 511], int8

- Os arquivos BIN (GL12g\_AS\_\*) fornecem irradiância média em formato real4. São matrizes tridimensionais (NL, NC, NP), com NL= 180 linhas, NC= 180 colunas, NP= número de pântadas. Correspondem aos períodos dos anos (1998-2000), (2001-2010), (2011-2017).
- Os arquivos ST (STATUS\_AS\_\*) fornecem o STATUS: número de dias efetivos de cada pântada (0 a 5). Estão no formato inteiro int8, e as matrizes têm a mesma dimensão que os BIN correspondentes.

### 3. Leitura dos arquivos BIN e ST

O arquivo LeituraPentada.zip contém dois arquivos:

- 1) [LePentaBIG.m](#), para processar arquivos BIN e ST; compatível com MatLab e Octave. O programa visualiza campos de valores pentadais, ou lê e grava serie temporal de um local escolhido.
- 2) [AMSUL000.txt](#), arquivo de texto auxiliar no traçado de mapa.

Procedimento:

- Num diretório principal, copiar o programa LePentaBIG.m, AMSUL000.txt, e os arquivos BIN e ST (total: 8 arquivos).
- Criar um subdiretorio `\series` para depósito de séries temporais.
- Utilizar os aplicativos MatLab ou Octave para rodar LePentaBIG.m

O programa propõe duas escolhas: 1) período de dados; 2) visualizar os campos desse período ou escolher um local para extrair série temporal.

```
sequencias pentadas 180x180
    '1. 1998-2000'
    '2. 2001-2010'
    '3. 2011-2017'

escolha sequencia 1-3:

    '1. inspeciona sequencia campos'
    '2. extrai serie temporal de um local'

escolha acao 1 ou 2:
```

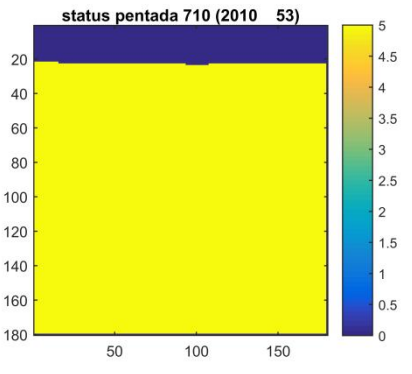
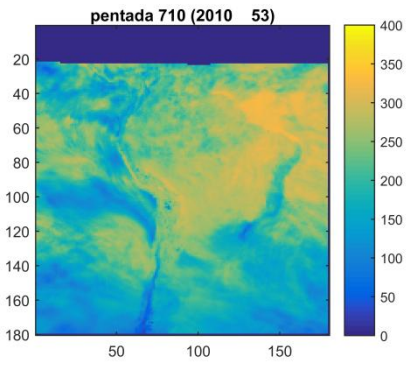
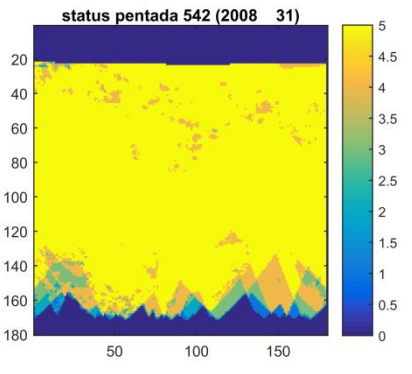
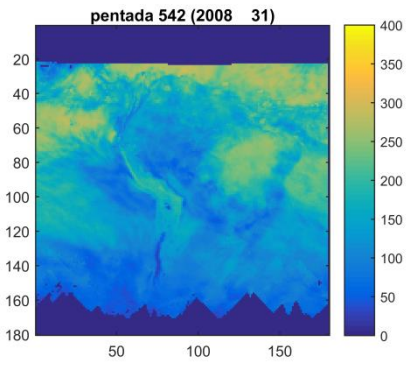
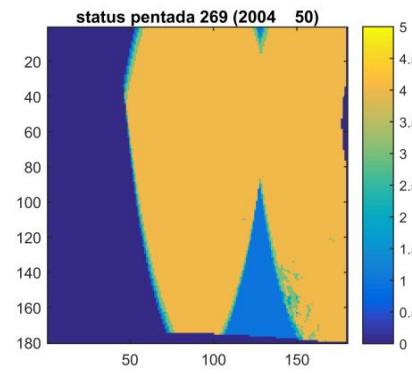
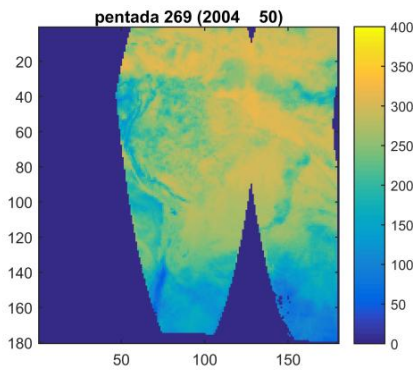
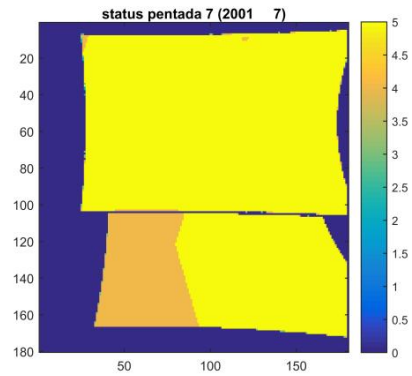
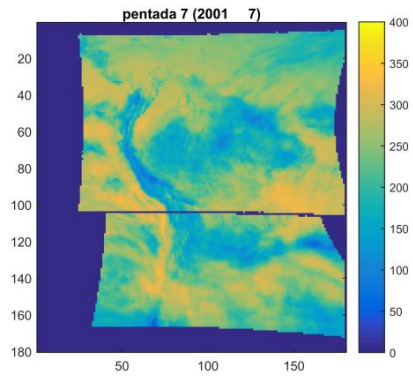
Nos exemplos abaixo, a pântada 7 ilustra limitações da ingestão inicial de imagens. A projeção de recortes Norte e Sul podia apresentar não homogeneidade na união, além de não dar cobertura aos extremos oeste e leste da área escolhida.

A pântada 269 ilustra problemas adicionais na cobertura de imagens Sul.

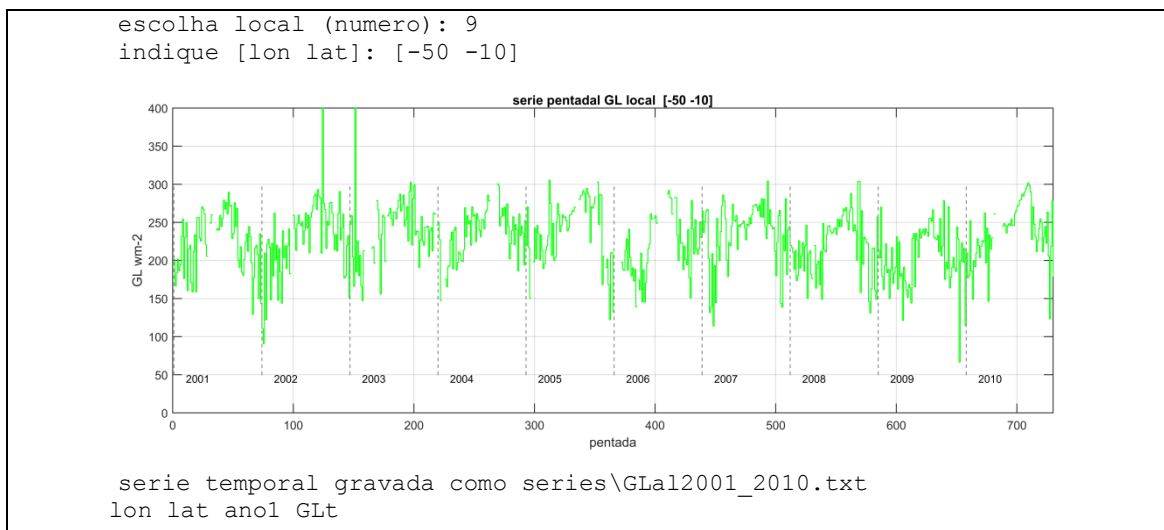
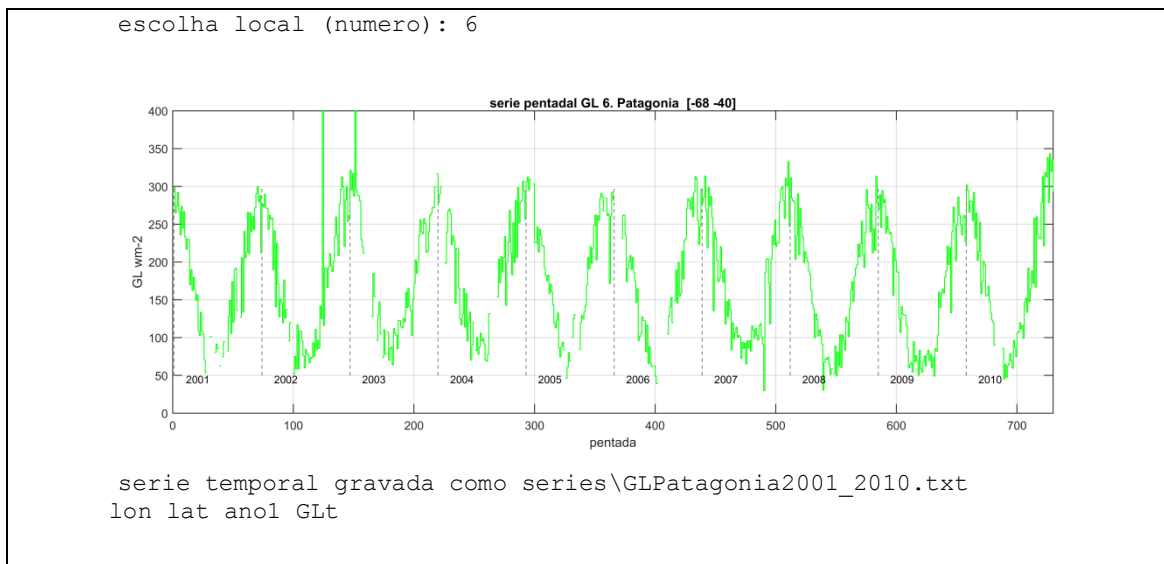
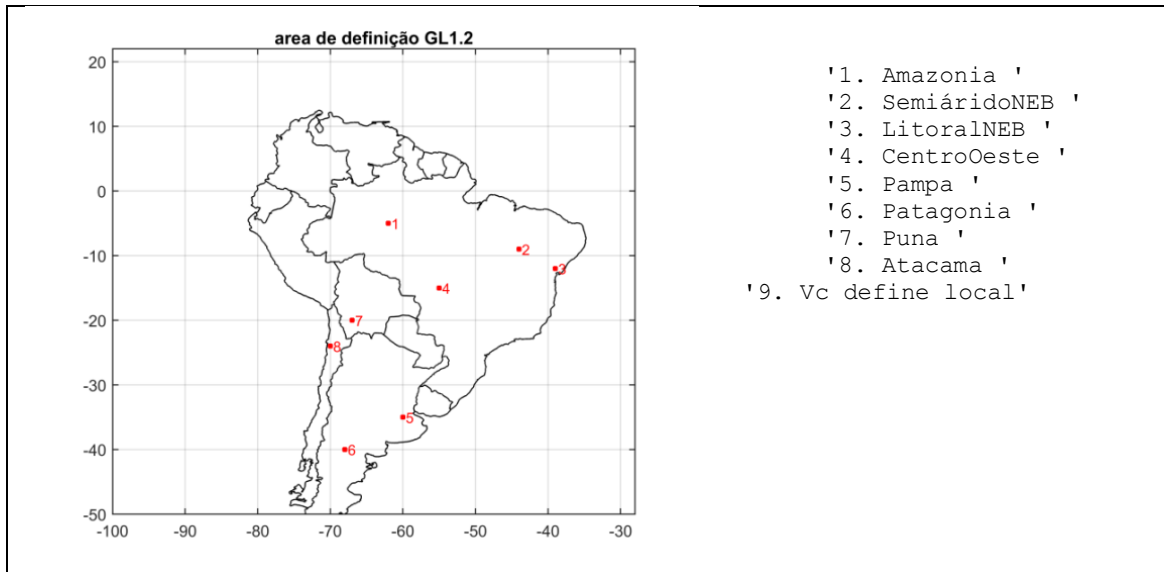
A pântada 542 ilustra a geração de uma área de valores nulos ao norte de 12,5°N durante a adoção do GOES-10. A pântada 710 conserva essa área nula, durante a segunda adoção do GOES-12.

Para análise de séries prolongadas do modelo GL, uma "área de segurança" a adotar-se pode ser 83°W a 33.75°W em longitude, 44°S a 12.5°N em latitude. Esta área está ilustrada pelo retângulo vermelho na Figura 1.

Exemplos da sequência de campos (sequência 2, ação 1)



Exemplos da escolha seqüência 2, opção 2



## Referências

Bottino, M.J., S. Villas Boas Neto. Estimativa de radiação solar por satélite: Processamento da série temporal de janeiro de 1996 a setembro de 2002 e abril e maio de 2003. **Climanálise**, ano 3, n(1), p. 28-35, 2006. [LINK](#)

Ceballos, J.C., M.J. Bottino, R. Righini. Radiación solar en Argentina estimada por satélite: Algunas características espaciales y temporales. In: **IX Congremet**, Buenos Aires, Argentina, 2005. [LINK](#)

Ceballos, J.C., M.J. Bottino, J.M. Souza. A simplified physical model for assessing solar radiation over Brazil using GOES 8 visible imagery. **Journal of Geophysical Research**, v. 109, D02211, doi:10.1029/2003JD003531, 2004. [LINK](#)

Ceballos, J.C., M.L. Rodrigues. Coherence of solar irradiation assessed with a simplified physical model using GOES and MSG2 VIS imagery. In: **Eumetsat Meteorological Satellite Conference**, Córdoba, Spain, EUMETSAT, p. 57, 2010. [LINK](#)

Ceballos, J.C., A.C.S. Porfirio, P.A. Oricchio, G. Posse. Characterization of the annual regime of surface solar irradiance over Argentine Pampean region using GL1.2 satellite-based data. **Renewable Energy**, 2022 (accepted).

Costa Coelho, S.M.S., R. Negri, N.F. Jesus, T.J. Schmit, N. Arai, W.F. Lima, J.C. Ceballos, J.V. Rodrigues, L.A.T. Machado, S. Pereira, M.J. Bottino, R.A. Sismanoglu, P. Lagden. A successful practical experience on dedicated Geostationary Operational Environment Satellites - GOES10-12 supporting Brazil. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 99, p. 33-47, 2018. [LINK](#)

Costa, M.H., L.I. Chipponelli Pinto, L.M.F. Diniz. Comparação de produtos de radiação solar incidente à superfície para a América do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25(4), p. 469-478, 2010. [LINK](#)

Porfirio, A. C. S. ; Ceballos, J. C. ; Enoré, D. ; Costa, S. M. S. Validation of three satellite-based solar radiation products: Preliminary analysis over Northeast and South of Brazil. In: **XX Congresso Brasileiro de Meteorologia (XX CBMET)**, 2018, Maceió. XX Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2018. [LNK](#)

Porfirio, A. C. S. ; Ceballos, J.C. ; Britto, J. M. S. ; Costa, S.M. S. Evaluation of Global Solar Irradiance Estimates from GL1.2 Satellite-Based Model over Brazil Using an Extended Radiometric Network. **Remote Sensing**, v. 12, p. 1331, 2020. [LINK](#)

Rodrigues, A.D. **Tendência temporal e homogeneidade da série histórica da radiação solar inferida por satélite via modelo GL1.2/CPTEC-INPE**. Dissertação de Mestrado, PGMET/INPE, 2019.