

GERAÇÃO DE INFORMAÇÕES PARA SUBSIDIAR ESTUDOS EM PLANEJAMENTO DE INVESTIMENTOS PARA INFRAESTRUTURAS A PARTIR DOS DADOS DE PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Relatório 4/8 - Relatório demonstrado a disponibilização dos dados gerados no produto 3 via plataforma PROJETA

Gustavo Medeiros

Elaborado por: **Gustavo Sueiro Medeiros** - gustavo.sueiro@cptec.inpe.br

Essa publicação foi realizada por uma equipe formada por consultores independentes sob a coordenação da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, por meio do projeto Ampliação dos Serviços Climáticos para Investimentos em Infraestrutura (CSI).

Este projeto foi pactuado no âmbito da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável, por meio da parceria entre o Ministério do Meio Ambiente do Brasil e a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ), no âmbito da Iniciativa Internacional para o Clima (IKI, sigla em alemão), do Ministério Federal do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU, sigla em alemão).

Participaram desse processo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a Empresa Eletrosul/ Eletrobrás e a Defesa Civil de Santa Catarina.

Todas as opiniões aqui expressas são de inteira responsabilidade dos autores, não refletindo necessariamente a posição da GIZ e do MMA. Este documento não foi submetido à revisão editorial.

EQUIPE TÉCNICA - MMA

Hugo do Valle Mendes (coordenação)
Adriana Brito da Silva
Jaqueline Leal Madruça

EQUIPE TÉCNICA - GIZ

Ana Carolina Câmara (coordenação)
Eduarda Silva Rodrigues de Freitas
Pablo Borges de Amorim

EQUIPE TÉCNICA - DEFESA CIVIL/ SANTA CATARINA

Flavio Rene Brea Victoria
Frederico Moraes Rudorff

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Chou Sin Chan

Ministério do Meio Ambiente

Esplanada dos Ministérios, Bloco B, Brasília/DF, CEP
70068-901
Telefone: + 55
61 2028-1206

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sede da GIZ: Bonn e Eschborn
GIZ Agência Brasília
SCN Quadra 01 Bloco C Sala 1501
Ed. Brasília Trade Center - 70.711-902 Brasília/DF
T + 55-61-2101-2170
E giz-brasilien@giz.de
www.giz.de/brasil

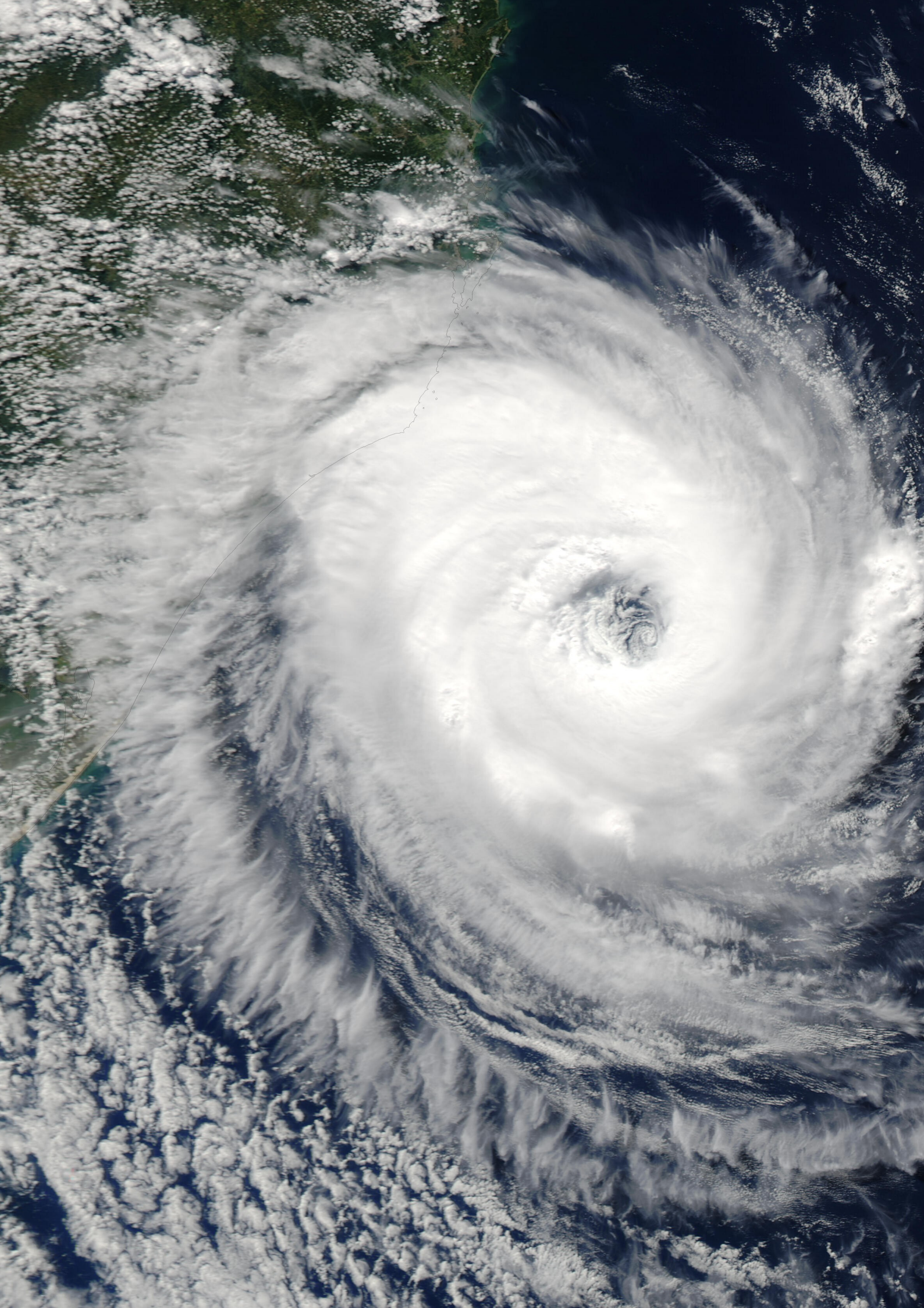
A encargo de:

Ministério Federal do Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear (BMU) da Alemanha

BMU Bonn:
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn, Alemanha
T +49 (0) 228 99 305-0

Diretora de Projeto:

Ana Carolina Câmara
T +55 61 9 99 89 71 71
T +55 61 2101 2098
E ana-carolina.camara@giz.de



Sumário

Lista de Figuras	iv
Lista de Tabelas	v
1 Introdução	2
1.1 <i>Objetivo</i>	3
2 Armazenamento no banco de dados	3
3 Próximas etapas	7
Referências Bibliográficas	8

Lista de Figuras

Figura 1 Resultado da consulta do banco de dados do PROJETA na tabela raster_data_4.....	5
Figura 2 Resultado da consulta do banco de dados do PROJETA na tabela raster_data_8.....	5
Figura 3 Resultado da consulta do banco de dados do PROJETA na tabela raster_data_12.....	5
Figura 4 Print da página da plataforma PROJETA mostrando a disponibilização dos índices de extremos climáticos com correção de viés para o cenário RCP4.5	6
Figura 5 Print da página da plataforma PROJETA mostrando a disponibilização dos índices de extremos climáticos com correção de viés para o cenário RCP8.5	6
Figura 6 Print da página da plataforma PROJETA mostrando a disponibilização dos índices de extremos climáticos com correção de viés para o cenário baseline.....	7

Lista de Tabelas

Tabela 1 Lista dos índices de extremos climáticos de vento, pressão e radiação calculados a partir das saídas do modelo Eta20km-MIROC5 com correção de viés.	4
Tabela 2 Tabelas do banco de dados.	4

1 Introdução

Nos últimos anos, a variabilidade do clima e dos eventos extremos tem afetado fortemente o Brasil. Alguns estudos identificaram um grande aumento na frequência e intensidade dos eventos de precipitação intensa, desde os anos de 1950, além de aumento da frequência de seca (Groisman et al., 2005; Zeng et al., 2008; Marengo et al., 2010; Marengo et al., 2013; Espinoza et al., 2014). Dias e noites frias, além de eventos de geadas tem se tornado cada vez menos frequentes, enquanto dias quentes, noites quentes, e ondas de calor tem aumentado a frequência de ocorrências (Marengo et al. 2010). Tais eventos produzem severos impactos socioeconômicos nas atividades humanas tais como na agricultura, infraestrutura e gerenciamento de recursos hídricos e energia.

Vale conceituar que os “eventos extremos” são aqueles que se distanciam das condições habituais de uma série histórica e que conseqüentemente geram interesse e preocupação na sociedade, devido ao potencial que apresentam em desestruturar o ambiente físico e as atividades de determinado lugar ou região, causando prejuízos às comunidades afetadas e ao poder público. Espera-se que as mudanças climáticas modifiquem a frequência, intensidade e duração dos eventos extremos em muitas regiões. De acordo com o último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC AR5 – *Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*) as evidências já são de moderadas (alta confiança) a alta que 1°C adicional na temperatura global contribua para o aumento dos riscos relacionados aos eventos climáticos extremos, tais como ondas de calor, precipitação extrema e inundações costeiras (IPCC, 2014). Além do aumento dos riscos dos eventos extremos, aumenta também o risco de eventos singulares de grande escala, ou seja, eventos ainda não experimentados. A menção a eventos extremos denota tanto eventos chuvosos e secos, como quentes e frios. Isto é, uma variabilidade maior do que a conhecida nos dias atuais com eventos adversos ocorrendo sucessivamente. Essa perspectiva assinala a necessidade de um planejamento e adequação das infraestruturas, principalmente aquelas associadas aos recursos hídricos (Dias, 2014).

Sendo assim, o uso e aplicação de projeções de modelos climáticos, com intuito de entender as mudanças na probabilidade dos extremos sob diferentes

cenários de mudanças climáticas, podem contribuir para dar suporte ao planejamento em diversos setores socioeconômicos/ambientais. Projeções climáticas regionalizadas dos cenários de concentração dos gases do efeito estufa e suas forçantes radiativas no clima – IPCC AR5 - foram realizadas por Chou et. al (2014a e 2014b) através do modelo Eta. Essas projeções foram utilizadas para elaborar a Terceira Comunicação Nacional do Brasil (MCTI, 2016) e têm sido usadas para apoiar diversos estudos de impactos. Portanto, as estimativas dos extremos climáticos com correção de viés podem contribuir para estudos de impactos e planejamento em setores chave do Brasil.

1.1 Objetivo

Cumprir o quarto produto do Projeto CSI – Ampliação dos Serviços Climáticos em investimentos de Infraestruturas /PN: 16.9025.4-003.00, termo de referência: Geração de informações, a partir dos dados de projeções de mudanças climáticas, para subsidiar estudos em planejamento de investimentos para infraestruturas. O produto 4 consiste de um relatório demonstrando a disponibilização dos dados gerados no produto 3, ou seja, o cálculo dos indicadores de extremos climáticos a partir das variáveis de vento, pressão e radiação com correção de viés utilizando o modelo Eta20km-MIROC5, para os cenários baseline, RCP4.5 e RCP8.5, via plataforma PROJETA.

2 Armazenamento no banco de dados

Foram armazenadas no banco de dados 12 Índices de extremos climáticos corrigidos, conforme descrição apresentada no Produto 3 – Relatório contendo o cálculo dos indicadores de extremos climáticos a partir das variáveis de vento, pressão e radiação com correção de viés utilizando o modelo Eta20km-MIROC5, para os cenários baseline, RCP4.5 e RCP8.5. A descrição e a unidade dos 12 índices de extremos climáticos seguem na Tabela 1.

Índice	Descrição	Unidade
OCn	Menor valor da radiação de onda curta incidente anual	W/m ²
OCx	Maior valor da radiação de onda curta incidente anual	W/m ²
OC10p	Porcentagem anual de dias em que a radiação de onda curta incidente foi inferior ao percentil 10	%
OC90p	Porcentagem anual de dias em que a radiação de onda curta incidente excedeu o percentil 90	%
PSn	Menor valor da pressão à superfície anual	hPa
PSx	Maior valor da pressão à superfície anual	hPa
PS10p	Porcentagem anual de dias em que a pressão à superfície foi inferior ao percentil 10	%
PS90p	Porcentagem anual de dias em que a pressão à superfície excedeu o percentil 90	%
WXn	Menor intensidade do vento máximo anual	m/s
WXx	Maior intensidade do vento máximo anual	m/s
WX10p	Porcentagem anual de dias em que o vento máximo foi inferior ao percentil 10	%
WX90p	Porcentagem anual de dias em que o vento máximo excedeu o percentil 90	Dias

Tabela 1 Lista dos índices de extremos climáticos de vento, pressão e radiação calculados a partir das saídas do modelo Eta20km-MIROC5 com correção de viés.

Os índices foram carregados no formato padrão da plataforma PROJETA (<https://projeta.cptec.inpe.br/>) que consistem de arquivos no formato GEOTIFF em frequência anual do período de 1961 a 2099. As tabelas de armazenamento do banco de dados foram criadas considerando-se 4 atributos, que são: modelo, cenário, frequência temporal e resolução espacial, conforme padrão da plataforma. A Tabela 2 lista as tabelas geradas para o armazenamento das informações. As colunas de 1 a 4 mostram os conteúdos dos atributos e a coluna 5 o nome da tabela de acesso aos dados armazenados.

MODELO	CENÁRIO	INTERVALO	RESOLUÇÃO	TABELA
MIROC5	RCP4.5	ANUAL	20KM	RASTER_DATA_4
MIROC5	RCP8.5	ANUAL	20KM	RASTER_DATA_8
MIROC5	BASELINE	ANUAL	20KM	RASTER_DATA_12

Tabela 2 Tabelas do banco de dados.

Para a verificação e consolidação do carregamento do banco de dados, foram feitas consultas SQL (*Structured Query Language*) listando os índices corrigidos do modelo Eta20km-MIROC5 - raster_data 4, 8 e 12. As consultas foram feitas para um ponto na cidade de São Paulo (latitude: 23.533°S/ longitude: 46.625°W), com o objetivo de checar se os índices foram

corretamente armazenados no banco. Os resultados das consultas seguem nas Figuras 1, 2 e 3.

Devido à presença na plataforma de índices de extremos climáticos calculados a partir de saídas diretas do modelo, ou seja, sem correção de viés, foi agregado ao nome do índice a letra "c" para diferenciar dos demais (vide Figura 1). Os índices de extremos já podem ser acessados e baixados pelos usuários no formato e domínio requerido, conforme disponibilização padrão da plataforma.

```

cpcc=# select model_coupled,scenario,interval,variable,st_value(rast, st_setsrid(st_makepoint (-46.625, -23.533), 4236)) from raster_data_4 where date='20990101' and (variable='FSnc' or variable='FSxc' or variable='FS10pc' or variable='FS90pc' or variable='OCnc' or variable='OCxc' or variable='OC10pc' or variable='OC90pc' or variable='WXnc' or variable='WXxc' or variable='WX10pc' or variable='WX90pc');
model_coupled | scenario | interval | variable | st_value
-----
MIROC5        | RCP4.5   | annually | OC10pc   | 7.09999990463257
MIROC5        | RCP4.5   | annually | OC90pc   | 0
MIROC5        | RCP4.5   | annually | OCnc     | 71.1999969482422
MIROC5        | RCP4.5   | annually | OCxc     | 263.600006103516
MIROC5        | RCP4.5   | annually | FS10pc   | 0.800000011920929
MIROC5        | RCP4.5   | annually | FS90pc   | 40.2999992370605
MIROC5        | RCP4.5   | annually | FSnc     | 920.200012207031
MIROC5        | RCP4.5   | annually | FSxc     | 997.200012207031
MIROC5        | RCP4.5   | annually | WX10pc   | 11.1999998092651
MIROC5        | RCP4.5   | annually | WX90pc   | 8.19999980926514
MIROC5        | RCP4.5   | annually | WXnc     | 0.5
MIROC5        | RCP4.5   | annually | WXxc     | 10.3999996185303
(12 rows)

```

Figura 1 Resultado da consulta do banco de dados do PROJETA na tabela raster_data_4

```

cpcc=# select model_coupled,scenario,interval,variable,st_value(rast, st_setsrid(st_makepoint (-46.625, -23.533), 4236)) from raster_data_8 where date='20990101' and (variable='FSnc' or variable='FSxc' or variable='FS10pc' or variable='FS90pc' or variable='OCnc' or variable='OCxc' or variable='OC10pc' or variable='OC90pc' or variable='WXnc' or variable='WXxc' or variable='WX10pc' or variable='WX90pc');
model_coupled | scenario | interval | variable | st_value
-----
MIROC5        | RCP8.5   | annually | OC10pc   | 11.5
MIROC5        | RCP8.5   | annually | OC90pc   | 0
MIROC5        | RCP8.5   | annually | OCnc     | 62.7999992370605
MIROC5        | RCP8.5   | annually | OCxc     | 273.899993896484
MIROC5        | RCP8.5   | annually | FS10pc   | 0
MIROC5        | RCP8.5   | annually | FS90pc   | 52.5999984741211
MIROC5        | RCP8.5   | annually | FSnc     | 922.799987792969
MIROC5        | RCP8.5   | annually | FSxc     | 941.5
MIROC5        | RCP8.5   | annually | WX10pc   | 12.6000003814697
MIROC5        | RCP8.5   | annually | WX90pc   | 4.69999980926514
MIROC5        | RCP8.5   | annually | WXnc     | 1
MIROC5        | RCP8.5   | annually | WXxc     | 8.5
(12 rows)

```

Figura 2 Resultado da consulta do banco de dados do PROJETA na tabela raster_data_8

```

cpcc=# select model_coupled,scenario,interval,variable,st_value(rast, st_setsrid(st_makepoint (-46.625, -23.533), 4236)) from raster_data_12 where date='20050101' and (variable='FSnc' or variable='FSxc' or variable='FS10pc' or variable='FS90pc' or variable='OCnc' or variable='OCxc' or variable='OC10pc' or variable='OC90pc' or variable='WXnc' or variable='WXxc' or variable='WX10pc' or variable='WX90pc');
model_coupled | scenario | interval | variable | st_value
-----
MIROC5        | Historical | annually | OC10pc   | 12.80000001907849
MIROC5        | Historical | annually | OC90pc   | 7.69999980926514
MIROC5        | Historical | annually | OCnc     | 66.6999969482422
MIROC5        | Historical | annually | OCxc     | 283.5
MIROC5        | Historical | annually | FS10pc   | 4.90000009536743
MIROC5        | Historical | annually | FS90pc   | 18.1000003814697
MIROC5        | Historical | annually | FSnc     | 919
MIROC5        | Historical | annually | FSxc     | 935.200012207031
MIROC5        | Historical | annually | WX10pc   | 14.6999998092651
MIROC5        | Historical | annually | WX90pc   | 11.8999996185303
MIROC5        | Historical | annually | WXnc     | 0.100000001490116
MIROC5        | Historical | annually | WXxc     | 11.1000003814697
(12 rows)

```

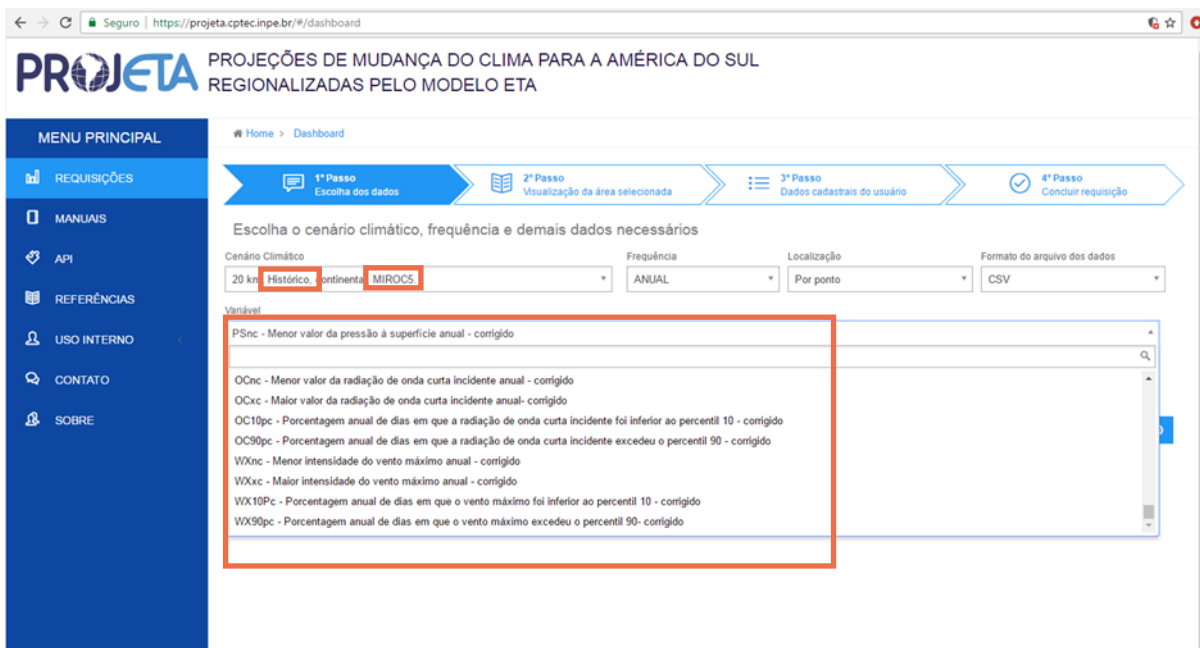
Figura 3 Resultado da consulta do banco de dados do PROJETA na tabela raster_data_12

The screenshot shows the PROJETA dashboard interface. The main header reads "PROJETA PROJEÇÕES DE MUDANÇA DO CLIMA PARA A AMÉRICA DO SUL REGIONALIZADAS PELO MODELO ETA". The left sidebar contains a "MENU PRINCIPAL" with options: REQUISIÇÕES, MANUAIS, API, REFERÊNCIAS, USO INTERNO, CONTATO, and SOBRE. The main content area is titled "Escolha o cenário climático, frequência e demais dados necessários" and features a progress bar with four steps: 1º Passo (Escolha dos dados), 2º Passo (Visualização da área selecionada), 3º Passo (Dados cadastrais do usuário), and 4º Passo (Concluir requisição). Below the progress bar, there are four dropdown menus: "Cenário Climático" (set to "20 km RCP4.5 - contin. MIROC5"), "Frequência" (set to "ANUAL"), "Localização" (set to "Por ponto"), and "Formato do arquivo dos dados" (set to "CSV"). A search box labeled "Variável" is present, with a list of climate indices below it, including PSnc, PSxc, PS10pc, PS90pc, OCnc, OCxc, OC10pc, and OC90pc. The "RCP4.5" and "MIROC5" options in the scenario dropdown are highlighted with red boxes.

Figura 4 Print da página da plataforma PROJETA mostrando a disponibilização dos índices de extremos climáticos com correção de viés para o cenário RCP4.5

The screenshot shows the PROJETA dashboard interface, similar to Figure 4. The main header and sidebar are identical. The progress bar and dropdown menus are also the same. However, the "Cenário Climático" dropdown is now set to "20 km RCP8.5 - contin. MIROC5". The "Variável" search box is populated with "OCnc", and the list of climate indices below it includes OCnc, OCxc, OC10pc, OC90pc, WXnc, WXxc, WX10pc, and WX90pc. The "RCP8.5" and "MIROC5" options in the scenario dropdown are highlighted with red boxes.

Figura 5 Print da página da plataforma PROJETA mostrando a disponibilização dos índices de extremos climáticos com correção de viés para o cenário RCP8.5



The screenshot shows the PROJETA dashboard interface. The main header reads "PROJETA PROJEÇÕES DE MUDANÇA DO CLIMA PARA A AMÉRICA DO SUL REGIONALIZADAS PELO MODELO ETA". The navigation menu on the left includes "MENU PRINCIPAL", "REQUISIÇÕES", "MANUAIS", "API", "REFERÊNCIAS", "USO INTERNO", "CONTATO", and "SOBRE". The main content area displays a progress bar with four steps: "1º Passo Escolha dos dados", "2º Passo Visualização da área selecionada", "3º Passo Dados cadastrais do usuário", and "4º Passo Concluir requisição". Below the progress bar, the user is prompted to "Escolha o cenário climático, frequência e demais dados necessários". The configuration fields are: "Cenário Climático" (20 km, Histórico, continente: MIROC5), "Frequência" (ANUAL), "Localização" (Por ponto), and "Formato do arquivo dos dados" (CSV). A "Variável" dropdown menu is open, showing a list of climate indices with bias correction, including PSnc, OCnc, OCxc, OC10pc, OC90pc, WXnc, WXxc, WX10Pc, and WX90pc.

Figura 6 Print da página da plataforma PROJETA mostrando a disponibilização dos índices de extremos climáticos com correção de viés para o cenário baseline

3 Próximas etapas

Será apresentado na próxima etapa o quinto relatório, contendo o Plano de trabalho da metodologia e do serviço climático a ser fornecido para analisar o perigo selecionado no setor e na região de interesse, este plano irá conter um cronograma para realização das atividades.

Referências Bibliográficas

ALEXANDER, L. V., X. ZHANG, T. C. PETERSON, J. CAESAR, B. GLEASON, A. KLEIN TANK, M. HAYLOCK, D. COLLINS, B. TREWIN, F. RAHIMZADEH, A. TAGIPOUR, P. AMBENJE, K. RUPA KUMAR, J. REVADEKAR, G. GRIFFITHS, L. VINCENT, D. STEPHENSON, J. BURN, E. AGUILAR, M. BRUNET, M. TAYLOR, M. NEW, P. ZHAI, M. RUSTICUCCI, J. L. VAZQUEZ-AGUIRRE Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **J. Geophys. Res.**, 111, D05109, 2005. DOI: 10.1029/2005JD006290.

ARORA, V. K.; BOER, G. J. Uncertainties in the 20th century carbon budget associated with land use change. **Global Change Biology**, v. 16, n. 12, p. 3327-3348, 2010. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2010.02202.x

ARORA, V. K. et al. Carbon emission limits required to satisfy future representative concentration pathways of greenhouse gases. **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. 5, 2011. DOI: 10.1029/2010GL046270

BÁRDOSSY, A.; PEGRAM, G. Downscaling precipitation using regional climate models and circulation patterns toward hydrology, **Water Resources. Res.**, v. 47, W04505, 2011.

BLACK, T. L. The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples. **Weather and forecasting**, 9, 265-278, 1994. DOI: DOI: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0434\(1994\)009<0265:TNNMEM>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0434(1994)009<0265:TNNMEM>2.0.CO;2)

CHOU, S. C. Modelo regional Eta. **Climanálise Especial**. Edição Comemorativa de 10 anos, MCT/INPE/CPTEC, Cachoeira Paulista, 1996.

CHOU, S. C.; MARENGO, J. A.; LYRA, A. A.; SUEIRO, G.; PESQUERO, J. F.; ALVES, L. M.; KAY G.; BETTS, R.; CHAGAS, D. J.; GOMES, J. L.; BUSTAMANTE, J. F.; TAVARES, P. S. Downscaling of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs. **Climate dynamics**, v. 38, n. 3-4, p. 635-653, 2012. doi: 10.1007/s00382-011-1002-8

CHOU, S. C.; LYRA, A. A.; MOURÃO, C.; DEREZYNSKI, C.; PILOTTO, I.; GOMES, J.; et al. Assessment of climate change over South America under RCP 4.5 and 8.5 downscaling scenarios. **American Journal of Climate Change**, v. 3, p. 512-527, 2014a. DOI: 10.4236/ajcc.2014.35043

CHOU, S. C.; LYRA, A.; MOURÃO, C.; DEREZYNSKI, C.; PILOTTO, I.; GOMES, J.; BUSTAMANTE, J. F.; TAVARES, P. S.; SILVA, A.; RODRIGUES, D.; CAMPOS, D.; CHAGAS, D.; SUEIRO, G.; SIQUEIRA, G.; NOBRE, P.; MARENGO, J. Evaluation of the Eta simulations nested in three global climate models. **American Journal of Climate Change**, v. 3, n. 05, p. 438, 2014b. doi: 10.4236/ajcc.2014.35039

DIAS, M. A. F. S. Eventos climáticos extremos. **Revista USP**, n. 103, p. 33-40, 2014. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.v0i103p33-40

ESPINOZA, J. C.; MARENGO, J. A.; RONCHAIL, J., CARPIO, J. M., FLORES, L. N.; GUYOT, J. L. The extreme 2014 flood in south-western Amazon basin: the role of tropical-subtropical South Atlantic SST gradient. **Environmental Research Letters**, v. 9, n. 12, p. 124007, 2014. DOI:10.1088/1748-9326/9/12/124007.

GROISMAN, P. Y.; KNIGHT, R. W.; EASTERLING, D. R.; KARL, T. R.; HEGERL, G. C.; RAZUVAEV, V. N. Trends in intense precipitation in the climate record. **Journal of Climate**, V. 18, n. 9, p. 1326-1350, 2005. DOI: 10.1175/JCLI3339.1.

HIJMANS, Robert J. et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International journal of climatology**, v. 25, n. 15, p. 1965-1978, 2005. DOI: 10.1002/joc.1276

HYNDMAN, R.J.; FAN, Y. Sample quantiles in statistical packages. *The American Statistician*, 50, 361-367, 1996.

HASUMI, Hiroyasu. **CCSR ocean component model (COCO)**. CCSR Rep, v. 13, p. 68, 2000.

IPCC, 2007: **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

LENDERINK, G., BUIHAND, A., VAN DEURSEN, W. Estimates of future discharges of the river Rhine using two scenario methodologies: direct versus delta approach. **Hydrol. Earth Syst. Sci.** 11 (3), 1145–1159, 2007.

LYRA, A. A.; TAVARES, P. S.; CHOU, S. C.; SUEIRO, G.; DEREZYNSKI, C.; SONDERMAN, M.; SILVA, A.; MARENGO, J.; GIAROLLA, A. Climate change projections over three metropolitan regions in Southeast Brazil using the non-hydrostatic Eta regional climate model at 5-km resolution. **Theoretical and Applied Climatology**, p. 1-20, 2017. doi: 10.1007/s00704-017-2067-z

MARENGO, J. A.; RUSTICUCCI, M.; PENALBA, O.; RENOM, M. An intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: part 2: historical trends. **Climatic Change**, v. 98, n. 3-4, p. 509-529, 2010. DOI 10.1007/s10584-009-9743-7.

MARENGO, J. A.; CHOU, S. C.; KAY, G.; ALVES, L. M.; PESQUERO, J. F.; SOARES, W. R.; SANTOS, D. C.; LYRA, A. A.; SUEIRO, G.; BETTS, R.; CHAGAS, D. J.; GOMES, J. L.; BUSTAMANTE, J. F.; TAVARES, P. S. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Paraná River basins. **Climate Dynamics**, v. 38, n. 9-10, p. 1829-1848, 2012. DOI: 10.1007/s00382-011-1155-5.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A.; CAMARGO, H.; RIVEROS, M. P.; PABLÓ, A. D. Two contrasting severe seasonal extremes in tropical

South America in 2012: flood in Amazonia and drought in northeast Brazil. **Journal of climate**, v. 26, n. 22, p. 9137-9154, 2013. DOI: 10.1175/JCLI-D-12-00642.1.

MCTI. **Terceira Comunicação Nacional do Brasil para a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as mudanças climáticas** – Volume II. Brasília, Brasil, 2016.

MESINGER, F.; JANJIC, Z. I.; NICKOVIC, S.; GAVRILOV, D.; DEAVEN, D. G. The step-mountain coordinate: Model description and performance for cases of Alpine lee cyclogenesis and for a case of Appalachian redevelopment. **Mon. Wea. Rev.**, 116, 1493-1518, 1988.

MOSS, R. H.; EDMONDS, J. A.; HIBBARD, K. A.; MANNING, M. R.; ROSE, S. K.; VAN VUUREN, D. P.; CARTER, T. R.; EMORI, S.; KAINUMA, M.; KRAM, T.; MEEHL, G. A.; MITCHELL, J. F. B.; NAKICENOVIC, N.; RIAHI, K.; SMITH, S. J.; STOUFFER, R. J.; THOMSON, A. M.; WEYANT, J. P.; WILBANKS, T. J. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. **Nature**, v. 463, n. 7282, p. 747-756, 2010. doi:10.1038/nature08823

NUMAGUTI, A., M. TAKAHASHI, T. NAKAJIMA, AND A. SUMI. Description of CCSR/NIES atmospheric general circulation model. National Institute for Environmental Studies, Center for Global Environmental Research Supercomputer Monograph Rep. 3, 1–48, 1997.

OKI, TAIKAN; SUD, Y. C. Design of Total Runoff Integrating Pathways (TRIP)—A global river channel network. *Earth interactions*, v. 2, n. 1, p. 1-37, 1998.

PESQUERO, J. F.; CHOU, S. C.; NOBRE, C.A.; MARENGO, J. A. Climate downscaling over South America for 1961–1970 using the Eta Model. **Theoretical and applied climatology**, v. 99, n. 1-2, p. 75-93, 2010. doi: 10.1007/s00704-009-0123-z

TAVARES, P. S.; GIAROLLA, A.; CHOU, S. C., SILVA, A. J. P.; LYRA, A. A. Climate change impact on the potential yield of Arabica coffee in southeast Brazil. **Regional Environmental Change**, p. 1-11, 2017. DOI: 10.1007/s10111.

TEUTSCHBEIN, C.; SEIBERT, J. I. Bias correction of regional climate model simulations for hydrological climate-change impact studies: Review and evaluation of different methods. **Journal of Hydrology**. 456–457, p.12-29, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.05.052>

VIOLA, M. R. ; DE MELLO, C. R. ; CHOU, S. C. ; YANAGI, S. N. ; GOMES, J. L. . 2014. Assessing climate change impacts on Upper Grande River Basin hydrology, Southeast Brazil. **International Journal of Climatology**. DOI: 10.1002/joc.4038.

WATANABE, M., T. SUZUKI, R. O'ISHI, Y. KOMURO, S. WATANABE, S. EMORI, T. TAKEMURA, M. CHIKIRA, T. OGURA, M. SEKIGUCHI, K. TAKATA, D. YAMAZAKI, T. YOKOHATA, T. NOZAWA, H. HASUMI, H. TATEBE AND M. KIMOTO. Improved

Climate Simulation by MIROC5: Mean States, Variability, and Climate Sensitivity. *Journal of Climate*, 23, 6312-6335, 2010.

ZENG, N.; YOON, J. H.; MARENGO, J. A.; SUBRAMANIAM, A.; NOBRE, C. A.; MARIOTTI, A.; NEELIN, J. D. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. **Environmental Research Letters**, v. 3, n. 1, p. 014002, 2008. DOI:10.1088/1748-9326/3/1/014002.

ZHANG, X.; YANG, F. RClimDex User Manual. Climate Research Division, **Science and Technology Branch**, Environment Canada. 23 p., 2004.

ZHANG, X.; HEGERL, G.; ZWIERS F.; KENYON, J. Avoiding inhomogeneity in percentile-based indices of temperature change. **J. Climate**, 18, 1641-1651, 2005.