



Secretaria do Meio Ambiente  
Governo do Distrito Federal

# MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO DF E RIDE

DETECÇÃO E  
PROJEÇÕES  
DAS MUDANÇAS  
CLIMÁTICAS PARA O  
DISTRITO FEDERAL E  
REGIÃO INTEGRADA  
DE DESENVOLVIMENTO  
DO DF E ENTORNO

NOTA TÉCNICA ENDEREÇADA AOS FORMULADORES DE POLÍTICAS PÚBLICAS E TOMADORES DE DECISÃO

BRASÍLIA, NOVEMBRO 2016







# **MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO DF E RIDE**

**DETECÇÃO E  
PROJEÇÕES  
DAS MUDANÇAS  
CLIMÁTICAS PARA O  
DISTRITO FEDERAL E  
REGIÃO INTEGRADA  
DE DESENVOLVIMENTO  
DO DF E ENTORNO**

**NOTA TÉCNICA ENDEREÇADA AOS FORMULADORES DE POLÍTICAS PÚBLICAS E TOMADORES DE DECISÃO**

LEILA SORAYA MENEZES, SIN CHAN CHOU,  
JOSEFA MORGANA VITURINO DE ALMEIDA, SAULO AIRES SOUZA,  
WAGNER DE ARAGÃO BEZERRA, LINEU NEIVA RODRIGUES,  
CARLOS HENRIQUE EÇA D'ALMEIDA ROCHA

**BRASÍLIA, NOVEMBRO 2016**



## **GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL**

GOVERNADOR DO DISTRITO FEDERAL  
**RODRIGO ROLLEMBERG**

SECRETÁRIO DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE  
**ANDRÉ LIMA**

SECRETÁRIO ADJUNTO DO MEIO AMBIENTE  
**CARCIUS AZEVEDO**

CHEFE DA UNIDADE ESTRATÉGICA DE CLIMA  
**LEILA SORAYA MENEZES**

### **EQUIPE TÉCNICA**

CHEFE DA UNIDADE ESTRATÉGICA DE CLIMA  
**LEILA SORAYA MENEZES**

ANALISTA DE ATIVIDADES DO MEIO AMBIENTE  
**LAILA SOUZA MENDES**

ESTAGIÁRIOS  
**MARCIA PADILHA e FABIANO TURISCO**

### **APOIO À PRODUÇÃO EDITORIAL**

SECRETÁRIO ADJUNTO DO MEIO AMBIENTE  
**CARCIUS AZEVEDO**

CHEFE DA ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO  
**JAMES ALLEN**

SUBSECRETÁRIA DE ADMINISTRAÇÃO GERAL  
**NAZARÉ SOARES**

ASSESSORA DA UNIDADE ESTRATÉGICA DO  
FUNDO ÚNICO DO MEIO AMBIENTE  
**ROBERTA VIANA DA SILVA**

EXECUTORA DE CONTRATOS  
**TEREZA CRISTINA ESMERALDO DE OLIVEIRA**

### **PRODUÇÃO EDITORIAL**

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE  
UNIDADE ESTRATÉGICA DE CLIMA  
SEPN 511, BLOCO C, EDIFÍCIO BITTAR, 4º ANDAR.  
CEP: 70.750-543, ASA NORTE, BRASÍLIA-DF  
TEL.: (61)32145602  
<http://www.sema.df.gov.br/>

PROJETO GRÁFICO  
**ERON DE CASTRO**

COORDENADOR EDITORIAL  
**CARLOS AMARAL FILHO**  
[ace.comeditora@gmail.com](mailto:ace.comeditora@gmail.com)

IMPRESSÃO  
**ACE COMUNICAÇÃO E EDITORA**

Impresso no Brasil  
Printed Brazil

**VENDA PROIBIDA**

Catalogação na Fonte

**ISBN: 978-85-68931-03-5**

# PREFÁCIO

Segundo dados da Defesa Civil, existem no DF 4.960 casas em 36 áreas consideradas de risco, isto é, em locais considerados vulneráveis e ocupados de maneira desordenada. A mesma chuva que desabrigou 300 pessoas na Vila Cauhy, também deixou, de acordo com a CEB, 23,4 mil unidades consumidoras da Asa Norte sem energia elétrica. Estações do Metrô ficaram alagadas. Este não foi o único evento de chuva extrema que tivemos no ano. Em outubro, mais de mil pessoas ficaram desalojadas em Samambaia. Uma forte ventania destelhou mil casas, arrancou árvores e postes, derrubou a igreja local e muros de várias escolas. Cerca de 21 mil pessoas ficaram sem luz na cidade.

Nos últimos anos também sofremos com ondas de calor que assustaram os moradores e provocaram transtornos em Brasília. Em 2014 vivemos um intenso período de desconforto térmico pela falta de chuva e baixa umidade do ar, quando os termômetros marcaram 40 graus em alguns pontos da cidade e estações de monitoramento registraram o recorde de 18% de umidade relativa do ar. Em outubro de 2015 novamente os recordes foram quebrados. O DF registrou temperatura máxima de 35,9°C em um dia e no dia seguinte 36,4°C. Essas duas médias bateram o recorde de 2008, quando o calor chegou a 35,8°C no DF, segundo nos informou o INMET. Foram semanas de muito calor e tempo seco quando a umidade relativa do ar chegou a 10% e a situação foi considerada de perigo em todo o estado de Goiás e no Distrito Federal.

Esses sucessivos recordes de calor com dias e noites tidos como os mais quentes têm impactos diretos na saúde da população, que precisam ser avaliados. Além disso, as altas temperaturas também facilitam a combustão da vegetação típica do cerrado, intensificando os incêndios florestais que, em geral, têm início em ações criminosas, provocados intencionalmente. A Operação Verde Vivo do Corpo de Bombeiros do DF registrou em 2016 mais de 17 mil ocorrências de incêndios florestais e mais de 17 mil hectares de cerrado queimado. Os maiores índices de incêndio florestal dos últimos cinco anos. As áreas agrícolas do Distrito Federal também foram impactadas com a falta das chuvas.

Em junho de 2016 foi preciso ao governo do Distrito Federal decretar situação de emergência agrícola. O prejuízo estimado com a redução de 70% na colheita da produção de milho foi de R\$ 116 milhões. Em novembro a seca provocou o primeiro racionamento por falta de água em Brasília. Atingimos situação crítica e o pior nível dos últimos 30 anos no reservatório do Descoberto que chegou a volumes abaixo de 20% da capacidade. Reservatórios e córregos do Distrito Federal, em geral de pequeno porte, secaram e outros estão, ainda, com nível muito baixo.

Está claro que fatores não climáticos contribuem para a magnitude desses impactos. O colapso do sistema hídrico também se deve ao conflito entre os múltiplos usos da água e ao próprio sistema de captação e distribuição de água. Todos precisamos aprender o uso consciente da água. Um dos fatores mais importantes é o uso irregular do solo que remove o cerrado, soterra e contamina nascentes e cursos d'água, e impermeabiliza o solo. As chuvas seguintes talvez não sejam suficientes para encher os córregos e os reservatórios e amenizar a escassez de água. É preciso, ao mesmo tempo, diminuir o consumo e produzir água, protegendo as áreas de mananciais e de recarga de aquífero. Medidas de economia, com a adoção de novos hábitos de consumo e captação, precisam ser adotadas simultaneamente às ações de controle do uso do solo e à adoção de novos parâmetros de produção de água. Isto é, precisamos hoje, mais do que nunca, proteger e preservar, conservar e restaurar nossa infraestrutura ecossistêmica, porque dela também depende a água do futuro. As bacias hidrográficas, com seus mananciais, beiras de rios e áreas de recarga, responsáveis pelo armazenamento de água subterrânea, são tão importantes quanto represas, reservatórios e armazenamento de água superficial, sistemas de captação e distribuição, canais, bombas e tubulações.

O fato é que, no Distrito Federal e na RIDE, os impactos associados ao clima já são visíveis. O clima está, ao mesmo tempo, mudando e intensificando seus eventos. Estamos sofrendo com mais ondas de calor e extremos de chuva. Os verões têm sido mais quentes e os invernos mais secos. Mas não podemos mais estar à mercê destes riscos, e sofrer com os impactos futuros das mudanças climáticas com seus eventos extremos em face do despreparo e da falta de planejamento para enfrentar essa nova realidade que se impõe a todos nós, sobretudo aos mais pobres. Precisamos urgentemente considerar,

nas tomadas de decisão e planejamento de políticas, os riscos climáticos e a nossa vulnerabilidade atual para enfrentá-los. Precisamos de parâmetros para isso, construídos a partir de questões objetivas.

A primeira pergunta objetiva que todo e qualquer gestor público, tomador de decisão e formulador de políticas precisa se fazer diante das mudanças do clima é: afinal, a que já estamos expostos e estaremos expostos nas próximas décadas em um cenário realista de mudanças climáticas? Qual margem de aumentos de temperatura devemos aguardar? Para que taxas de diminuição da precipitação e baixa umidade devemos estar preparados? Quanto aos eventos extremos, ondas de calor e extremos de chuva, o que devemos esperar?

A resposta a estas perguntas deve, por sua vez, subsidiar novas perguntas, como: quais os possíveis impactos desses novos parâmetros do clima no abastecimento de água e no armazenamento das águas subterrâneas? Como se comportará a infraestrutura urbana atual frente aos cenários cada vez mais intensos de desconforto térmico e inundações? Que impactos estes riscos climáticos podem vir a ter por sobre a economia e a saúde da população do DF e região? Quais possíveis prejuízos econômicos teremos? Quanto necessitaremos de infraestrutura verde para mitigarmos os impactos destas mudanças?

Responder estas perguntas é fundamental para compreendermos e superarmos nossas vulnerabilidades às mudanças do clima e para delimitarmos o que é preciso fazer e como nos prepararmos para o que vem. O que nos levará a mais perguntas, por exemplo: Quais as nossas opções e alternativas para um enfrentamento eficaz dos riscos? Quanto de florestas e paisagens degradadas precisamos recuperar para o conforto térmico da população e a produção dos serviços ecossistêmicos urbanos que se farão necessários? Nossa meta de restaurar, reflorestar e promover a recuperação natural é suficiente para a produção da água que já necessitamos hoje e necessitaremos no futuro? Quanto precisamos reforçar as ações que já desenvolvemos para adaptar a agricultura à mudança do clima? Nossa capacidade tecnológica é suficiente? Quanto o Zoneamento Ecológico Econômico agrega para tornarmos Brasília uma cidade resiliente às mudanças climáticas?

Enfim, as palavras de ordem, agora, são “informação” e “transparência” para cumprirmos com nossa obrigação de mobilizar a sociedade e todos os setores (público e privado) para ações concretas de adaptação às mudanças climáticas, de modo a proteger não apenas os ativos, mas principalmente vidas. Só a melhor ciência é capaz de prover essa informação.

A Nota Técnica Mudanças Climáticas no DF e RIDE que o leitor tem agora em mãos, vem cumprir essa função. Animados pela Unidade Estratégica de Clima da Secretaria do Meio Ambiente do DF, cientistas ligados aos principais centros de excelência sobre o tema no Brasil, como INPE, INMET, ANA, Embrapa Cerrados e IBRAM, aderiram voluntariamente ao desafio de compilar as últimas informações científicas e prover com análises as perguntas urgentes impostas à nossa cidade e região pelas mudanças do clima. Esperamos com esse trabalho oferecer elementos para o início de enfrentamento efetivo das mudanças climáticas no DF e na RIDE.

Aos autores, nosso mais sincero agradecimento, com o compromisso de levarmos adiante o desafio de tornarmos o Distrito Federal mais adaptado e mais resiliente às mudanças climáticas.

**ANDRÉ LIMA**

*Secretário de Meio Ambiente e*

*Presidente do Conselho de Meio Ambiente e do Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal*



# APRESENTAÇÃO

A Nota Técnica Mudanças Climáticas no DF e RIDE tem o objetivo de compilar os últimos achados científicos quanto à detecção e projeções das mudanças climáticas para o Distrito Federal e a Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE) e sinalizar os riscos climáticos esperados para a região.

Endereçada aos formuladores de políticas públicas e tomadores de decisão, com esta Nota Técnica espera-se subsidiar o planejamento de políticas públicas e tomadas de decisão que convirjam para o enfrentamento das mudanças do clima no DF e na RIDE.

Mudanças climáticas já são observadas na região Centro-Oeste do Brasil, como de resto em toda a Terra. Antecipar como o sistema climático se comportará em nosso território é indispensável para que o planejamento e a formulação de políticas públicas e decisões tomadas na atualidade convirjam positivamente para tornar os sistemas humanos (saúde, infraestruturas, edificações, agricultura) e naturais (bacias hidrográficas, cobertura vegetal, biodiversidade) resilientes e sustentáveis no longo prazo.

Assim, para subsidiar o enfrentamento efetivo das mudanças climáticas no DF e na RIDE, esta Nota Técnica apresentará brevemente uma síntese do que o mundo já sabe sobre as mudanças do clima, as alterações observadas e suas causas, e quais são as projeções climáticas globais esperadas para as próximas décadas.

Apresentará, rapidamente também, o que o Brasil já sabe sobre as mudanças do clima, alterações detectadas e projeções climáticas para o Território brasileiro.

Como principal objetivo, esta Nota Técnica sistematizará, a partir das últimas evidências científicas, as duas principais perspectivas de análise do clima para o DF e a RIDE: 1) índices de monitoramento e detecção das mudanças climáticas e 2) projeções globais do clima reduzidas estatística e dinamicamente para a região (*downscaling*).

Concluindo com um sumário sobre os riscos climáticos aos quais o DF e a RIDE estarão expostos já nas próximas décadas, esta Nota Técnica pretende responder às perguntas: À que estaremos expostos? O que devemos esperar das mudanças do clima no DF? Quais os riscos climáticos para o DF e a RIDE?

Estas respostas, no entanto, são, por nós, consideradas provisórias, pois requerem permanente revisão para que seja possível limitar as incertezas. Entretanto, representam o estado da arte no que se refere às informações científicas da mudança do clima disponíveis para o DF e a RIDE e sinalizam aos formuladores de políticas públicas e tomadores de decisão o grande desafio que têm pela frente na condução a um – ainda possível – futuro de resiliência local às mudanças do clima.

Esta Nota Técnica, por fim, apresentará uma lista de recomendações para o enfrentamento das mudanças climáticas, dirigida aos formuladores de políticas públicas e tomadores de decisão do DF e região de Entorno. Entre as quais, a recomendação de que, a partir das evidências, providas pela detecção e pelas projeções climáticas, sejam imediatamente avaliados os efeitos associados às mudanças climáticas, riscos de impactos, probabilidade, magnitude e consequências, bem como as opções e oportunidades de soluções e medidas das respostas para os setores críticos ao bem-estar da população e estratégicos ao desenvolvimento sustentável do DF e da RIDE.

Espera-se que este documento leve à formulação de políticas e tomadas de decisão baseadas na melhor evidência científica disponível – imperativo da sustentabilidade do gasto público e do desenvolvimento sustentável e resiliente – frente a um futuro incerto e em meio a um clima em rápida mudança.

**Os autores.**

# AUTORES

**LEILA SORAYA MENEZES** – Formada em Psicologia pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (1989), com Pós-Graduação em Resolução de Conflitos Socioambientais pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (2003) e Gestão para o Baixo Carbono pelo Centro de Estudos da Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas de São Paulo (2012). Tem experiência em desenvolvimento institucional e sustentável, Amazônia e povos indígenas, planejamento de longo prazo, prevenção, resposta e recuperação de crises e desastres, gestão de risco e adaptação às mudanças climáticas. Atuou como coordenadora geral do Programa Mudanças Climáticas e Resposta a Desastres, na CARE International Brasil (2010-2012); como instrutora em gestão de riscos no Projeto Fortalecendo a Cultura de Gestão de Risco de Desastres no Brasil, da Unidade de Prevenção e Recuperação de Crises do Centro Regional para a América Latina e o Caribe do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2013); e contribuiu como assessora técnica no Programa Brasil 2040: Mudanças Climáticas, Cenários e Alternativas de Adaptação, na Subsecretaria de Desenvolvimento Sustentável da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (2014-2015). Atualmente, é chefe da Unidade Estratégica de Clima na Secretaria de Meio Ambiente do Distrito Federal, atuando principalmente na formulação de políticas públicas de longo prazo para o enfrentamento das mudanças do clima no Distrito Federal.

**SIN CHAN CHOU** – Possui graduação em Meteorologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1985), mestrado em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (1990) e doutorado em Meteorologia pela Universidade de Reading, Grã Bretanha (1993). Atualmente é pesquisadora titular III do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Tem experiência na área de Meteorologia, com ênfase em Modelagem Atmosférica regional, atuando principalmente nos seguintes temas: Modelo Eta, previsão de tempo, modelo de área limitada, parametrização de convecção cúmulus, avaliação de modelo, modelagem climática regional, geração de cenários de mudanças climáticas sobre América do Sul. Docente em dois programas de pós-graduação do INPE, meteorologia e



ciência do sistema terrestre. Coordena projetos de pesquisa em modelagem regional e aplicações. Contribuiu como autora (*lead authour*) do Capítulo 9 do Grupo de Trabalho 1 (*Working Group 1*) do Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). Contribuiu como coordenadora do Capítulo 8 do Grupo de Trabalho 1 do Primeiro Relatório de Avaliação Nacional (RAN1) do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas em 2011. Coordenou a geração de cenários regionalizados de mudanças climáticas no Brasil para apoiar a Terceira Comunicação Nacional à UNFCCC.

**JOSEFA MORGANA VITURINO DE ALMEIDA** – Possui mestrado em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2012). Pós-graduada em Gestão do Agronegócio pela Universidade de Brasília (2009). Possui graduação em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2005). Atualmente é servidora pública, ocupa o cargo de Meteorologista no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Previsão numérica do tempo e Climatologia, atuando principalmente nos seguintes temas: Mudanças Climáticas, Índices de Detecção e Monitoramento, Centro-Oeste, Precipitação, Temperatura, Intensidade de chuva, Paraíba, Taxa de precipitação, Pernambuco, Circulação Atmosférica, Zoneamento Agrícola de Risco Climático e PROAGRO.

**SAULO AIRES SOUZA** – Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2004) e mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (2006). Foi empregado do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) entre 2006 e 2010 exercendo o cargo de pesquisador, atuando no desenvolvimento de modelos hidrológicos para planejamento da operação e expansão de sistemas hidroelétricos. Atualmente é especialista em recursos hídricos da Agência Nacional de Águas (ANA) atuando na área de estudos hidrológicos e no planejamento de recursos hídricos. No âmbito da ANA, tem participado do acompanhamento de inúmeros estudos relacionados aos impactos das mudanças climáticas no setor de recursos hídricos como o estudo de adaptação do planejamento e da operação dos recursos hídricos à variabilidade e mudanças climáticas na bacia estendida do São Francisco.

**WAGNER DE ARAGÃO BEZERRA** – Possui mestrado em meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2013), graduação em meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (2005). Desde 2006 é servidor público, ocupante do cargo de meteorologista chefe da Seção de Produtos e Imagens de Satélite (SEPIS) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Meteorologia, atuando principalmente nos seguintes temas: Sensoriamento remoto, reciclagem de vapor d'água, fotômetro, imageador e desenvolvimento de software.

**LINEU NEIVA RODRIGUES** – Tem doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa e pós-doutorado pela Universidade de Nebraska-EUA. Foi pesquisador visitante na Universidade da Califórnia-EUA, Davis, onde desenvolveu trabalho de modelagem hidrológica e irrigação. Foi representante do Brasil na Plataforma de Recursos Hídricos e Tecnologia de Irrigação do Programa de Cooperação para o Desenvolvimento Tecnológico Agroalimentar e Agroindustrial do Cone Sul (PROCISUR). Atualmente, é pesquisador e supervisor do Núcleo de Articulação Internacional da Embrapa Cerrados, atuando nas áreas de recursos hídricos, modelagem, clima e irrigação. É diretor de Políticas Profissional da Associação Brasileira dos Engenheiros Agrícolas. É conselheiro titular do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e membro titular da Câmara Técnica de Ciência e Tecnologia do CNRH. Possui mais de dez capítulos de livro e cento e trinta trabalhos publicados em congresso e revista científica.

**CARLOS HENRIQUE EÇA D'ALMEIDA ROCHA** – Possui graduação em Meteorologia pela Universidade Federal de Alagoas (1999), mestrado em Meteorologia pela Universidade Federal de Alagoas (2003) e doutorado em Ciências, em Engenharia Civil com ênfase em Meio Ambiente pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2009). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Micrometeorologia, atuando principalmente nos seguintes temas: Amazônia, efeito estufa, hidrelétricas, meio ambiente, fluxos difusivos de metano e carbono. Atualmente é Analista Ambiental e Gerente de Monitoramento da Qualidade Ambiental do Instituto Brasília Ambiental (IBRAM).

# SUMÁRIO

---

<b>O QUE O MUNDO JÁ SABE</b> .....	1
1 O ENFRENTAMENTO GLOBAL ÀS MUDANÇAS DO CLIMA .....	3
2 O IPCC E A CIÊNCIA DA MUDANÇA CLIMÁTICA .....	6
3 A INTENSIFICAÇÃO DAS EMISSÕES ANTRÓPICAS DOS GASES DE EFEITO ESTUFA COMO CAUSA DO AQUECIMENTO GLOBAL .....	12
4 O AQUECIMENTO GLOBAL JÁ OBSERVADO .....	15
5 AGOSTO DE 2016 BATEU O RECORDE DE TEMPERATURA DE TODOS OS TEMPOS (ATÉ AGORA...) .....	17
6 CENÁRIO TENDENCIAL DA MUDANÇA CLIMÁTICA GLOBAL NO CURTO E LONGO PRAZOS .....	21

---

<b>O QUE O BRASIL JÁ SABE</b> .....	25
1 DADOS DO PRIMEIRO RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO NACIONAL (RAN1) .....	27
2 DADOS DA TERCEIRA COMUNICAÇÃO NACIONAL (TCN) .....	30

---

<b>O QUE O DF E A RIDE PRECISAM SABER</b> .....	37
1 DETECÇÃO DA MUDANÇA CLIMÁTICA NO DF E RIDE (INMET) .....	39
2 PROJEÇÕES GLOBAIS DO CLIMA REDUZIDAS DINAMICAMENTE PARA O DF E RIDE (INPE) .....	57
3 PROJEÇÕES GLOBAIS DE PRECIPITAÇÃO REDUZIDAS ESTATISTICAMENTE PARA O DF E A RIDE (NASA) .....	65



---

<b>SUMÁRIO AOS FORMULADORES DE POLÍTICAS E TOMADORES DE DECISÃO</b> .....	75
1 TRATAMENTO DAS INCERTEZAS .....	77
2 PROJEÇÃO DINÂMICA DE ANOMALIAS DE TEMPERATURA PARA O DF E A RIDE .....	80
3 PROJEÇÃO DINÂMICA DE ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO PARA O DF E A RIDE .....	84
4 PROJEÇÃO ESTATÍSTICA DE ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO NO DF E RIDE .....	89
5 DETECÇÃO DE ANOMALIAS DE TEMPERATURA NO DF E RIDE .....	90
6 DETECÇÃO DE ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO NO DF E RIDE .....	92
7 MÉTODOS DIFERENTES, SINAIS CONVERGENTES .....	93

---

<b>RECOMENDAÇÕES AOS FORMULADORES DE POLÍTICAS E TOMADORES DE DECISÃO DO DF E RIDE</b> .....	103
--	-----

---

ANEXO 1 <b>PRECIPITAÇÃO FUTURA</b> .....	109
---	-----

---

ANEXO 2 <b>TEMPERATURA FUTURA</b> .....	137
--	-----

---

<b>PALAVRAS-CHAVE</b> .....	164
-----------------------------	-----

---

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	170
---	-----



**O QUE O  
MUNDO  
JÁ SABE**



**Neste capítulo compilaremos os mais recentes achados científicos produzidos no mundo e tornados públicos por órgãos oficiais para subsidiar a formulação de políticas globais voltadas para o enfrentamento das mudanças do clima no planeta.**

**Para a finalidade desta Nota Técnica, apresentaremos os achados tornados públicos pelos seguintes órgãos: Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) e Agência Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA).**

# 1 O ENFRENTAMENTO GLOBAL ÀS MUDANÇAS DO CLIMA

A gravidade do problema da mudança climática para a humanidade motivou a criação, em 1992, da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC em inglês), cujo principal objetivo é a “estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que impeça interferência antrópica perigosa no sistema climático”.<sup>1</sup>

Braço executivo da Convenção do Clima, Conferências das Partes para a Mudança Climática (COPs) ocorrem anualmente desde então. Em 2015, teve lugar a 21ª COP em Paris, cujo acordo diplomático selou a Decisão e o Acordo de Paris, um compromisso político global de enfrentamento da crise climática, no qual 197 países apresentaram compromissos de redução dos gases de efeito estufa, cunhados como INDC (em inglês *Intended Nationaly Defined Commitments*).

A COP de Paris teve o mérito de chegar a um consenso entre os países por um futuro de baixo carbono e um horizonte de acelerada descarbonização das economias, de modo a se deter o aquecimento do sistema climático em 1.5oC, considerado seguro para a manutenção da vida na Terra.

---

<sup>1</sup> Convención Marco de Las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 1992. Art 2. P. 8 [http://unfccc.int/files/essential\\_background/background\\_publications\\_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf) Último acesso 2016-05-12

Diz o Acordo de Paris: <sup>2</sup>

*Reconhecendo que as mudanças climáticas representam uma ameaça urgente e potencialmente irreversível para as sociedades humanas e para o planeta e, portanto, requer a mais ampla cooperação possível de todos os países e sua participação numa resposta internacional eficaz e apropriada, com vista a acelerar a redução das emissões globais de gases de efeito estufa,*

*Reconhecendo ainda que serão necessárias reduções profundas nas emissões globais, a fim de alcançar o objetivo final da Convenção, e enfatizando a necessidade de urgência no combate às mudanças climáticas,*

*Reconhecendo que a mudança climática é uma preocupação comum da humanidade, as Partes deverão, ao tomar medidas para combater as mudanças climáticas, respeitar, promover e considerar suas respectivas obrigações em matéria de direitos humanos, o direito à saúde, os direitos dos povos indígenas, comunidades locais, migrantes, crianças, pessoas com deficiência e pessoas em situação de vulnerabilidade, o direito ao desenvolvimento, bem como a igualdade de gênero, empoderamento das mulheres e a igualdade intergeracional,*

*Enfatizando com grande preocupação a necessidade urgente de resolver a lacuna significativa entre o efeito agregado dos compromissos de mitigação das Partes em termos de emissões anuais globais de gases de efeito estufa até 2020 e as trajetórias das emissões agregadas consistentes com manter o aumento da temperatura média global a menos de 2 ° acima dos níveis industriais e promover esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais,*

---

<sup>2</sup> UNFCCC. 2015. Paris Agreement. <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2016/04/Acordo-de-Paris.pdf> Último acesso 2016-12-1

O Acordo de Paris, portanto, reconhece que a mudança climática representa uma ameaça urgente e potencialmente irreversível às sociedades humanas e ao planeta, assim como reconhece que profundas reduções nas emissões globais serão necessárias e, portanto, há a necessidade urgente de lidar com a significativa distância entre o efeito agregado dos compromissos em termos de emissões globais anuais de gases efeito estufa, em 2020, e as emissões no agregado compatíveis com a limitação da temperatura média bem abaixo de 2oC, acima dos níveis pré-industriais, enfatizando esforços para limitar esse aumento de temperatura a 1,5oC.

O Acordo de Paris entrou em vigor em novembro de 2016, durante a 22ª COP em Marrakech. As principais condições, para tanto, foram alcançadas: mais de 55 países, responsáveis por pelo menos 55% das emissões globais de gases de efeito estufa, ratificaram o Acordo por meio de suas casas congressuais legislativas. O Brasil é um dos países signatários da Convenção do Clima, um dos 197 países que assinaram o Acordo de Paris e ratificou o Acordo em setembro de 2016.

## 2 O IPCC E A CIÊNCIA DA MUDANÇA CLIMÁTICA

Em todo o mundo, muito tem sido produzido pela melhor ciência disponível com relação a análises climáticas e formas de enfrentamento dos riscos climáticos. O problema climático é extremamente complexo, multidisciplinar, multisetorial e multiescalar e requer análises e intervenções igualmente complexas, multidisciplinares, multisetoriais e multiescalares.

Atualmente, milhares de cientistas de todo o mundo contribuem para os trabalhos de avaliação das mudanças do clima, liderados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC em inglês).<sup>3</sup>

O IPCC foi criado em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial (WMO em inglês) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP em inglês) com o objetivo de avaliar as informações científicas, técnicas e socioeconômicas relevantes para o entendimento do risco da mudança climática induzida pelo homem, seus impactos potenciais e as opções de adaptação e mitigação.

Como um organismo intergovernamental, a adesão ao IPCC é aberta a todos os países membros da Organização das Nações Unidas (ONU) e da Organização Meteorológica Mundial (WMO em inglês). Atualmente, 195 países são membros do IPCC, incluindo o Brasil.<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> IPCC. O que é o IPCC: [http://ipcc.ch/news\\_and\\_events/docs/factsheets/FS\\_what\\_ipcc\\_es.pdf](http://ipcc.ch/news_and_events/docs/factsheets/FS_what_ipcc_es.pdf) Último acesso 2016-05-22

<sup>4</sup> Também o Brasil criou o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC). <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/pt/organizacao/o-pbmc> Último acesso 2016-05-22



A avaliação é parte essencial do processo do IPCC, que publica regularmente Relatórios de Avaliação (AR-Assessment Reports, em inglês) do conhecimento científico disponível a respeito das mudanças do clima: <sup>5</sup>

- FAR - Primeiro Relatório de Avaliação: 1990
- SAR - Segundo Relatório de Avaliação: 1995
- TAR - Terceiro Relatório de Avaliação: 2001
- AR4 - Quarto Relatório de Avaliação: 2007
- AR5 - Quinto Relatório de Avaliação: 2013/2014

Entre as principais afirmações dos relatórios do IPCC, destacamos:

“O aquecimento global observado nos últimos 50 anos é atribuído a atividade humana.” (IPCC, TAR: 2007)

“O aquecimento do sistema climático é inequívoco. De 1995 a 2006 foram registradas as onze mais elevadas temperaturas da superfície global média anual (desde o início dos registros instrumentais – 1850).” (IPCC, AR4: 2007)

“As três últimas décadas têm sido sucessivamente mais quentes desde 1850. No Hemisfério Norte, o período de 1983 a 2012 foi provavelmente o mais quente dos últimos 1400 anos. Ao longo dos 50 anos anteriores, dias quentes, noites quentes e ondas de calor tornaram-se mais frequentes.” (IPCC, AR5: 2013)

O AR5, de todos os relatórios de avaliação do IPCC, foi o mais categórico no que se refere aos riscos que a mudança do clima representa para a humanidade. Diz o AR5 do IPCC: <sup>6</sup>

“O aquecimento do sistema climático é inequívoco e muitas das mudanças observadas desde 1950 não têm precedente na escala de décadas a milênios. A atmosfera

---

<sup>5</sup> Os Relatórios de Avaliação do IPCC estão disponibilizados no site <http://ipcc.ch/>. Último acesso 2016-05-22

<sup>6</sup> IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. AR5, WGI, SPM. [http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wgi/WGIAR5\\_SPM\\_brochure\\_en.pdf](http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wgi/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf) Último acesso 2016-05-22

e os oceanos aqueceram, a quantidade de neve e gelo diminuiu, o nível do mar subiu e as concentrações de gases de estufa aumentaram.” (AR5, WG1, SPM, p.3)

O AR5 expressa claramente a certeza da comunidade científica internacional de que as mudanças observadas atualmente no clima do planeta não podem ser atribuídas exclusivamente a causas naturais:

“A influência humana no sistema climático é clara. Isto é evidente pelo aumento das concentrações de gases de estufa, pela forçante radiativa positiva, pelo aquecimento observado e pelo entendimento do sistema climático.” (AR5, WG1, SPM, p.10)

Para o AR5 do IPCC, a mudança climática é uma mudança no estado do clima que pode ser identificada (por exemplo, mediante testes estatísticos) por variações no valor médio e/ou na variabilidade de suas propriedades, e que persistem por um extenso período, geralmente décadas ou períodos mais extensos. Mudança climática pode se dever a processos internos naturais ou forçantes externas, tais como as modulações dos ciclos solar, erupções vulcânicas, e persistentes mudanças antrópicas na composição da atmosfera ou no uso da terra.

“A emissão contínua de gases de efeito estufa causará mais aquecimento e duradouras mudanças em todos os componentes do sistema climático, aumentando a probabilidade de impactos graves, generalizados e irreversíveis para as pessoas e ecossistemas. Limitar as mudanças no clima exigirá reduções substanciais e sustentadas das emissões dos gases de efeito estufa, que, juntamente com a adaptação, podem limitar os riscos da mudança climática.” (AR5, SYR, p.1)

Note-se que a UNFCCC em seu Artigo 1 define mudança climática como: “uma mudança do clima que é atribuída diretamente ou indiretamente às atividades humanas que alteram a composição da atmosfera global e que se soma à variabilidade natural do clima observada durante períodos de tempo comparáveis”. A UNFCCC faz a distinção, portanto, entre mudança climática, atribuível a atividades humanas que alteram a composição atmosférica, e a variabilidade climática, atribuível a causas naturais.

Entre o AR4 e o AR5, o IPCC manteve a definição de base da mudança climática como sendo toda mudança no estado do clima, seja devido a processos naturais, forçantes externas ou a atividades antrópicas. O conceito, entretanto, evoluiu refletindo os progressos da ciência como, por exemplo, a afirmação quanto a evidências medidas pelo uso de testes estatísticos. Igualmente, manteve-se a distinção conceitual com UNFCCC, que considera como mudança climática apenas a atribuível à atividade antrópica, que se soma à variabilidade do clima.<sup>7</sup>

Refletindo o progresso da ciência, também o conceito de impactos das mudanças de clima difere em amplitude e foco de como era usado no AR4. Para o AR5, o termo ‘impactos’ é usado primariamente para se referir aos efeitos sobre os sistemas naturais e humanos de eventos climáticos extremos e das mudanças do clima.

Impactos geralmente se referem a efeitos sobre a vida, modos de vida, saúde, ecossistemas, economias, sociedades, culturas, serviços e infraestrutura, devido à interação das mudanças do clima ou eventos climáticos perigosos ocorrendo em um específico período de tempo e a vulnerabilidade de uma sociedade ou sistema expostos. Impactos também são referidos como consequências e resultados.

Os impactos da mudança climática sobre os sistemas geofísicos, incluindo inundações, secas e elevação do nível do mar, são um subconjunto dos impactos, chamado de impactos físicos. Assim, noções como impactos potenciais e/ou residuais estão datadas no AR4, igualmente no que se refere à quantificação e à monetarização dos impactos.

Já, a noção de gestão do risco climático começou a tomar corpo no relatório Gestão de Risco dos Eventos Extremos e Desastres para o Avanço da Adaptação à Mudança Climática (SREX em inglês)<sup>8</sup> e ganhou fôlego no AR5.<sup>9</sup>

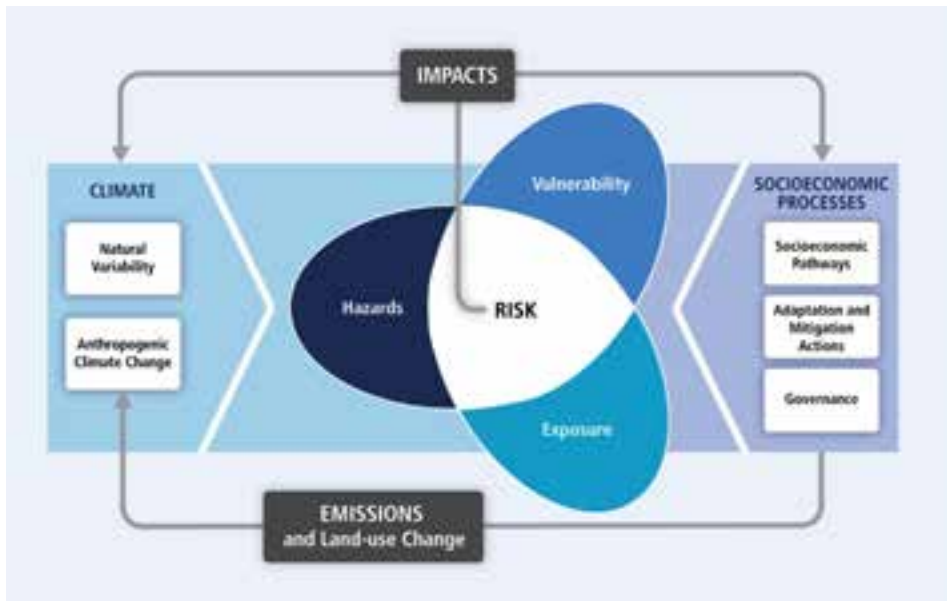
---

7 Conferir em: (1) IPCC, 2007. AR4 WGII. Glossary; (2) IPCC, 2011. SREX RRP.1 e Glossary; e (3) IPCC, 2013. AR5, WGII, RRP.2 e Glossary. Todos disponíveis em IPCC. Assessment Reports. <http://ipcc.ch/> Último acesso 2016-05-22

8 IPCC, 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp [http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-All\\_FINAL.pdf](http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-All_FINAL.pdf) Acesso em 2016-10-05

9 IPCC (2014). Technical summary. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Billir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 35-94.

**Figura 1 - Esquema Risco e Mudanças Climáticas. IPCC-AR5**



Fonte: IPCC, AR5, WGII, 2014.

Concordando com os últimos achados do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC, AR5, 2013 e 2014), os autores desta Nota Técnica Mudança Climática no DF e RIDE reafirmam:

“A influência humana sobre o sistema climático é clara, e as recentes emissões antrópicas de gases de efeito estufa foram as maiores da história. Recentes mudanças no clima tiveram impactos generalizados sobre os sistemas humanos e naturais. (IPCC, AR5, SYR)

“A emissão contínua de gases de efeito estufa causará mais aquecimento e duradouras mudanças em todos os componentes do sistema climático, aumentando a probabilidade de impactos graves, generalizados e irreversíveis para as pessoas e ecossistemas. Limitar as mudanças no clima exigirá reduções substanciais e sustentadas das emissões dos gases de efeito estufa, que, juntamente com a adaptação, podem limitar os riscos da mudança climática.” (IPCC, AR5, SYR)

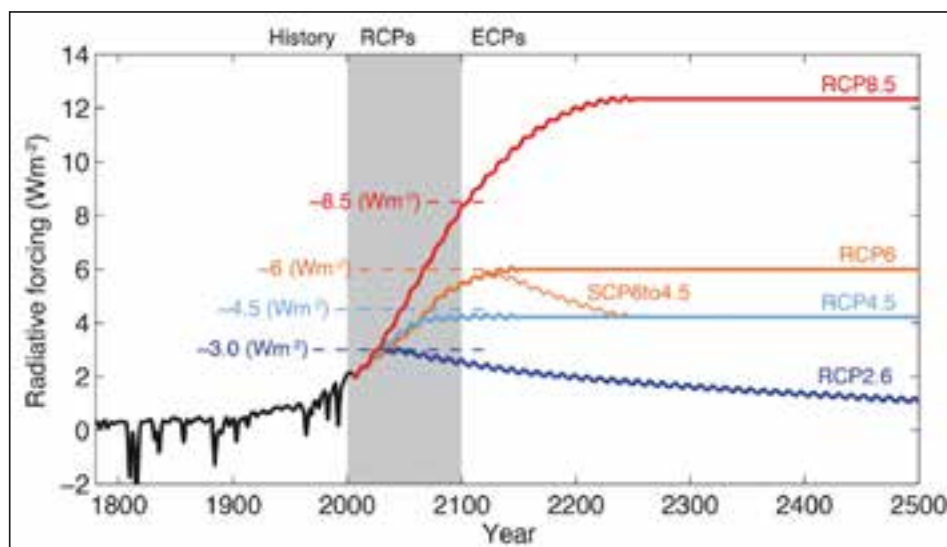
“Adaptação e mitigação são estratégias complementares para reduzir e gerir os riscos da mudança climática. Mitigar as emissões nas próximas décadas pode reduzir os riscos climáticos no século 21 e além, aumentando as perspectivas para uma adaptação eficaz, reduzindo os custos e os desafios da mitigação no longo prazo, além de contribuir para vias resilientes ao clima e para o desenvolvimento sustentável.” (IPCC, AR5, SYR)

“Muitas opções de adaptação e mitigação podem ajudar a enfrentar a mudança climática, mas nenhuma única opção é suficiente por si só. A implementação efetiva depende de políticas e da cooperação em todas as escalas, e pode ser reforçada através de respostas integradas de adaptação e mitigação com outros objetivos sociais.” (IPCC, AR5, SYR)



### 3 A INTENSIFICAÇÃO DAS EMISSÕES ANTRÓPICAS DOS GASES DE EFEITO ESTUFA COMO CAUSA DO AQUECIMENTO GLOBAL

Figura 2. - Trajetórias das Emissões de GEE, 2000-2500. IPCC-AR5



Fonte: IPCC, AR5, WG1, 2013

O AR5 concluiu que modelos econômicos de desenvolvimento podem alcançar quatro diferentes forçantes radiativas, 8.5 W/m<sup>2</sup>, 6.0 W/m<sup>2</sup>, 4.5 W/m<sup>2</sup> e 2.6 W/m<sup>2</sup>, que correspondem a concentrações médias de 1.370, 850, 650 e 450 partículas por milhão (ppm) de gás carbônico e equivalentes (CO<sub>2</sub>eq) na atmosfera, e levar a diferentes trajetórias de concentração de GEE. Estas trajetórias, agrupadas de acordo com a proximidade, são classificadas como RCP8.5, RCP6.0, RCP4.5 e RCP2.6, que correspondem às forçantes radiativas de 8.5 W/m<sup>2</sup>, 6.0 W/m<sup>2</sup>, 4.5 W/m<sup>2</sup> e 2.6 W/m<sup>2</sup>, respectivamente.

Os cenários RCP8.5 e RCP6.0, chamados linhas de base, reproduzem a trajetória das emissões seguindo a tendência atual de desenvolvimento dos países, cujas emissões acumuladas podem chegar a 4.000 Gt de CO<sub>2</sub>eq em 2100, com concentrações de GEE na atmosfera de 730 a mais de 1.300 ppm. Estas trajetórias tendenciais são consideradas trajetórias pessimistas, porque pressupõem que nada ou muito pouco será feito no mundo no sentido de mitigar as emissões de GEE. O RCP8.5 é o mais pessimista e resulta em um aquecimento médio global de cerca de 4°C até o final do século 21. O RCP8.5 trata-se de um cenário de alta emissão crescendo quase linearmente ao longo do século, mas com forçantes radiativas em seus valores máximos.

O RCP2.6 é um cenário de baixa emissão. Traduz os efeitos possíveis de ações de mitigação, como redução das emissões e aumento de remoções antrópicas, e representa a estabilização e até a redução da concentração de GEE na atmosfera e a possibilidade de o aumento da temperatura média global ficar limitada a 2oC. É, portanto, o cenário mais otimista e desejável, mas francamente dependente do Acordo Global firmado entre as Partes em Paris, em 2015.

O cenário descrito pelo RCP4.5, que também traduz os efeitos possíveis de ações de mitigação, considera, no entanto, a probabilidade de as ações de redução de emissões e remoções antrópicas ocorrerem, mas não tão rapidamente ou disseminadamente como se faz necessário para deter o aquecimento a 2oC até o final do século. No cenário RCP4.5 a forçante radiativa aumenta seu crescimento quase linearmente até o ano de 2060 e então diminui a taxa de aumento até o final do século quando se estabiliza. Apesar de otimista em relação aos cenários tendenciais, é, digamos, mais realista ou mais factível que o RCP2.6.

No presente momento, medições globais da emissão do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)<sup>10</sup> têm demonstrado curva ascendente destas emissões.<sup>11</sup> Em setembro de 2016, o Observatório de Mauna Loa, no Hawaii, do Laboratório de Pesquisa do Sistema da Terra (ESRL em

---

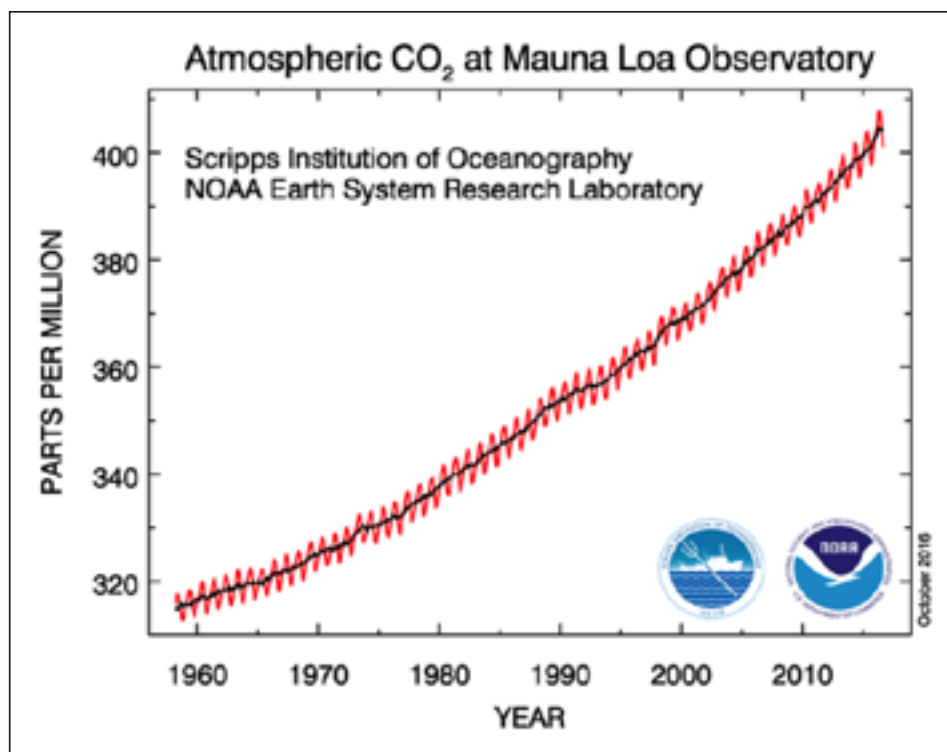
10 O dióxido de carbono é o mais importante gás de efeito estufa que aprisiona calor, e que é liberado por meio de atividades humanas, como o desmatamento e queima de combustíveis fósseis, bem como processos naturais, tais como a respiração e erupções vulcânicas.

11 NOAA, 2016. Global Greenhouse Gas Reference Network. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. May, 2016. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/> Último acesso 2016-05-22

inglês), vinculado à *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), registrou que a concentração de dióxido de carbono na atmosfera superou o limite de 400 ppm (ESRL-NOAA, Outubro de 2016).<sup>12</sup>

A gravidade desta marca está por se dar em um momento de esperada curva mínima de concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico, não acima de 400 partes por milhão. Desde então, cientistas do mundo todo têm sinalizado que o dióxido de carbono passou oficialmente a marca de 400 ppm, para nunca mais voltar abaixo dela em nossas vidas.

**Figura 3. - Média mensal do dióxido de carbono atmosférico de 1960 a 2016. NOAA, Observatório de Mauna Loa, Hawaii.**



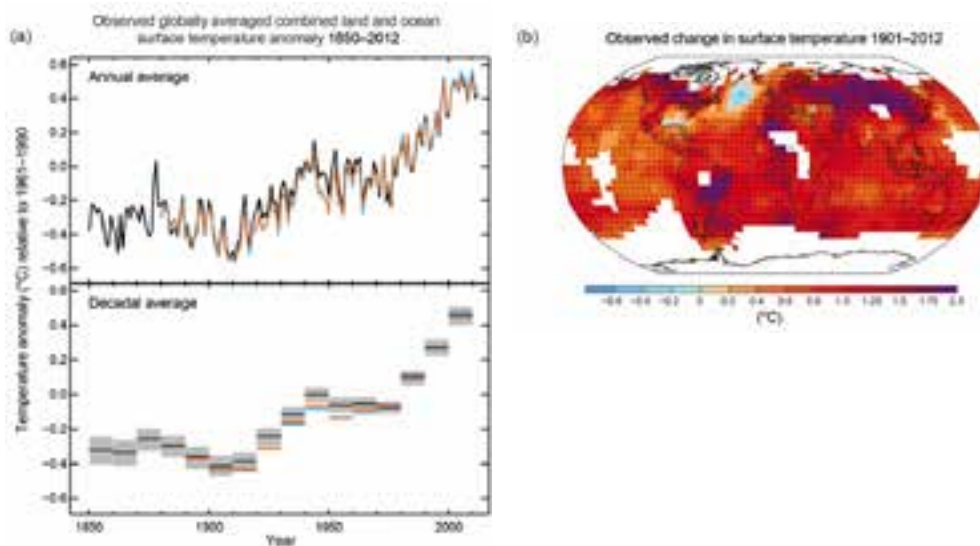
Fonte: ESRL-NOAA, outubro de 2016.

<sup>12</sup> ESRL-NOAA, Outubro de 2016. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/full.html> Acesso em 2016-10-05

## 4 O AQUECIMENTO GLOBAL JÁ OBSERVADO

De acordo com o IPCC (2013), o efeito das emissões já realizadas de gases de efeito estufa (GEE), desde a era pré-industrial, gerou uma tendência, desde 1901 a 2012, de até 2,5°C de aumento médio na temperatura do planeta, como também para algumas regiões brasileiras.

**Figura 4. - Mudança na temperatura média da superfície da Terra, 1901-2012. IPCC-AR5**

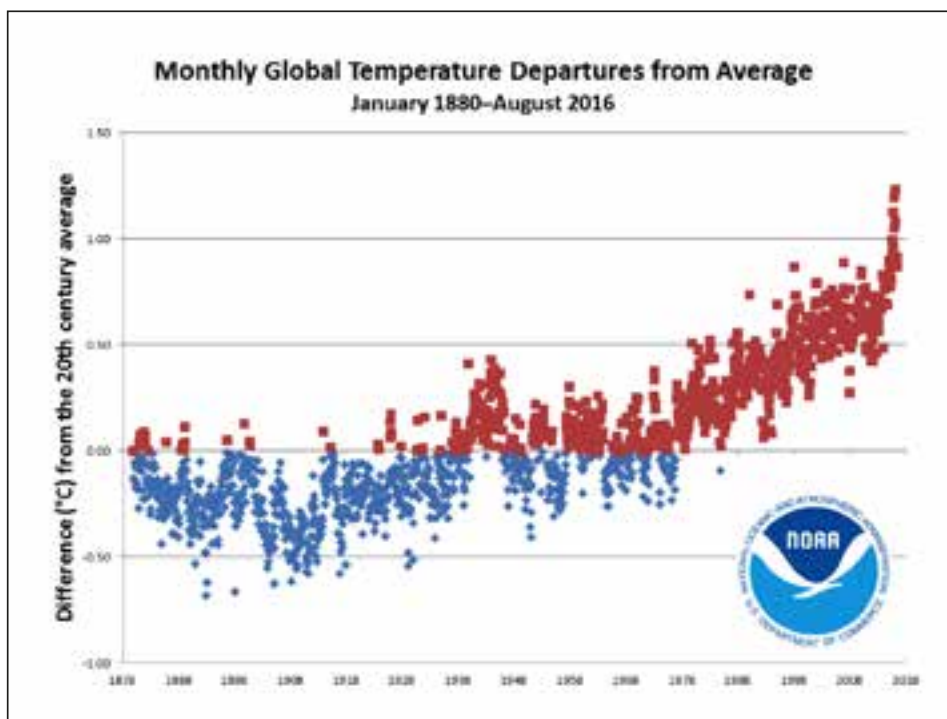


Fonte: IPCC. AR5. WG1. SPM. 2013

Note-se que, no período de 1901 a 2012, o aquecimento observado do planeta não foi uniforme. De acordo com o IPCC, as temperaturas aumentaram mais sobre os continentes, com índices de aumento de até 2,5°C, do que sobre os oceanos, com aumentos até 0,8°C. O mesmo se deu no Brasil, onde as regiões mais intensamente urbanizadas sofreram aumentos de temperatura média de 2,5°C, enquanto na Região Amazônica, densamente florestada, o aumento da temperatura média girou entre 0,6°C a 0,8°C.

Além de o IPCC detectar aumento de até 2,5°C na temperatura média da superfície da Terra no último século, monitoramentos realizados pela NOAA indicam que 14 dos 15 meses mais quentes desde 1878 até hoje ocorreram em 2015 e no corrente ano de 2016. Sendo que o mês de agosto de 2016 teve a maior temperatura média global mensal desde abril de 2016.<sup>13</sup>

**Figura 5 - Desvio da média das temperaturas mensais do oceano e da terra, de janeiro de 1880 a agosto de 2016.**



Fonte: NOAA, Outubro 2016.

<sup>13</sup> NOAA, National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Analysis for August 2016, published online September 2016, retrieved on October 14, 2016 from <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201608>. Último acesso 2016-10-14



## **5 AGOSTO DE 2016 BATEU O RECORDE DE TEMPERATURA DE TODOS OS TEMPOS (ATÉ AGORA...)**

Monitorando os índices de aumento de temperatura do planeta, a NOAA, através do Centro Nacional de Dados Climáticos (NCDC em inglês), em seu último relatório informa que o mês de agosto de 2016, foi o décimo sexto mês consecutivo de calor recorde para o mundo. Informa também que de junho a agosto e de janeiro a agosto de 2016, também ocorreram recordes de aquecimento.<sup>14</sup>

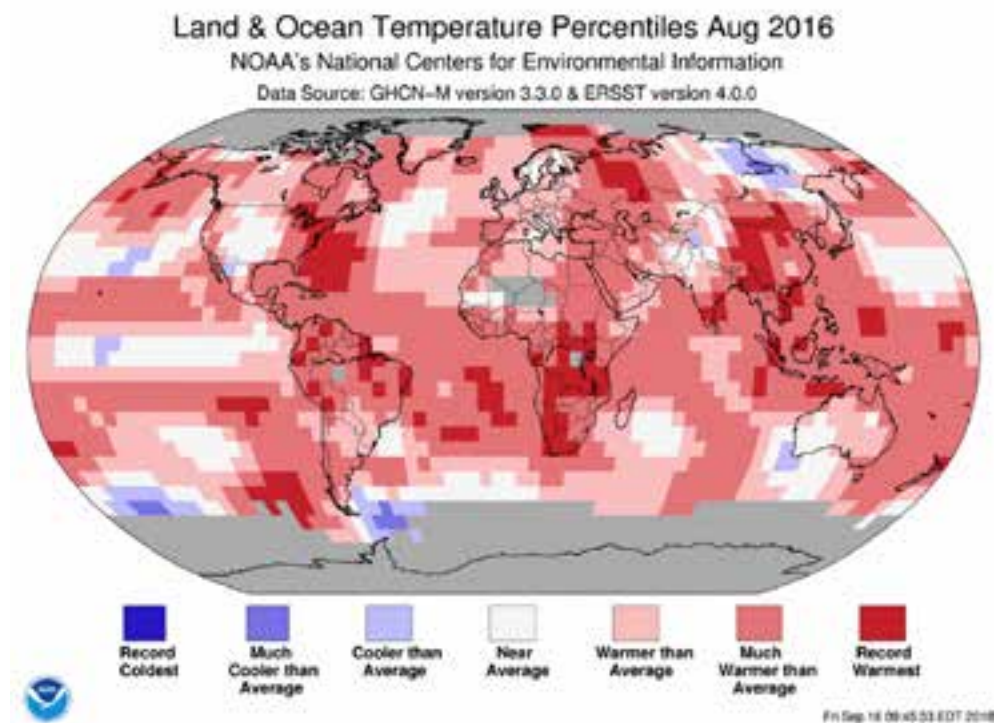
De acordo com o relatório da NOAA, agosto de 2016 foi o mês com a temperatura mais alta registrada nos meses de agosto no período de 1880-2016, superando o recorde anterior de agosto de 2015. Foi também o mês com a temperatura mais alta desde abril de 2016. No geral, 14 dos 15 meses mais quentes já registrados ocorreram desde fevereiro de 2015, com janeiro de 2007 entre os 15 maiores registros.

Considerando-se a média global da temperatura terrestre no Século 20, agosto também esteve acima da média, com valores mais altos da temperatura global da terra no período de 1880-2016, superando o recorde anterior registrado em 2015. Desde abril de 2016, não se registrava temperatura média mensal tão alta.

---

<sup>14</sup> NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Analysis for August 2016, published online September 2016, retrieved on October 5, 2016 from <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201608>. Acesso em 2016-10-05

**Figura 6 - Percentis de temperatura da superfície da terra e do mar em agosto de 2016. NOAA**



Fonte: NOAA-Global Analysis for August 2016. (Na ordem de escalas de cor, do azul para o vermelho, apresentam-se sete percentis: 1) Recorde de frio; 2) Muito mais frio do que a média; 3) Mais frio do que a média; 4) Próximo à média; 5) Mais quente que a média; 6) Muito mais quente que a média; e 7) Recorde de calor

Também com relação à média global de temperatura da superfície do mar, agosto esteve acima da média registrada no Século 20, foi a segunda maior temperatura no oceano mundial nos meses de agosto registrada no período de 1880-2016, atrás apenas de agosto de 2015.

O monitoramento climático da NOAA reporta que no mês de agosto de 2016 ocorreu a mais alta temperatura média já registrada na superfície da Terra, com anomalia de +1.29°C. Foi também o mês recorde de temperatura de superfície Terra e Oceanos, com anomalia de +0.92°C e o segundo mês mais quente para os oceanos (+0.77°C).<sup>15</sup>

15 Climate Monitoring at NOAA's National Centers for Environmental Information. <https://www.ncdc.noaa.gov/climate-monitoring/> Acesso em 2016-10-15

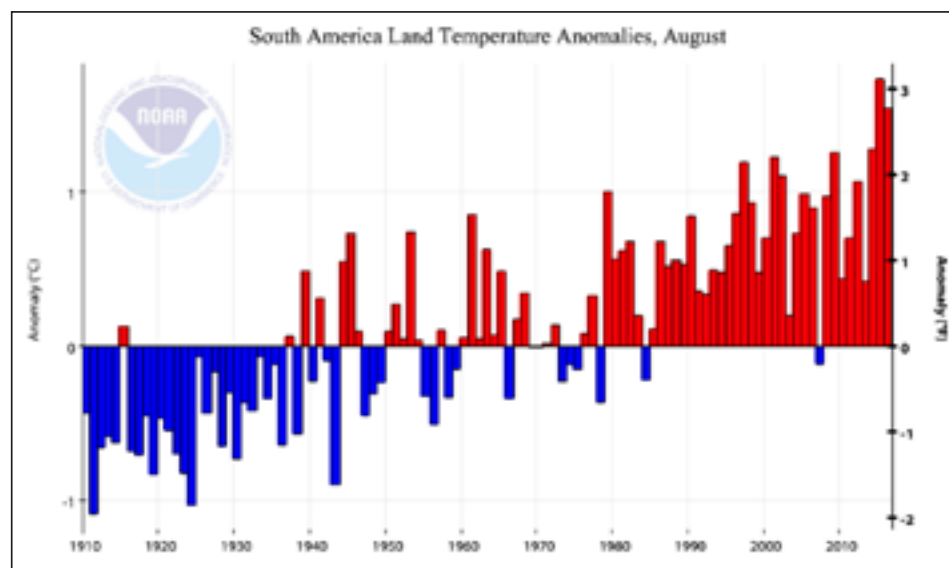
**Tabela 1 - Anomalia de temperatura global, Agosto 2016.**

GLOBAL		
AGOSTO DE 2016	ANOMALIA	CLASSIFICAÇÃO
Terra	+1.29°C	1° Mais quente
Oceano	+0.77°C	2° Mais quente
Terra+Oceano	+0.92°C	1° Mais quente

Fonte: NOAA, 2016. <https://www.ncdc.noaa.gov/climate-monitoring/>

Especificamente para a América do Sul, os dados da NOAA registram aumento considerável das temperaturas nos meses de agosto nas últimas décadas.<sup>16</sup>

**Figura 7 - Anomalias na temperatura da terra para a América do Sul, Agosto 2016. NOAA**



Fonte: NOAA, Agosto 2016.

Para a América do Sul, a NOAA constata que o mês de agosto de 2016 foi o segundo mês de agosto mais quente em 107 anos. Com anomalia positiva de 1,54°C superou apenas o mês de agosto de 2015, com anomalia positiva de 1,73°C.

<sup>16</sup> NOAA National Centers for Environmental information, Climate at a Glance: Global Time Series, published September 2016, retrieved on October 5, 2016 from <http://www.ncdc.noaa.gov/cag/> Acesso em 2016-10-05

Do mesmo modo, a NOAA constata anomalia positiva de 1,21°C no período de janeiro a agosto de 2016, o segundo período mais quente desde 2015, cujo período registrou +1.32°C.

Considerando-se os meses junho-agosto da série monitorada, 2016 também apresentou anomalia positiva 1,03°C, cujo recorde foi de junho-agosto de 2015 com +1.61°C.<sup>17</sup>

**Tabela 2 - Anomalia de temperatura na América do Sul**

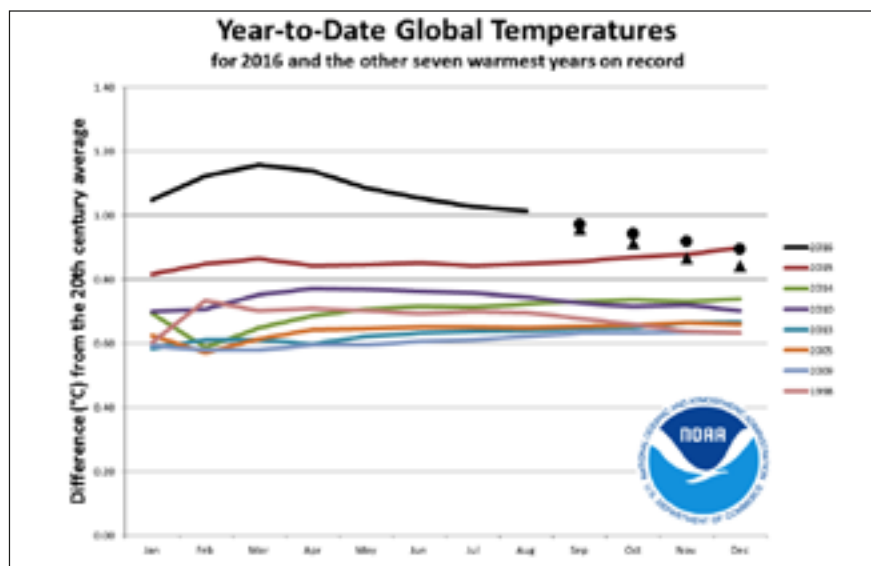
AMÉRICA DO SUL						
PERÍODO	ANOMALIA (1910-2000)	TENDÊNCIA (1910-2016)	CLASSIFICAÇÃO		RECORDES	
	°C	°C	(EM 107 ANOS)		ANO(S)	°C
Janeiro a Agosto de 2016	+1.21	+0.15	Mais quente	2°	2015	+1.32
			Mais frio	106°	1911	-0.85
Junho a Agosto, 2016	+1.03	+0.15	Mais quente	7°	2015	+1.61
			Mais frio	101°	1916	-1.00
Agosto, 2016	+1.54	+0.16	Mais quente	2°	2015	+1.73
			Mais frio	106°	1911	-1.09

Fonte: Adaptado de NOAA, Regiões, 2016. <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global-regions/201608>

<sup>17</sup> NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Regional Analysis for August 2016, published online September 2016, retrieved on October 14, 2016 from <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global-regions/201608>. Acesso em 2016-10-15

## 6 CENÁRIO TENDENCIAL DA MUDANÇA CLIMÁTICA GLOBAL NO CURTO E LONGO PRAZOS

Figura 8 - Cenário tendencial da temperatura média para 2016



Fonte: NOAA, 2016. <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2016/8/supplemental/page-2>

O gráfico da NOAA compara as anomalias de temperatura para 2016 (linha preta) em relação aos sete anos mais quentes já registrados: 2015, 2014, 2010, 2013, 2005, 2009 e 1998. Cada mês ao longo de cada traço representa a anomalia da temperatura média. Em outras palavras, o valor de janeiro é a anomalia da temperatura média de janeiro, o valor de fevereiro é a média de ambas as anomalias de janeiro e fevereiro, e assim por diante. A temperatura média da superfície global da terra e do oceano para janeiro-agosto 2016 foi de 1,01°C acima da média do século 20 de 14,0°C, a maior temperatura global da terra e do oceano para janeiro-agosto no período de 1880 a 2016, superando o recorde anterior estabelecido em 2015 por 0,16°C.<sup>18</sup>

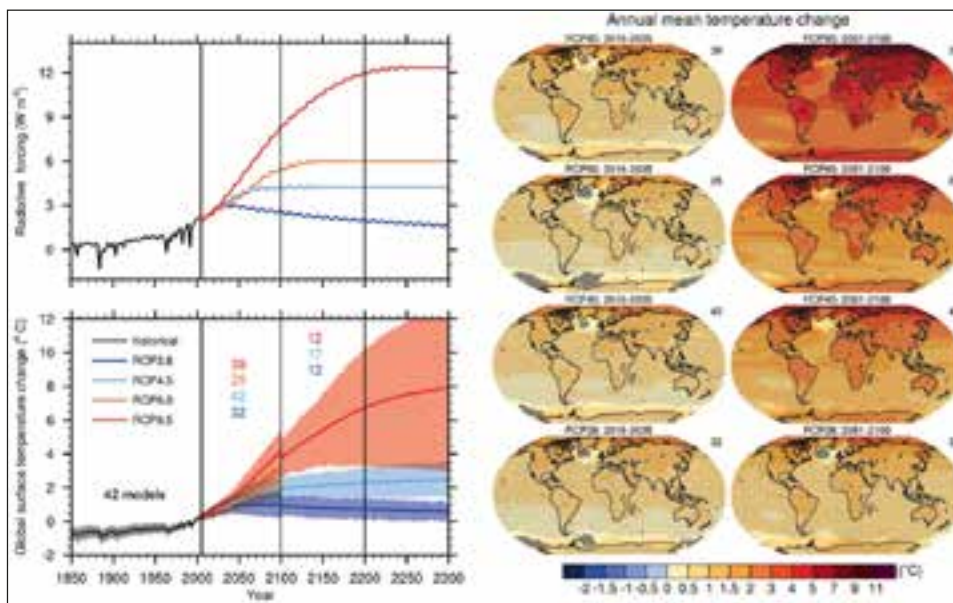
<sup>18</sup> NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Analysis for August 2016, published online September 2016, retrieved on October 15, 2016. Supplemental: 2016 year-to-date temperatures versus previous years from <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2016/8/supplemental/page-2> Acesso em 2016-10-15



As próprias anomalias representam desvios da temperatura média do século 20. O gráfico mostra a parte mais quente de toda a história e inclui vários resultados para o fim do ano com base nos dois cenários a seguir:

- Se cada mês de setembro a dezembro coincide com os valores mensais de 1998 (representados pelos triângulos pretos): 2016 acabará como o segundo ano mais quente já registrado, atrás de 2015, de 0,06°C.
- Se cada mês de setembro a dezembro corresponde à média mensal do século 21 (representado pelos círculos pretos): 2016 acabará como o segundo ano mais quente já registrado, atrás de 2015, de 0,01°C.<sup>19</sup>

**Figura 9 - Mudanças na temperatura da superfície da Terra, por forçantes radiativas. IPCC-AR5**



Fonte: IPCC. AR5. WG1. SPM. 2013

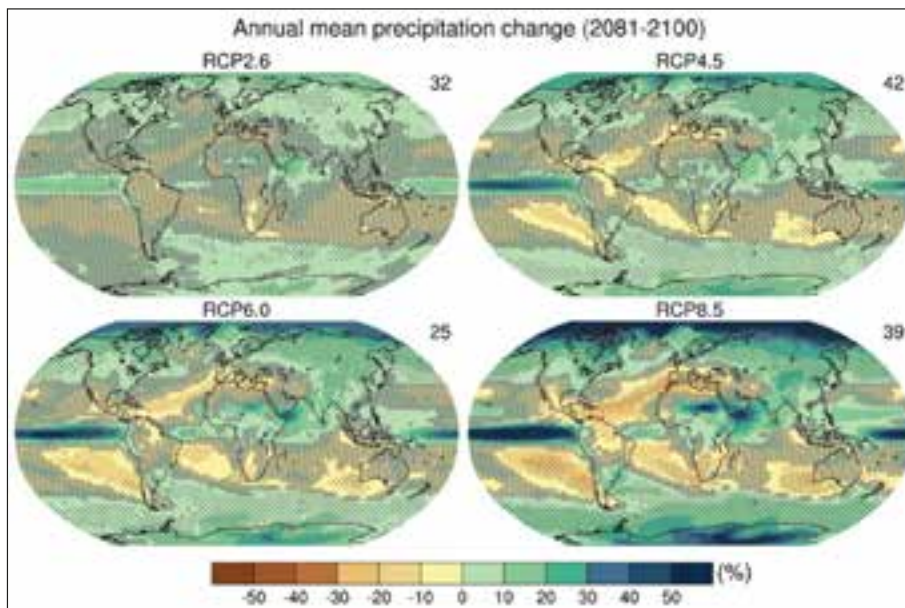
Coerentemente ao estimado pela NOAA, o Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do IPCC afirma que com a continuação da tendência atual de aumento das emissões de gases de estufa (cenário RCP8.5), por volta do ano 2035 a temperatura média global terá ultrapassado os 2°C de aumento em relação à época pré-industrial, limite de segu-

<sup>19</sup> <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2016/8/supplemental/page-2>

rança reconhecido pela UNFCCC na sua 16ª Conferência das Partes (2010) e acordado pela Decisão de Paris (2015).

Observando-se a análise multimodelo (39 modelos globais) das projeções de aumento da temperatura superficial da Terra, em um cenário tendencial RCP8.5 projeta-se para a América do Sul aumento de temperatura média em toda a região que varia de 2°C a 5°C. O pontilhado indica regiões onde a mudança projetada pelo conjunto de modelos é grande comparada com a variabilidade natural e pelo menos 90% dos modelos concordam com o sinal da mudança.

**Figura 10 - Mudança na média de precipitação nos quatro cenários, RCP2.6, RCP4.5, RCP 6.0 e RCP 8.5. IPCC-AR5**



Fonte: IPCC. AR5. WG1. SPM. 2013

A análise das projeções geradas pelos vários modelos globais para a precipitação anual média projeta para a América do Sul, em um cenário tendencial RCP8.5 (39 modelos globais), anomalia positiva nas taxas de precipitação médias de 20% a 30% no sul do continente e anomalia negativa na região Centro-Oeste do Brasil de 10%. A hachura indica regiões onde a média das mudanças projetadas pelo multimodelo é pequena comparada com a variabilidade natural.





**O QUE O  
BRASIL  
JÁ SABE**

**Neste capítulo compilaremos os mais recentes achados científicos produzidos no Brasil e tornados públicos por órgãos oficiais para subsidiar a formulação de políticas nacionais voltadas para o enfrentamento das mudanças do clima no país.**

**Para a finalidade desta Nota Técnica, apresentaremos os achados tornados públicos pelos seguintes documentos: Primeiro Relatório de Avaliação Nacional (PBMC, 2015), Terceira Comunicação Nacional (Brasil, 2016), relatório científico produzido no âmbito dos estudos sobre Modelagem Climática e Vulnerabilidades Setoriais à Mudança do Clima no Brasil (MCTI, 2016).**



# 1 DADOS DO PRIMEIRO RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO NACIONAL (RAN1)

Da rede institucional brasileira voltada à mudança do clima, destaca-se, especialmente, o Painel Brasileiro de Mudança Climática (PBMC), que conta com 360 cientistas das diversas universidades e instituições brasileiras.<sup>20</sup>

O PBMC publicou em 2015 o seu Primeiro Relatório de Avaliação Nacional (RAN1), com avaliação dos aspectos científicos do sistema climático e de suas mudanças; impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas no Brasil e os possíveis caminhos para a mitigação.<sup>21</sup>

No âmbito da comunidade científica brasileira, o RAN1 discute diversas observações consistentes com as alterações climáticas descritas nos AR5 do IPCC. E apresenta uma projeção consensual das variações de temperatura e precipitação médias no Território nacional, por bioma, ao longo do século 21.

De acordo com o RAN1 (2015), no Brasil são esperadas mudanças profundas e variáveis no clima conforme a região do País que engloba seis biomas terrestres (Amazônia, Mata Atlântica, Pantanal, Caatinga, Cerrado e Pampas).<sup>22</sup>

O RAN1 informa, ainda, que no Cerrado o aumento da temperatura provavelmente resultará em uma redução do processo fotossintético nas plantas do Cerrado, implicando em um possível decréscimo da produtividade primária de sua biomassa. Adicionalmente, na estação seca, o Cerrado passa a ser uma fonte de carbono para a atmosfera, devido ao

---

20 PBMC. Informações sobre o PBMC disponíveis em <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/pt/>. Acesso em 2016-10-15

21 RAN1. Relatório de Avaliação Nacional 1, disponível em <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/pt/noticias/82-destaque/440-painel-brasileiro-de-mudancas-climaticas-divulga-o-primeiro-relatorio-de-avaliacao-nacional-completo>. Acesso em 2016-10-15

22 PBMC-RAN1. GT1. Sumário Executivo. Disponível em: [http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/pt/publicacoes/documentos-publicos?task=callelement&format=raw&item\\_id=41&element=f85c494b-2b32-4109-b8c1-083cca2b7db6&method=download&args\[0\]=c2e862c6cb6ba6f8c704b566aca3cf91](http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/pt/publicacoes/documentos-publicos?task=callelement&format=raw&item_id=41&element=f85c494b-2b32-4109-b8c1-083cca2b7db6&method=download&args[0]=c2e862c6cb6ba6f8c704b566aca3cf91). Acesso em 2016-10-15

estresse hídrico, o que representa um aumento na vulnerabilidade ao fogo. (PBMC-RAN1, GT1, Sumário Executivo, 2014)

Os cenários climáticos futuros sugerem aumento dos eventos extremos de secas e estiagens prolongadas, principalmente nos biomas da Amazônia, Cerrado e Caatinga, sendo que tais mudanças acentuam-se a partir da metade e final do século 21. (PBMC-RAN1, GT1, Sumário Executivo, 2014)

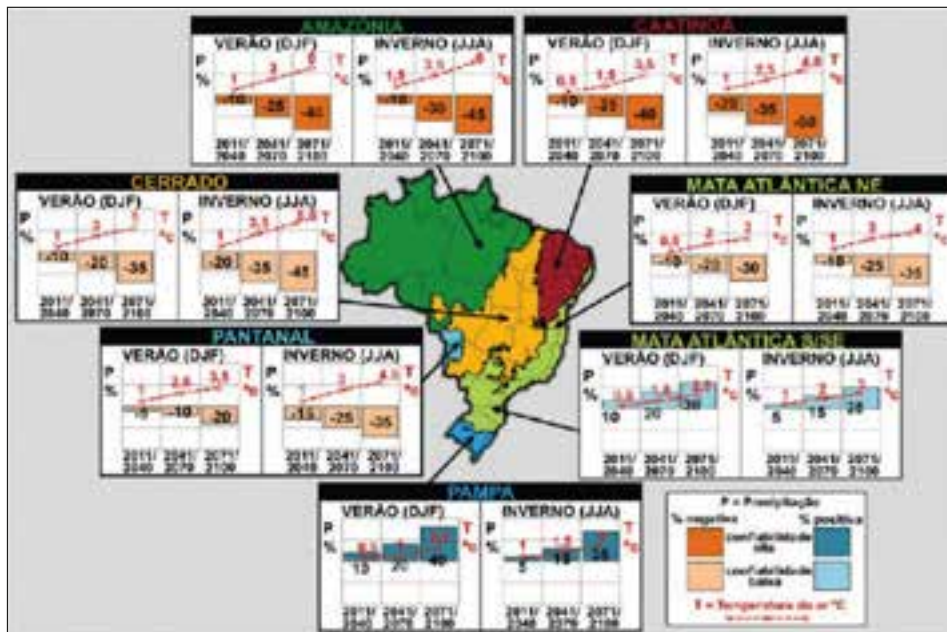
As projeções indicam diminuição significativa das chuvas em grande parte do Centro-Norte-Nordeste do território brasileiro. No que se refere à temperatura do ar na superfície, todas as projeções indicam condições de clima futuro mais quente. Em geral, as projeções climáticas possuem desempenho (*skill*) relativamente melhor nos setores Norte/Nordeste (Amazônia e Caatinga) e Sul (Pampa) do Brasil, e desempenho inferior no Centro-Oeste e Sudeste (Cerrado, Pantanal e Mata Atlântica). (PBMC-RAN1, GT1, Sumário Executivo, 2014)

As projeções para o bioma do Cerrado, baseadas nos resultados científicos de modelagem climática global e regional, indicam: aumento de 1°C na temperatura superficial com diminuição percentual entre 10% a 20% da chuva durante as próximas três décadas (até 2040). Em meados do século (2041-2070) estima-se aumento entre 3°C a 3,5°C da temperatura do ar e redução entre 20% e 35% da chuva. No final do século (2071-2100) o aumento de temperatura atinge valores entre 5°C e 5,5°C e a diminuição da chuva é mais crítica, entre 35% e 45%, apresentando acentuação das variações sazonais. (PBMC-RAN1, GT1, Capítulo 9, 2014)<sup>23</sup>.

---

23 PBMC, 2014: Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Ambrizzi, T., Araújo, M. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 pp. Capítulo 9. Disponível em [http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos\\_publicos/GT1/GT1\\_volume\\_completo\\_cap9.pdf](http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos_publicos/GT1/GT1_volume_completo_cap9.pdf) Acesso em 2016-10-15

**Figura 11 – Projeções regionalizadas de clima nos biomas brasileiros da Amazônia, Cerrado, Caatinga, Pantanal, Mata Atlântica (setores nordeste e sul/sudeste) e Pampa para os períodos de início (2011- 2040), meados (2041-2070) e final (2071/2100) do século 21, baseadas nos resultados científicos de modelagem climática global e regional.**



Fonte: PBMC-RANI. GT 1, 2014.

Entre as principais conclusões do RANI, destacam-se:

- Aumento da temperatura superficial média em todo o País, maior no norte do que no sul;
- Mais chuva no sul do País e menos chuva no norte, com pequena variação nas latitudes intermediárias;
- Combinação de menos chuva com maiores temperaturas indica diminuição da disponibilidade hídrica na maior parte do território nacional (Amazônia, Cerrado, Caatinga, Pantanal, setor Nordeste da Mata Atlântica). No sul do País (Pampa e porção Sul/Sudeste da Mata Atlântica), a elevação da pluviosidade média tende a aumentar a disponibilidade de água, enquanto as temperaturas mais altas tendem a diminuí-la, e o resultado dependerá da magnitude relativa destes dois efeitos opostos.

## 2 DADOS DA TERCEIRA COMUNICAÇÃO NACIONAL (TCN)

Atendendo ao compromisso de país integrante da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC em inglês), o Brasil elaborou a Terceira Comunicação Nacional do Brasil (TCN) que atualiza e provê à Conferência das Partes inventários nacionais de emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de todos os gases de efeito estufa (GEE) não controlados pelo Protocolo de Montreal. Além disso, apresenta os avanços científicos sobre a modelagem regional da mudança do clima e o atual estágio das políticas públicas voltadas para a mitigação das emissões de GEE e para a adaptação do país à mudança climática.<sup>24</sup>

A Terceira Comunicação Nacional (TCN) foi subsidiada pelo desenvolvimento de cenários climáticos por meio de modelagem matemática, isto é, métodos de *downscaling* ou regionalização (redução de escala e conseqüente aumento da resolução) a partir de modelos globais, para o aprimoramento da projeção dos cenários onde, seguindo a tendência de aumento de resolução espacial dos modelos globais, o modelo regional Eta (Chou et al., 2014a) aumentou a resolução espacial de 40 km para 20 km, cobrindo uma área ainda maior, que abrange toda a América do Sul e América Central.<sup>25</sup>

A partir dos cenários de emissão RCP8.5 e RCP4.5 do AR5 do IPCC (2014) e no desenvolvimento das modelagens regionalizadas, a TCN avaliou os impactos das mudanças climáticas em diferentes setores e assuntos estratégicos como: biodiversidade, agropecuária, recursos hídricos, energia, desastres naturais e saúde humana. A avaliação foi

---

24 Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Sumário Executivo/ Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016.  
[http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706739/MCTI\\_TCN\\_SUMARIO+EXECUTIVO\\_port.pdf/](http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706739/MCTI_TCN_SUMARIO+EXECUTIVO_port.pdf/). Acesso em 2016-10-15

25 O modelo regional é utilizado operacionalmente para previsão de tempo e clima sobre América do Sul pelo INPE. Para a finalidade do estudo que subsidiou a Terceira Comunicação Nacional e outros estudos, como o Brasil 2040: Mudanças Climáticas, Cenários e Alternativas de Adaptação (SAE-PR, 2014), o modelo Eta foi aninhado a dois modelos climáticos globais distintos forçados para os cenários RCP4.5 e RCP8.5. A redução de escala foi para uma grade de resolução 20 km x 20 km.

realizada por especialistas de cada um dos setores mencionados, que desenvolveram estudos a partir de variáveis climáticas (por exemplo, precipitação, temperatura do ar, vento, entre outros) extraídas das modelagens realizadas. Dessa maneira, os estudos apresentados consistem em importante subsídio à tomada de decisão sobre medidas de adaptação a serem planejadas para o Brasil, mas também evidenciam a importância da continuidade do apoio à elaboração de análises nesse tema, cujo papel deve se tornar elemento crítico do planejamento setorial e de políticas em território tão vasto e diverso quanto o Brasil. (TCN, Sumário Executivo, 2016.)

De acordo com a Terceira Comunicação Nacional, o conhecimento atual das dimensões regionais da mudança global do clima no Brasil é ainda muito fragmentado, o que requer mais estudos e o desenvolvimento de modelos de mudança do clima de longo prazo com resolução espacial adequada para análise regional, o que propiciará melhores condições para a elaboração de possíveis cenários futuros de mudança do clima, com diferentes concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera, e análise mais acurada dos impactos da mudança global do clima sobre o Brasil. (TCN, 2016. Volume II) <sup>26</sup>

Para a Terceira Comunicação Nacional, o INPE avaliou os diferentes cenários de mudança do clima propostos pelos modelos globais do AR4 e AR5 do IPCC e desenvolveu método de *downscaling* dinâmico para o Brasil. O *downscaling* dinâmico é um método de redução de escala das projeções de mudanças climáticas provenientes de modelos climáticos globais para se obter projeções climáticas com melhor resolução espacial. O melhor detalhamento é obtido alimentando modelos regionais atmosféricos com as projeções dos modelos climáticos globais. Essas projeções detalhadas são mais adequadas para estudos dos impactos da mudança do clima em diversos setores socioeconômicos (agrícola, energético, saúde, recursos hídricos etc.), indicando a vulnerabilidade aos riscos na forma de probabilidade. A vulnerabilidade é geralmente relacionada com problemas de escalas locais. (TCN, 2016. Volume II)

---

26 Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima - Volume II/ Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016. PP. 101-114. <http://sirene.mcti.gov.br/documents/16886653/1706739/Volume+2.pdf/>  
Acesso em 2016-10-15



Para isso, o INPE desenvolveu o modelo regional Eta na versão de estudos de mudanças climáticas para a América do Sul, que é um modelo atmosférico regional utilizado para produzir previsões do tempo operacionalmente. O modelo foi adaptado a fim de ser utilizado como um modelo climático gerando previsões sazonais (CHOU et al., 2005)<sup>27</sup>, e foi aprimorado para estudos de mudanças climáticas (PESQUERO et al., 2009)<sup>28</sup>. Esta versão foi validada (CHOU et al., 2012)<sup>29</sup> e utilizada para produzir cenários regionalizados de mudanças futuras do clima (MARENGO et al., 2012)<sup>30</sup> para a Segunda Comunicação. Para a Terceira Comunicação Nacional, duas projeções de modelos globais foram utilizadas como diretrizes para o modelo regional Eta do INPE, o modelo inglês *Hadley Centre Global Environmental Model*, HadGEM2ES, e o modelo japonês *Model for Interdisciplinary Research on Climate*, MIROC5, considerando dois cenários de emissão, sendo um otimista e outro pessimista, RCP4.5 e RCP8.5, respectivamente (CHOU et al., 2014a e 2014b). (TCN, 2016. Volume II)

Seguindo a tendência de aumento de resolução espacial dos modelos globais, o modelo regional Eta aumentou a resolução espacial de 40 km para 20 km, cobrindo uma área que abrange a América do Sul e a América Central. Acompanhando a tendência de aprimoramento dos modelos do AR5 do IPCC 2014, melhorias foram introduzidas na dinâmica do modelo regional Eta (MESINGER et al., 2012)<sup>31</sup>. A simulação do clima presente, que compreende o período de 1961 a 2005, emprega 360 ppm em concentração de CO2 equivalente. Enquanto para o clima futuro, de 2006 a 2100, foram adotadas concentrações de CO2 equivalente aumentando gradativamente conforme os cenários RCP4.5 e RCP8.5. A temperatura da superfície do mar provém dos modelos globais climáticos com atualizações diárias. (TCN, 2016. Volume II)

---

27 CHOU, S. C.; BUSTAMANTE, J. F.; GOMES, J. L. (2005). Evaluation of Eta Model seasonal precipitation forecasts over South America. *Nonlin. Processes Geophys.*, 12, 537-555, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5194/npg-12-537-2005>. Acesso em 2016-10-15

28 PESQUERO, J. F. et al. (2009). Climate *downscaling* over South America for 1961-1970 using the Eta Model. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 99, 1-2, p. 75-93, 2009. DOI: 10.1007/s00704-009-0123-z

29 CHOU, S. C. et al. (2012). *Downscaling* of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs. *Climate Dynamics*, v. 38 n. 3-4, 635-653. DOI 10.1007/s00382-011-1002-8

30 MARENGO, J. A. et al. (2012). 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 Parana River Basins. *Climate Dynamics*, 38, 1829-1848, 2012. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00382-011-1155-5> Acesso em 2016-10-15

31 MESINGER, F. et al. (2012). An Upgraded Version of the Eta Model. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 116, 63-79. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00703-012-0182-z> Acesso em 2016-10-15

## 2.1 PROJEÇÕES REGIONALIZADAS PELOS MODELOS CLIMÁTICOS ETA-HADGEM2ES E ETA-MIROC5

Nas projeções climáticas futuras dos modelos globais regionalizadas pelo modelo Eta a partir da combinação dos modelos globais e cenários de emissão, seja em cenário RCP4.5 ou RCP8.5, a resposta às alterações climáticas das simulações do modelo Eta-HadGEM2ES se mostram mais intensas do que as simulações do modelo Eta-MIROC5 (CHOU *et al.*, 2014b)<sup>32</sup>. (TCN, 2016. Volume II)

No verão austral (dezembro, janeiro e fevereiro – DJF), a redução da precipitação pluviométrica na região central da América do Sul e o aumento em sua porção austral são mudanças na maioria das simulações, mas o Eta-Had-GEM2ES intensifica a diminuição da precipitação, enquanto o Eta-MIROC5 expande a área de aumento de precipitação no sul do país com o passar dos anos até no final do século. No inverno austral (junho, julho e agosto – JJA), nota-se a redução da pluviosidade na parte norte da América do Sul e na maior parte da América Central. (TCN, 2016. Volume II)

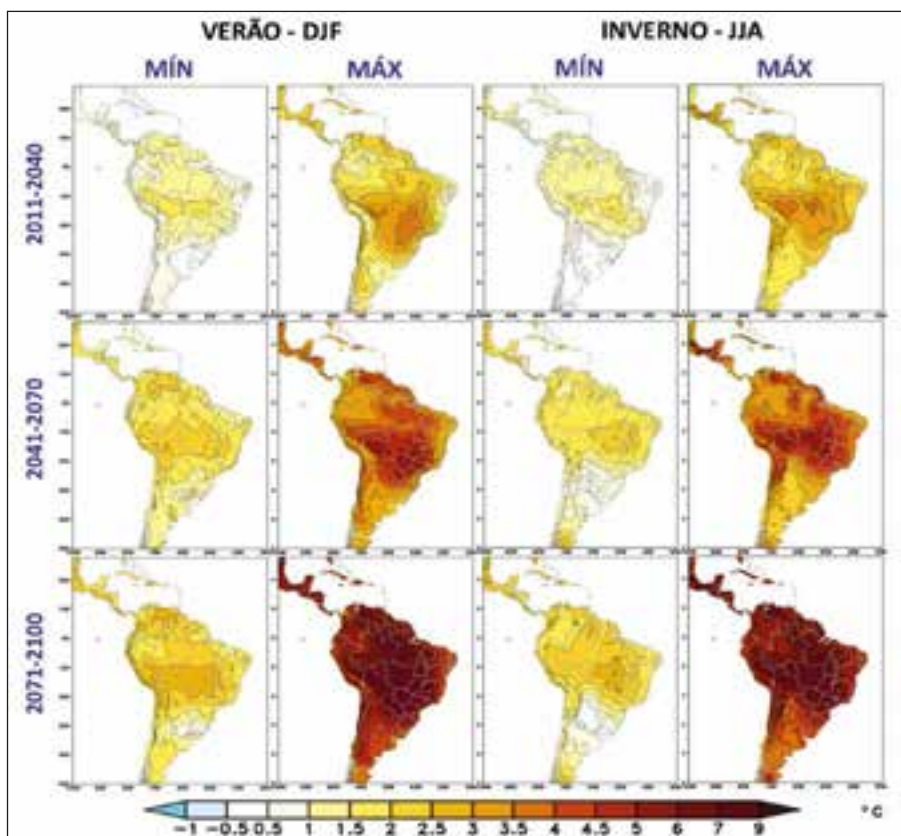
As figuras, a seguir, mostram as mudanças de temperatura e de precipitação para as duas estações do ano, verão e inverno austral em períodos de 30 anos, de 2011 a 2040, de 2041 a 2070 e de 2071 a 2100. O limiar inferior e o limiar superior das mudanças extraídas das quatro simulações indicam o intervalo possível das mudanças derivadas dessas simulações regionalizadas. (TCN, 2016. Volume II)

Veja-se que os máximos de aquecimento do país localizam-se na região Centro-Oeste. Esses máximos de aquecimento estendem-se para as regiões Norte, Nordeste e Sudeste, até o final do século 21. Esses máximos de aquecimento médio no final do século podem variar entre cerca de 2°C e 8°C em algumas áreas. (TCN, 2016. Volume II)

---

<sup>32</sup> CHOU, S. C. et al. (2014 b). Assessment of climate change over South America under RCP4.5 and 8.5 *downscaling* scenarios. American Journal of Climate Change. 2014. Disponível em: <http://www.scirp.org/journal/ajcc/> Acesso em 2016-10-15

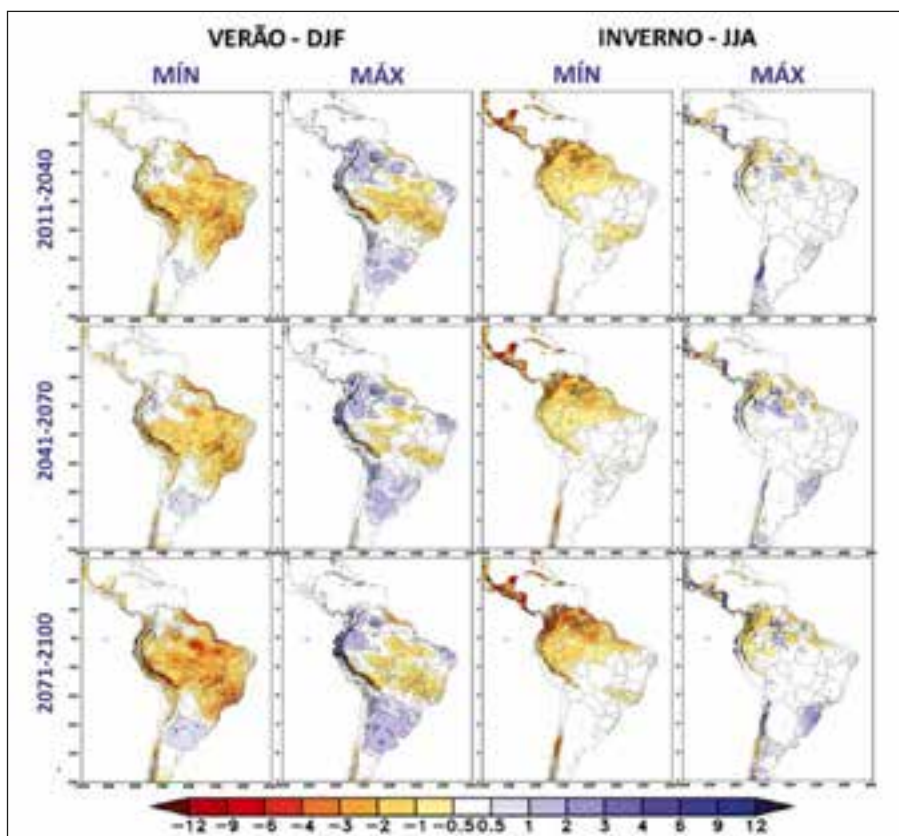
**FIG. 12 - Projeções regionalizadas de mudanças na temperatura (°C) entre o presente e diferentes períodos futuros - limiares inferiores (MÍN) e limiares superiores (MÁX) das mudanças extraídas das quatro simulações (modelos Eta-HadGEM2ES e Eta- MIROC5 nos dois cenários RCP4.5 e 8.5) para o verão (dezembro-janeiro-fevereiro - DJF) e inverno (junho-julho-agosto - JJA)**



Fonte: Brasil, TCN, Volume II, 2016.

Nota-se que os centros de máxima redução das chuvas durante o verão posicionam-se sobre o Centro-Oeste e Sudeste do país, e expandem-se para as regiões da Amazônia. As projeções, durante o verão, sugerem redução das chuvas ao nordeste da região Nordeste e aumento das chuvas sobre a região Sul, chegando a alcançar a parte sul do Sudeste do país. O aumento das chuvas ocorre desde 2011-2040 e se intensifica até o final do século. (TCN, 2016. Volume II)

**Figura 13 – Projeções regionalizadas de mudanças na precipitação (mm/dia) entre o presente e diferentes períodos futuros - limiares inferiores (MÍN) e limiares superiores (MÁX) das mudanças extraídas das quatro simulações (modelos Eta-HadGEM2 ES e Eta-MIROC5 nos dois cenários RCP4.5 e 8.5) para o verão (dezembro-janeiro-fevereiro - DJF) e inverno (junho-julho-agosto - JJA)**



Fonte: Brasil, TCN, Volume II, 2016.

As modelagens regionalizadas Eta-HadGEM2ES e Eta-MIROC5 foram utilizadas como base para análises de impactos e vulnerabilidade sobre biodiversidade, agropecuária, recursos hídricos, energia, desastres naturais e saúde humana. A avaliação foi realizada por especialistas de cada um dos setores mencionados, que apresentaram resultados a partir de variáveis climáticas (por exemplo, precipitação, temperatura atmosférica, vento, entre outros) extraídas das modelagens realizadas. Foram consideradas médias de 30 anos para o período presente (1961-1990) e o futuro (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100). Estes estudos encontram-se publicados no relatório da Terceira Comunicação Nacional (MCTI, 2016).







**O QUE O DF  
E A RIDE  
PRECISAM  
SABER**

**Neste capítulo compilaremos dados científicos sobre mudanças do clima que levaram em consideração o DF e a RIDE. Disponibilizados por cientistas e órgãos oficiais cumprem o importante papel de subsidiar a formulação das políticas públicas locais voltadas para o enfrentamento das mudanças do clima.**

**Para a finalidade desta Nota Técnica, apresentaremos os dados científicos tornados públicos pelos seguintes documentos: Índices de Monitoramento e Detecção de Mudanças Climáticas na Região Centro-Oeste do Brasil (ALMEIDA, 2012)<sup>33</sup>, *Assessment of Climate Change over South America under RCP4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios* (CHOU, 2014 a)<sup>34</sup>, *Evaluation of the Eta Simulations Nested in Three Global Climate Models* (CHOU, 2014 b)<sup>35</sup> e *NASA Earth Exchange - Global Daily Downscaled Projections* (NEX-GDDP, 2016)<sup>36</sup>.**

---

33 ALMEIDA, J.M.V (2012) Índices de Monitoramento e Detecção de Mudanças Climáticas na Região Centro-Oeste do Brasil. UFCC-DCA.

34 CHOU, S.C., et al. (2014) Assessment of Climate Change over South America under RCP4.5 and 8.5 *Downscaling* Scenarios. American Journal of Climate Change, 3, 512-525. <http://dx.doi.org/10.4236/ajcc.2014.35043>

35 CHOU, S.C., et al. (2014) Evaluation of the Eta Simulations Nested in Three Global Climate Models. American Journal of Climate Change, 3, 438-454. <http://dx.doi.org/10.4236/ajcc.2014.35039>

36 Thrasher, B., Maurer, E. P., McKellar, C., & Duffy, P. B., 2012: Technical Note: Bias correcting climate model simulated daily temperature extremes with quantile mapping. Hydrology and Earth System Sciences, 16(9), 3309-3314.

# 1 DETECÇÃO DA MUDANÇA CLIMÁTICA NO DF E RIDE (INMET)

Apresentamos a seguir dados solicitados a cientistas vinculados ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) sobre os índices de monitoramento e detecção da mudança climática para o DF e a RIDE. Os índices de monitoramento e detecção utilizados são parte do conjunto de dados obtidos junto às estações de monitoramento do INMET e analisados por ALMEIDA (2012) em sua dissertação de mestrado “Índices de Monitoramento e Detecção de Mudanças Climáticas na Região Centro-Oeste do Brasil”. Os métodos usados para produzir este conjunto de dados foram aprovados pelo Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, e podem ser acessados no documento final da dissertação de ALMEIDA (2012).

Na primeira metade da década de 2000 a Organização Meteorológica Mundial (OMM) em conjunto com o CCI/CLIVAR/JCOMM<sup>37</sup> criou, um grupo de trabalho chamado ETCCDMI (do inglês, *The Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices*) para elaborar uma metodologia para análise de mudanças climáticas que fosse capaz de atender as diversas especificidades de cada continente ou até mesmo de cada país (Zhang & Yang, 2004) sem perder o aspecto global.

O ETCCDMI elaborou 27 índices de detecção de mudanças climáticas, dos quais 11 estão relacionados com a precipitação e 16 referem-se à temperatura do ar. Além desses 27 índices, outros dois índices foram elaborados no escopo do trabalho de ALMEIDA (2012) – relacionados à umidade relativa do ar –, e foi introduzido o aspecto sazonal aos índices, visto que o ETCCDMI abrange apenas o aspecto anual.

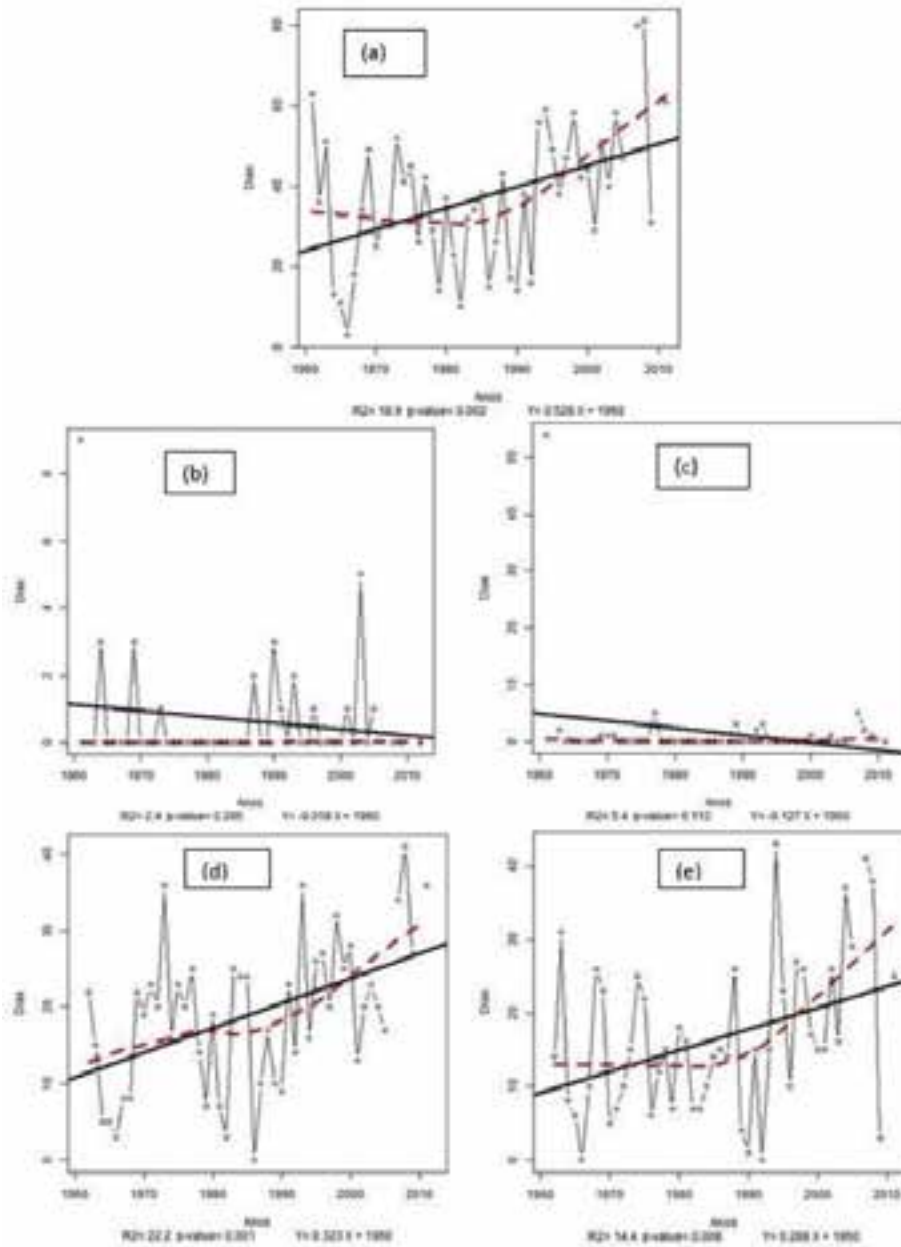
---

<sup>37</sup> CCI/CLIVAR/JCOMM – Commission for Climatology of the World Meteorological Organization's (WMO) World Climate Data and Monitoring Programme (WCDMO), the Climate Variability and Predictability (CLIVAR) Programme of the World Climate Research Programme (WCRP) and the Joint WMO-IOC Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology (JCOMM).

Os resultados mais relevantes destes Índices Climáticos aplicados a Brasília, são mostrados a seguir:

- 1) Índice de Baixa de Umidade do Ar (UR30): anualmente (Figura 14a) observou-se tendência positiva (aumento) com extrema significância estatística ( $p \leq 0,01$ ) e que, ao longo da série história de dados (50 anos) o número de dias com umidade relativa do ar abaixo de 30% aumentou 26,4 dias, ou seja, passou de 24 dias/ano, no início da série, para mais de 50 dias/ano, no final da série. Na análise sazonal do índice UR30, notou-se que, como era de se esperar, no verão (Figura 14b) e no outono (Figura 14c) – por serem as estações do ano nas quais se encontra o período chuvoso de Brasília, o índice UR30 não apresentou tendências estatisticamente significativas. Por outro lado, tanto no inverno (Figura 14d) quanto na primavera (Figura 14e), observou-se tendência positiva (aumento) com extrema significância estatística ( $p \leq 0,01$ ) e que ao longo da série história de dados (50 anos) o número de dias com umidade relativa do ar abaixo de 30% aumentou 16,1 dias/estação e 14,4 dias/estação, respectivamente.

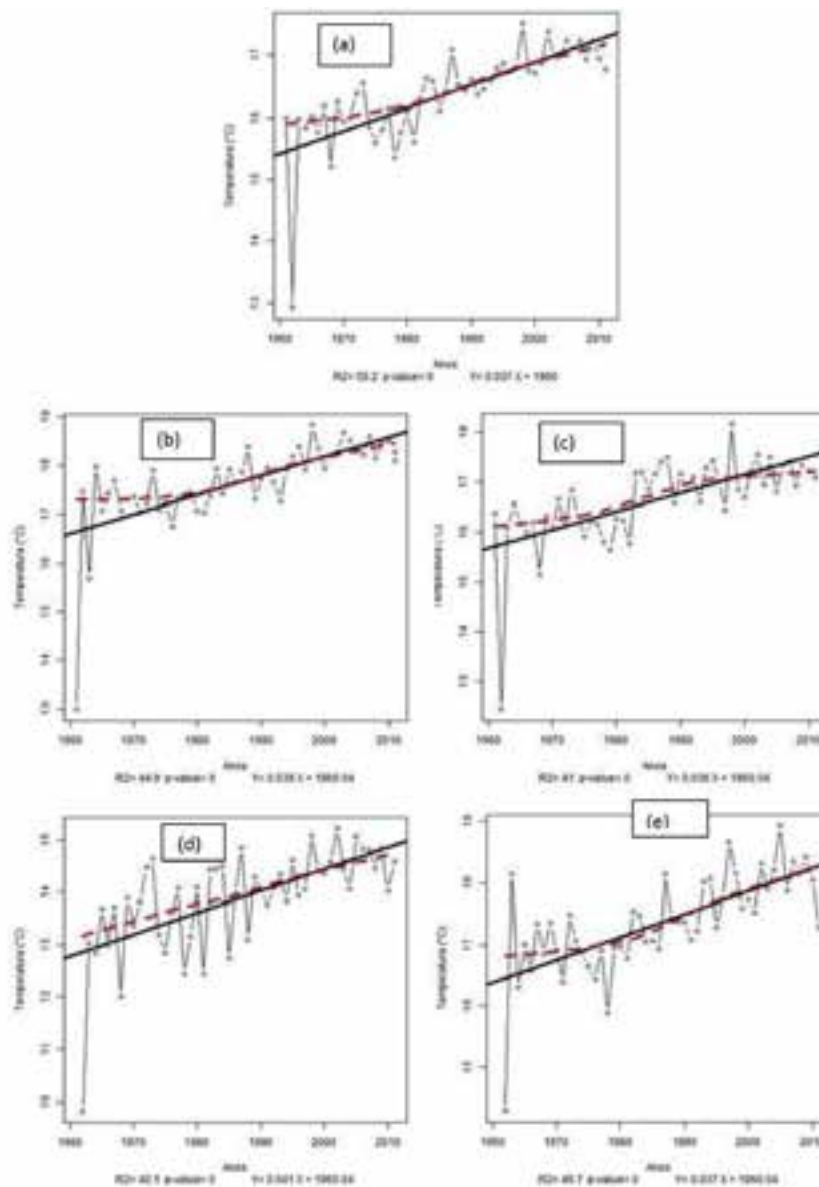
**FIG. 14 - Índice de Baixa de Umidade do Ar (UR30): (a) anual; (b) verão; (c) outono, (d) inverno e (e) primavera.**





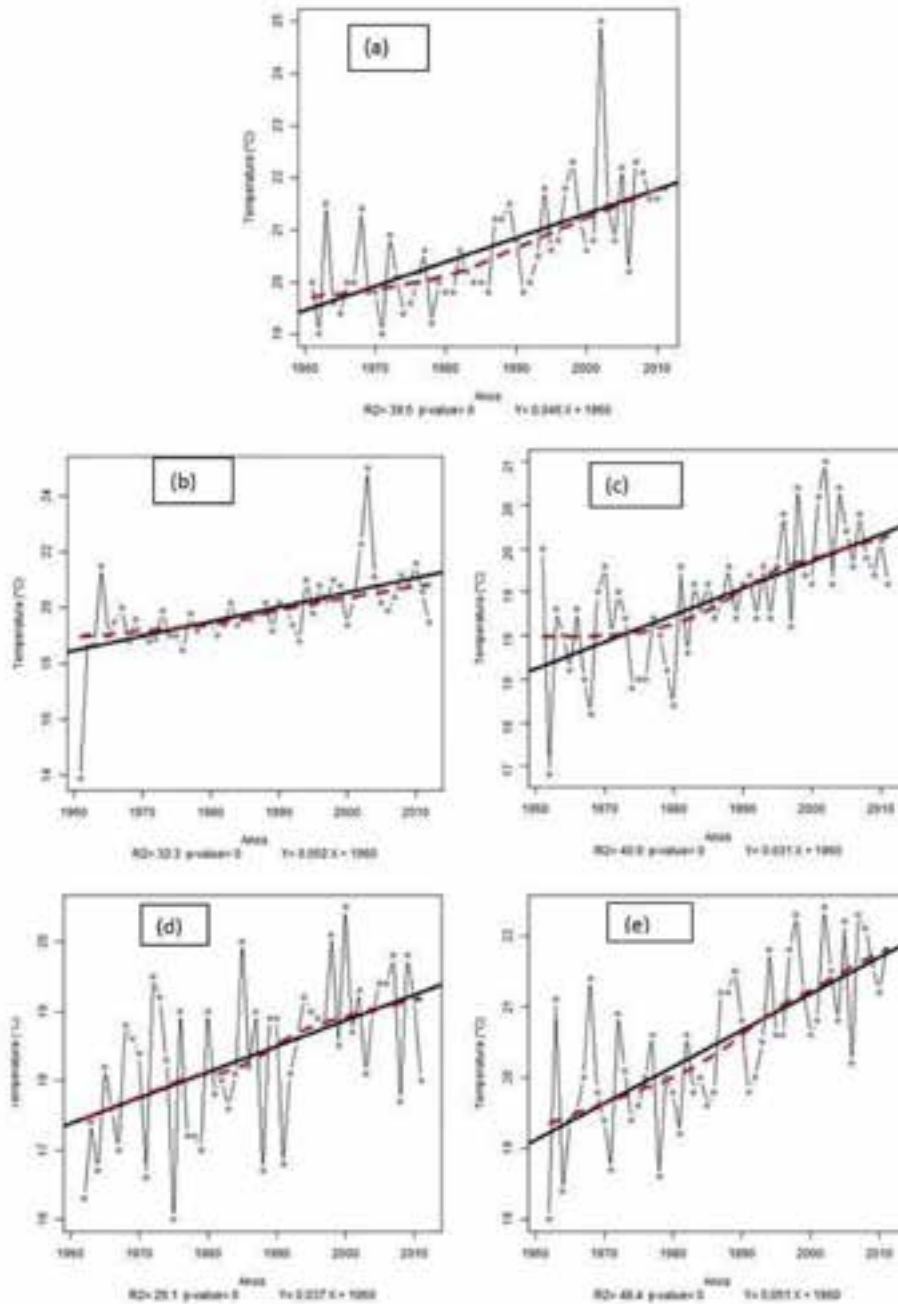
- 2) **Temperatura Mínima Média (Tmin):** Ao analisar o comportamento anual do índice de mudança climática baseado na temperatura mínima média (Tmin), observou-se que existe tendência positiva (aumento) de 1,85°C ao longo da série histórica de dados (50 anos) (Figura 15a) e que, esta tendência é extremamente significativa ( $p \leq 0,01$ ). Em termos sazonais, este mesmo padrão se repetiu em todas as estações do ano (Figuras 15b a 15e): tendência positiva (aumento) com extrema significância estatística ( $p \leq 0,01$ ). Quantitativamente, observou-se que as temperaturas mínimas médias ao longo dos últimos 50 anos (período total da série de dados) aumentaram em 1,95°C (no verão-Figura 15b), 1,8°C (no outono- Figura 15c), 2,05°C (no inverno- Figura 15d) e 1,85°C (na primavera- Figura 15e).

**FIG. 15 - Índice de Temperatura Mínima Média (Tmin): (a) anual; (b) verão; (c) outono, (d) inverno e (e) primavera.**



- 3) **Máxima Temperatura Mínima (TminX):** Em termos quantitativos, a máxima temperatura mínima anual aumentou 2,3°C (ao longo da série histórica -Figura 16a). Enquanto que sazonalmente, o aumento foi de 2,6°C no verão (Figura 16b), 1,55°C no outono (Figura 16c), 1,85°C no inverno (Figura 16d) e 2,55°C na primavera (Figura 16e). Em ambos os casos, as tendências apresentaram extrema significância estatística ( $p \leq 0,01$ ).

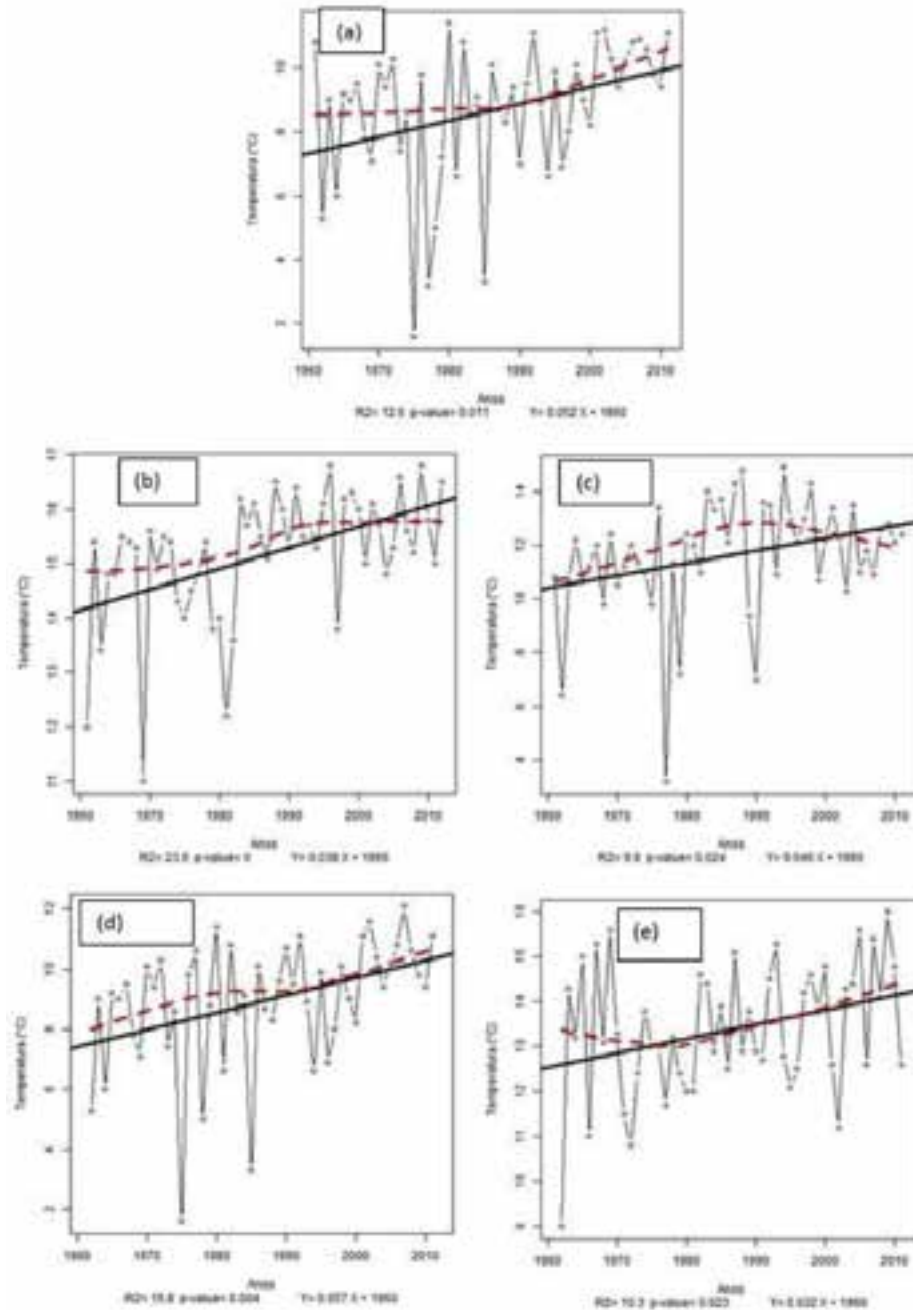
**Figura 16 - Índice da Máxima Temperatura Mínima (TminX): (a) anual; (b) verão; (c) outono, (d) inverno e (e) primavera.**



- 4) **Mínima Temperatura Mínima (TminN):** Observou-se que, igualmente aos demais índices baseados na temperatura mínima média (Tmin e TminX), a mínima temperatura mínima (TminN) também apresentou, tanto anualmente (Figura 17a) quanto sazonalmente (Figuras 17b a 17e), tendência positiva (aumento) com significância estatística variando de muito significativa ( $0,5 \geq p > 0,01$ ) a extremamente significativa ( $p \leq 0,01$ ). Quantitativamente, observou-se que a mínima temperatura mínima anual aumentou 2,6°C (ao longo da série- Figura 17a) e que, sazonalmente este aumento foi de 1,9°C no verão (Figura 17b), 2,3°C no outono (Figura 17c), 2,85°C no inverno (Figura 17d) e 1,6°C na primavera (Figura 17e).

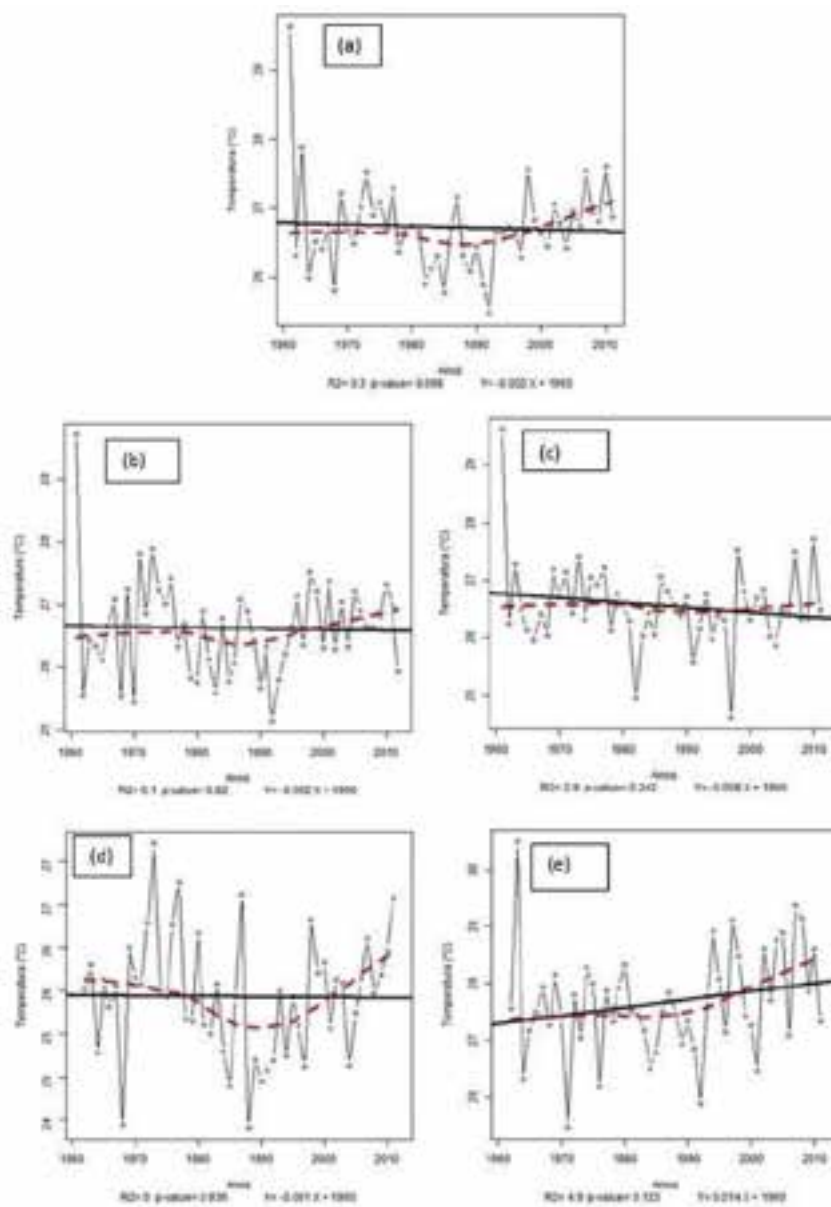


**Figura 17 - Índice da Mínima Temperatura Mínima (TminN): (a) anual; (b) verão; (c) outono, (d) inverno e (e) primavera.**



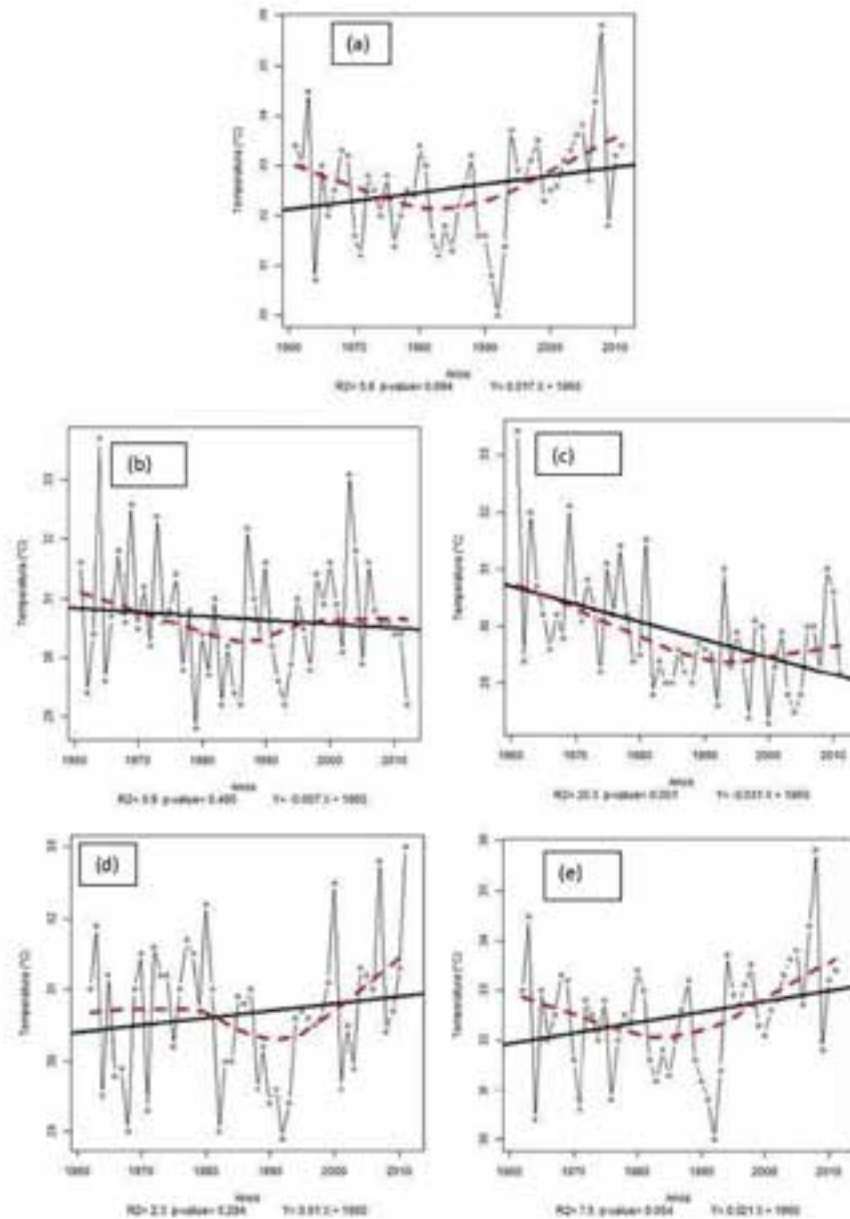
- 5) **Temperatura Máxima Média ( $T_{máx}$ ):** Observou-se que existe tendência negativa (diminuição) ao longo da série histórica de dados (50 anos) tanto anualmente (Figura 18a) quanto em quase todas as estações do ano (Figura 18b, 18c e 18d), a única exceção foi a primavera (Figura 18e). Entretanto, em todos esses casos, tal tendência não apresentou significância estatística.

**Figura 18 - Índice de Temperatura Máxima Média (T<sub>máx</sub>): (a) anual; (b) verão; (c) outono, (d) inverno e (e) primavera.**



- 6) **Máxima Temperatura Máxima (T<sub>máxX</sub>):** Notou-se que, anualmente (Figura 19a), há uma tendência positiva (aumento) de 0,85°C durante o período estudado e que, esse aumento apresentou significância estatística ( $0,1 \geq p > 0,5$ ). Quanto ao comportamento sazonal do T<sub>máxX</sub>, este não apresentou um padrão uniforme, ou seja, observou-se tanto tendências positivas (aumento) quanto tendências negativas (diminuição), embora apenas no outono (Figura 19c) e na Primavera (Figura 19e) tais tendências foram significantes nos seguintes níveis: ( $p \leq 0,01$ ) e ( $0,1 \geq p > 0,5$ ), respectivamente. Apesar disto, os sinais das tendências foram opostos, com diminuição ao longo da série de dados (50 anos) de 1,55°C no outono e com aumento de 1,05°C na primavera.

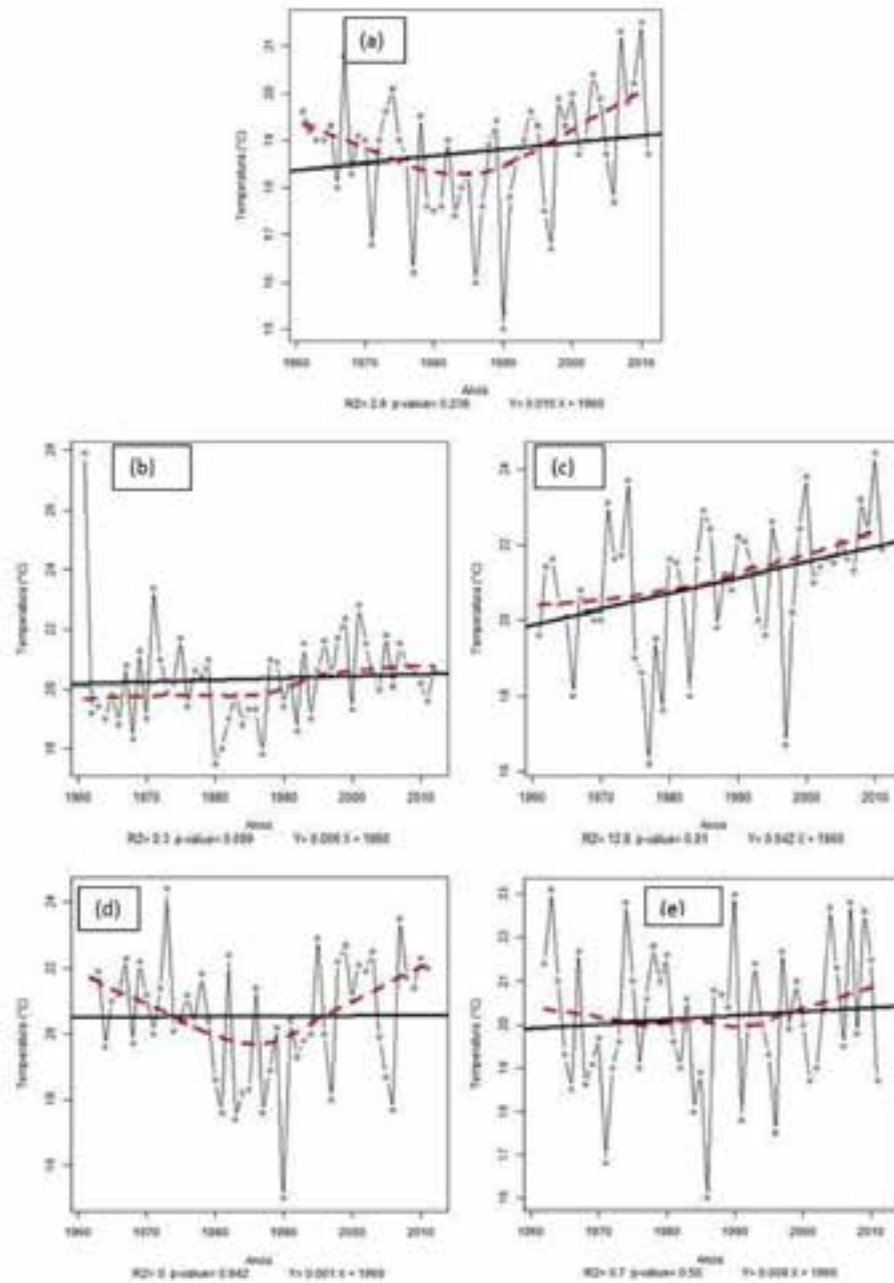
**Figura 19 - Índice da Máxima Temperatura Máxima (T<sub>máxX</sub>): (a) anual; (b) verão; (c) outono, (d) inverno e (e) primavera.**





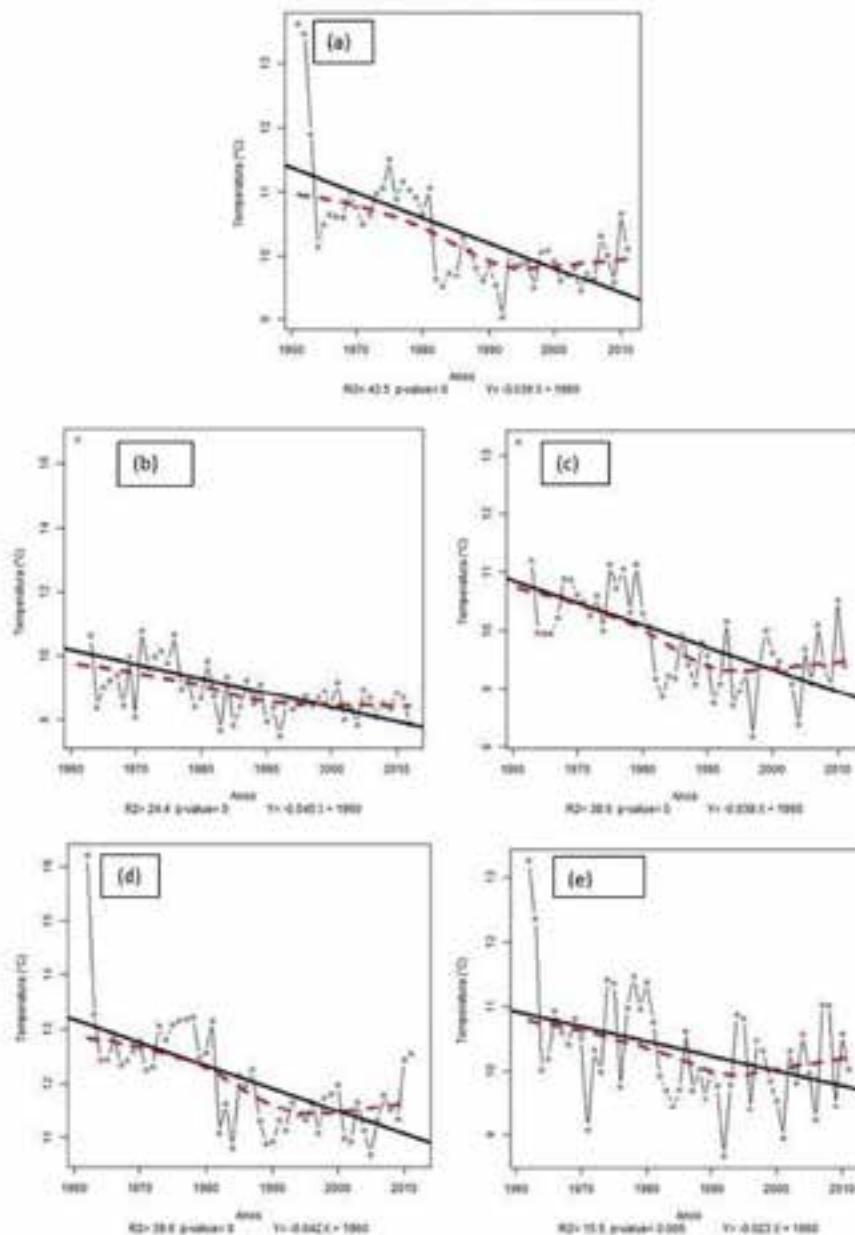
- 7) **Mínima Temperatura Máxima (T<sub>máxN</sub>):** Observou-se que tanto anualmente (Figura 20a) quanto sazonalmente (Figuras 20b a 20e) há tendência positiva (aumento) ao longo da série histórica de dados (50 anos). Porém, apenas no outono (Figura 20c) essa tendência apresentou significância estatística ao nível de significância de 1% ( $p \leq 0,01$ ). Quantitativamente, o aumento representa 2,1°C ao longo da série histórica de dados.

**Figura 20 – Índice da Mínima Temperatura Máxima (T<sub>máxN</sub>): (a) anual; (b) verão; (c) outono, (d) inverno e (e) primavera.**



- 8) **Amplitude Térmica (DRT):** Índice de mudança climática baseado na diferença entre a temperatura máxima diária e mínima diária mostrou que tanto anualmente (Figura 21a) quanto sazonalmente (Figuras 21b a 21e) há tendência negativa (diminuição) com extrema significância estatística ( $p \leq 0,01$ ). Anualmente, essa tendência é de  $1,95^{\circ}\text{C}$  ao longo da série histórica de dados e sazonalmente as tendências são de:  $2,25^{\circ}\text{C}$  (verão- Figura 21b),  $1,9^{\circ}\text{C}$  (outono- Figura 21c),  $2,1^{\circ}\text{C}$  (inverno- Figura 21d) e  $1,15^{\circ}\text{C}$  (primavera- Figura 21e).

**Figura 21 - Índice da Amplitude Térmica (DTR): (a) anual; (b) verão; (c) outono, (d) inverno e (e) primavera.**



9) Índices relacionados com a precipitação:

- **Número de dias consecutivos secos (CDD):** Ao analisar o comportamento do índice de mudança climática baseado no número de dias consecutivos secos (CDD) se observou que, embora predominantemente exista tendência positiva (aumento) tanto anualmente quanto sazonalmente, essa não apresenta significância estatística ao nível de 10%.
- **Dias consecutivos úmidos (CWD):** Similarmente ao padrão encontrado no índice CDD, se observou que o índice de mudança climática baseado no número de dias consecutivos úmidos não apresentou, na maioria dos casos (anualmente e sazonalmente), tendências positivas/negativas estatisticamente significativas ao nível de 10%. A única exceção foi o padrão encontrado no inverno, no qual se observou tendência positiva (aumento) de 1 dia ao longo da série de dados (50 anos) com significância estatística ao nível de 10% ( $0,1 \geq p > 0,5$ ).
- **Total de precipitação (PRCPTOT):** Apresentou um padrão em que, tanto anualmente quanto sazonalmente existe tendência positiva (aumento), no entanto, essa não apresenta significância estatística ao nível de 10% ( $0,1 \geq p > 0,5$ ).



## 2 PROJEÇÕES GLOBAIS DO CLIMA REDUZIDAS DINAMICAMENTE PARA O DF E RIDE (INPE)

Apresentamos a seguir os cenários de mudanças climáticas para o DF e RIDE extraídos daqueles descritos na Terceira Comunicação Nacional (MCTI, 2016). Os métodos usados para produzir este conjunto de dados podem ser acessados junto aos artigos científicos *Assessment of Climate Change over South America under RCP4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios: American Journal of Climate Change* (CHOU, et al., 2014b) e *Evaluation of the Eta Simulations Nested in Three Global Climate Models: American Journal of Climate Change* (CHOU, et al., 2014a), e em *Simulações em alta resolução das mudanças climáticas sobre a América do Sul* (CHOU et al., 2016)<sup>38</sup>.

Quatro conjuntos de simulações de *downscaling* baseados no modelo climático regional Eta, forçados por dois modelos climáticos, o HadGEM2-ES e o MIROC5, e dois cenários do AR5 IPCC, o RCP8.5 e o RCP4.5, foram gerados na resolução de 20km sobre toda América do Sul e América Central. Serão apresentadas avaliações preliminares das mudanças climáticas para a região do DF e RIDE com base nas reduções de escala produzidas pelo modelo Eta. As mudanças do clima futuro são mostradas em médias de trinta anos: 2011-2040; 2041-2070; e 2071-2100.

Ambas as simulações do Eta, Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5, intensificam a redução da precipitação com o aumento do CO<sub>2</sub>-eq até o final do século 21. No inverno austral, a redução na precipitação é encontrada na maior parte da América do Sul. No verão austral, a redução da precipitação na parte central do Brasil é comum nas quatro simulações. O Eta-HadGEM2-ES intensifica a diminuição da precipitação no centro do Brasil,

---

<sup>38</sup> CHOU, SC, Silva A, Lyra A, Mourão C, Derezcynski C, Rodrigues D, Campos D, Chagas D, Siqueira G, Sueiro G, Pilotto I, Gomes J, Bustamante J, Tavares P. (2016): Simulações em alta resolução das mudanças climáticas sobre a América do Sul p49-90. In Modelagem Climática e Vulnerabilidades Setoriais às Mudanças do Clima no Brasil. Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação Ed. 590p. ISBN: 978-85-88063-30-3 (Capítulo de livro)

enquanto o Eta-MIROC5 expande a área de aumento da precipitação no sul do Brasil no final do século. Taxas mais elevadas de precipitação são projetadas no Brasil do final do século.

Distribuições de temperatura e precipitação mostram a inclusão de valores extremos mais altos para o timeslices do final do século 21. Eventos extremos de chuva intensa tornam-se mais frequentes no Sul.

Estas simulações tentam contribuir para a avaliação dos impactos das alterações climáticas em diferentes setores. Geralmente, os impactos socioeconômicos têm escala local ou regional, o que torna a técnica de *downscaling* apropriada para os estudos. Os cenários pessimistas e otimistas de RCP e a utilização de dois modelos globais tentam incluir mais possibilidades para a avaliação dos impactos das mudanças climáticas.

Estudos de impactos climáticos anteriores basearam-se em *downscaling* das mudanças climáticas simuladas a partir da mesma família de modelos globais, HadAM3 e HadCM3. Neste trabalho, uma arquitetura diferente de modelo global é incluída, o MIROC5, e tenta considerar possibilidades adicionais para os impactos das mudanças climáticas em escala local.

As simulações de *downscaling* consideram outras simulações de modelos e permitem maior investigação para entender as mudanças climáticas simuladas.

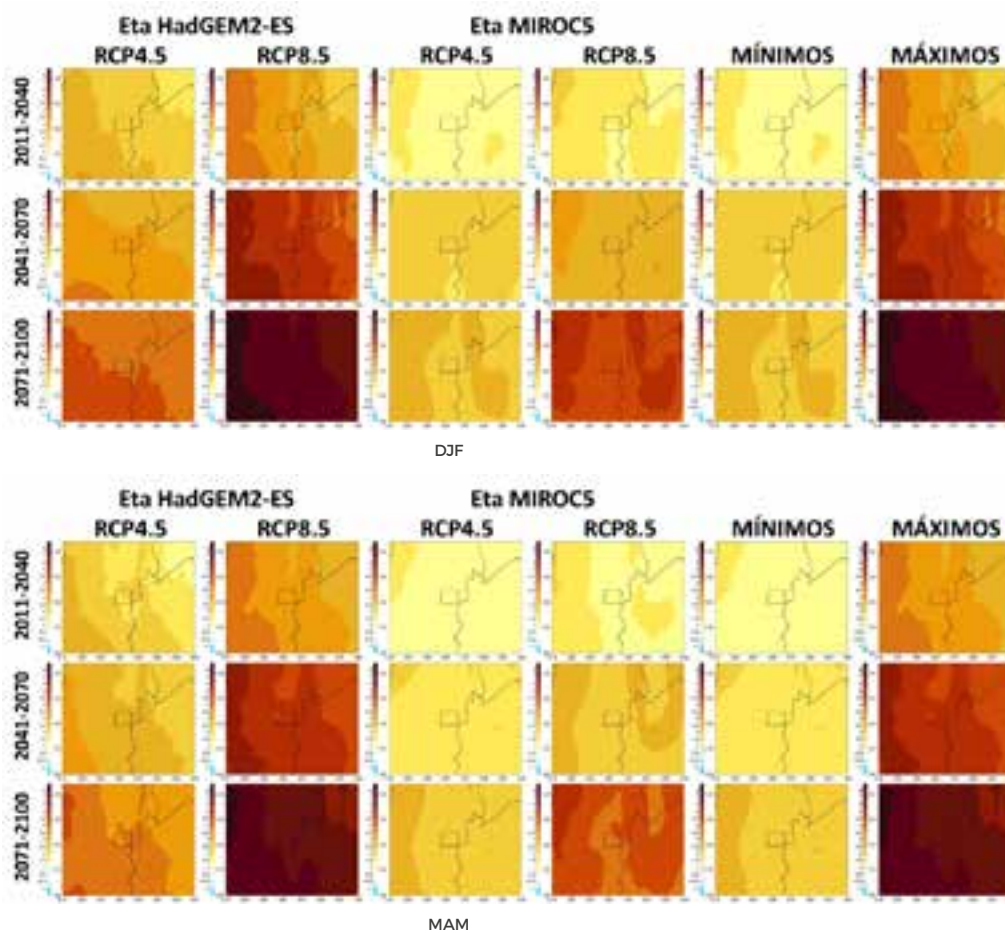
## 2.1 PROJEÇÕES DE MUDANÇAS NA TEMPERATURA DO AR

Mudanças na Temperatura a 2 m (°C) são projetados pelas simulações Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5 20km, nos cenários RCP4.5 e RCP8.5. Estas mudanças tomam como referência o período histórico de 1961-1990, para as quatro estações do ano: DJF que se refere aos meses dezembro, janeiro e fevereiro, MAM ao meses março, abril e maio, JJA, aos meses junho, julho e agosto, SON, aos meses setembro, outubro e novembro. Os valores MÍNIMOS e MÁXIMOS representam, respectivamente, os valores inferiores e valores superiores do intervalo de variação das diferenças entre os períodos futuros e o período histórico.

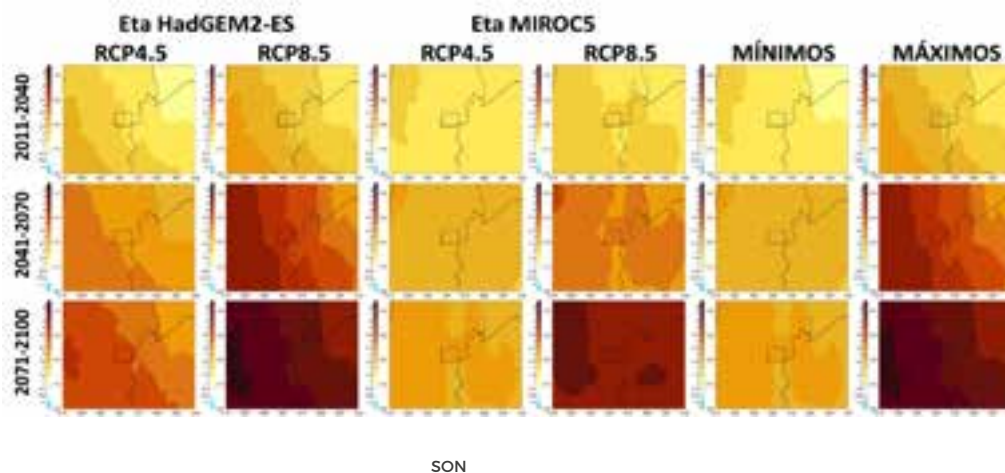
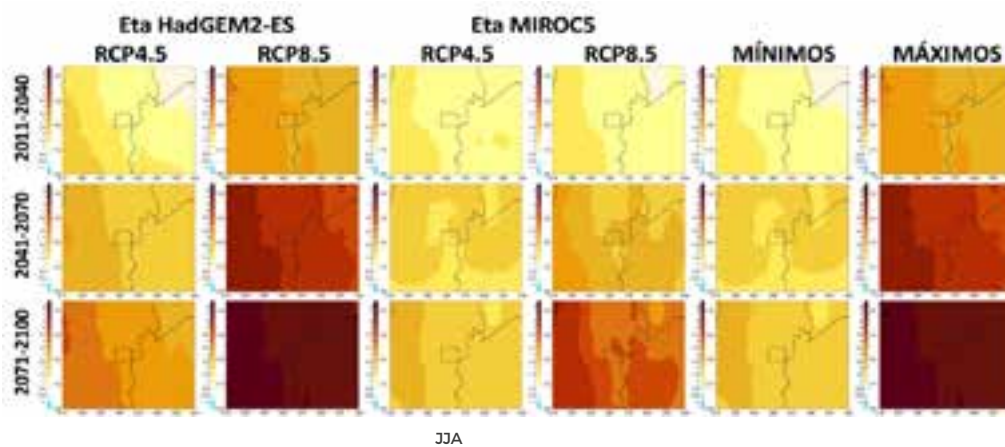
A resposta às mudanças climáticas da regionalização do Eta a partir das simulações do modelo global Had-GEM2-ES (Eta-HadGEM2-ES) é mais intensa do que a regionalização do Eta aninhado ao MIROC5 (Eta-MIROC5). A área com maior aquecimento está localizada na parte oeste da RIDE, em todas estações do ano. O aquecimento é projetado em toda área, com maior amplitude na regionalização do Eta forçado pelo HadGEM2-ES em cenário RCP8.5. Os valores Mínimos correspondem praticamente aos valores das simulações do Eta-MIROC5, RCP4.5, enquanto os valores Máximos correspondem às simulações Eta-HadGEM2-ES.

No futuro próximo, no período de 2011-2040, os aumentos de temperatura projetados pelas quatro simulações variam desde 1°C a cerca de 3°C. Com o aumento do CO<sub>2</sub>-eq, no período final do século 21, o aquecimento varia deste 2°C a cerca de 6°C. O trimestre SON, que corresponde a estação da primavera, apresenta os maiores aquecimentos, enquanto que o trimestre JJA, inverno, apresenta os menores aquecimentos. Esta variação sazonal ocorre nas quatro simulações do modelo Eta.

**Figura 22 - Projeções de mudanças na temperatura do ar a 2 m (°C), para os trimestres DJF, MAM, JJA e SON, e períodos futuros 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100.**



**MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO DF E RIDE**  
DETECÇÃO E PROJEÇÕES DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA O DISTRITO FEDERAL E  
REGIÃO INTEGRADA DE DESENVOLVIMENTO DO DF E ENTORNO





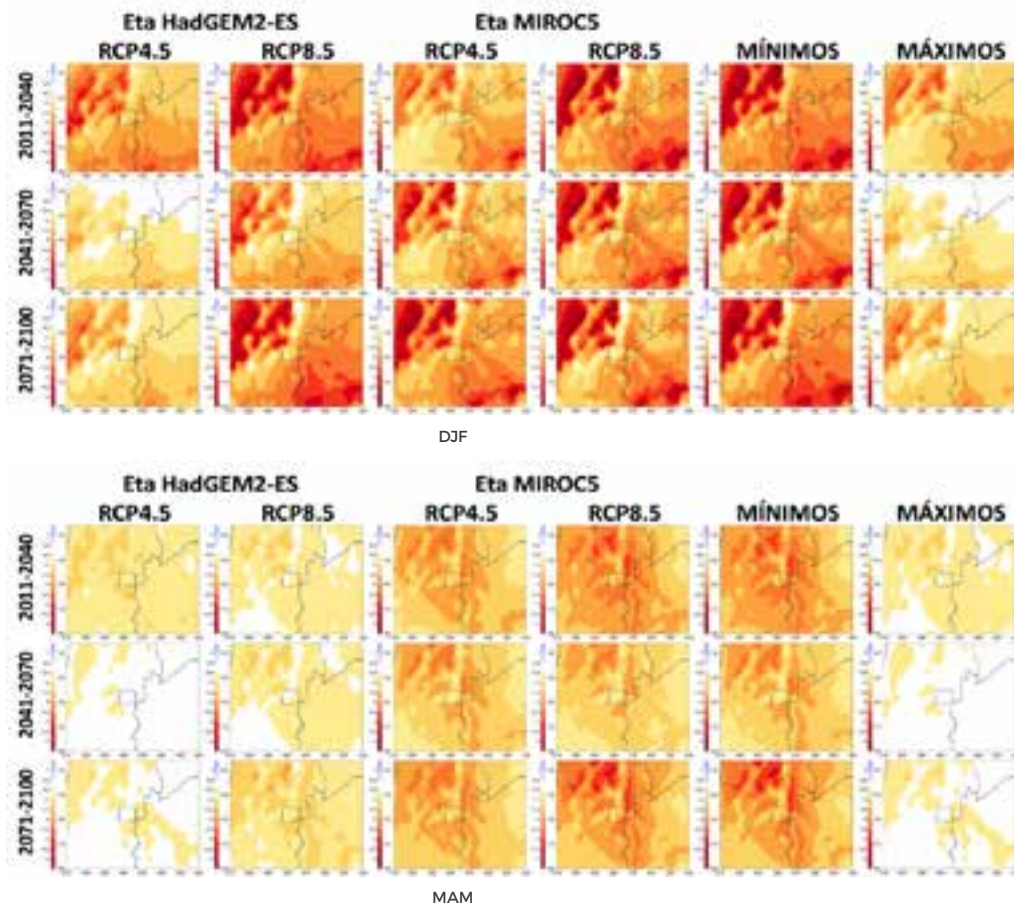
## 2.2 PROJEÇÕES DE MUDANÇAS NA PRECIPITAÇÃO

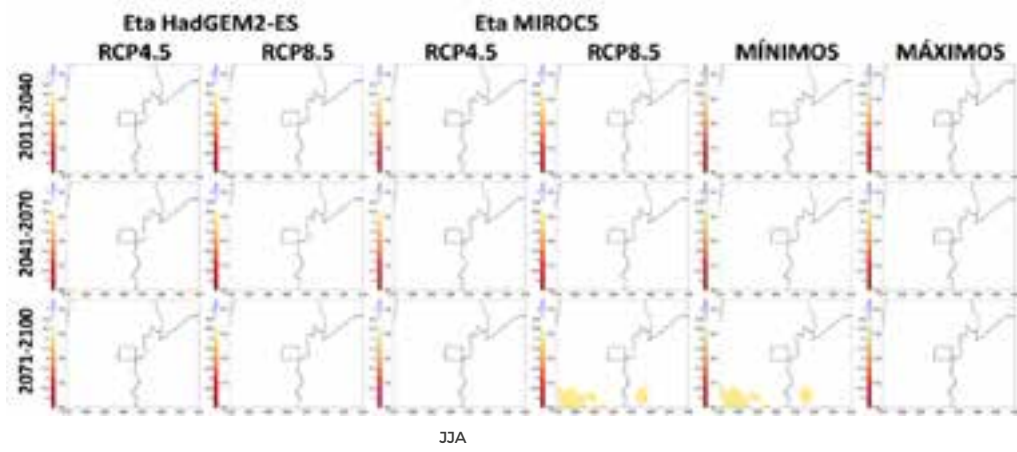
Mudanças na precipitação (mm/dia) são projetadas pelas simulações Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5, nos cenários RCP4.5 e RCP8.5, na resolução de 20 km. Estas mudanças tomam como referência o período histórico de 1961-1990, para as quatro estações do ano: DJF que se refere aos meses dezembro, janeiro e fevereiro, MAM aos meses março, abril e maio, JJA, aos meses junho, julho e agosto, SON, aos meses setembro, outubro e novembro. Os valores MÍNIMOS e MÁXIMOS representam, respectivamente, os valores inferiores e valores superiores do intervalo de variação das diferenças entre os períodos futuros e o período histórico.

A redução de precipitação ocorre em toda região da RIDE, em praticamente todas as estações do ano, em todos os períodos futuros. Curiosamente, em relação à precipitação, a resposta da regionalização do Eta a partir das simulações do modelo global MIROC5, Eta-MIROC5, apresentou maior sensibilidade do que as simulações Eta-Had-GEM2-ES. Em geral, a redução de precipitação nas simulações Eta-MIROC5 no cenário RCP8.5 foi mais intensa que nas simulações Eta-HadGEM2-ES. A região à noroeste da RIDE apresenta as maiores reduções de precipitação. A estação de verão, DJF, é o período chuvoso da região, e também a região em que as reduções são mais intensas. A estação de inverno, JJA, é o período de estiagem, e, portanto, não se nota mudanças claras na precipitação média. A estação da primavera, SON, é a estação em que o período chuvoso retorna, geralmente no mês de outubro. A redução destas chuvas pode acarretar em atraso no início da estação chuvosa ou chuvas em menor intensidade. Uma avaliação mais detalhada é necessária para melhor caracterizar as mudanças no regime das chuvas.

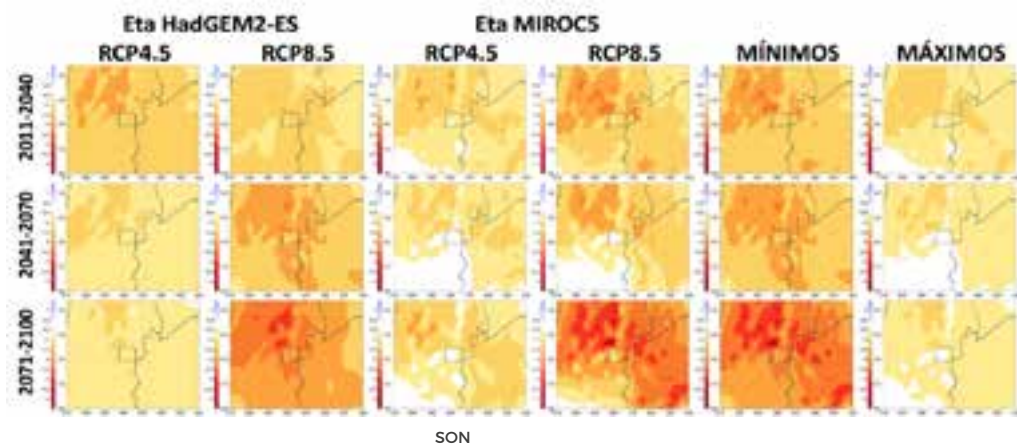
No verão, as reduções de precipitação projetadas pelas quatro simulações variam desde -0.5 mm/dia a cerca de -3 mm/dia. Nota-se pouca mudança no padrão de redução das chuvas entre o início e o final do século 21, exceto a estação da primavera, SON, que apresentou maior redução das chuvas no final do século. Esta redução chegou a cerca de -3.5 mm/dia.

**Figura 23 - Projeções de mudanças na precipitação (mm/dia), para os trimestres DJF, MAM, JJA e SON, e períodos futuros 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100.**





JJA



SON

### 3 PROJEÇÕES GLOBAIS DE PRECIPITAÇÃO REDUZIDAS ESTATISTICAMENTE PARA O DF E A RIDE (NASA)

Apresentamos, a seguir, dados solicitados à NASA de projeções globais do clima reduzidas para o DF e a RIDE. Os cenários climáticos utilizados foram gerados do conjunto de dados da NASA Earth Exchange - Projeções Globais Diárias Reduzidas (NEXGDDP em inglês), e preparados pelo *Climate Analytics Group* e pela *NASA Ames Research Center*, utilizando o *NASA Earth Exchange*, e distribuído pelo Centro de Simulação Climática da NASA (NCCS em inglês). Os métodos usados para produzir este conjunto de dados podem ser acessados junto à Nota Técnica: *Bias correcting climate model simulated daily temperature extremes with quantile mapping: Hydrology and Earth System Sciences* (THRASHER, B., MAURER, E. P., MCKELLAR, C., & DUFFY, P. B., 2012).

Recentemente, em junho de 2015, a agência espacial americana (NASA) publicou por meio do projeto *NASA Earth Exchange - Global Daily Downscaled Projections* (NEXGDDP) um conjunto de dados resultantes de um amplo *downscaling* estatístico dos cenários climáticos derivados das rodadas de modelos climáticos globais (MCG), utilizados no âmbito da quinta fase do IPCC denominado de CMIP5 (*Coupled Model Intercomparison Project Phase 5*). As rodadas dos MCGs do CMIP5 apoiaram a elaboração do quinto relatório de avaliação do IPCC (IPCC AR5).

De acordo com NEXGDDP (2015) o objetivo da geração desses dados é fornecer um conjunto de dados globais, de alta resolução, de projeções de mudanças climáticas com correção de viés que podem ser usados para avaliar impactos das mudanças climáticas sobre os processos que são sensíveis a gradientes de clima em uma escala mais refinada e os efeitos da topografia local sobre as condicionantes climáticas.

A geração de dados do projeto NEXGDDP através do *downscaling* estatístico englobou, além do experimento *historical* (experimento controle retrospectivo), as projeções RCP4.5 e RCP8.5 de 21 modelos climáticos utilizados no CMIP5 com discretização temporal diária. A tabela 3, a seguir, apresenta os nomes dos modelos climáticos utilizados no projeto. As variáveis climáticas consideradas no projeto foram: temperatura máxima, temperatura mínima e precipitação.

**Tabela 3 – Modelos Climáticos utilizados no projeto NEXGDDP.**

ACCESSI1-0	CSIRO-MK3-6-0	MIROC-ESM
BCC-CSM1-1	GFDL-CM3	MIROC-ESM-CHEM
BNU-ESM	GFDL-ESM2G	MIROC5
CanESM2	GFDL-ESM2M	MPI-ESM-LR
CCSM4	INMCM4	MPI-ESM-MR
CESM1-BGC	IPSL-CM5A-LR	MRI-CGCM3
CNRM-CM5	IPCL-CM5A-MR	NorESM1-M

A resolução espacial adotada no NEXGDDP foi de 0.25° graus (aprox. 25 km x 25 km) de modo que os dados produzidos apresentam sempre a mesma grade independentemente do modelo climático. A figura 24, a seguir, ilustra a grade do projeto NEXGDDP recortada para o Brasil. O período de dados do experimento controle denominado *historical* é de 1950 a 2005 (período adotado pelo NEXDDP). O período de dados disponíveis para as projeções RCP4.5 e RCP8.5 é de 2006 a 2100. O experimento *historical* é essencial no estudo para seleção dos modelos que melhor representam o comportamento dos máximos de precipitação observados.

O procedimento de *downscaling* estatístico empregado no NEXGDDP foi realizado a partir do método de correção de viés por desagregação espacial (BCSD que em inglês significa *Bias-Correction Spatial Disaggregation*), no qual foi desenvolvido especificamente para tratar das limitações atuais das saídas dos MCGs.



**Figura 24 - Grade do projeto NEXGDDP recortada para o Brasil. À direita, zoom da grade na região sudeste e parte do Centro-Oeste do Brasil.**



O método BCSD envolve basicamente duas etapas: a etapa de correção de viés (BC) e a etapa de desagregação espacial. Na etapa de correção de viés (BC) é utilizado a técnica de mapeamento quantil-quantil (BÁRDOSSY e PEGRAM, 2011). Os dados observados utilizados no projeto foi a grade de dados observados do GFMD (*Global Meteorological Forcing Dataset*) gerado pela universidade de Princeton (SHEFFIELD et al. 2006).

Na etapa de desagregação espacial (SD) é realizado um procedimento de interpolação espacial linear nos dados com viés corrigido oriundos da etapa BC para a grade de 0,25° dos dados observados GFMD. Nessa etapa de desagregação é considerado um fator de escala que objetiva preservar as principais características dos dados espaciais. Esse fator de escala é definido a partir da climatologia observada e são aplicados nos dados dos MCGs já interpolados. Maiores detalhes referente à metodologia BCSD pode ser encontrada em THRASHER *et al* (2012).

De acordo com o exposto, utilizar os dados do projeto NEXGDDP se mostra como uma alternativa viável tendo em vista a possibilidade de utilizar dados climáticos oriundos dos MGCs utilizados no âmbito do CMIP5 em uma escala bem mais refinada.<sup>39</sup>

As figuras 25 a 30, a seguir, ilustram os resultados de anomalia relativa da precipitação na região do DF e a RIDE oriunda das saídas de 20 modelos do projeto NEXGDDP considerando três janelas temporais ou períodos na análise: 2011 a 2040, 2041 a 2070 e 2071 a 2100. Foram consideradas as projeções RCP4.5 e RCP8.5 em cada janela temporal. Para o período presente, experimento “*historical*”, foi considerado todo o período disponível de dados existentes: 1950 a 2005.

Cabe destacar também que foram consideradas as informações dos modelos após uma etapa prévia de correção de viés. A metodologia de remoção de viés aplicada foi a denominada mapeamento quantil-quantil (BÁRDOSSY e PEGRAM, 2011) e é baseada na comparação das funções cumulativas de probabilidade (curvas que mostram a probabilidade de a variável ser menor ou igual a um determinado valor) da variável observada e da variável estimada por um modelo climático no período atual e futuro.

Na análise dessas figuras, é possível perceber que os modelos não mostraram convergência sobre as tendências de precipitação no futuro: alguns apontaram para aumento, enquanto outros para diminuição. Praticamente na mesma proporção. Porém, os modelos mostram convergência quanto à intensificação do sinal da anomalia para o cenário RCP8.5, com o módulo da anomalia maior para esse cenário. Esse comportamento também é observado na medida em que as janelas temporais se afastam do presente.

Para o cenário RCP4.5, no período de 2011 a 2040, a maioria dos modelos projetam valores de anomalia entre -10% e 10%. Já no período de 2041 a 2070, boa parte dos modelos já apresentam valores entre 20% e -20% e, no terceiro período, 2071 a 2100 esse comportamento se intensifica um pouco mais. Para o cenário RCP8.5, o comportamento é similar, no entanto com um sinal de mudança mais intenso.

---

<sup>39</sup> Maiores detalhes do projeto e de como efetuar o download dos dados pode ser obtido em: <https://cds.nccs.nasa.gov/nex-gddp/>.

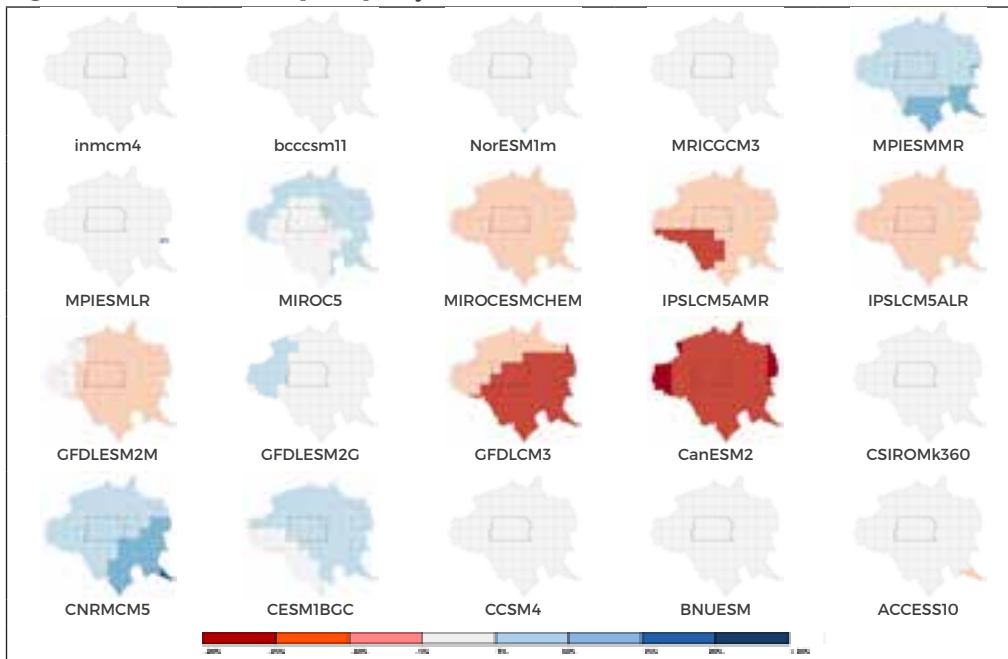
Os modelos MIROCESM-CHEM, GFDL-CM3 e CanESM2 mostraram maiores reduções na precipitação, já os modelos MPIESMMR, MPIESMLR e IPSLCM5AMR foram os que apresentaram maiores aumentos na precipitação.

As divergências dos modelos do CMIP5 analisados quanto às projeções demonstram o alto nível de incerteza existente nessas projeções. Entretanto, estas informações definem uma margem dos possíveis cenários futuros de precipitação na região do DF e da RIDE, podendo ser usadas para adoção de políticas e gestão.

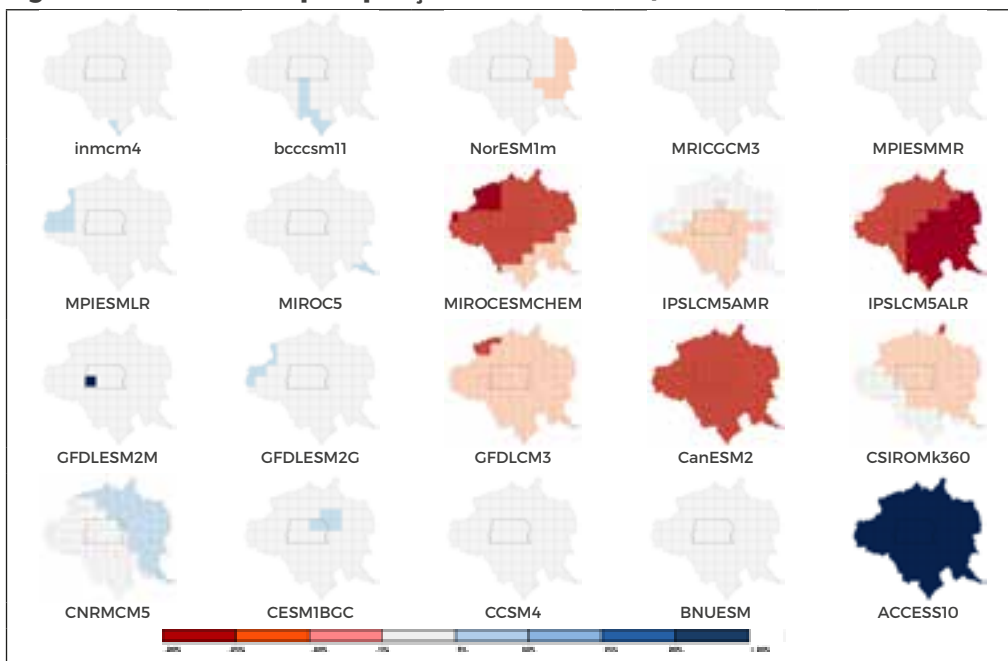
É preciso considerar que a incerteza provém não só da característica caótica inerente ao próprio clima e da extensão das projeções (90 anos), mas também da limitação dos modelos utilizados em representar, nas resoluções disponíveis atualmente, os processos responsáveis pela precipitação na região em questão.

Obviamente, projeções com menos incertezas seriam mais interessantes para os tomadores de decisão, no entanto isto não ocorre nas projeções regionais dos modelos do NEXGDDP/CMIP5, especialmente sobre áreas menores. Artificializar a redução destas incertezas pode induzir estratégias que levem àquilo que, em gerenciamento de risco, se conhece como grandes arrependimentos. Daí estratégias robustas precisam considerar as incertezas no nível atual de conhecimento.

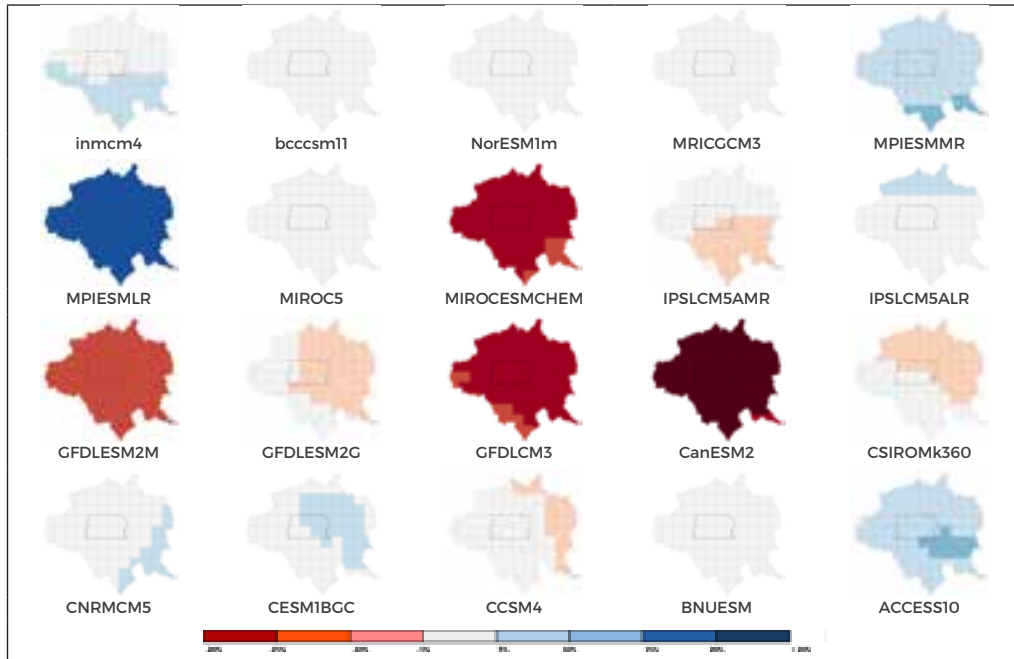
**Figura 25 - Anomalia da precipitação total - RCP4.5 w/m<sup>2</sup> - 2011 a 2040.**



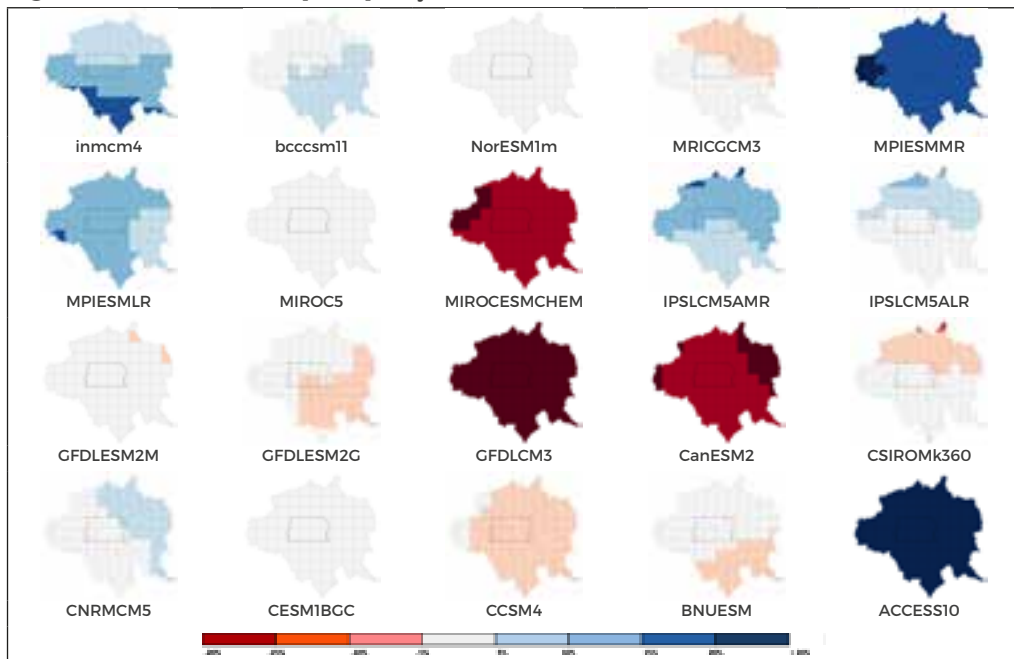
**Figura 26 - Anomalia da precipitação total - RCP8.5 w/m<sup>2</sup> - 2011 a 2040.**



**Figura 27 - Anomalia da precipitação total - RCP4.5 w/m<sup>2</sup> - 2041 a 2070.**

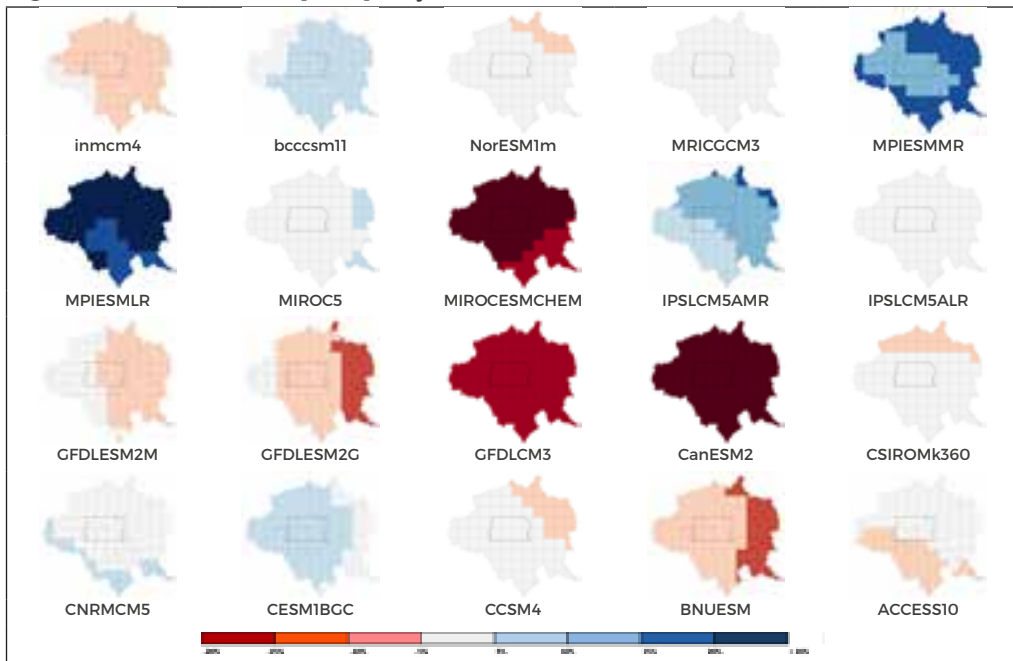


**Figura 28 - Anomalia da precipitação total - RCP8.5 w/m<sup>2</sup> - 2041 a 2070.**

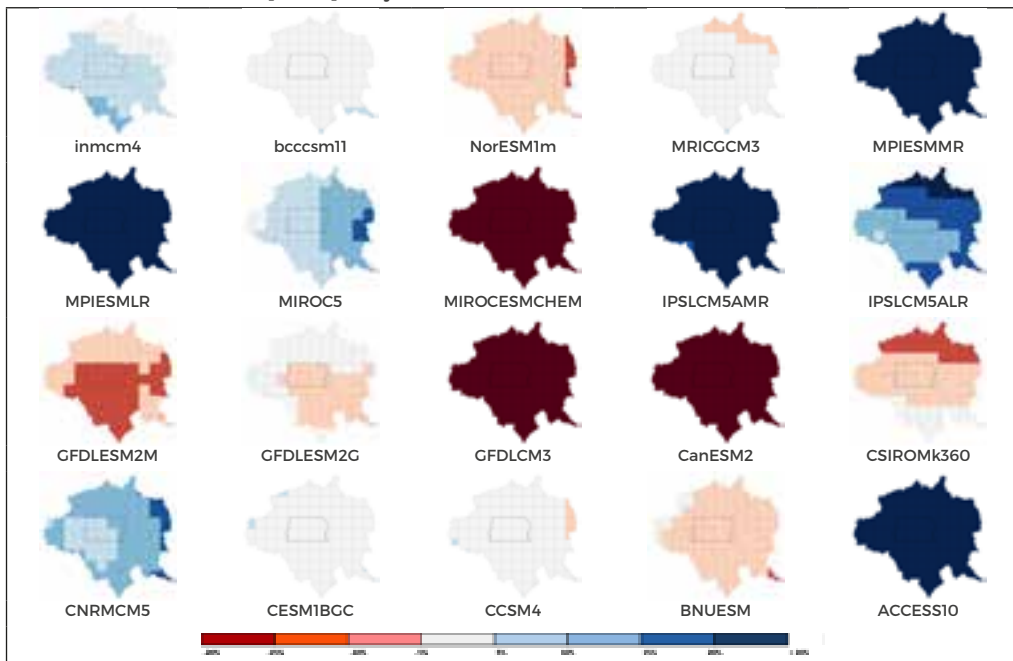




**Figura 29 - Anomalia da precipitação total - RCP4.5 w/m<sup>2</sup> - 2071 a 2100.**



**FIG. 30 - Anomalia da precipitação total - RCP 8.5 w/m<sup>2</sup> - 2071 a 2100.**







**SUMÁRIO AOS  
FORMULADORES  
DE POLÍTICAS  
E TOMADORES  
DE DECISÃO**

**À que estaremos expostos? O que devemos esperar das mudanças do clima no DF e na RIDE? Quais os riscos climáticos para o DF e a RIDE?**

**Como principal objetivo, esta Nota Técnica sumariza, aos formuladores de políticas públicas e tomadores de decisão, as últimas evidências científicas das mudanças climáticas no DF e RIDE – resultados de análises geradas pela detecção das variáveis atmosféricas e climáticas locais e pelas projeções globais do clima reduzidas, dinâmica e estatisticamente, para a escala da região.**



# 1 TRATAMENTO DAS INCERTEZAS

Os tomadores de decisão e formuladores de políticas públicas estão exigindo cada vez mais informações sobre o clima presente e futuro, e preferencialmente em escala local (ex. bacias hidrográficas), a fim de avaliar os impactos observados e os riscos futuros representados pelas projeções de mudanças climáticas.

Porém, se pesam poucas dúvidas quanto às mudanças nas variáveis atmosféricas e climáticas observadas empiricamente e detectadas por meio de estações de monitoramento meteorológicas, o mesmo não se aplica aos modelos climáticos utilizados para simular cenários de clima futuro.

Os modelos climáticos globais (MCG), de um modo geral, fornecem projeções climáticas em escalas espaciais mundiais ou continentais com uma resolução não muito adequada às necessidades exigidas, por exemplo, no âmbito de planos de adaptação local, regional ou setorial. Devido a limitações computacionais e de dados, a resolução desses MCGs são normalmente maiores que 100 km, o que limita consideravelmente a sua capacidade de capturar detalhes espaciais nos padrões climáticos, necessários ou desejados nas análises regionais ou locais.

Em resposta a essa necessidade, são utilizadas técnicas denominadas de *downscaling*, no sentido de preencher a lacuna entre o que os MCGs podem oferecer e a qualidade da informação que normalmente é exigida na tomada de decisão.

As técnicas de *downscaling* consistem em transferir determinada informação climática obtida em uma escala espacial e/ou temporal menos refinada para uma escala mais refinada. A hipótese principal no qual os métodos de *downscaling* se baseiam consiste na ideia de o clima local estar condicionado à interação entre comportamentos atmosféricos de larga escala (padrões de circulação, temperatura, umidade, etc.) e características locais (topografia, vegetação, corpos d'água, uso do solo, etc.).

Deste modo, são incorporadas informações locais aos resultados dos MCGs que possibilitam capturar de forma mais realista o comportamento da informação climática no local.

Tradicionalmente, a literatura classifica as técnicas de *downscaling* em dois tipos: *downscaling* dinâmico e *downscaling* estatístico. O *downscaling* dinâmico consiste em utilizar modelos climáticos regionais (MCR), similares aos MCGs em seus princípios, mas com uma alta resolução. O MCR considera, como condição de contorno, a informação atmosférica de larga escala fornecida pelo MCG e incorpora informações locais considerando uma resolução espacial mais refinada, como por exemplo: uma topografia mais complexa, contrastes terra-oceano, heterogeneidades da superfície terrestre, melhorias no detalhamento da representação dos processos físicos, etc.

O *downscaling* estatístico envolve o estabelecimento de relações empíricas entre as observações das variáveis atmosféricas de larga escala e variáveis climáticas locais. Uma vez que esse relacionamento foi determinado e validado, as variáveis atmosféricas projetadas para o futuro dos MCGs são usadas para estimar as variáveis climáticas locais.

Em se considerando que os impactos climáticos são e serão sempre locais ou regionais, a técnica de *downscaling* é a mais apropriada para se obter a resolução local indispensável para tomadas de decisões setoriais e/ou de escala local.

As simulações apresentadas por esta Nota Técnica foram produzidas por modelos climáticos globais membros do projeto *NASA Earth Exchange - Global Daily Downscaled Projections* (NEXGDDP) e pelos modelos climáticos globais *Hadley Centre Global Environmental Model* (HadGEM2ES) e *Model for Interdisciplinary Research on Climate* (MIROC5) aninhados ao modelo regional Eta do INPE. Além disso, estes modelos foram forçados por cenários pessimistas (RCP8.5) e otimistas (RCP4.5) de concentrações atmosféricas globais de gases de efeito estufa. Assim, estas simulações alçaram incluir mais e mais possibilidades para a avaliação dos riscos locais das mudanças climáticas.

As informações geradas pelos modelos definem uma margem de risco dos possíveis cenários futuros de temperatura e precipitação na região do DF e da RIDE, que não só podem como devem ser usadas para a definição e adoção de políticas e gestão públicas.

Essa margem de risco também é demonstrada pela divergência sinalizada pelos modelos analisados quanto às projeções, isto é, reflete o nível de incerteza existente nessas projeções, que deve, igualmente, ser considerado pelas análises.

Sabe-se que a incerteza provém não só da característica caótica inerente ao próprio clima e da extensão das projeções (90 anos), mas também da limitação dos modelos utilizados em representar, nas resoluções disponíveis atualmente, os processos responsáveis pelas anomalias de temperatura e precipitação na região do DF e RIDE.

Obviamente, projeções com menos incertezas seriam mais interessantes para os tomadores de decisão e formuladores de políticas. Entretanto, artificializar a redução destas incertezas pode induzir estratégias que levem àquilo que, na gestão do risco, se conhece como grandes arrependimentos. Daí estratégias robustas precisam considerar as incertezas no nível atual de conhecimento.

Para o tratamento das incertezas, esta Nota Técnica sistematizou análises de dados gerados por duas técnicas diferentes de projeções globais do clima reduzidas para o DF e a RIDE, o *downscaling* dinâmico (MCTI-INPE) e o *downscaling* estatístico (NEXGDDP), além de sistematizar análises dos dados de mudanças climáticas detectados e monitorados por estações meteorológicas locais e regionais do INMET.

O que se constatou, ao final, é que as análises dos riscos climáticos para a região do Distrito Federal, oriundas de métodos diferentes, obtiveram, como resposta, sinalizações de mudanças climáticas convergentes.

## 2 PROJEÇÃO DINÂMICA DE ANOMALIAS DE TEMPERATURA PARA O DF E A RIDE

Avaliações preliminares das mudanças climáticas para a região do DF e RIDE com base nas reduções de escala produzidas pelos modelos Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5 do MCTI-INPE, com resolução de 20km, em médias de trinta anos (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100), sinalizaram mudanças no clima futuro para a região, assim como para todo o Brasil.

Mudanças na temperatura a 2 m (°C) são projetados pelas simulações Eta-HadGEM-2-ES e Eta-MIROC5 20km, nos cenários RCP4.5 e RCP8.5. Estas mudanças tomam como referência o período histórico de 1961-1990, para as quatro estações do ano: DJF que se refere aos meses dezembro, janeiro e fevereiro, MAM ao meses março, abril e maio, JJA, aos meses junho, julho e agosto, SON, aos meses setembro, outubro e novembro. Os valores MÍNIMOS e MÁXIMOS representam, respectivamente, os valores inferiores e valores superiores do intervalo de variação das diferenças entre os períodos futuros e o período histórico.

No futuro próximo, no período de 2011-2040, os aumentos de temperatura projetados pelas quatro simulações variam desde 1°C a cerca de 3°C. Com o aumento do CO2-eq, no período final do século 21, o aquecimento varia deste 2°C a cerca de 6°C. O trimestre SON, que corresponde a estação da primavera, apresenta os maiores aquecimentos, enquanto que o trimestre JJA, inverno, apresenta os menores aquecimentos. Esta variação sazonal ocorre nas quatro simulações do modelo Eta.

As projeções climáticas (*downscaling* dinâmico) de intervalos de mudanças máximas e mínimas projetadas para temperatura em três timeslices futuros (2011-2040, 2041-2070

e 2071-2100), extraídos de quatro membros (Eta-HadGEM2-ES 4.5 e 8.5, Eta-MIROC5 4.5 e 8.5) para as quatro estações do ano (Verão, Outono, Inverno e Primavera), sinalizam:

- No verão (DJF), aquecimento em toda a América do Sul, em todos os cenários de emissão (RCP4.5 e RCP8.5). Os máximos de aquecimento se localizam na região Centro-Oeste, em todas as estações do ano. Estes máximos de aquecimento se estendem para as regiões Norte, Nordeste e Sudeste até o final do século 21. Estes máximos de aquecimento médio no final do século podem variar entre cerca de 2oC a 8oC.
- No outono (MAM), conclusões semelhantes ao verão, com mudanças ligeiramente menores.
- No inverno (JJA), aquecimento menos intenso nas latitudes médias devido a passagens das frentes frias ou frontogêneses mais frequentes. E
- Na primavera (SON), semelhanças com o verão.

Distribuições de temperatura mostram a inclusão de valores extremos mais altos para o timeslices do final do século 21.

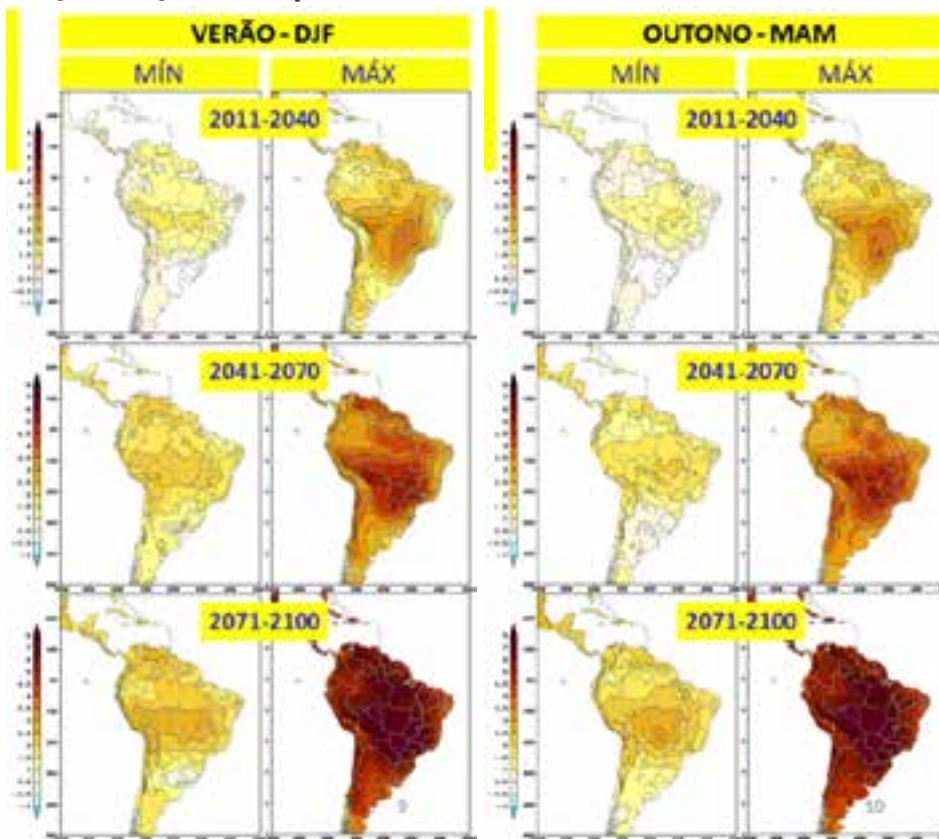
As anomalias de temperatura esperadas para o DF e a RIDE estão descritas na tabela 4, a seguir:

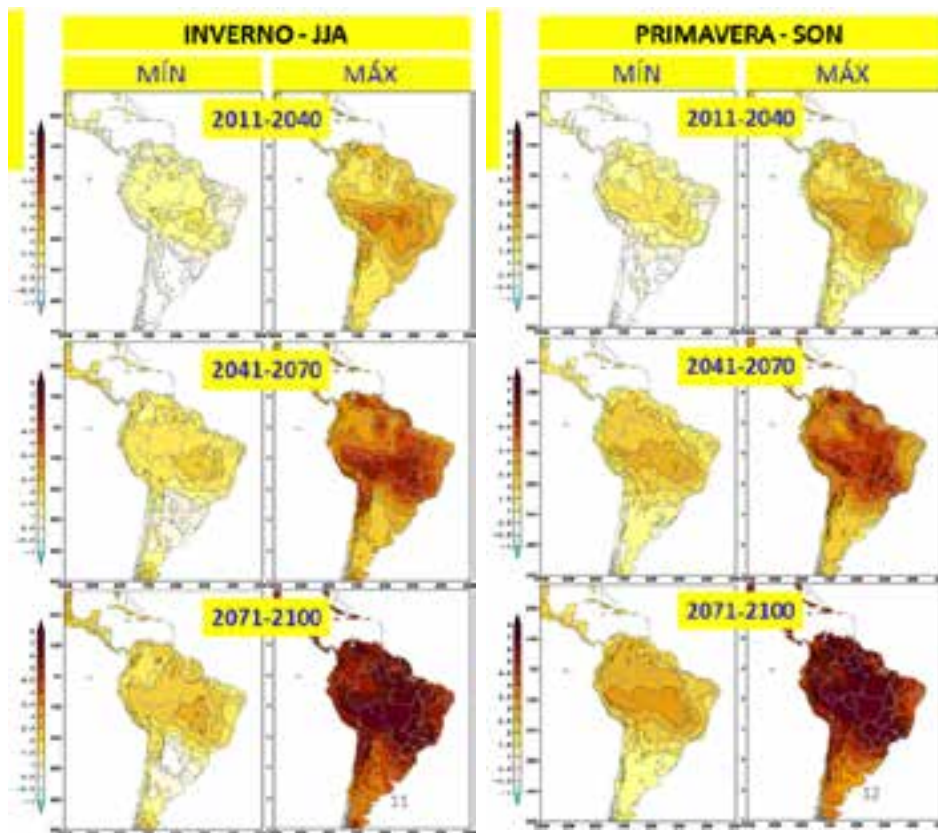
**Tabela 4 – Projeção de Intervalos de aumentos de temperaturas para o DF e RIDE (°C)**

PERÍODO	VERÃO (DJF)		OUTONO (MAM)		INVERNO (JJA)		PRIMAVERA (SON)	
	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
<b>2011-2040</b>	1 a 1.5	2.5 a 3	1 a 1.5	2.5 a 3	1 a 1.5	2.5 a 3	2 a 2.5	2.5 a 3
<b>2041-2070</b>	2 a 2.5	4 a 4.5	2 a 2.5	4 a 4.5	2 a 2.5	4 a 4.5	2.5 a 3	4 a 4.5
<b>2071-2100</b>	2 a 2.5	6 a 7	2 a 2.5	7 a 8	2 a 2.5	7 a 8	3 a 3.5	7 a 8



**Figura 31 - Intervalos de mudanças máximas e mínimas projetadas para temperatura em três timeslices futuros (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100), extraídos de quatro membros (Eta-HadGEM2-ES 4.5 e 8.5, Eta-MIROC5 4.5 e 8.5) para as quatro estações do ano (Verão, Outono, Inverno e Primavera)**





Fonte: CHOU, 2016.

### 3 PROJEÇÃO DINÂMICA DE ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO PARA O DF E A RIDE

Avaliações preliminares das mudanças climáticas para a região do DF e RIDE com base nas reduções de escala produzidas pelos modelos Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5 do MCTI-INPE, com resolução de 20km, em médias de trinta anos (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100), sinalizaram mudanças no clima futuro para a região, assim como para todo o Brasil.

Mudanças na precipitação (mm/dia) são projetadas pelas simulações Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5, nos cenários RCP4.5 e RCP8.5, na resolução de 20 km. Estas mudanças tomam como referência o período histórico de 1961-1990, para as quatro estações do ano: DJF que se refere aos meses dezembro, janeiro e fevereiro, MAM ao meses março, abril e maio, JJA, aos meses junho, julho e agosto, SON, aos meses setembro, outubro e novembro. Os valores MÍNIMOS e MÁXIMOS representam, respectivamente, os valores inferiores e valores superiores do intervalo de variação das diferenças entre os períodos futuros e o período histórico.

Projeções climáticas de intervalos de mudanças máximas e mínimas projetadas de precipitação em três timeslices futuros (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100), foram extraídas de quatro membros (Eta-HadGEM2-ES 4.5 e 8.5, Eta-MIROC5 4.5 e 8.5), para as quatro estações do ano (Verão, Outono, Inverno e Primavera).

Ambas as simulações do Eta, Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5, intensificam a redução da precipitação com o aumento do CO<sub>2</sub>-eq até o final do século 21. No inverno austral, a redução na precipitação é encontrada na maior parte da América do Sul. No verão austral, a redução da precipitação na parte central do Brasil é comum nas quatro simu-

lações. O Eta-HadGEM2-ES intensifica a diminuição da precipitação no centro do Brasil, enquanto o Eta-MIROC5 expande a área de aumento da precipitação no sul do Brasil no final do século. Taxas mais elevadas de precipitação são projetadas no Brasil do final do século.

Anomalias de precipitação para todo o Brasil podem ser assim descritas:

- No verão (DJF), redução das chuvas no período chuvoso (verão) na maior parte do país, com máximos de redução nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do País. A redução das chuvas em relação ao clima presente (1961-1990) é projetada para todos os timeslices futuros. A redução se apresenta mais intensa nos primeiros 30 anos, menos intensa de 2040-2070, e volta a se tornar bastante intensa nos últimos 30 anos. A área de máxima redução se expande para o Norte (Amazônia) até o final do século. No verão, projeta-se aumento das chuvas na parte nordeste do Nordeste Brasileiro.
- No outono (MAM), projeta-se redução das chuvas na região Norte do país.
- No inverno (JJA), as projeções indicam redução das chuvas no litoral leste do Nordeste. Projeta-se redução das chuvas na parte norte da região Norte do país. E
- Na primavera (SON), projeta-se aumento das chuvas na região Sul do Brasil nos vários cenários. O aumento das chuvas ocorre mais destacadamente no verão (DJF) e na primavera (SON), sobre a região Sul, chegando a alcançar a parte sul do Sudeste do Brasil. O aumento das chuvas ocorre desde 2011-2040 e se intensifica até o final do século. Máximo de redução das chuvas ocorre na região Norte.

Distribuições de precipitação mostram a inclusão de valores extremos mais altos para o timeslices do final do século 21. Eventos extremos de chuva intensa tornam-se mais frequentes no Sul.

A redução de precipitação ocorre em toda a região do DF e RIDE, em praticamente todas as estações do ano, em todos os períodos futuros. Curiosamente, em relação à precipitação, a resposta da regionalização do Eta a partir das simulações do modelo global MIROC5, Eta-MIROC5, apresentou maior sensibilidade do que as simulações Eta-Had-

-GEM2-ES. Em geral, a redução de precipitação nas simulações Eta-MIROC5 no cenário RCP8.5 foi mais intensa que nas simulações Eta-HadGEM2-ES.

A região à noroeste da RIDE apresenta as maiores reduções de precipitação. A estação de verão, DJF, é o período chuvoso da região, e também a região em que as reduções são mais intensas. A estação de inverno, JJA, é o período de estiagem, e, portanto, não se nota mudanças claras na precipitação média. A estação da primavera, SON, é a estação em que o período chuvoso retorna, geralmente no mês de outubro. A redução destas chuvas pode acarretar em atraso no início da estação chuvosa ou chuvas em menor intensidade. Uma avaliação mais detalhada é necessária para melhor caracterizar as mudanças no regime das chuvas.

No verão, as reduções de precipitação projetadas pelas quatro simulações variam desde -0.5 mm/dia a cerca de -3 mm/dia. Nota-se pouca mudança no padrão de redução das chuvas entre o início e o final do século 21, exceto a estação da primavera, SON, que apresentou maior redução das chuvas no final do século. Esta redução chegou a cerca de -3.5 mm/dia.

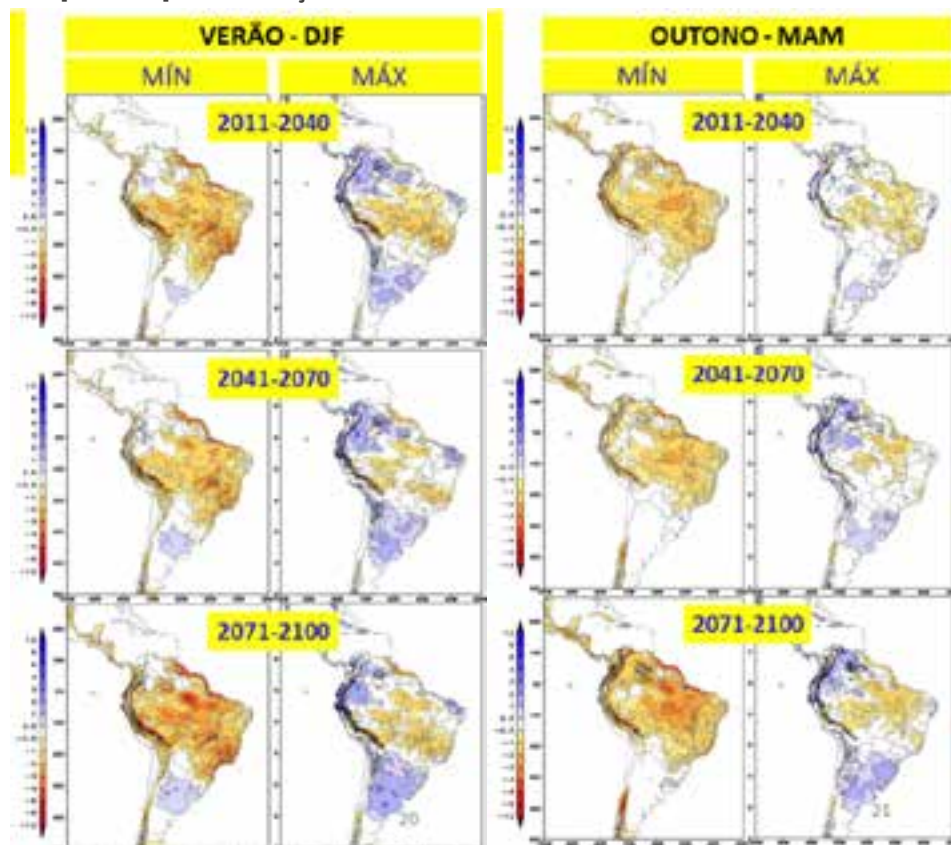
Projeção de intervalo de redução de precipitação para o DF e RIDE estão descritas na tabela 5, a seguir:

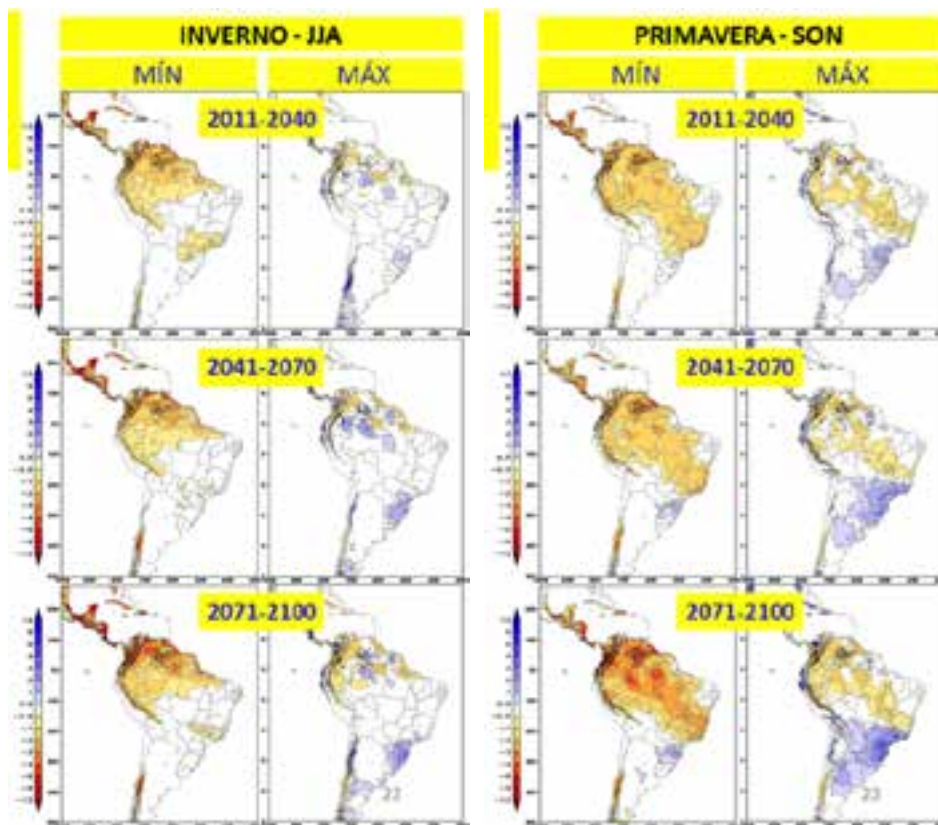
**Tabela 5 – Projeção de intervalo de redução de precipitação para o DF e RIDE (mm/dia)**

PERÍODO	VERÃO (DJF)		OUTONO (MAM)		INVERNO (JJA)		PRIMAVERA (SON)	
	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
<b>2011-2040</b>	-1 a -1.5	-0.5 a -1	-1.5 a -2	-0.5 a -1	-0.5 a +0.5	-0.5 a +0.5	-1 a -1.5	-0.5 a -1
<b>2041-2070</b>	-1 a -1.5	-0.5 a +0.5	-1 a -1.5	-0.5 a +0.5	-0.5 a +0.5	-0.5 a +0.5	-1 a -1.5	0.5 a -0.5
<b>2071-2100</b>	-1 a -1.5	-0.5 a -1	-1.5 a -2	-0.5 a +0.5	-0.5 a +0.5	-0.5 a +0.5	-1.5 a -2	0.5 a -0.5



**Figura 32 - Intervalos de mudanças máximas e mínimas projetadas para precipitação em três timeslices futuros (2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100), extraídos de quatro membros (Eta-HadGEM2-ES 4.5 e 8.5, Eta-MIROC5 4.5 e 8.5) para as quatro estações do ano (Verão, Outono, Inverno e Primavera)**





Fonte: CHOU, 2016.

## 4 PROJEÇÃO ESTATÍSTICA DE ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO NO DF E RIDE

Confirmando as projeções dinâmicas do clima, projeções estatísticas também sinalizam anomalia relativa da precipitação na região do DF e a RIDE – resultado oriundo das saídas de 20 modelos do projeto *NASA Earth Exchange - Global Daily Downscaled Projections* (NEXGDDP), para o período presente, considerando dados existentes de 1950 a 2005, e para os períodos futuros 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100, considerando os cenários RCP4.5 e RCP8.5 do IPCC AR5.

Na análise, é possível perceber que os modelos não mostraram convergência sobre as tendências de precipitação no futuro: alguns apontaram para aumento, enquanto outros para diminuição. Praticamente na mesma proporção. Porém, os modelos mostram convergência quanto à intensificação do sinal da anomalia para o cenário RCP8.5, com o módulo da anomalia maior para esse cenário. Esse comportamento também é observado na medida em que as janelas temporais se afastam do presente.

Para o cenário RCP4.5, no período de 2011 a 2040, a maioria dos modelos projetam valores de anomalia entre -10% e 10%. Já no período de 2041 a 2070, boa parte dos modelos já apresentam valores entre 20% e -20% e, no terceiro período, 2071 a 2100 esse comportamento se intensifica um pouco mais. Para o cenário RCP8.5, o comportamento é similar, no entanto com um sinal de mudança mais intenso.

## 5 DETECÇÃO DE ANOMALIAS DE TEMPERATURA NO DF E RIDE

Confirmando as sinalizações das projeções climáticas, tanto estatísticas quanto dinâmicas, significativas mudanças no clima do DF e RIDE estão sendo detectadas nos últimos 50 anos.

Nos últimos 50 anos, o número de dias com umidade relativa do ar abaixo de 30% (UR30) aumentou 26,4 dias, ou seja, passou de 24 dias/ano em 1960 para mais de 50 dias/ano em 2010.

Nesse mesmo período, observou-se aumento na temperatura mínima média ( $T_{min}$ ), com tendência positiva de 1,85°C. Quantitativamente, as temperaturas mínimas médias ao longo dos últimos 50 anos aumentaram em 1,95°C no verão, 1,8°C no outono, 2,05°C no inverno e 1,85°C na primavera.

A máxima temperatura mínima ( $T_{minX}$ ) anual aumentou 2,3°C. O aumento foi de 2,6°C no verão, 1,55°C no outono, 1,85°C no inverno e 2,55°C na primavera.

Do mesmo modo, a mínima temperatura mínima ( $T_{minN}$ ) anual aumentou 2,6°C e, sazonalmente, este aumento foi de 1,9°C no verão, 2,3°C no outono, 2,85°C no inverno e 1,6°C na primavera.

Observou-se, por outro lado, tendência negativa (diminuição) da temperatura máxima média ( $T_{máx}$ ), tanto anualmente quanto em quase todas as estações do ano, exceção para a primavera. Entretanto, tal tendência não apresentou significância estatística.

Porém, notou-se anualmente tendência positiva (aumento) de 0,85°C da máxima temperatura máxima ( $T_{máxX}$ ). Observando-se diminuição de 1,55°C no outono e aumento de 1,05°C na primavera.

Observou-se, tanto anualmente quanto sazonalmente, tendência positiva (aumento) da mínima temperatura máxima ( $T_{máxN}$ ), um aumento de  $2,1^{\circ}\text{C}$  nos últimos 50 anos.

Por fim, ocorreu diminuição da amplitude térmica (DRT) entre as temperaturas máxima e mínima diária, com extrema significância estatística. Anualmente, essa tendência é de  $1,95^{\circ}\text{C}$  ao longo da série histórica de dados dos últimos 50 anos. Sazonalmente as tendências são de:  $2,25^{\circ}\text{C}$  no verão,  $1,9^{\circ}\text{C}$  no outono,  $2,1^{\circ}\text{C}$  no inverno e  $1,15^{\circ}\text{C}$  na primavera.

Em resumo, as mudanças no clima do DF e RIDE, observadas nos últimos 50 anos, indicam:

- Aumento do número de dias com umidade relativa do ar abaixo de 30% (UR30), de 24 dias/ano, em 1960, para mais de 50 dias/ano, em 2010.
- Aumento de  $1,85^{\circ}\text{C}$  na temperatura mínima média ( $T_{min}$ ).
- Aumento de  $2,6^{\circ}\text{C}$  na mínima temperatura mínima ( $T_{minN}$ ).
- Aumento de  $2,1^{\circ}\text{C}$  na mínima temperatura máxima ( $T_{máxN}$ ).
- Aumento de  $0,85^{\circ}\text{C}$  na máxima temperatura máxima ( $T_{máxX}$ ). E
- Diminuição da amplitude térmica (DRT) entre as temperaturas máxima e mínima diária.



## 6 DETECÇÃO DE ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO NO DF E RIDE

Ao analisar o comportamento do índice de mudança climática baseado no número de dias consecutivos secos (CDD) se observou que, embora predominantemente exista tendência positiva (aumento), tanto anualmente quanto sazonalmente, essa não apresenta significância estatística ao nível de 10%.

Similarmente ao padrão encontrado no índice CDD, a análise observou que o índice de dias consecutivos úmidos (CWD) não apresentou, na maioria dos casos (anualmente e sazonalmente), tendências positivas/negativas estatisticamente significativas ao nível de 10%. A única exceção foi o padrão encontrado no inverno, no qual se observou tendência positiva (aumento) de 1 dia ao longo da série de dados (50 anos) com significância estatística ao nível de 10% ( $0,1 \geq p > 0,5$ ).

Já, o índice que mede o total de precipitação (PRCPTOT) apresentou um padrão em que, tanto anualmente quanto sazonalmente existe tendência positiva (aumento), no entanto, essa não apresenta significância estatística ao nível de 10% ( $0,1 \geq p > 0,5$ ).

Em resumo, as anomalias de precipitação detectadas são:

- Aumento de dias consecutivos secos (CDD).
- Dias consecutivos úmidos (CWD) não apresentaram, na maioria dos casos, nem tendência positiva nem negativa, estatisticamente significativas ao nível de 10%.
- Aumento da precipitação total (PRCPTOT), anual e em todas as estações, mesmo com baixa significância estatística.

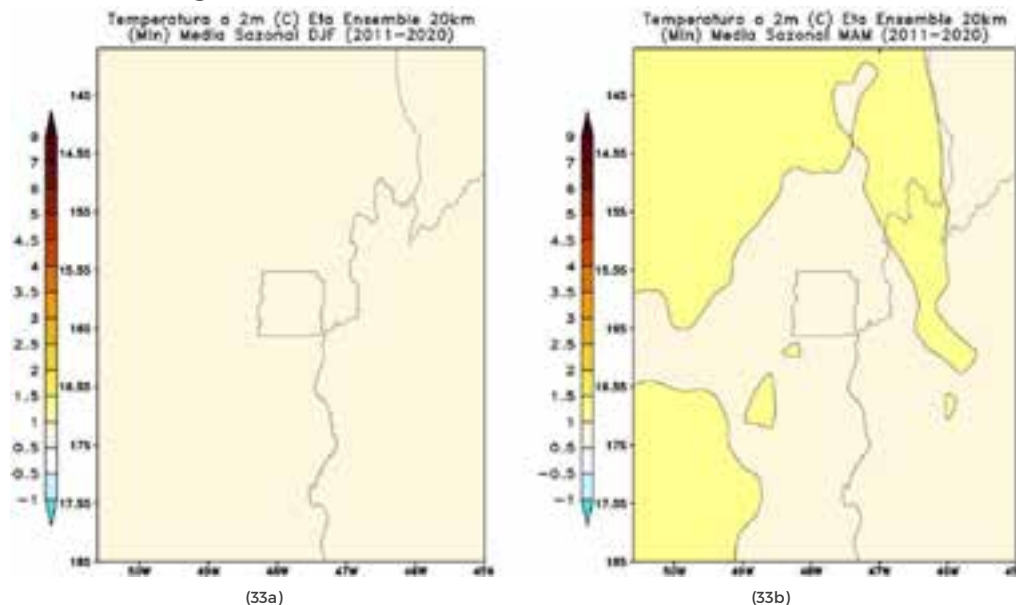
Dias consecutivos mais secos e menos úmidos, com tendência de aumento na precipitação total, indicam extremos de chuva intensa distribuídos em todas as estações do ano.

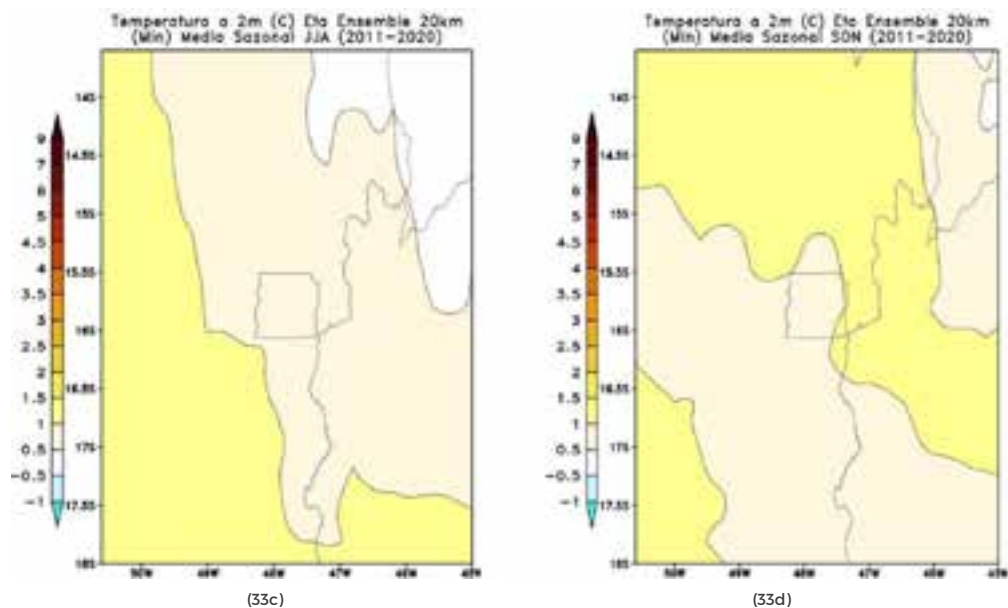
## 7 MÉTODOS DIFERENTES, SINAIS CONVERGENTES

Considerando-se Eta Ensemble 20 km (Tmin a 2 m):

1. Média sazonal do trimestre DJF (2011-2020) (Figura 33a): aumento de 0,5 a 1,0°C;
2. Média sazonal do trimestre MAM (2011-2020) (Figura 33b): aumento de 0,5 a 1,0°C;
3. Média sazonal do trimestre JJA (2011-2020) (Figura 33c): aumento de 0,5 a 1,0°C;
4. Média sazonal do trimestre SON (2011-2020) (Figura 33d): aumento de 0,5 a 1,0°C.  
Porém, com variações de 1 a 1,5°C na direção leste do DF.

**Figura 33 - Média sazonal ETA Ensemble 20 km (Tmin 2m) (2011-2020) nos trimestres: (a1) Dezembro-Janeiro-Fevereiro; (a3) Março-Abril-Maio; (a5) Junho-Julho-Agosto e (a7) Setembro-Outubro-Novembro.**





Aplicando esses resultados às médias mensais de temperaturas mínimas, baseadas nas normais climatológicas de 1961-1990 (INMET), verifica-se que:

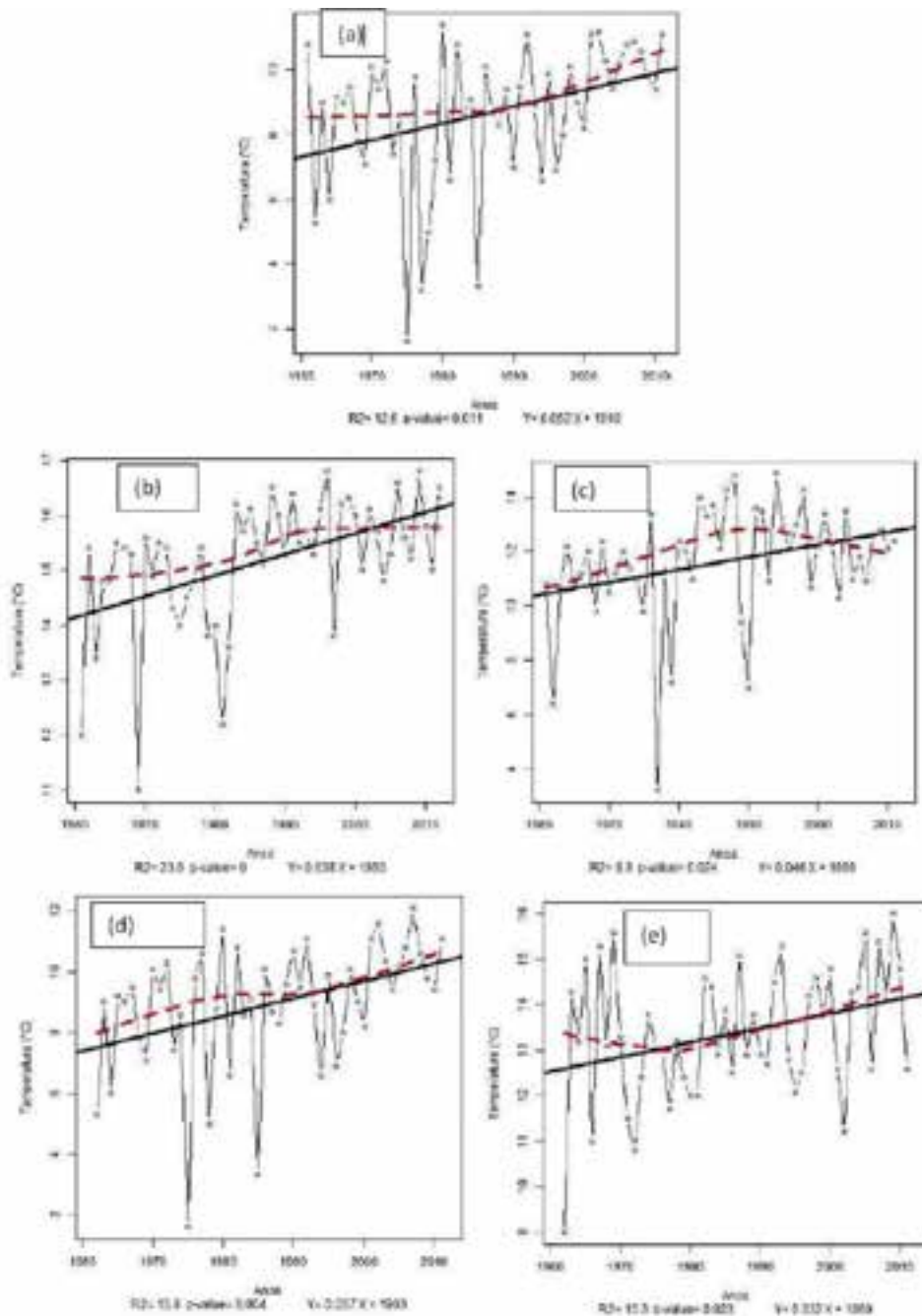
1. No trimestre DJF (cuja média climatológica das temperaturas mínima é de 17,4°C), o aumento baseado na projeção do modelo implicaria em alterações de: 17,9°C a 18,4°C;
2. No trimestre MAM (cuja média climatológica das temperaturas mínima é de 16,4°C), o aumento baseado na projeção do modelo implicaria em alterações de: 16,9°C a 17,4°C;
3. No trimestre JJA (cuja média climatológica das temperaturas mínima é de 13,6°C), o aumento baseado na projeção do modelo implicaria em alterações de: 14,1°C a 14,6°C;
4. No trimestre SON (cuja média climatológica das temperaturas mínima é de 16,96°C), o aumento baseado na projeção do modelo implicaria em alterações de: 17,46°C a 17,96°C; e aplicando a variação maior no sentido leste: 17,96 a 18,46°C.

Comparando tais projeções com os resultados de ALMEIDA (2012) (Ver Figura 34b a 33e), verifica-se que:

1. No trimestre DFJ (cuja média climatológica das temperaturas mínima é de 17,4°C), o aumento verificado nos dados dos últimos 50 anos é de 1,95°C;
2. No trimestre MAM (cuja média climatológica das temperaturas mínima é de 16,4°C), o aumento verificado nos dados dos últimos 50 anos é de 1,85°C;
3. No trimestre JJA (cuja média climatológica das temperaturas mínima é de 13,6°C), o aumento verificado nos dados dos últimos 50 anos é de 2,05°C;
4. No trimestre SON (cuja média climatológica das temperaturas mínima é de 16,96°C), o aumento verificado nos dados dos últimos 50 anos é de 1,8°C.

Logo, diante dessas análises, podemos inferir que as projeções baseadas no modelo Eta têm coerência. Além disso, estão até mesmo aquém das alterações que já puderem ser observadas nas temperaturas mínimas médias trimestrais.

**Figura 34 - Índice da Mínima Temperatura Mínima (TminN): (a) anual; (b) verão; (c) outono, (d) inverno e (e) primavera.**

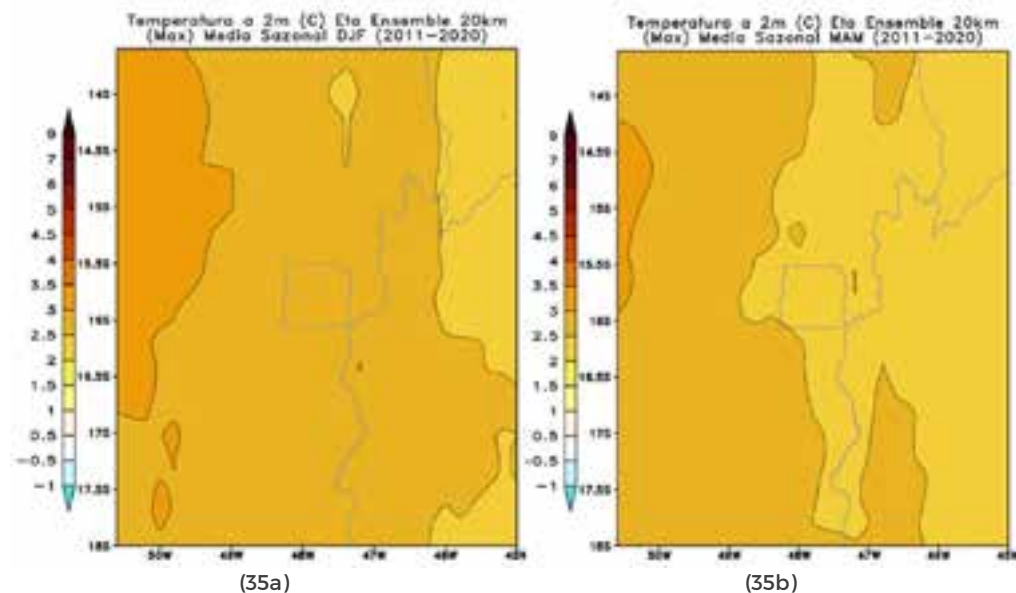


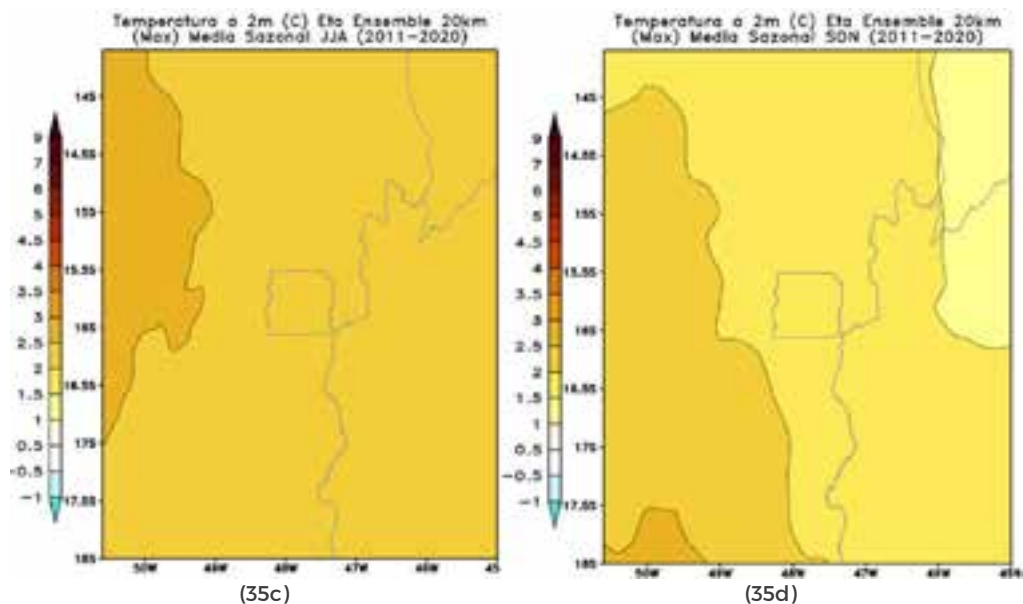


Considerando-se Eta Ensemble 20 km (T<sub>máx</sub> a 2 m):

1. Média sazonal do trimestre DJF (2011-2020) (Figura 35a): aumento de 2,5 a 3,0°C;
2. Média sazonal do trimestre MAM (2011-2020) (Figura 35b): aumento de 2,0 a 2,5°C;
3. Média sazonal do trimestre JJA (2011-2020) (Figura 35c): aumento de 2,0 a 2,5°C;
4. Média sazonal do trimestre SON (2011-2020) (Figura 35d): aumento de 1,5 a 2,0°C.

**Figura 35 - Média sazonal ETA Ensemble 20 km (T<sub>máx</sub> 2m) (2011-2020) nos trimestres: (a2) Dezembro-Janeiro-Fevereiro; (a4) Março-Abril-Maio; (a6) Junho-Julho-Agosto e (a8) Setembro-Outubro-Novembro.**

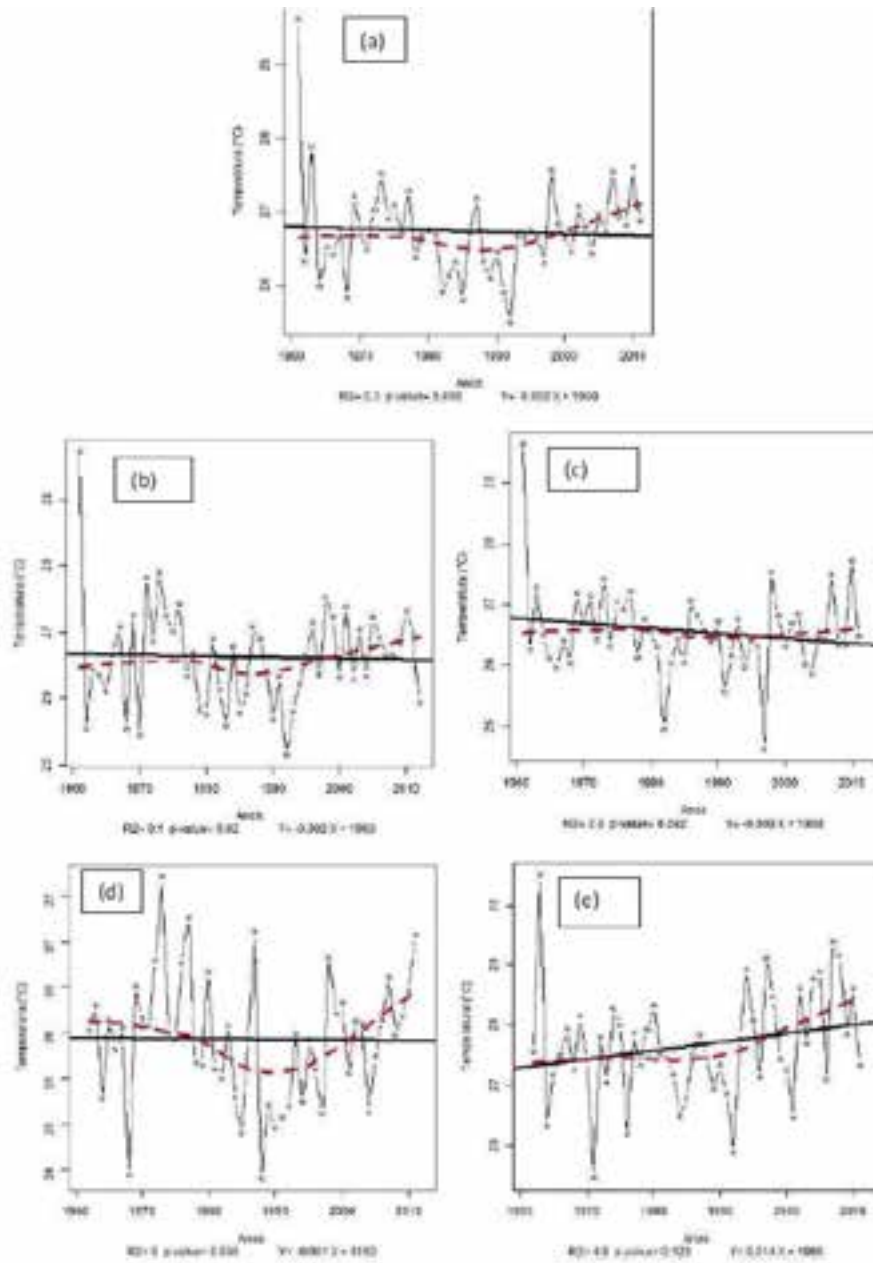




Aplicando esses resultados às médias mensais de temperaturas máximas, baseadas nas normais climatológicas de 1961-1990 (INMET), verifica-se que:

1. No trimestre DJF (cuja média climatológica das temperaturas máxima é de 26,6°C), o aumento baseada na projeção do modelo implicaria em alterações de: 29,1°C a 29,6°C;
2. No trimestre MAM (cuja média climatológica das temperaturas máxima é de 26,46°C), o aumento baseada na projeção do modelo implicaria em alterações de: 28,46°C a 28,96°C;
3. No trimestre JJA (cuja média climatológica das temperaturas máxima é de 25,86°C), o aumento baseada na projeção do modelo implicaria em alterações de: 27,86°C a 28,36°C;
4. No trimestre SON (cuja média climatológica das temperaturas máxima é de 27,46°C), o aumento baseada na projeção do modelo implicaria em alterações de: 28,96°C a 29,46°C.

**Figura 36 - Índice de Temperatura Máxima Média (T<sub>máx</sub>): (a) anual; (b) verão; (c) outono, (d) inverno e (e) primavera.**



Comparando tais projeções com os resultados de ALMEIDA (2012) (Ver Figura 35a a 35e e 36a a 36b), verifica-se que, analisando o comportamento anual do índice de mudança climática baseado na temperatura máxima média ( $T_{máx}$ ), observou-se que existe tendência negativa (diminuição) ao longo da série histórica de dados (50 anos) tanto anualmente (Figura 35a) quanto em quase todas as estações do ano (Figura 35b, 35c e 35d), a única exceção foi a primavera (Figura 35e). Entretanto, em todos esses casos, tal tendência não apresentou significância estatística.







**RECOMENDAÇÕES  
AOS  
FORMULADORES  
DE POLÍTICAS  
E TOMADORES  
DE DECISÃO  
DO DF E RIDE**

O enfrentamento da mudança climática só será eficaz se baseado em evidências científicas produzidas pela melhor ciência disponível – e, intransigentemente, na escala local de formulação de políticas públicas e tomadas de decisão.

Estratégias de enfrentamento da mudança climática incluem: (1) a mitigação dos gases de efeito estufa, (2) a adaptação dos sistemas humanos e naturais às mudanças do clima e (3) estratégias integradas de mitigação e adaptação para a gestão do risco climático.

Do ponto de vista da governança, as estratégias de enfrentamento da mudança do clima devem ser entendidas como parte de toda estratégia de desenvolvimento local. Ou seja, mitigação, adaptação e gestão do risco climático devem ser consideradas como transversais e adicionais às políticas públicas de desenvolvimento.

Em um clima em drástica mudança, o que formuladores de políticas e tomadores de decisão precisam ter em mente é que o desenvolvimento que querem para o DF e a RIDE só será sustentável se for convergente ao enfrentamento dos desafios impostos pela mudança do clima.

Investimentos públicos voltados ao desenvolvimento que não considerarem em cada ação orçamentária os riscos climáticos e medidas efetivas de mitigação e de adaptação, cujos parâmetros eficazes podem ser providos pela melhor ciência disponível, não serão, em hipótese alguma, garantia de desenvolvimento, isto é, não serão sustentáveis. Ao contrário, tornarão o conjunto da população e os sistemas humanos e naturais do DF e da RIDE vulneráveis aos impactos climáticos em um futuro de extremo risco.

O ambiente de incertezas gerado pela mudança climática obriga a que formuladores de políticas públicas e tomadores de decisão considerem o risco climático na base de seus projetos e como condição das autorizações do gasto público – articulando e reforçando projetos e investimentos públicos ao enfrentamento das mudanças do clima – de modo a ampliar as possibilidades de resiliência dos sistemas humanos e naturais aos impactos da mudança do clima.

Formuladores de políticas públicas e tomadores de decisão liderarão a conquista do desenvolvimento sustentável e resiliente ao clima no DF e RIDE se coordenarem a revisão dos objetivos atuais e tendenciais de desenvolvimento, adequando-os em resposta aos desafios impostos pela mudança do clima.

Assim, para subsidiar seus esforços pela resiliência dos sistemas naturais e humanos aos impactos do clima e pelo desenvolvimento sustentável do DF e da RIDE, recomendamos aos formuladores de políticas públicas e tomadores de decisão que adotem, rigorosa, imperativa e imediatamente, as seguintes estratégias:

- 1) Promover a criação de um Painel Científico Distrital sobre a Mudança Climática para intensificar o esforço de produção de conhecimentos científicos locais sobre o clima, impactos e alternativas de enfrentamento, garantindo-se a autonomia da produção científica e a imediata assimilação dos achados pelos Poderes Públicos.
- 2) Mobilizar centros geradores de conhecimento científico, academias científicas, universidades, institutos técnicos e fundações de apoio à pesquisa para a produção científica de pesquisas climáticas voltadas para o DF e a RIDE.
- 3) Requerer o aprofundamento de investigações científicas do clima voltadas à escala local, como forma de subsidiar permanentemente políticas públicas locais.
- 4) Requerer a revisão em escala local dos prognósticos climáticos nacionais e regionais.
- 5) Requerer a regionalização em altíssima resolução dos modelos climáticos disponíveis, de modo a limitar os níveis de incerteza quanto à exposição local às mudanças do clima.
- 6) Equipar institutos públicos locais especializados e requerer a intensificação da disponibilidade da informação meteorológica *in situ*.
- 7) Requerer a avaliação dos riscos climáticos e medidas de respostas, bem como o monitoramento dos impactos associados ao clima, para setores críticos ao desenvolvimento sustentável do DF e RIDE (como: recursos hídricos, energia, agricultura, saúde humana, infraestruturas, economia, cobertura vegetal e biodiversidade), de modo a parametrizar as necessidades de adaptação às mudanças do clima e



subsidiar tomadas de decisão quanto à adoção de estratégias e tecnologias de adaptação e gestão de risco.

- 8) Requerer inventário periódico (off-line e online) de emissões e sumidouros de GEE, de modo a monitorar o cumprimento de metas e determinar as melhores opções, estratégias e tecnologias, de mitigação.
- 9) Requerer, considerar e transversalizar indicadores climáticos e parâmetros de enfrentamento do clima em todas as formulações de políticas públicas, planos, programas e projetos, como condição imperativa das decisões de investimento público, bem como das decisões de concessão de licenças e outorgas.
- 10) Garantir a disponibilização e o compartilhamento imediatos dos dados climáticos do DF e RIDE a todos os níveis de formulação de políticas e tomadas de decisão, além de torná-los bem público acessível ao amplo espectro da sociedade.
- 11) Elaborar, com a ampla participação de atores chaves, planos locais de enfrentamento do aquecimento global, das mudanças do clima e dos impactos esperados, em particular: Plano Local de Mitigação, Plano Local de Adaptação e Plano de Segurança Hídrica.
- 12) Promover a revisão e a regulamentação da Lei de Clima do DF, orientando-se pelos últimos achados científicos para a escala local.
- 13) Dar escala às práticas locais de mitigação, adaptação e gestão do risco climático.
- 14) Promover estratégias de comunicação do risco climático e de enfrentamento das mudanças do clima ao conjunto da população do DF e RIDE.
- 15) Requerer a capacitação de gestores públicos e técnicos, formuladores de políticas e tomadores de decisão em gestão do risco climático para a imperativa mudança de paradigma e padrão da gestão pública em um sistema climático em rápida mudança.

**Brasília, novembro de 2016.**

*Leila Soraya Menezes, Sin Chan Chou, Josefa Morgana Viturino de Almeida, Saulo Aires Souza, Wagner de Aragão Bezerra, Lineu Neiva Rodrigues, Carlos Henrique Eça D´Almeida Rocha.*







ANEXO 1

# PRECIPITAÇÃO FUTURA



**MAPAS DE PROJEÇÃO DE PRECIPITAÇÃO (mm/dia),  
MÍNIMOS E MÁXIMOS POR TRIMESTRE, NOS TIMELICES  
2011-2040, 2041-2070 E 2071-2099, COM RESOLUÇÃO  
DE 20 Km, PARA O DF E RIDE. INPE, 2016.**

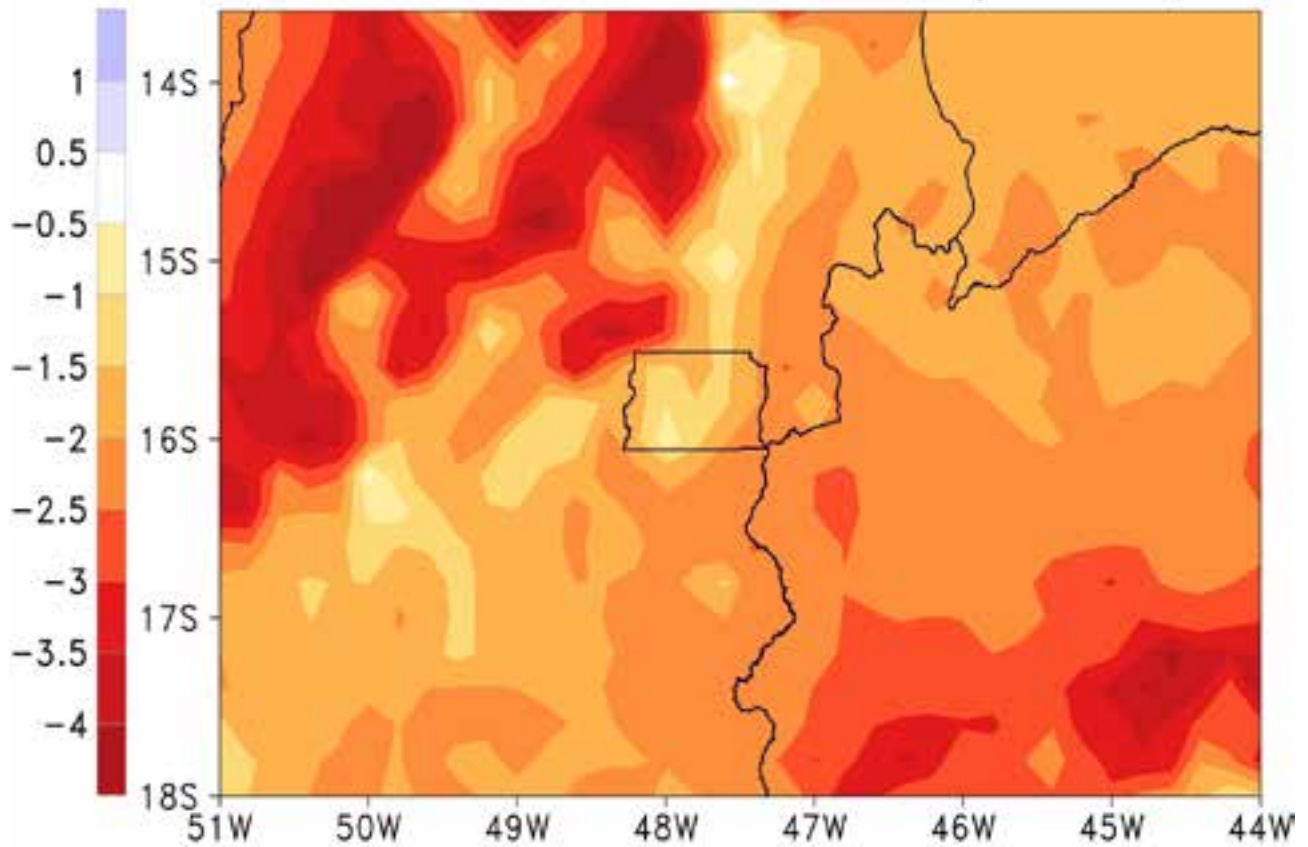
Diferenças entre as projeções futuras da Precipitação (mm/dia) extraídas de quatro membros, os modelos Eta HadGEM2-ES 20km e Eta MIROC5 20km nos cenários RCP4.5 e RCP8.5, e suas respectivas simulações do período histórico de 1961-1990, para as quatro estações do ano (Verão, Outono, Inverno e Primavera), representadas pelos trimestres: Dezembro-Janeiro-Fevereiro (DJF), Março-Abril-Maio (MAM), Junho-Julho-Agosto (JJA) e Setembro-Outubro-Novembro (SON). Os valores MÍNIMOS e MÁXIMOS representam, respectivamente, os menores e maiores valores das diferenças para o período (timeslice 2011-2040, 2041-2070, 2071-2100) entre ambos os modelos e cenários, para o Distrito Federal e Região Integrada de Desenvolvimento do DF e Entorno. Mapas elaborados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para a Nota Técnica Mudança Climática no DF e Ride (2016).

**ÍNDICE DOS MAPAS DE PROJEÇÃO DE PRECIPITAÇÃO (mm/dia), MÍNIMOS E MÁXIMOS POR TRIMESTRE, NOS TIMELICES 2011-2040, 2041-2070 E 2071-2099, PARA O DF E RIDE. INPE, 2016**

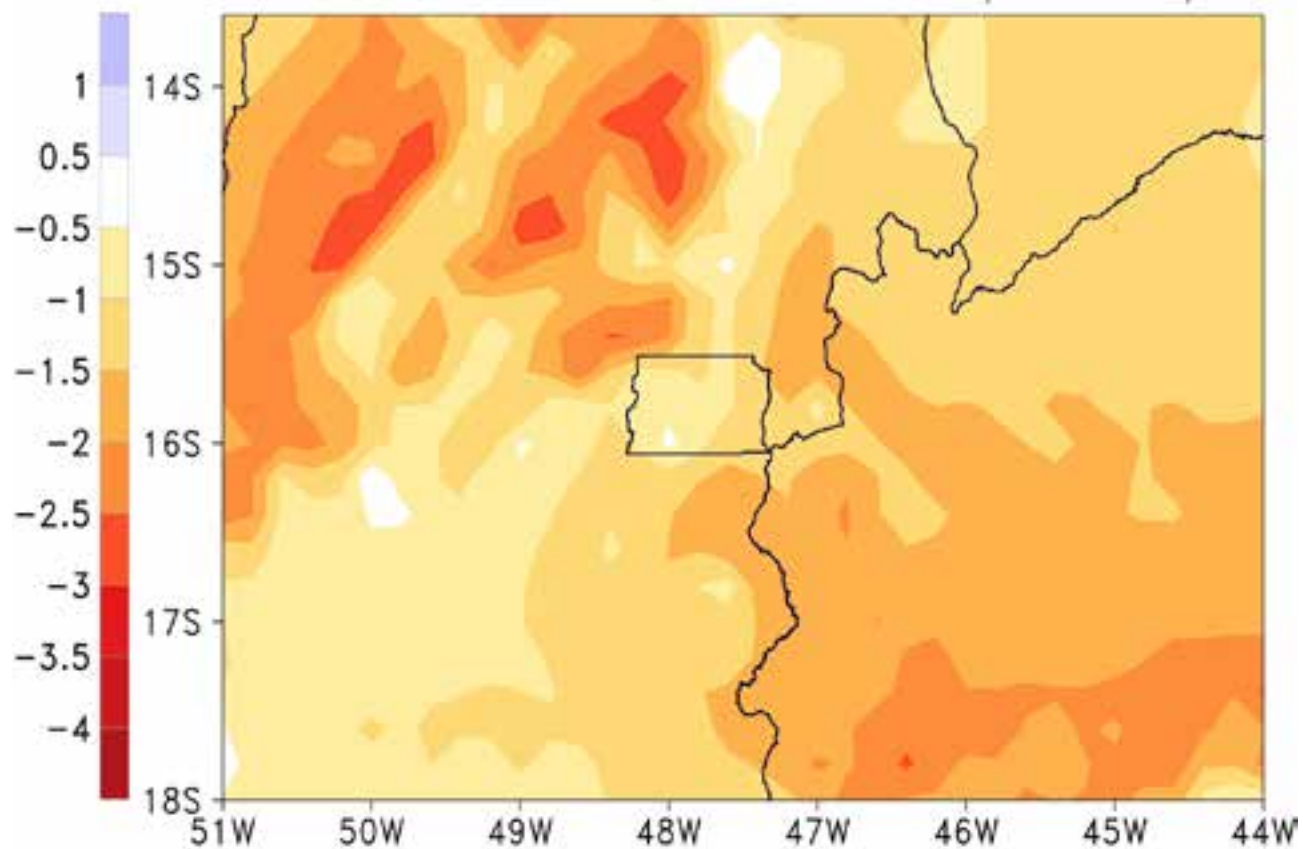
<b>MAPA Nº</b>	<b>VARIÁVEL</b>	<b>MÍN/MÁX</b>	<b>ANO</b>	<b>TRIMESTRE</b>	<b>PÁGINA</b>
1	PRECIPITAÇÃO	Mínima	2011-2040	DJF	112
2	PRECIPITAÇÃO	Máxima	2011-2040	DJF	113
3	PRECIPITAÇÃO	Mínima	2011-2040	MAM	114
4	PRECIPITAÇÃO	Máxima	2011-2040	MAM	115
5	PRECIPITAÇÃO	Mínima	2011-2040	JJA	116
6	PRECIPITAÇÃO	Máxima	2011-2040	JJA	117
7	PRECIPITAÇÃO	Mínima	2011-2040	SON	118
8	PRECIPITAÇÃO	Máxima	2011-2040	SON	119
9	PRECIPITAÇÃO	Mínima	2041-2070	DJF	120
10	PRECIPITAÇÃO	Máxima	2041-2070	DJF	121
11	PRECIPITAÇÃO	Mínima	2041-2070	MAM	122
12	PRECIPITAÇÃO	Máxima	2041-2070	MAM	123
13	PRECIPITAÇÃO	Mínima	2041-2070	JJA	124
14	PRECIPITAÇÃO	Máxima	2041-2070	JJA	125
15	PRECIPITAÇÃO	Mínima	2041-2070	SON	126
16	PRECIPITAÇÃO	Máxima	2041-2070	SON	127
17	PRECIPITAÇÃO	Mínima	2071-2099	DJF	128
18	PRECIPITAÇÃO	Máxima	2071-2099	DJF	129
19	PRECIPITAÇÃO	Mínima	2071-2099	MAM	130
20	PRECIPITAÇÃO	Máxima	2071-2099	MAM	131
21	PRECIPITAÇÃO	Mínima	2071-2099	JJA	132
22	PRECIPITAÇÃO	Máxima	2071-2099	JJA	133
23	PRECIPITAÇÃO	Mínima	2071-2099	SON	134
24	PRECIPITAÇÃO	Máxima	2071-2099	SON	135



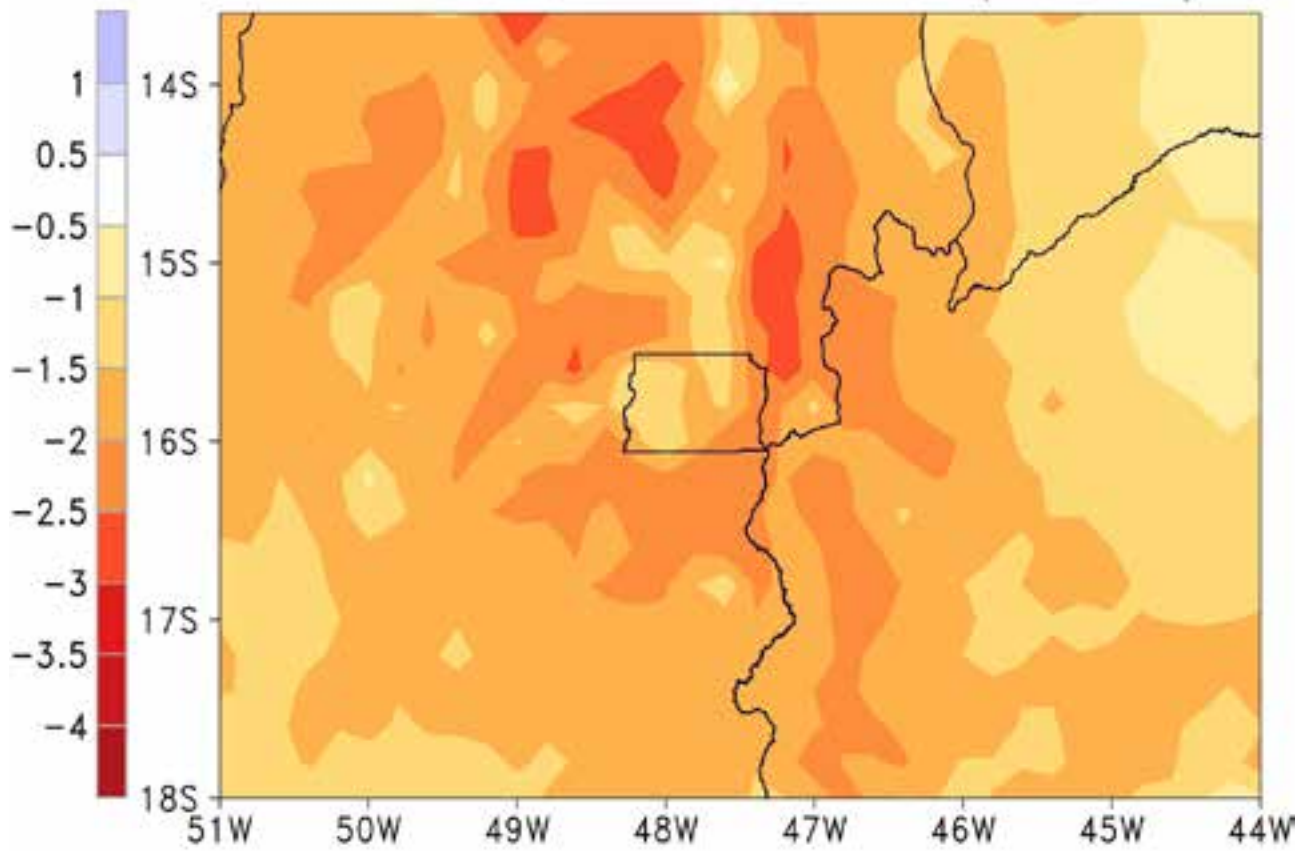
Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal DJF (2011-2040)



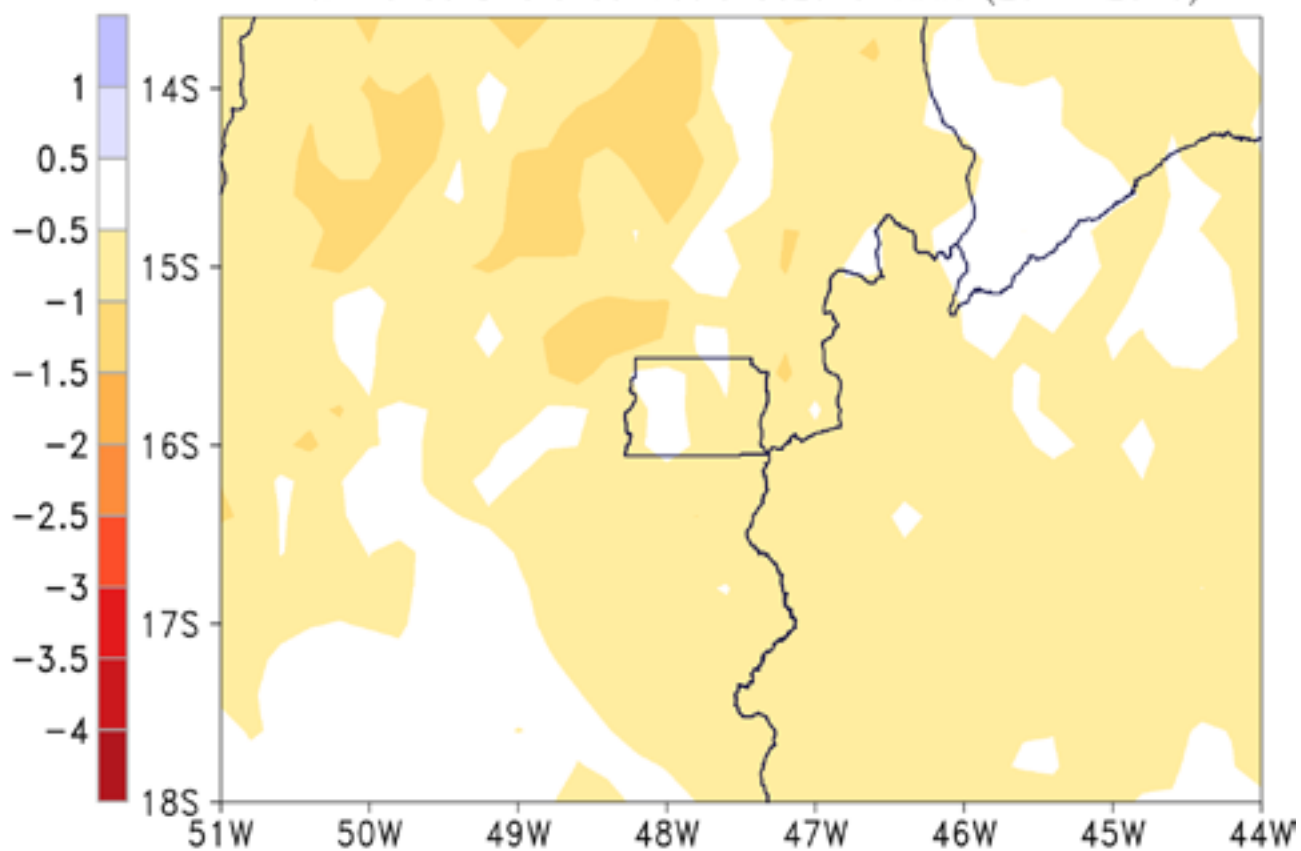
Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Média Sazonal DJF (2011-2040)



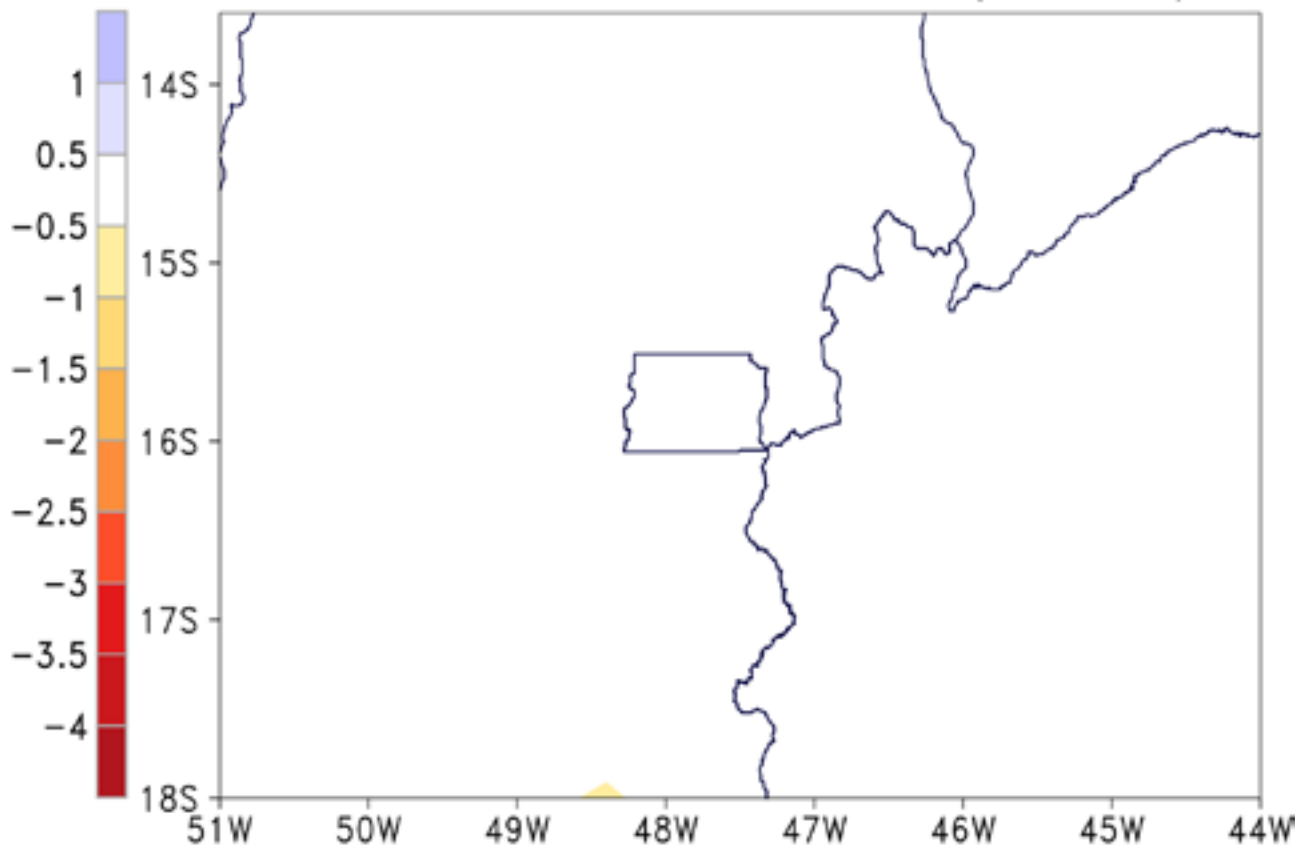
Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal MAM (2011-2040)



Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Media Sazonal MAM (2011-2040)

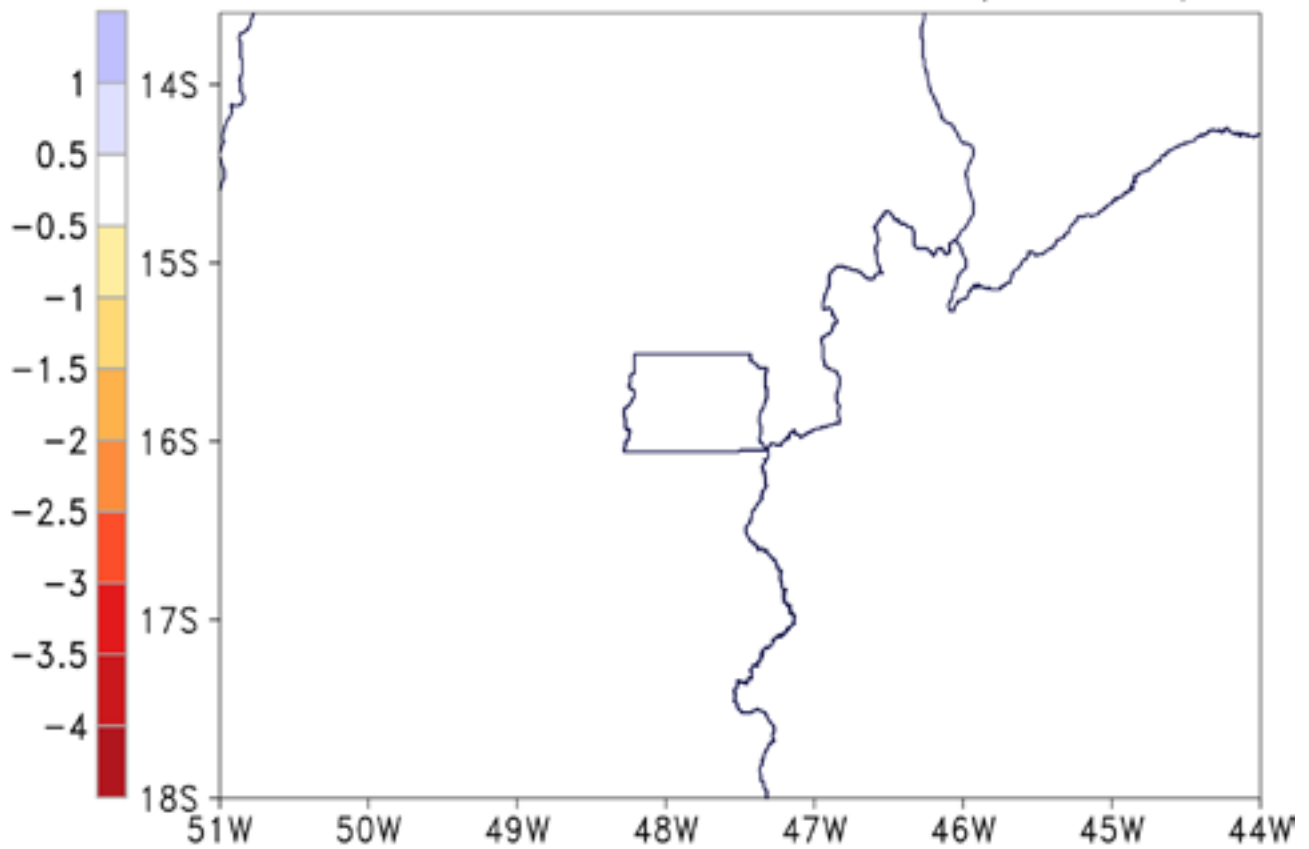


Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Minimo da Diferenca Media Sazonal JJA (2011-2040)

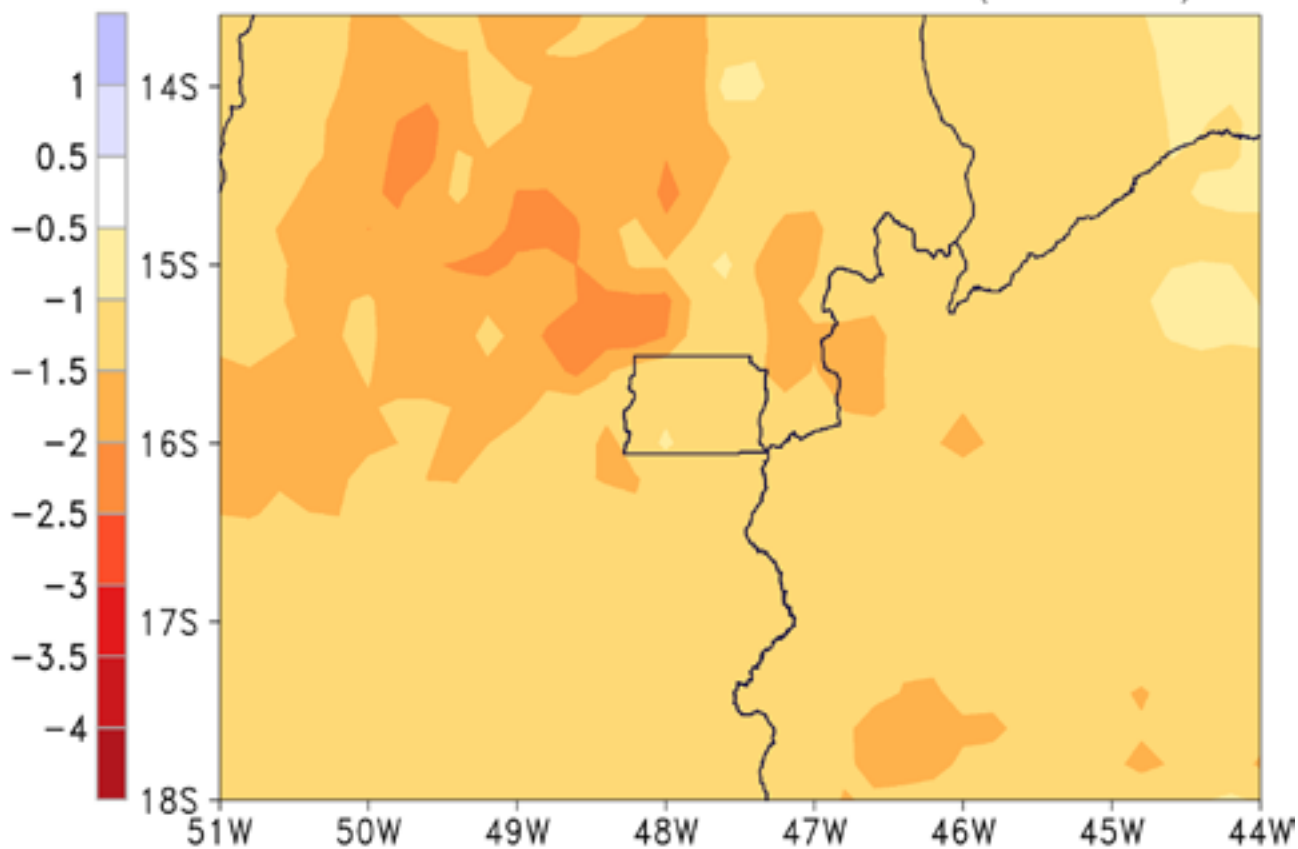




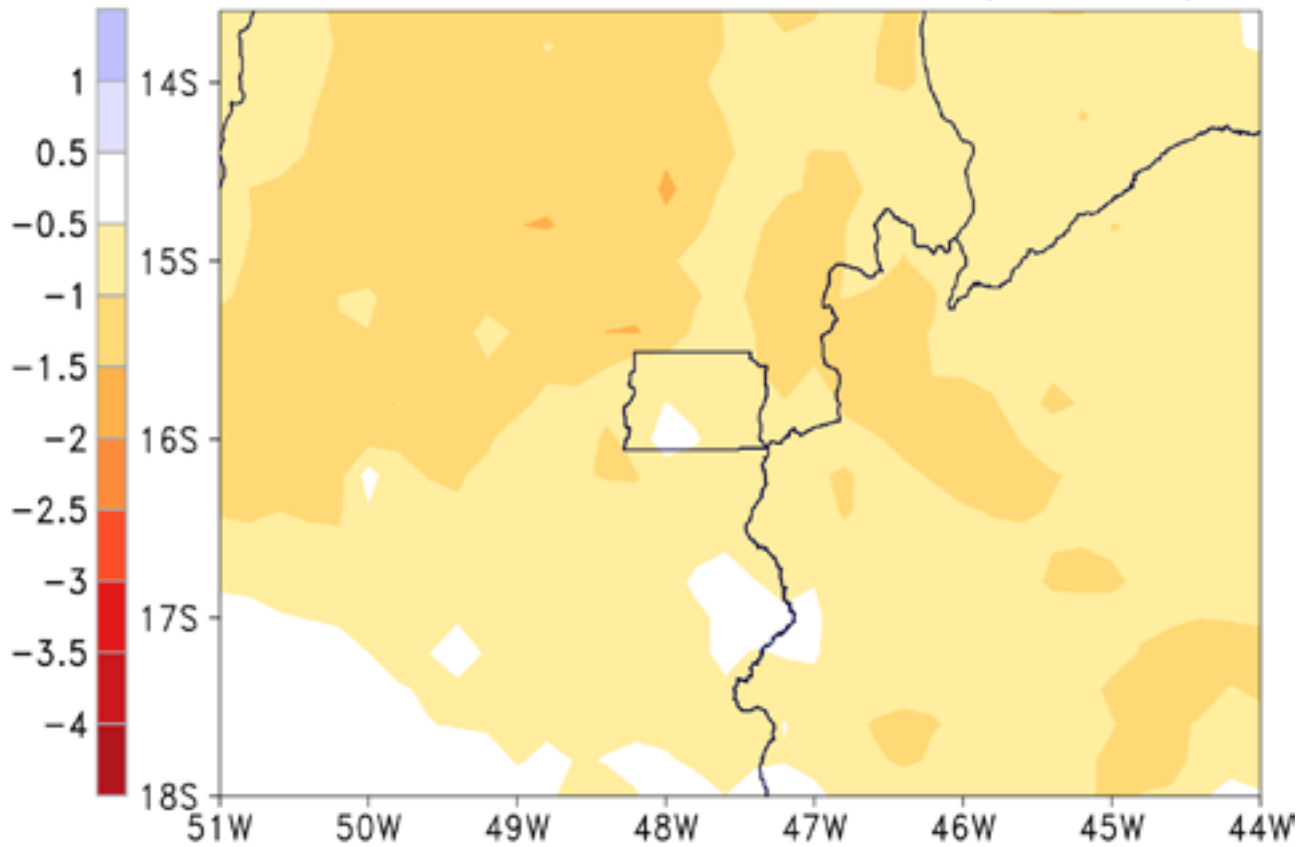
Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Media Sazonal JJA (2011-2040)



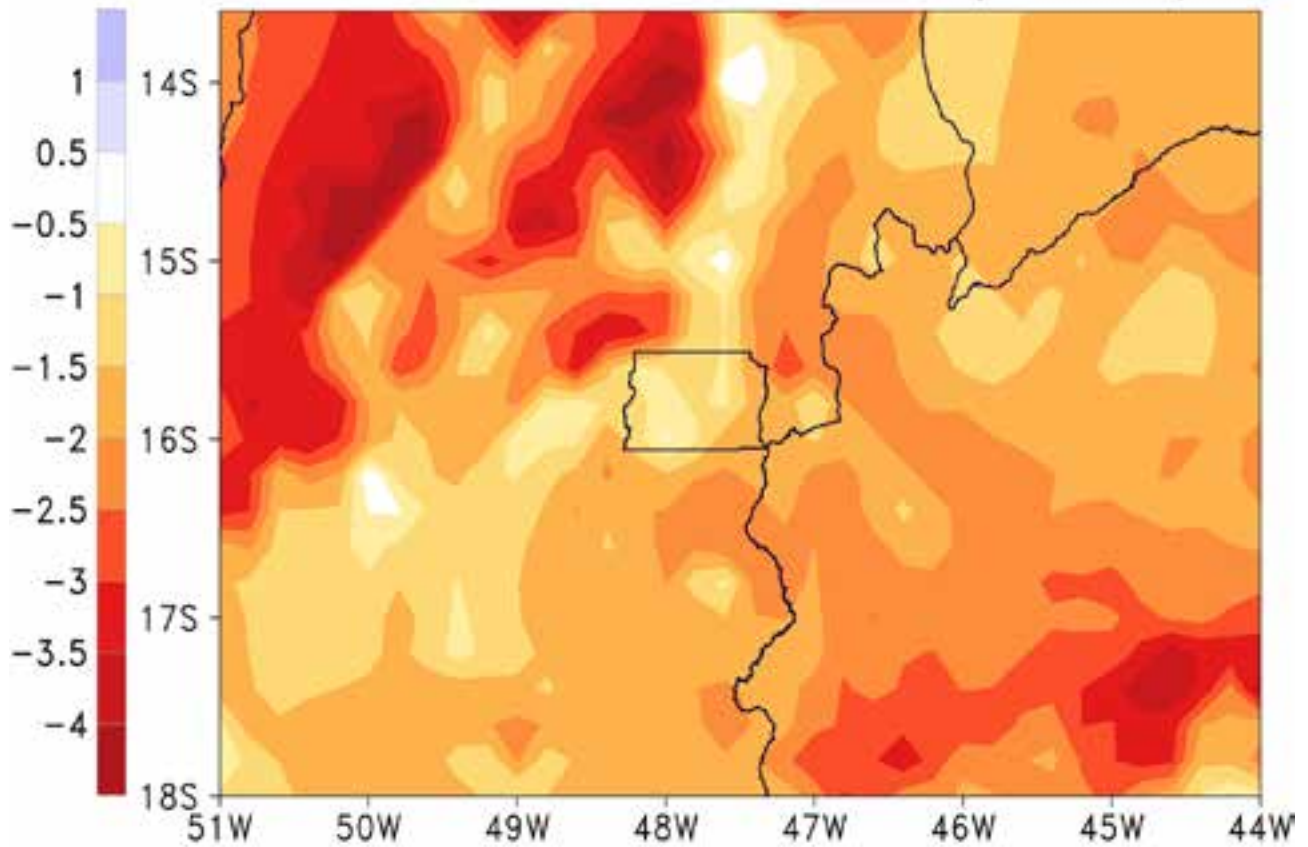
Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal SON (2011-2040)



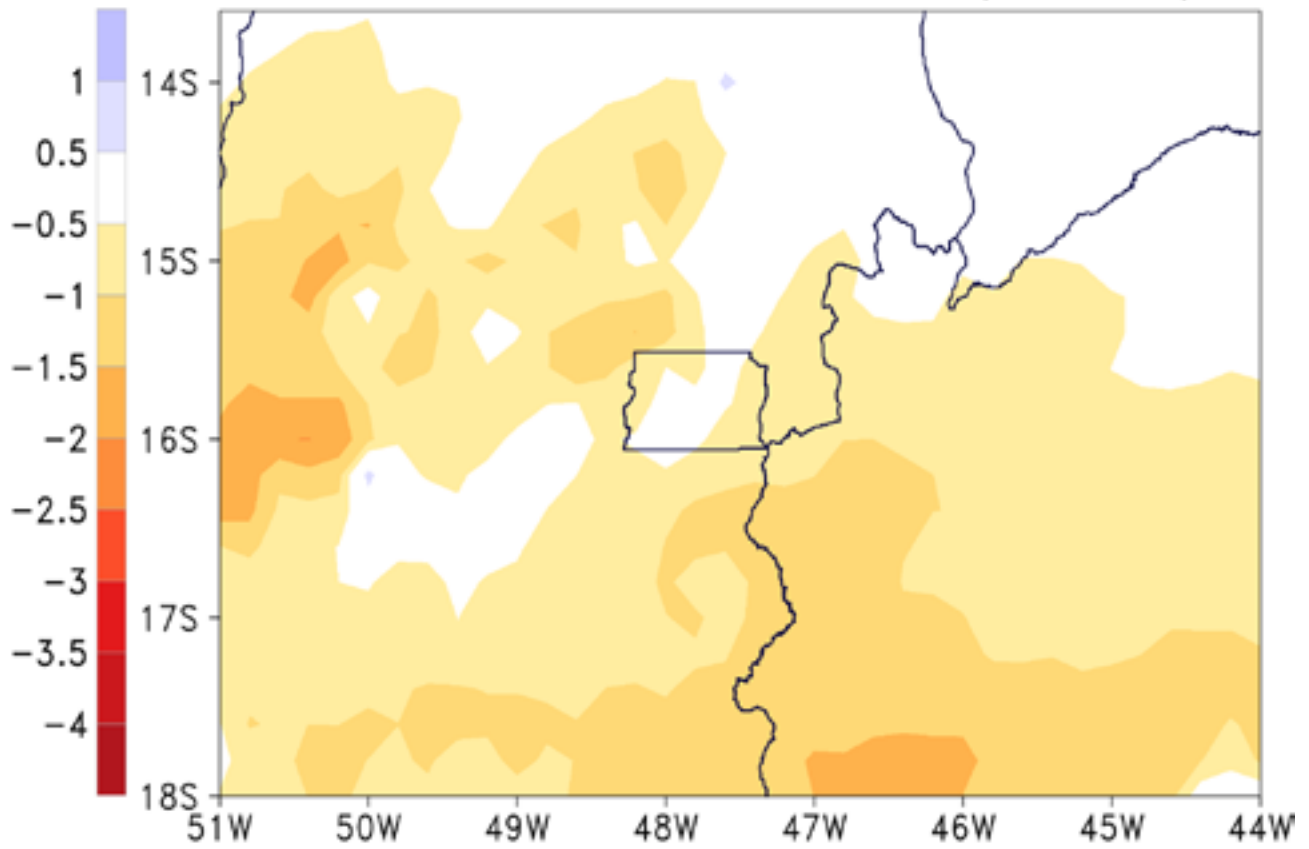
Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferenca Media Sazonal SON (2011-2040)



Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal DJF (2041-2070)

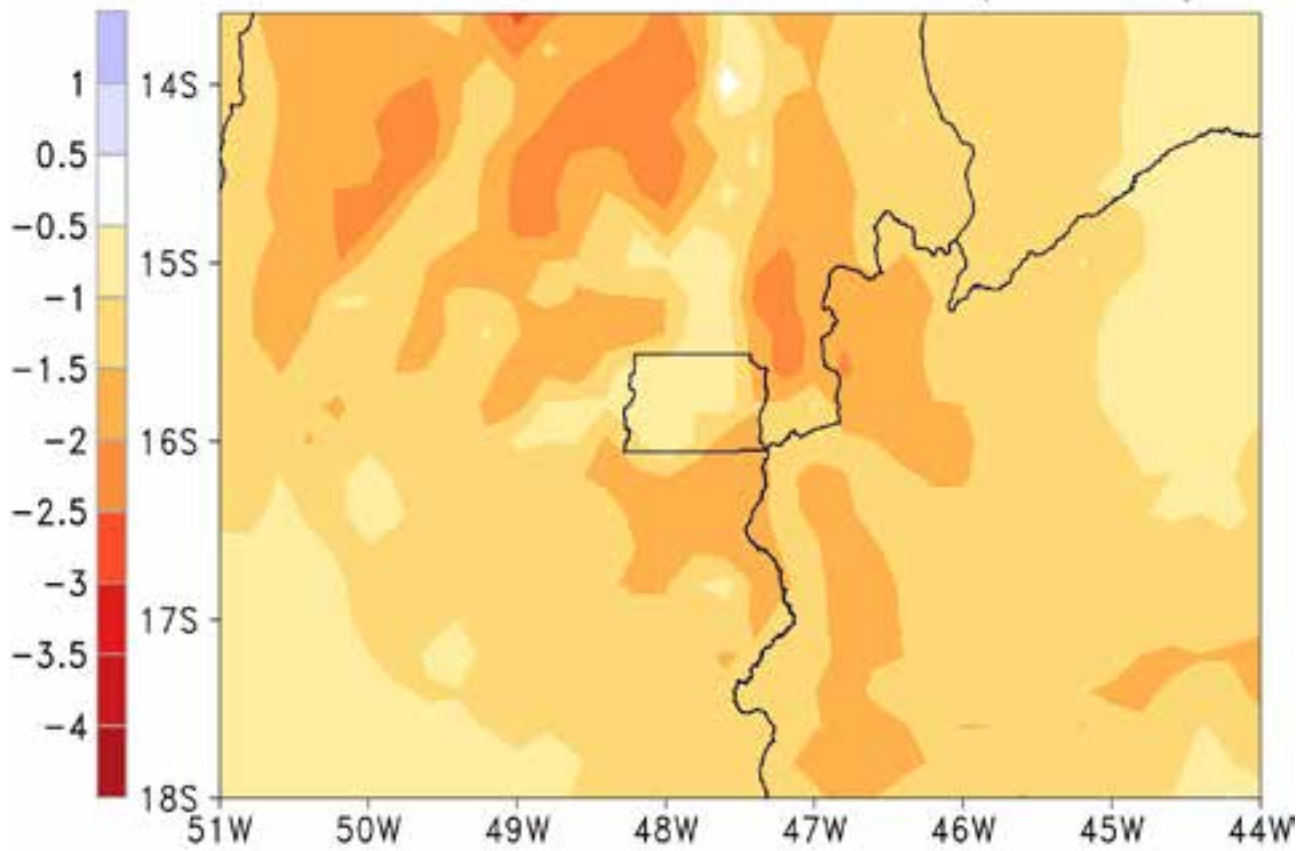


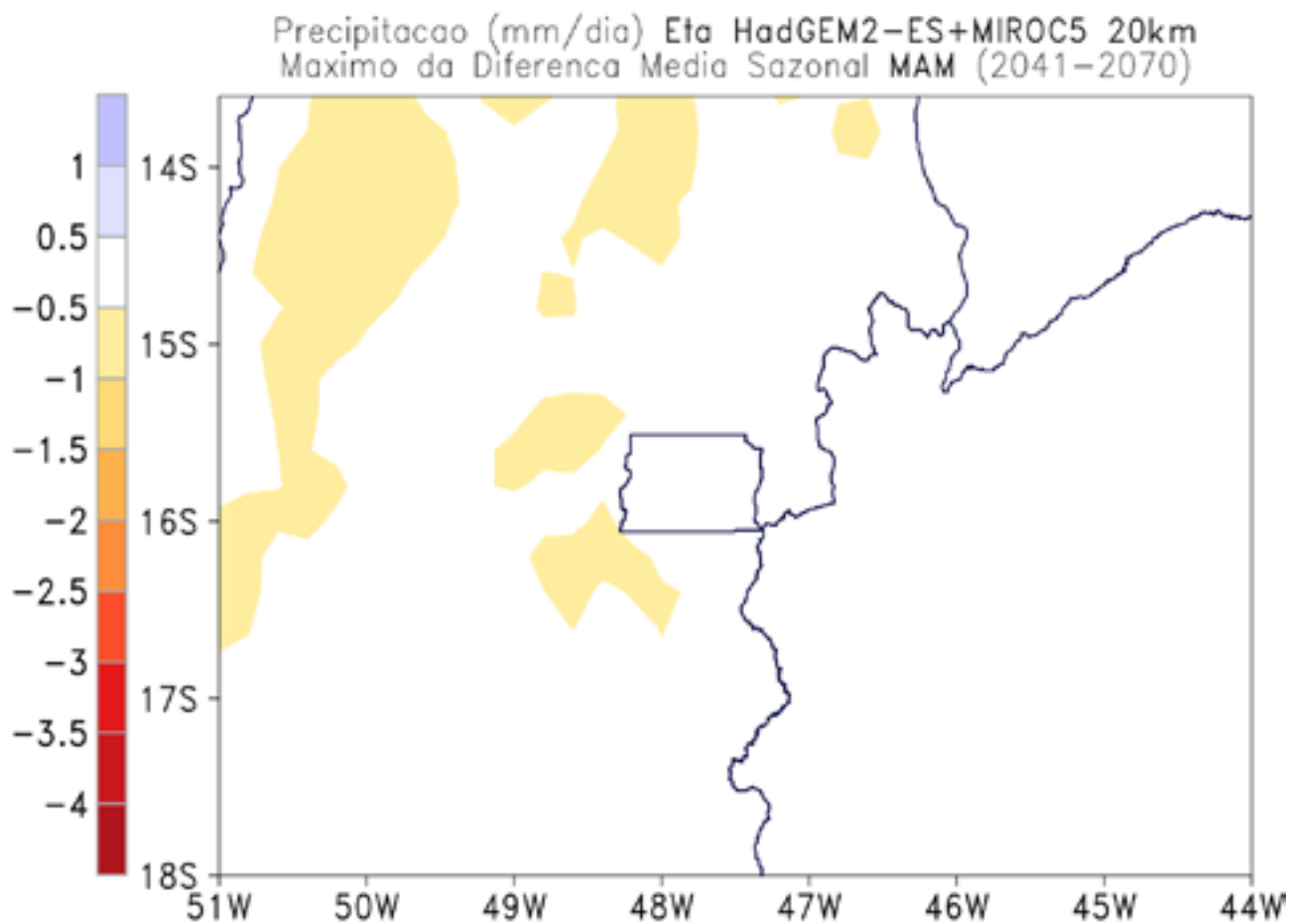
Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferenca Media Sazonal DJF (2041-2070)



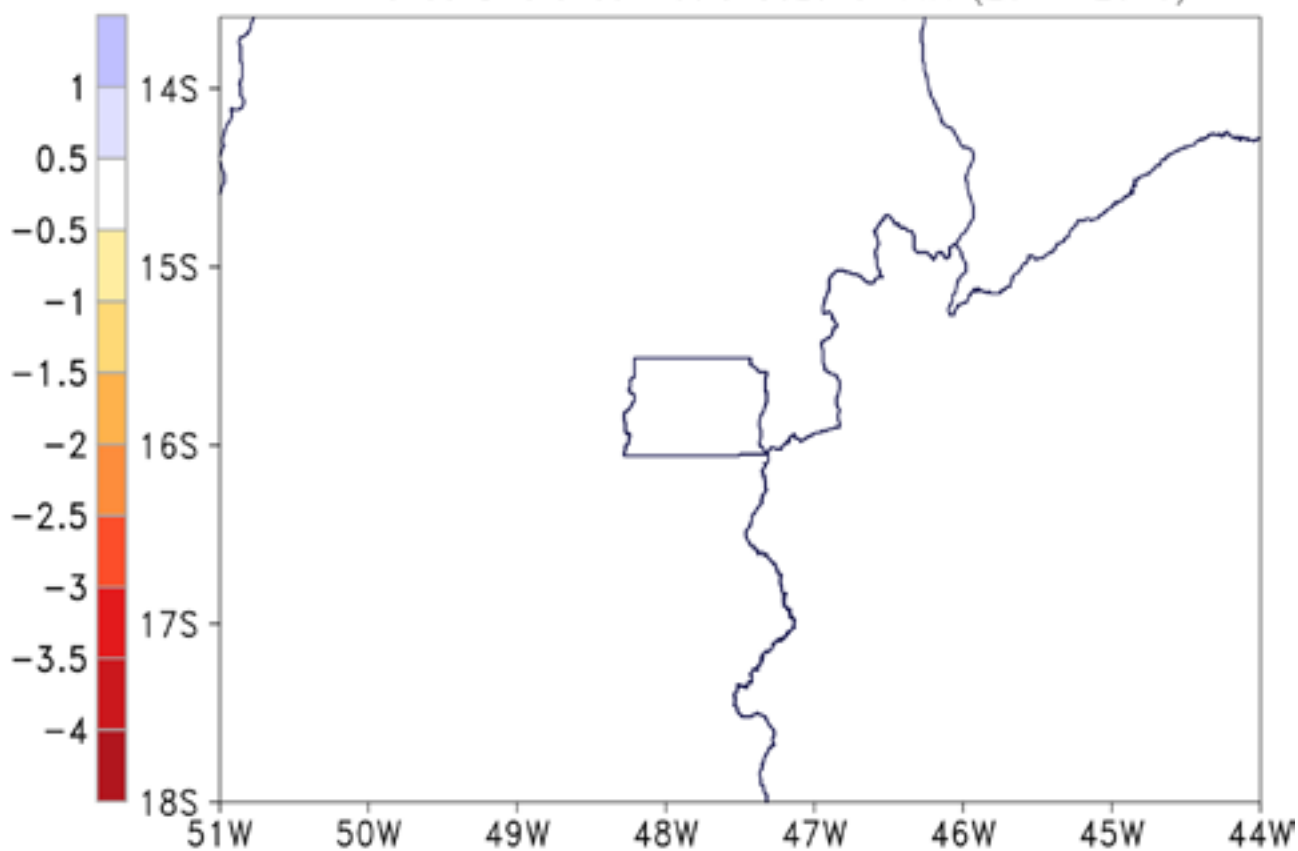


Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal MAM (2041-2070)

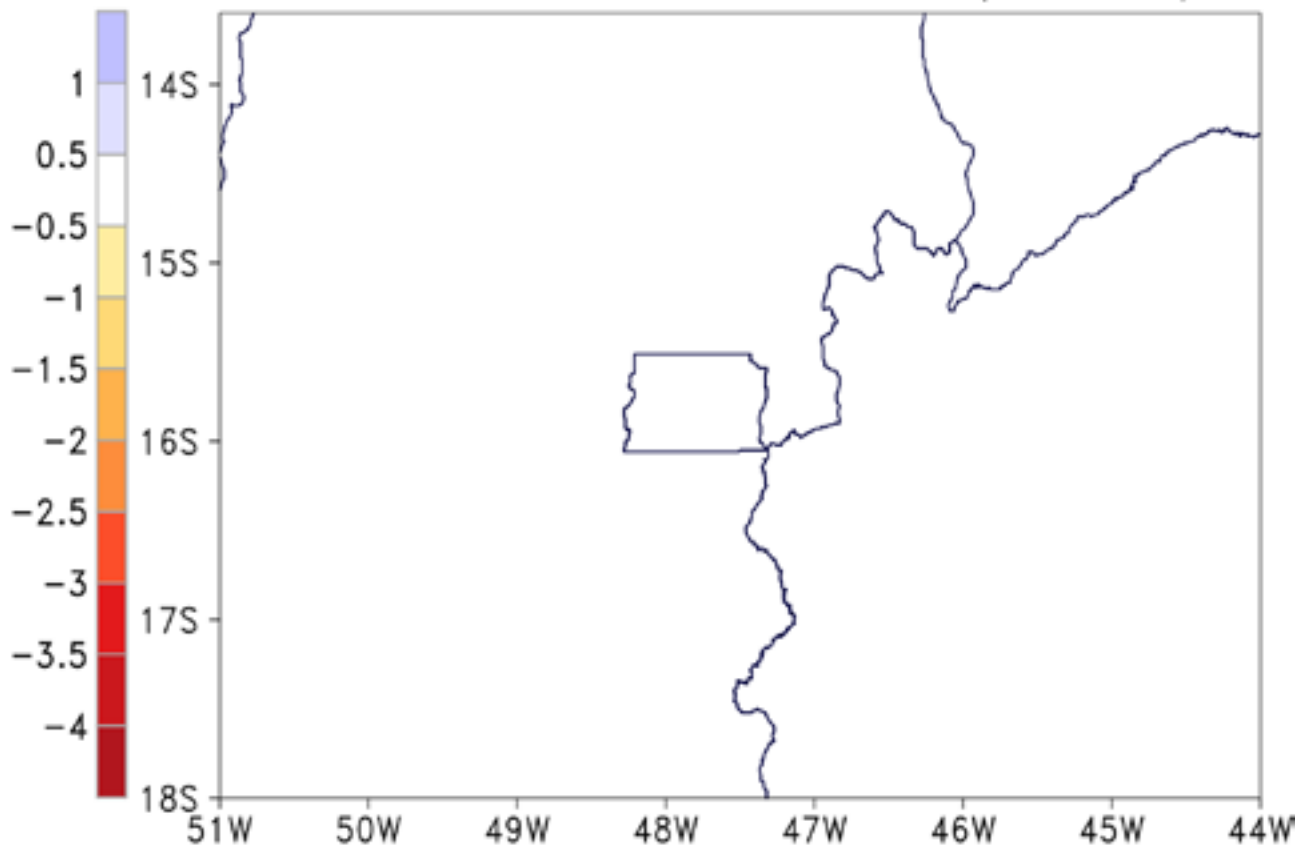




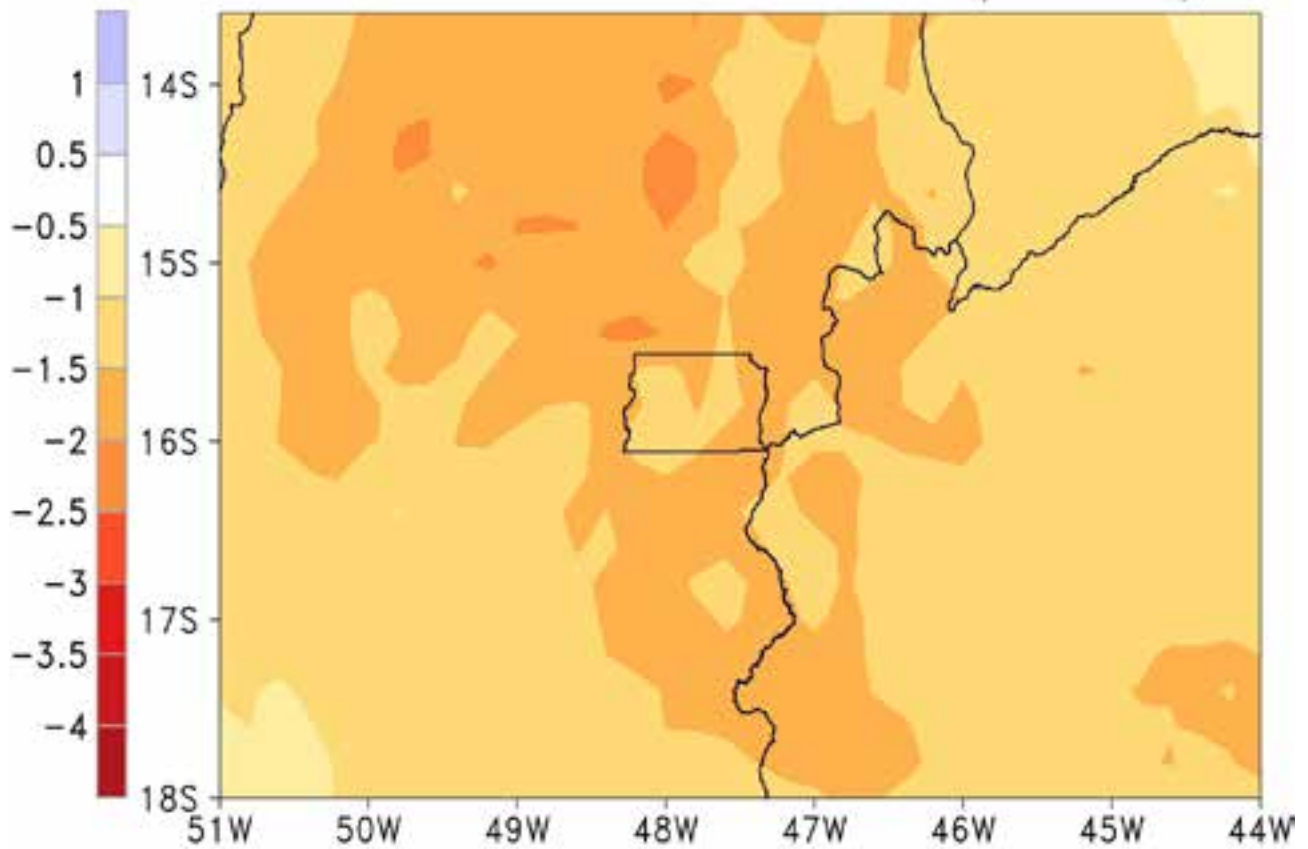
Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Minimo da Diferenca Media Sazonal JJA (2041-2070)



Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Media Sazonal JJA (2041-2070)

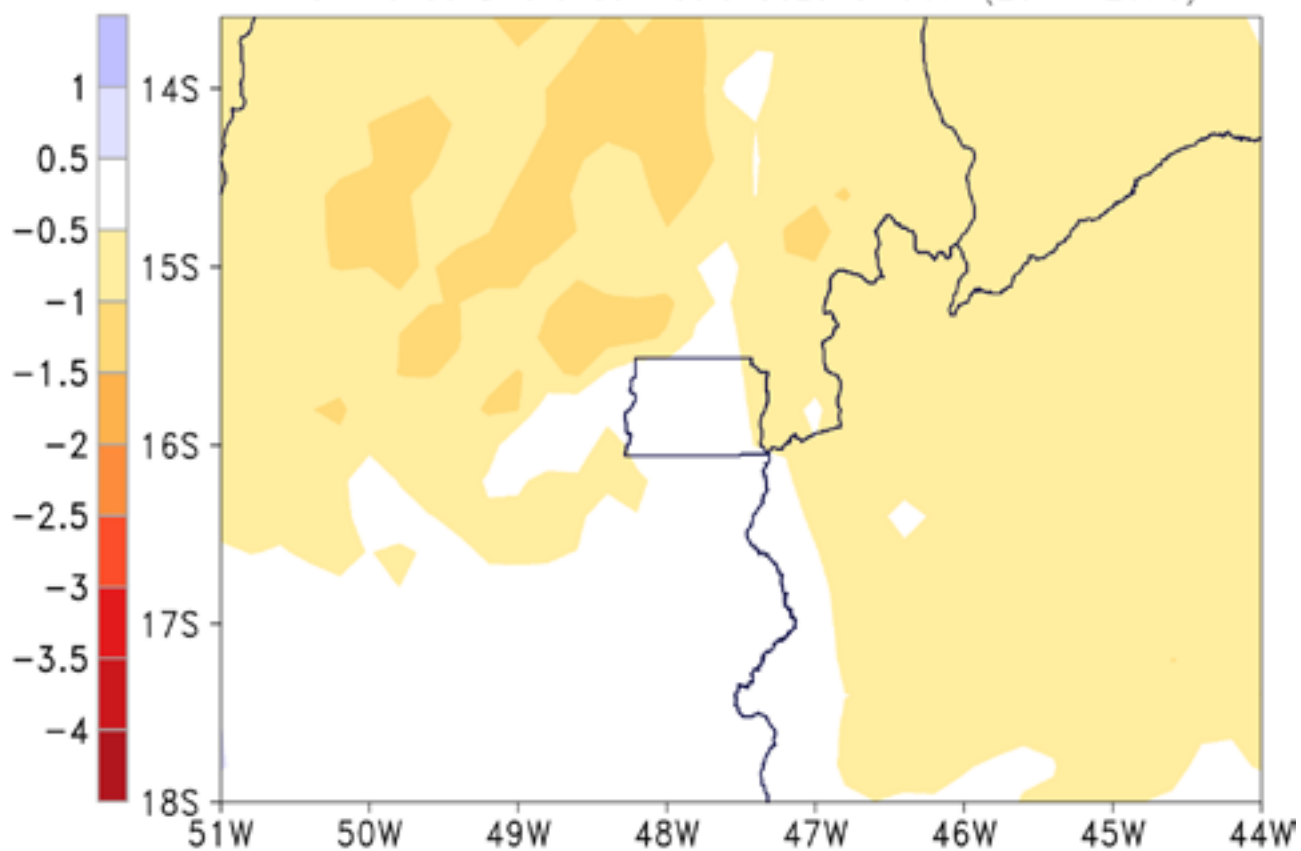


Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal SON (2041-2070)

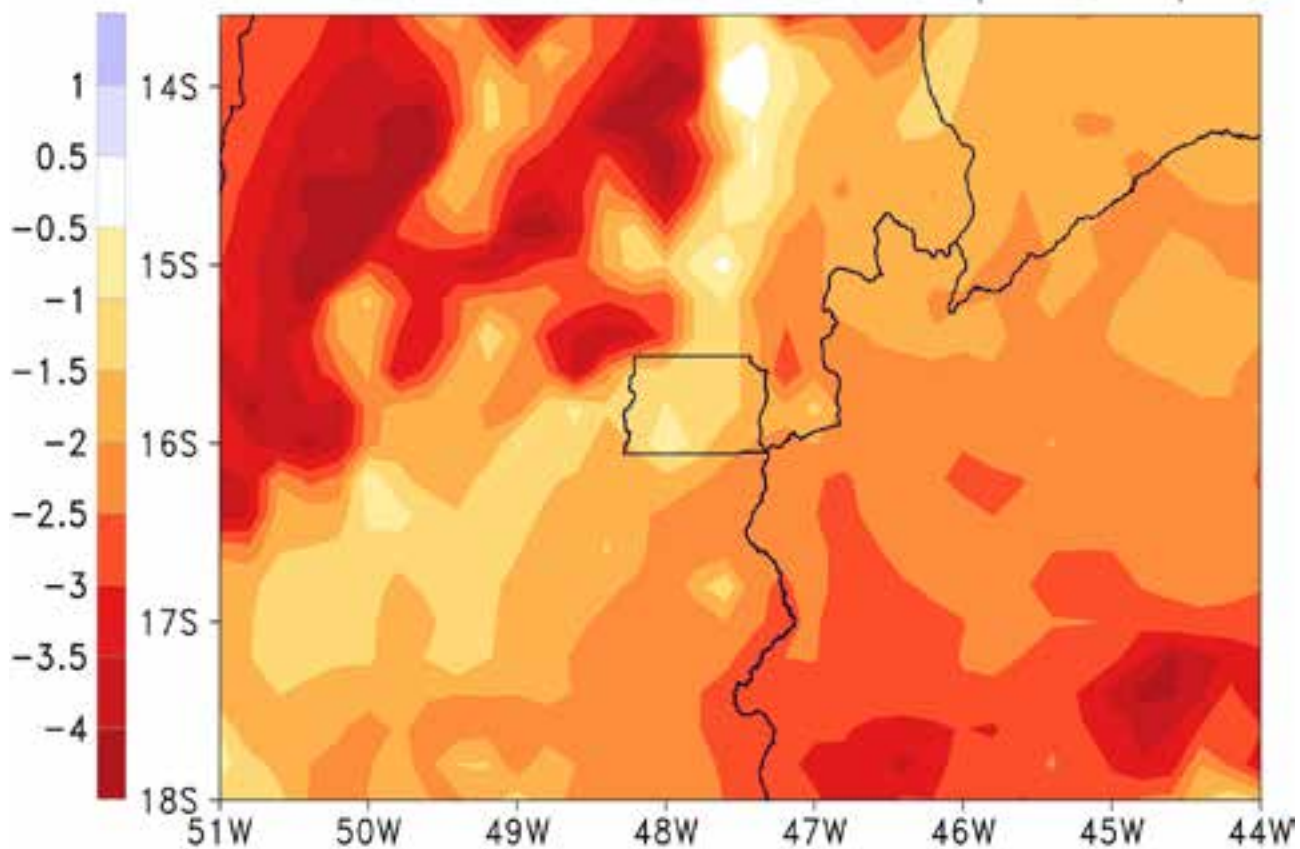




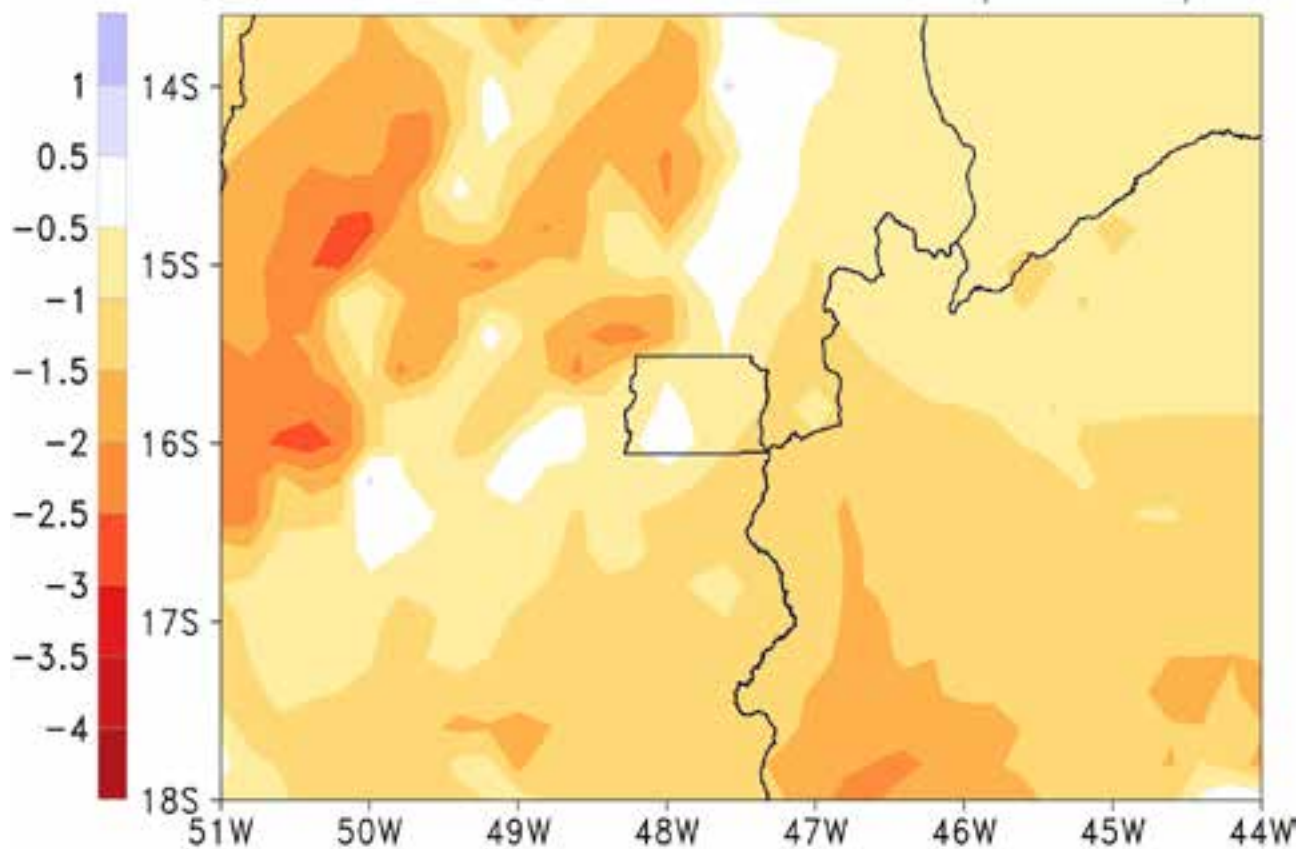
Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Media Sazonal SON (2041-2070)



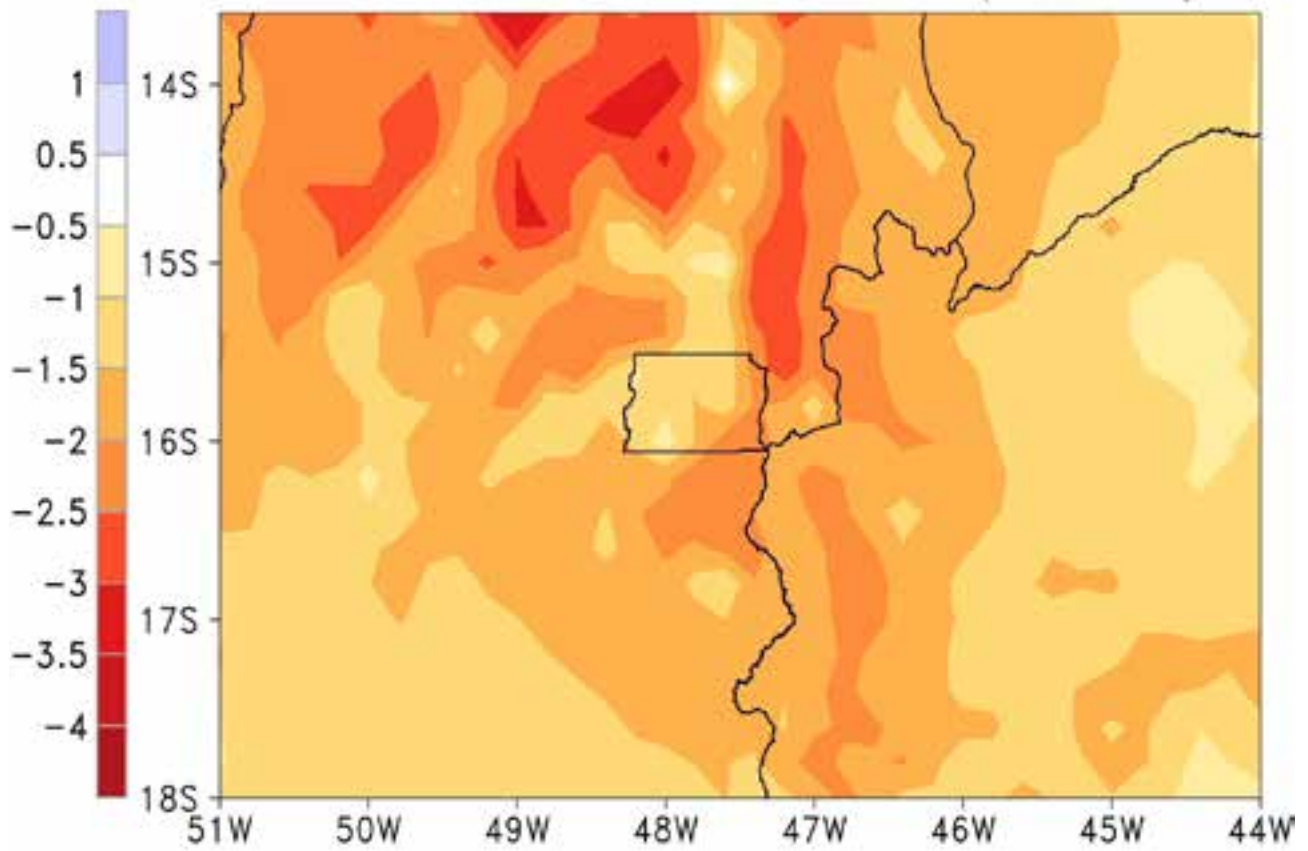
Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal DJF (2071-2099)



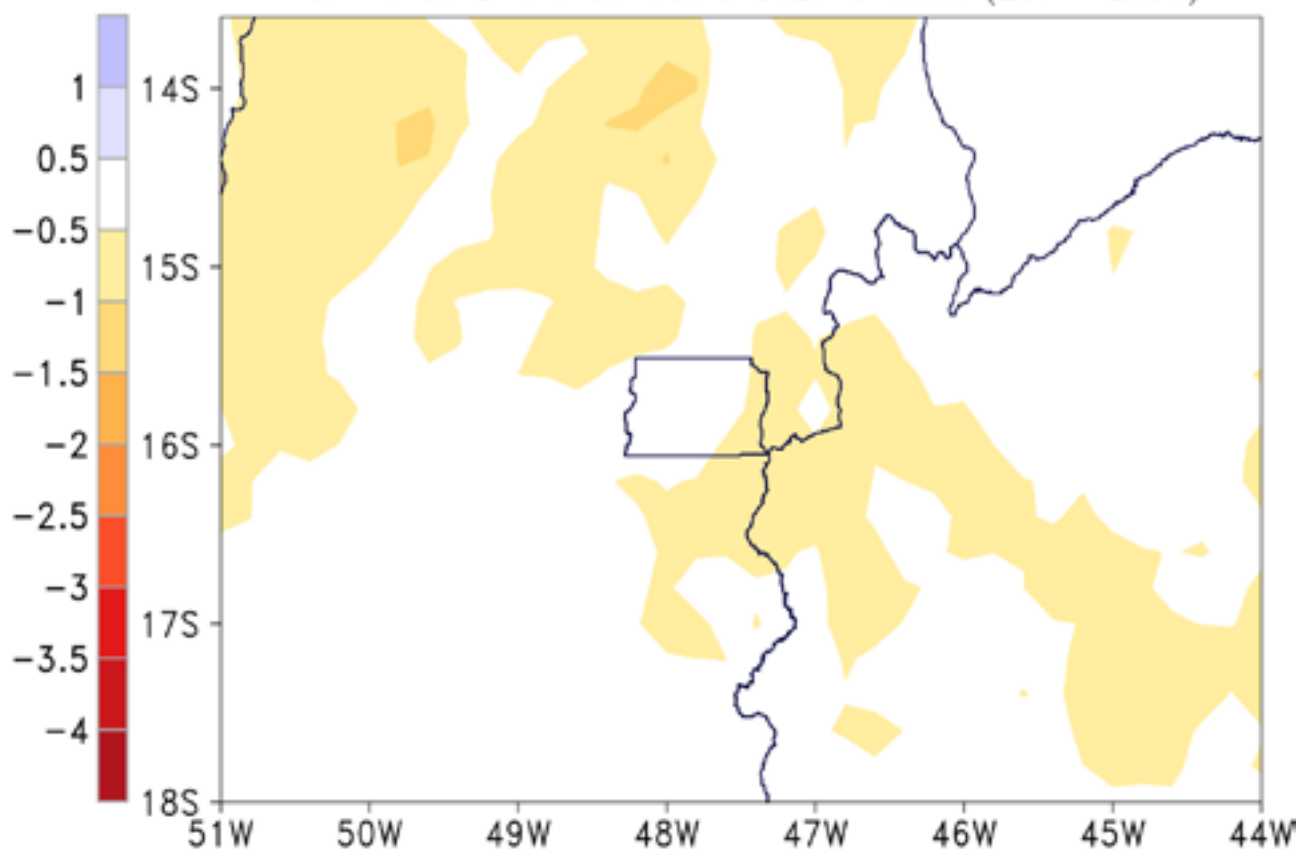
Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Média Sazonal DJF (2071-2099)



Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Media Sazonal MAM (2071-2099)

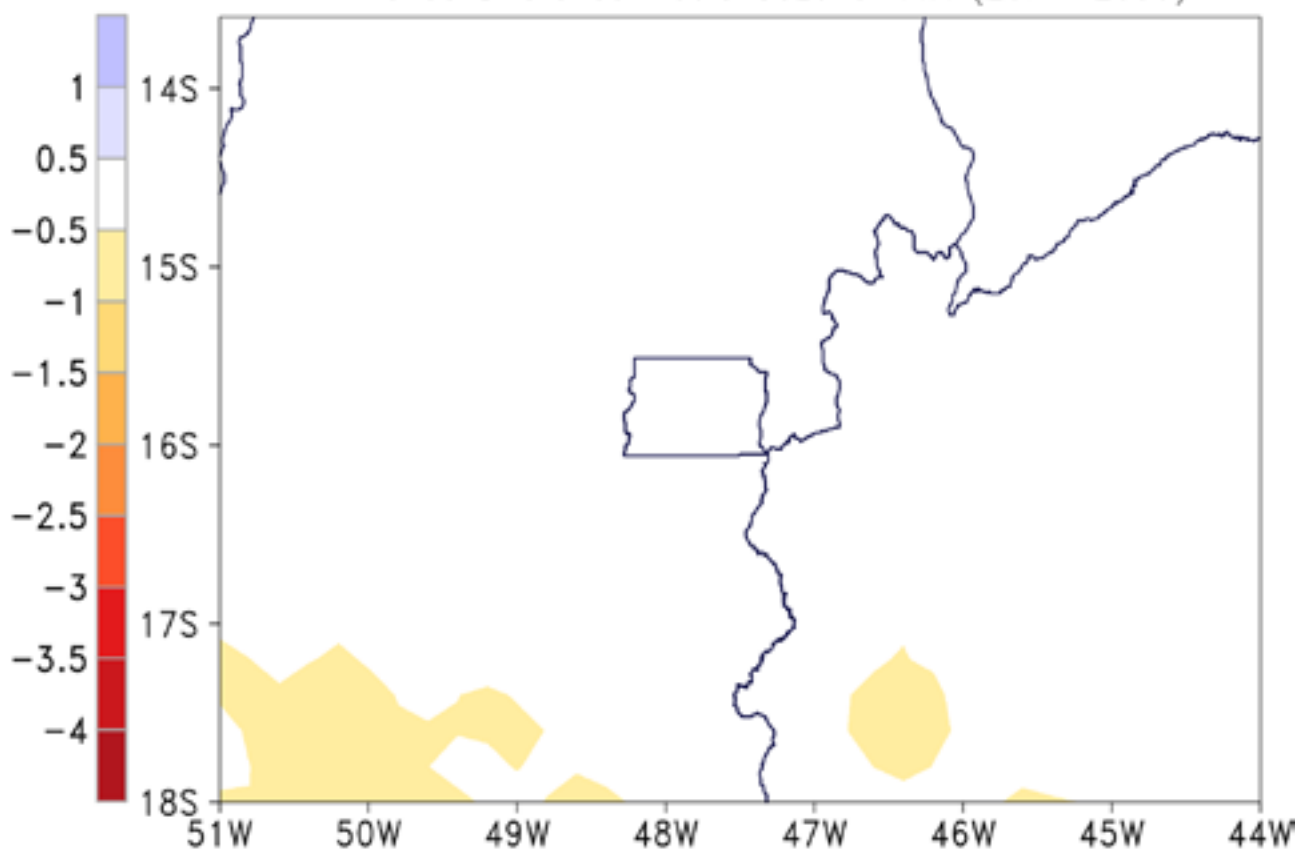


Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferenca Media Sazonal MAM (2071-2099)

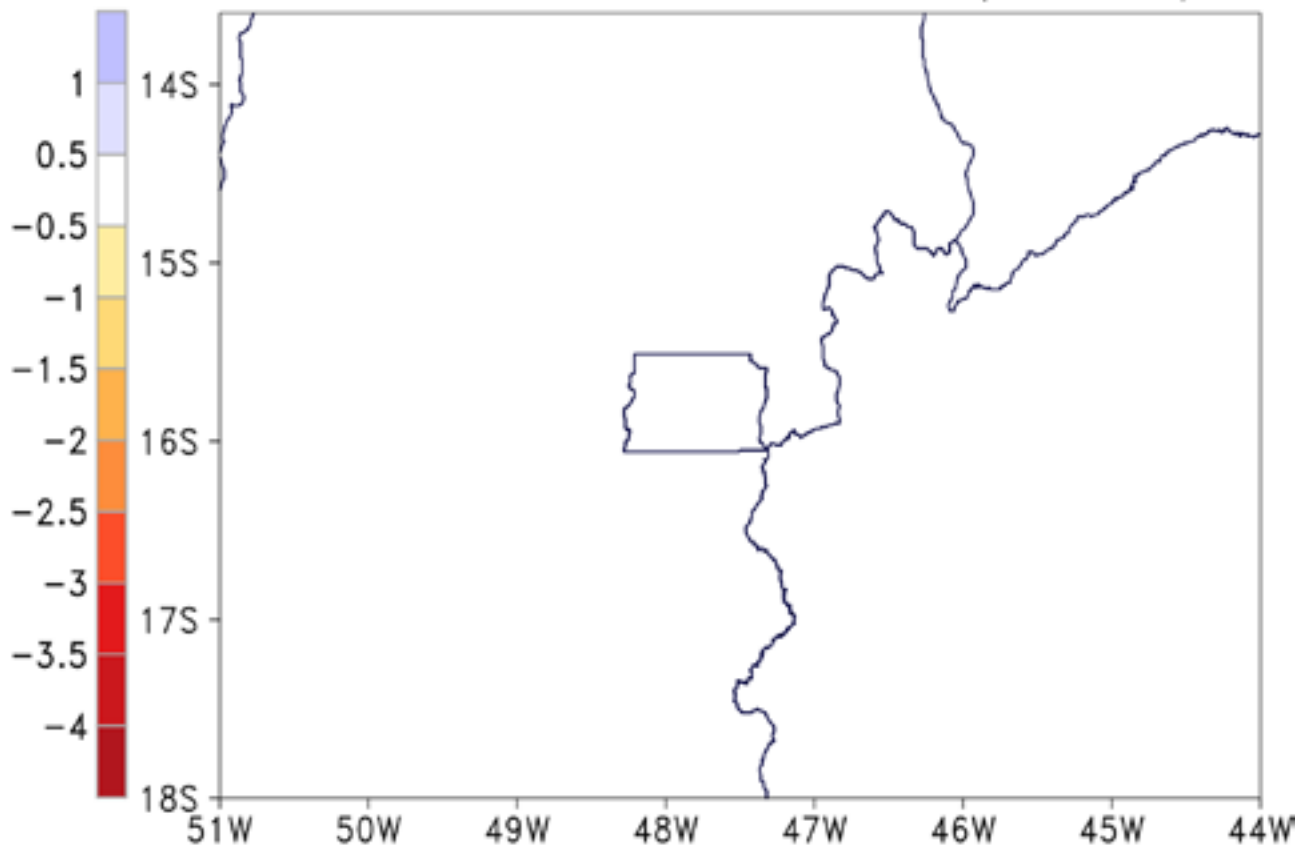




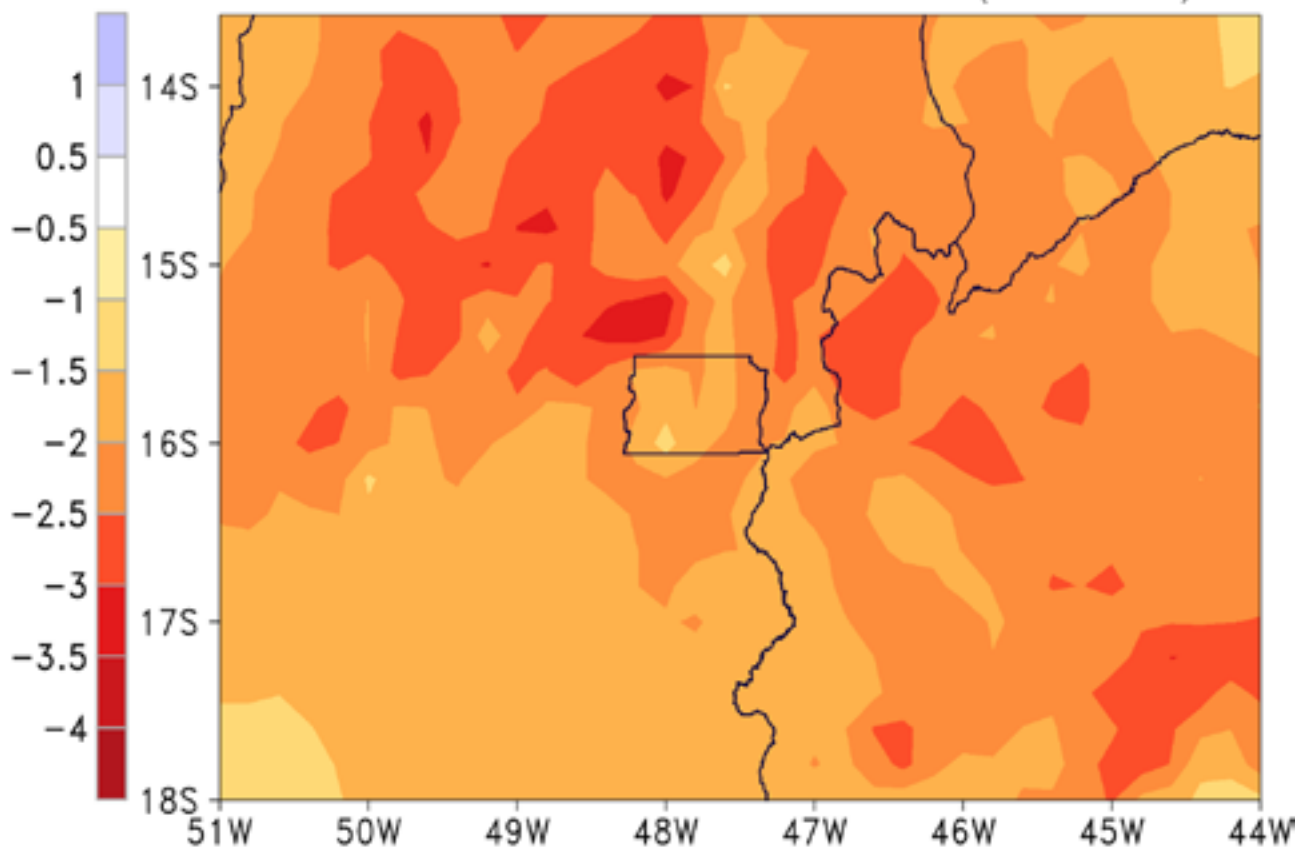
Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Minimo da Diferenca Media Sazonal JJA (2071-2099)



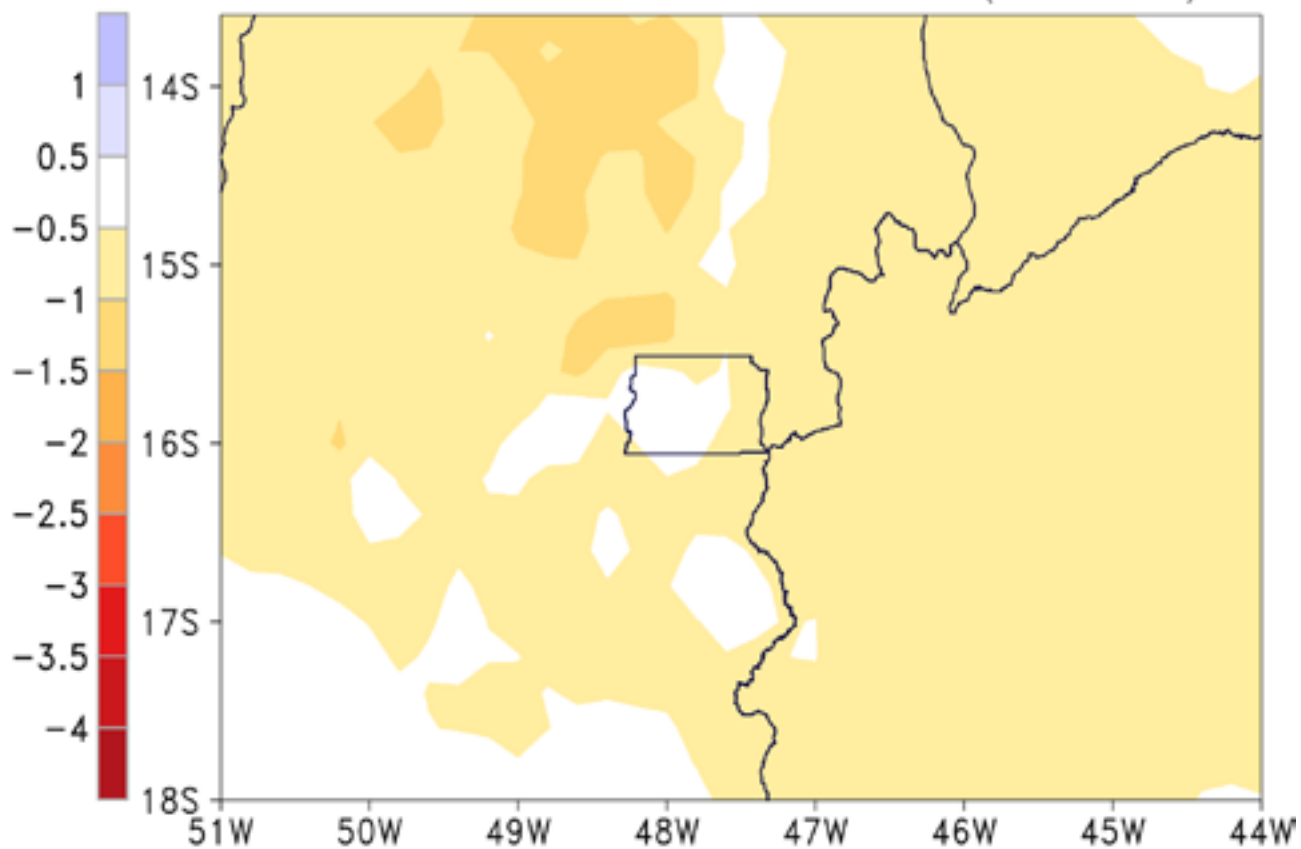
Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Media Sazonal JJA (2071-2099)



Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal SON (2071-2099)



Precipitacao (mm/dia) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferenca Media Sazonal SON (2071-2099)







ANEXO 2

# **TEMPERATURA FUTURA**



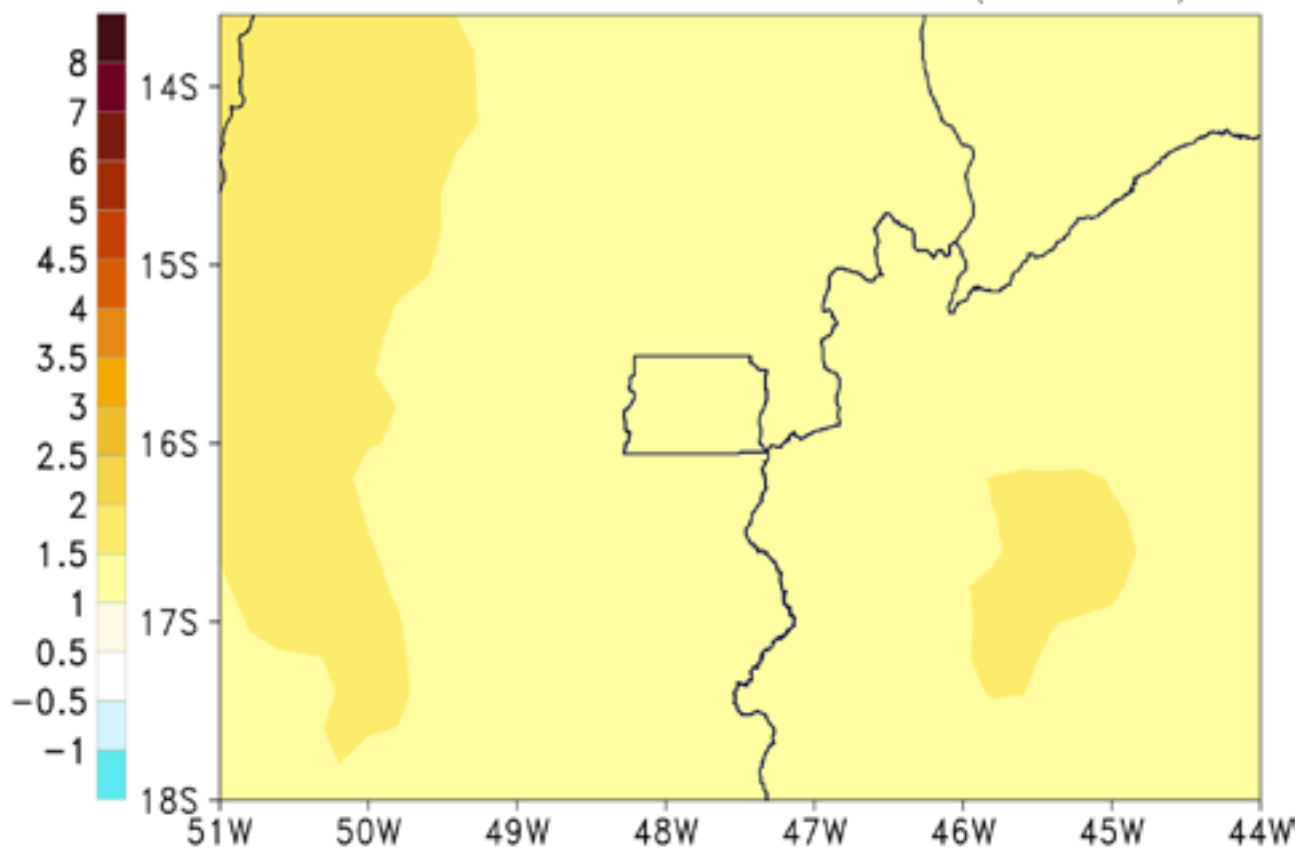
**MAPAS DE PROJEÇÃO DE TEMPERATURA A 2 m (°C),  
MÍNIMOS E MÁXIMOS POR TRIMESTRE, NOS TIMELICES  
2011-2040, 2041-2070 E 2071-2099, COM RESOLUÇÃO  
DE 20 Km, PARA O DF E RIDE. INPE, 2016.**

Diferenças entre as projeções futuras da Temperatura a 2 m (°C) extraídas de quatro membros, os modelos Eta HadGEM2-ES 20km e Eta MIROC5 20km nos cenários RCP4.5 e RCP8.5, e suas respectivas simulações do período histórico de 1961-1990, para as quatro estações do ano (Verão, Outono, Inverno e Primavera), representadas pelos trimestres: Dezembro-Janeiro-Fevereiro (DJF), Março-Abril-Maio (MAM), Junho-Julho-Agosto (JJA) e Setembro-Outubro-Novembro (SON). Os valores MÍNIMOS e MÁXIMOS representam, respectivamente, os menores e maiores valores das diferenças para o período (timeslice 2011-2040, 2041-2070, 2071-2099) entre ambos os modelos e cenários, para o Distrito Federal e Região Integrada de Desenvolvimento do DF e Entorno, Brasil. Mapas elaborados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para a Nota Técnica Mudança Climática no DF e Ride (2016).

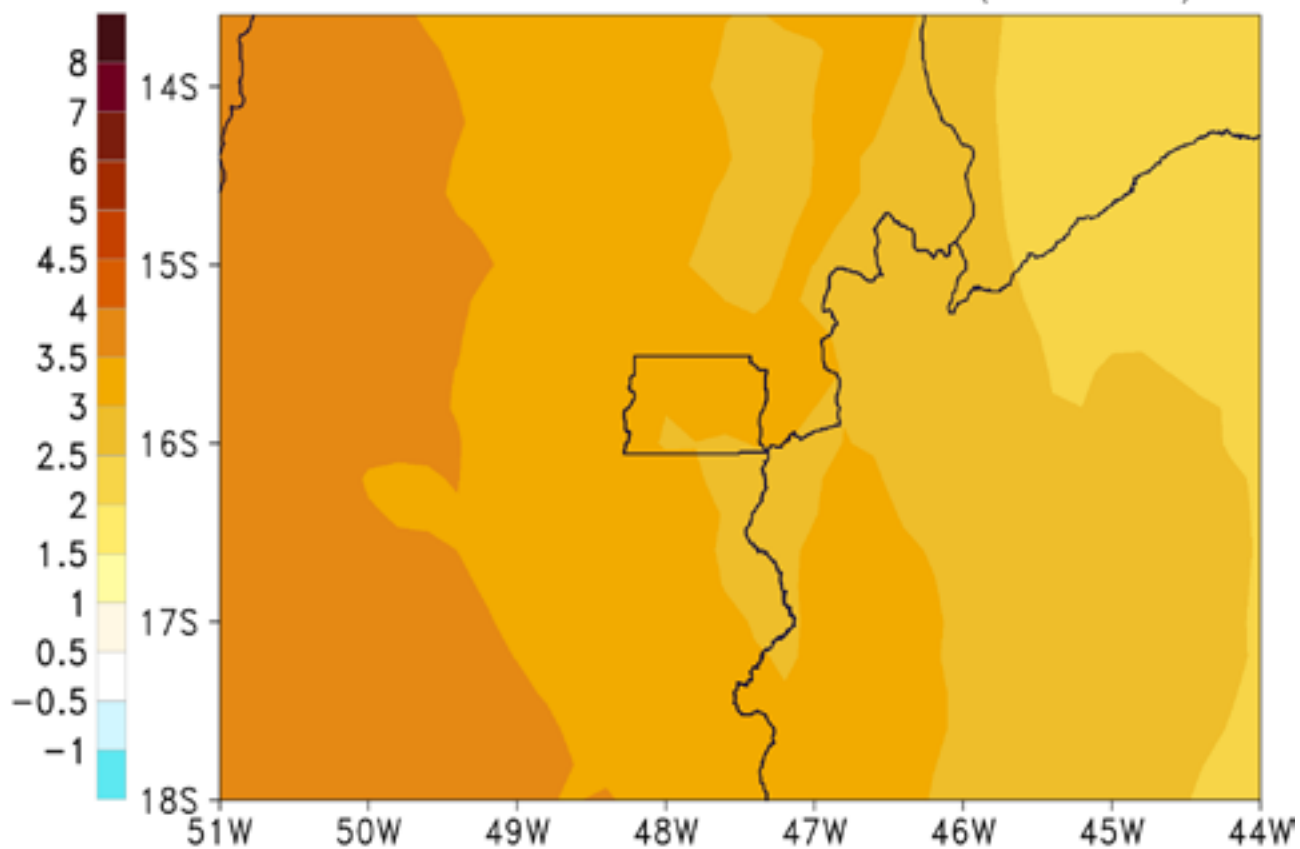
**ÍNDICE DOS MAPAS DE PROJEÇÃO DE TEMPERATURA A 2 m (°C), MÍNIMOS E MÁXIMOS POR TRIMESTRE, NOS TIMELICES 2011-2040, 2041-2070 E 2071-2099, PARA O DF E RIDE. INPE, 2016**

<b>MAPA Nº</b>	<b>VARIÁVEL</b>	<b>MÍN/MÁX</b>	<b>ANO</b>	<b>TRIMESTRE</b>	<b>PÁGINA</b>
1	TEMPERATURA	Mínima	2011-2040	DJF	140
2	TEMPERATURA	Máxima	2011-2040	DJF	141
3	TEMPERATURA	Mínima	2011-2040	MAM	142
4	TEMPERATURA	Máxima	2011-2040	MAM	143
5	TEMPERATURA	Mínima	2011-2040	JJA	144
6	TEMPERATURA	Máxima	2011-2040	JJA	145
7	TEMPERATURA	Mínima	2011-2040	SON	146
8	TEMPERATURA	Máxima	2011-2040	SON	147
9	TEMPERATURA	Mínima	2041-2070	DJF	148
10	TEMPERATURA	Máxima	2041-2070	DJF	149
11	TEMPERATURA	Mínima	2041-2070	MAM	150
12	TEMPERATURA	Máxima	2041-2070	MAM	151
13	TEMPERATURA	Mínima	2041-2070	JJA	152
14	TEMPERATURA	Máxima	2041-2070	JJA	153
15	TEMPERATURA	Mínima	2041-2070	SON	154
16	TEMPERATURA	Máxima	2041-2070	SON	155
17	TEMPERATURA	Mínima	2071-2099	DJF	156
18	TEMPERATURA	Máxima	2071-2099	DJF	157
19	TEMPERATURA	Mínima	2071-2099	MAM	158
20	TEMPERATURA	Máxima	2071-2099	MAM	159
21	TEMPERATURA	Mínima	2071-2099	JJA	160
22	TEMPERATURA	Máxima	2071-2099	JJA	161
23	TEMPERATURA	Mínima	2071-2099	SON	162
24	TEMPERATURA	Máxima	2071-2099	SON	163

Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal DJF (2011-2040)

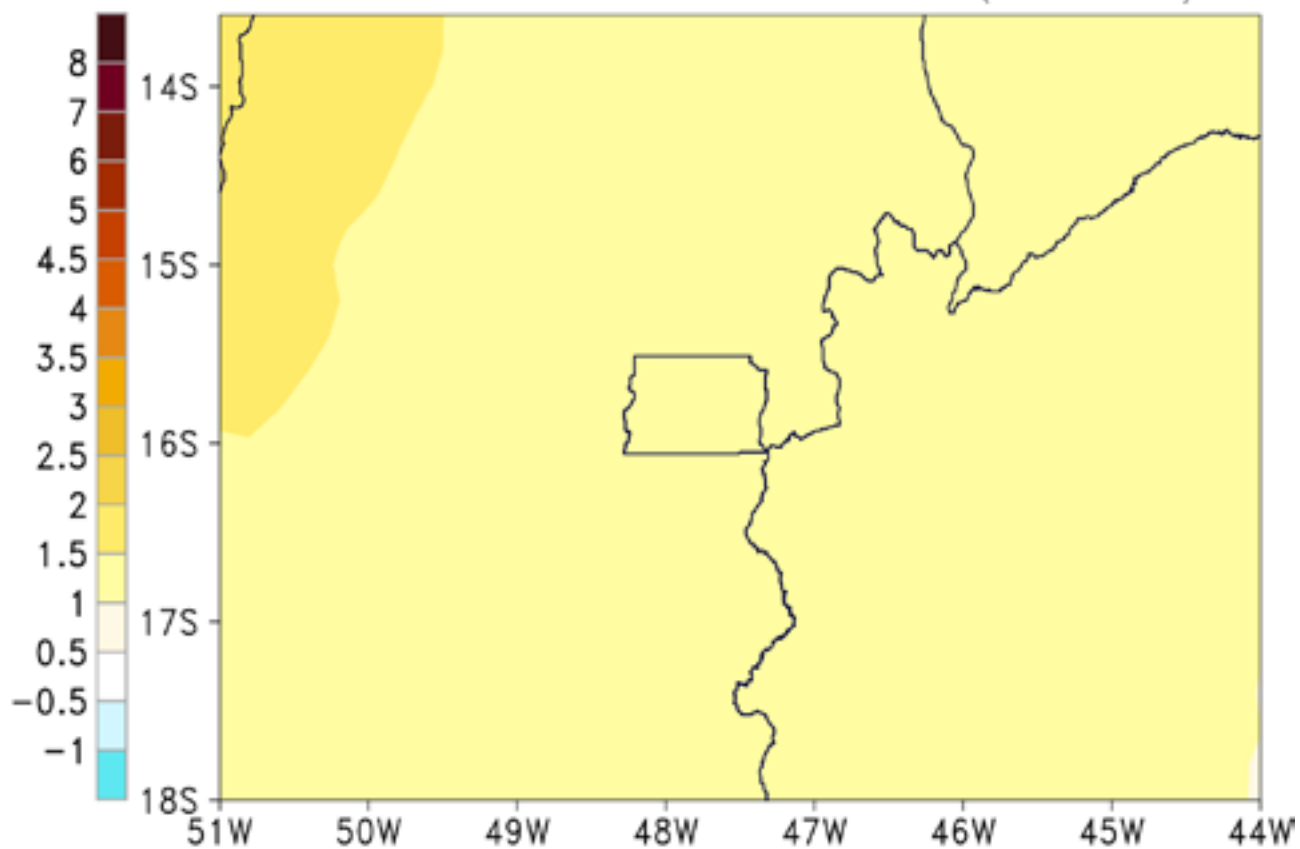


Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Média Sazonal DJF (2011-2040)

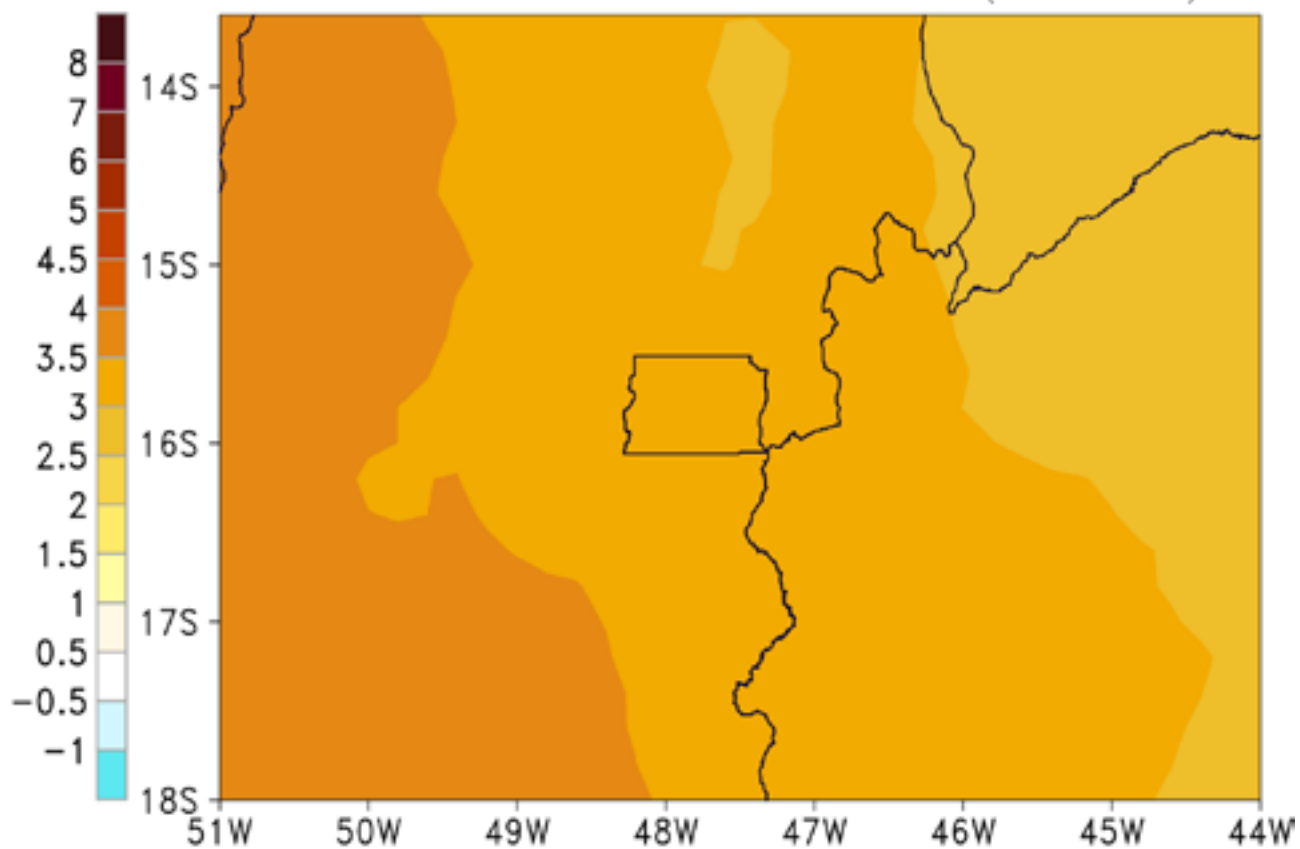




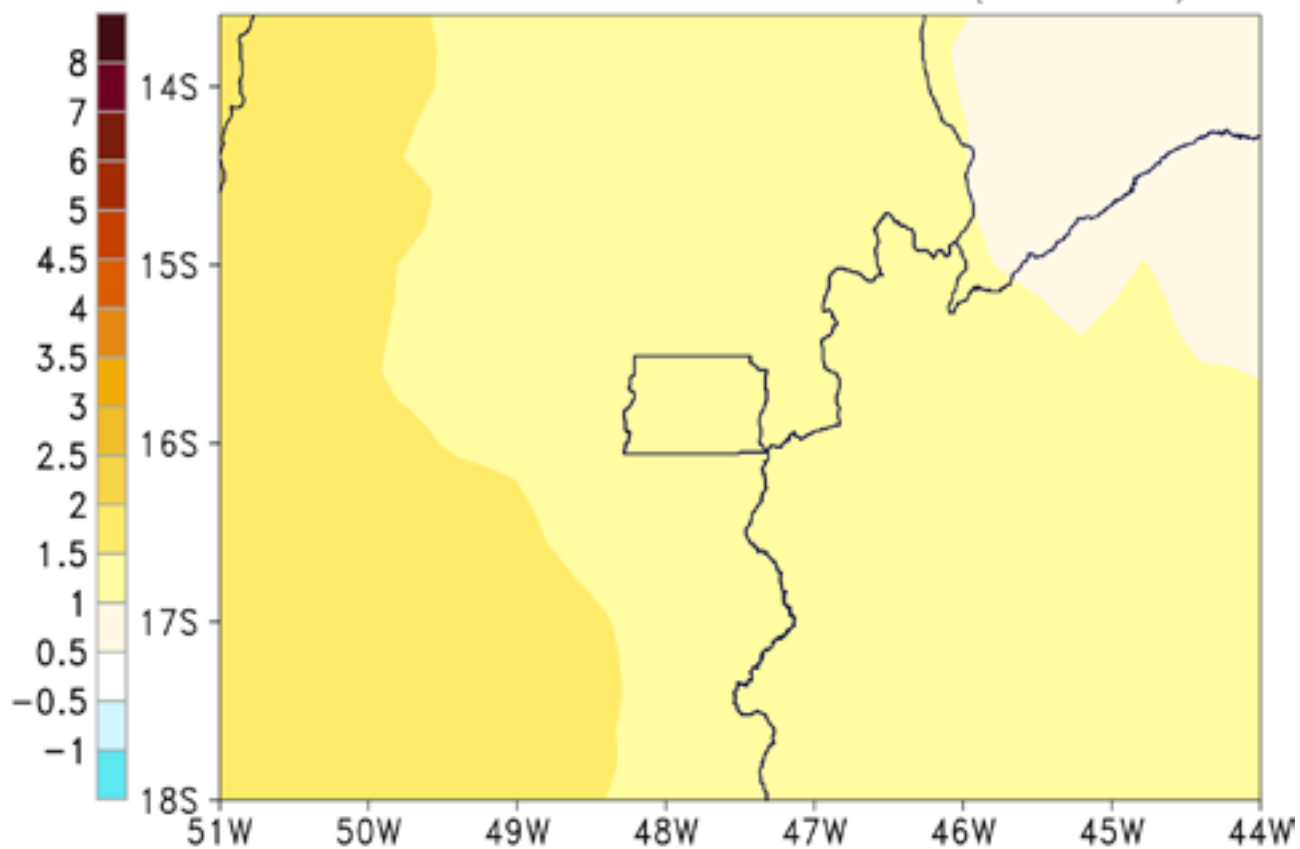
Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal MAM (2011-2040)



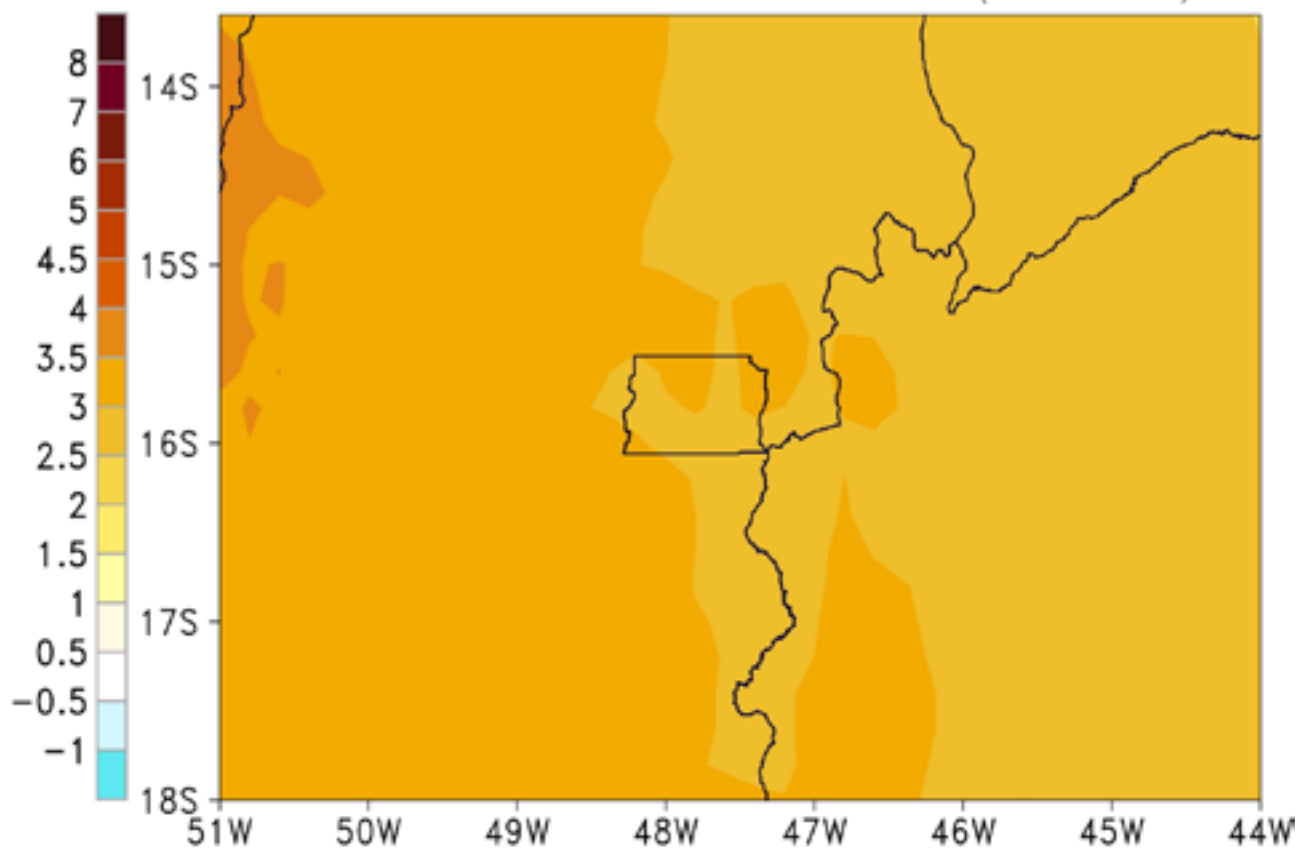
Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Media Sazonal MAM (2011-2040)



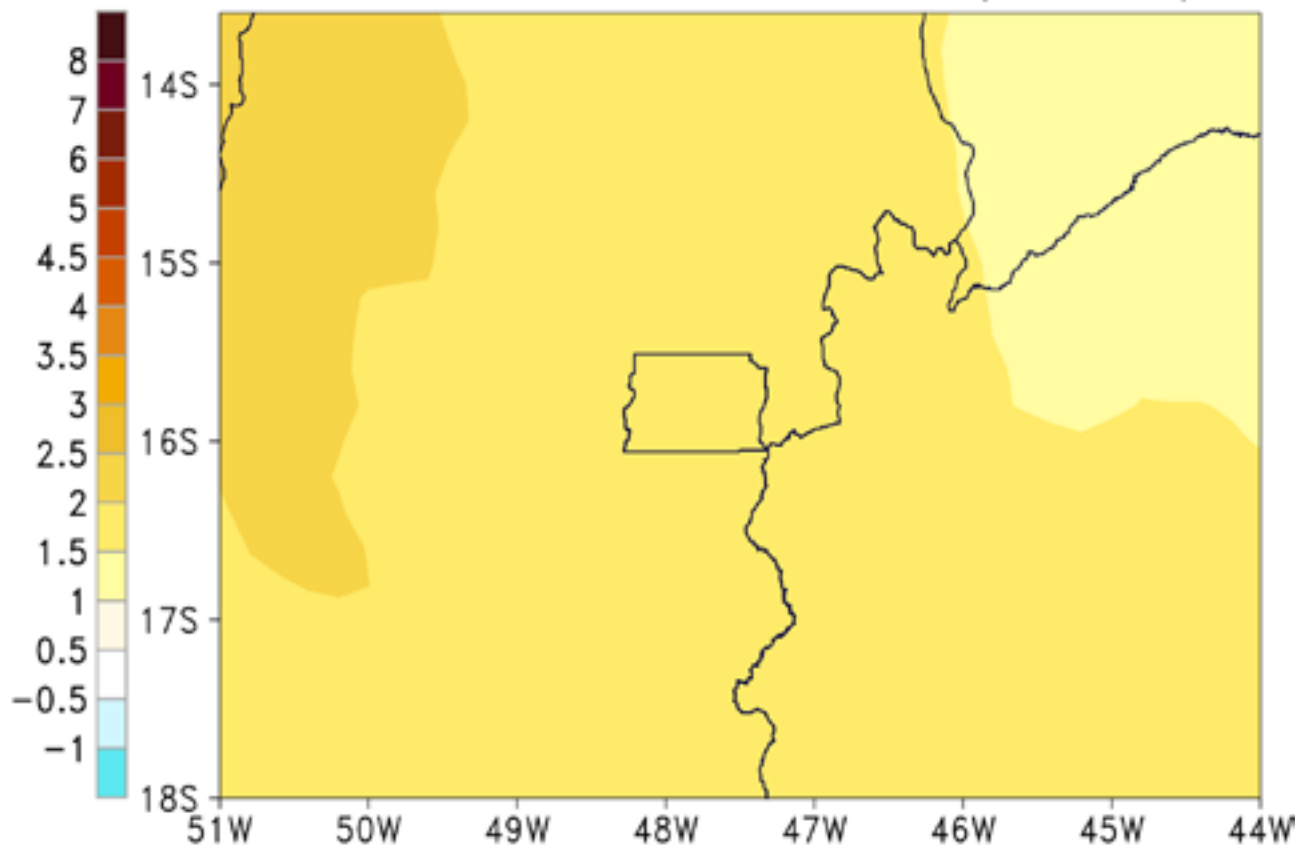
Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal JJA (2011-2040)



Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Media Sazonal JJA (2011-2040)

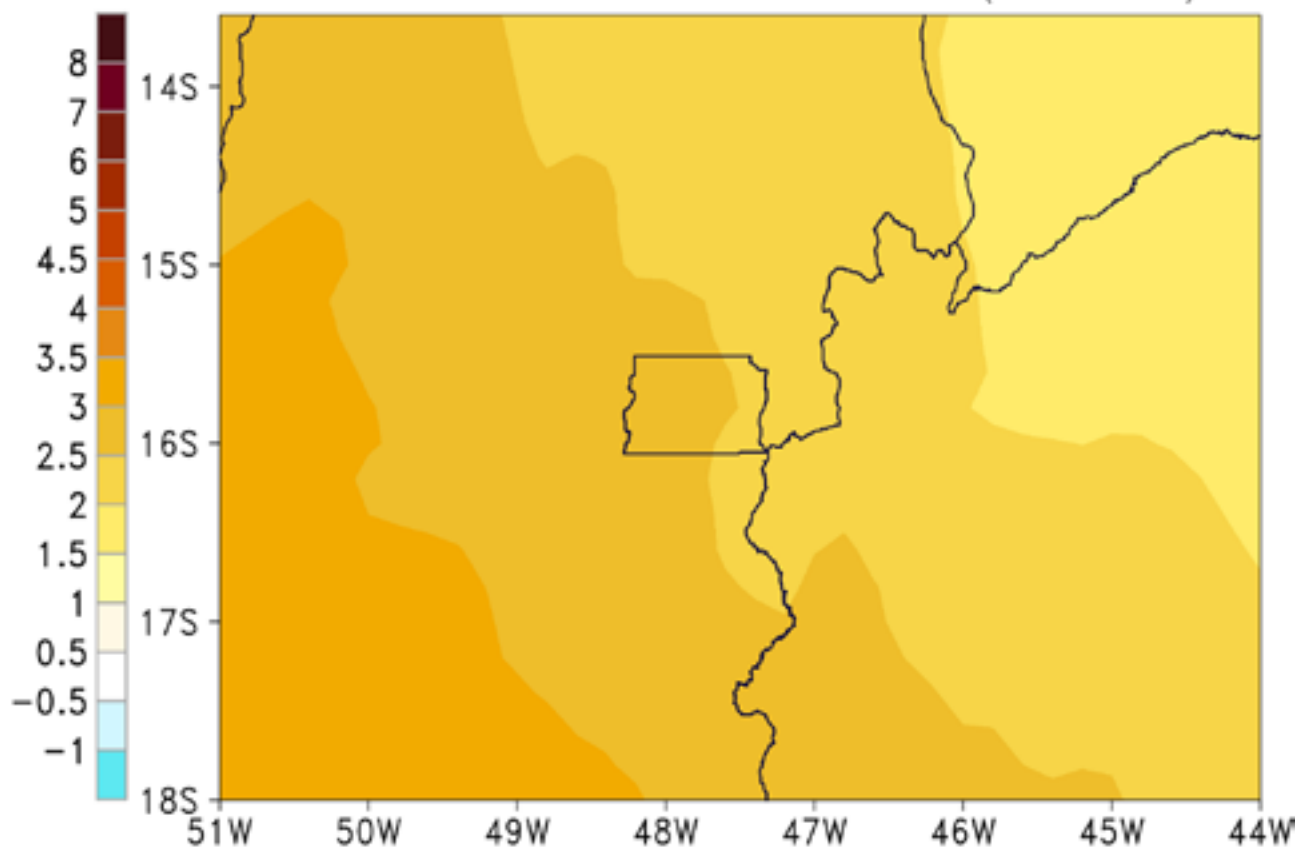


Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal SON (2011-2040)

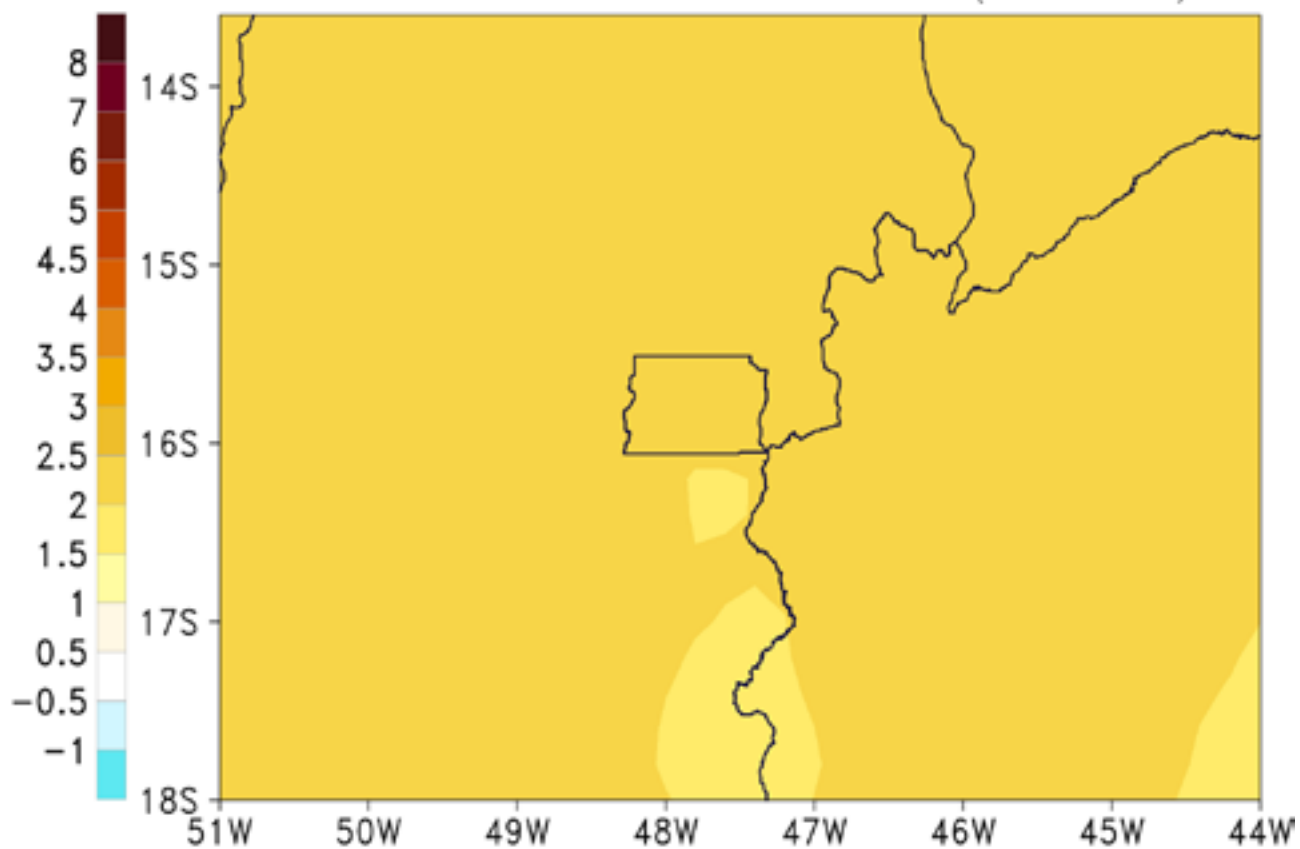




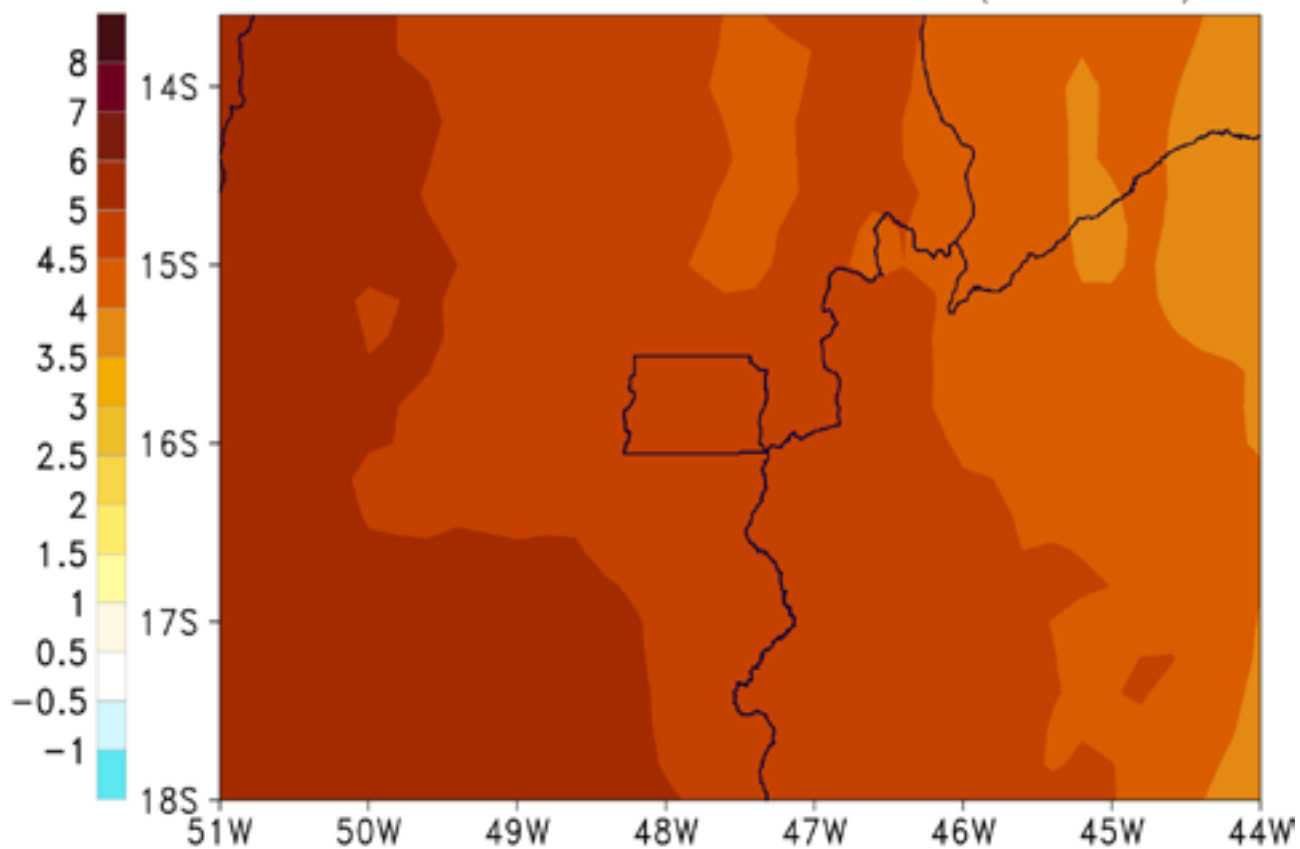
Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Media Sazonal SON (2011-2040)



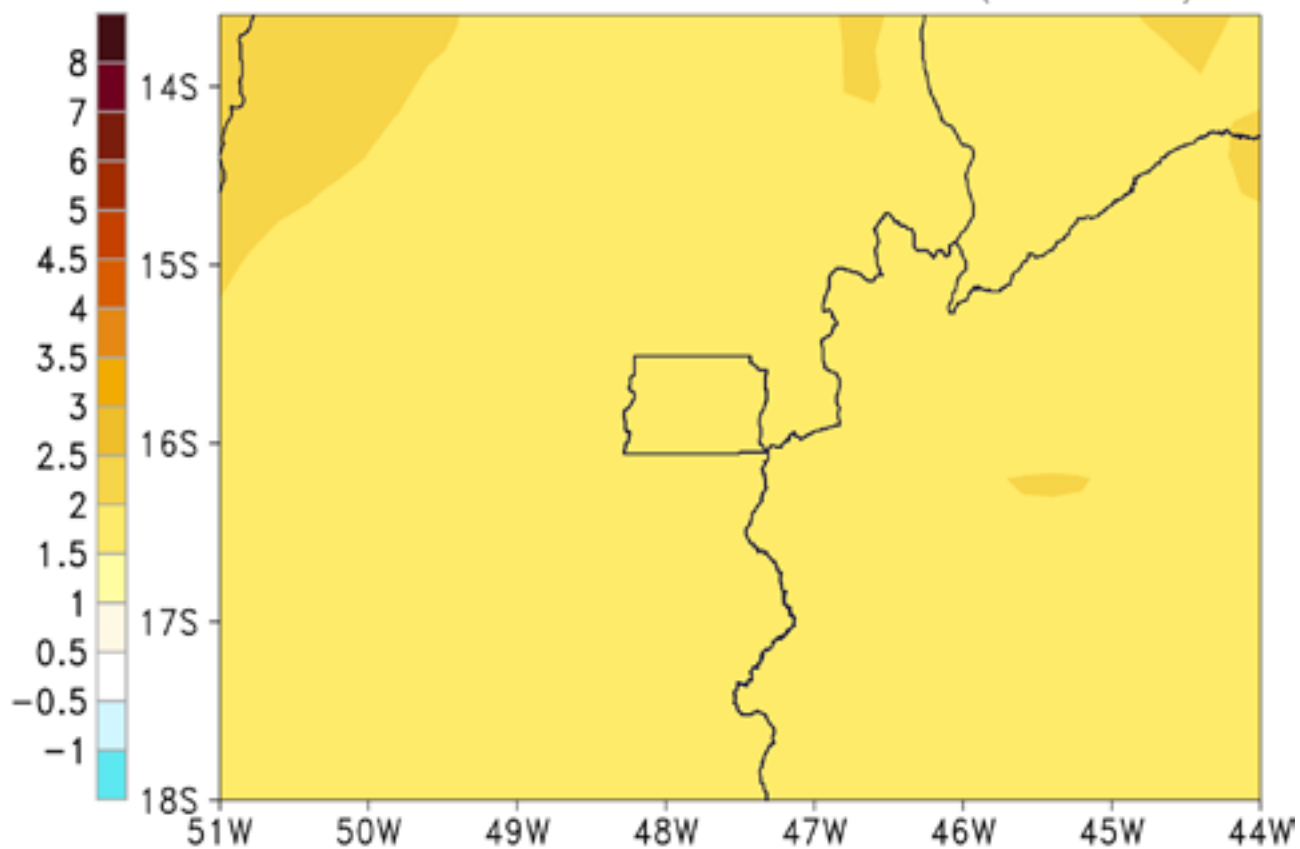
Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal DJF (2041-2070)



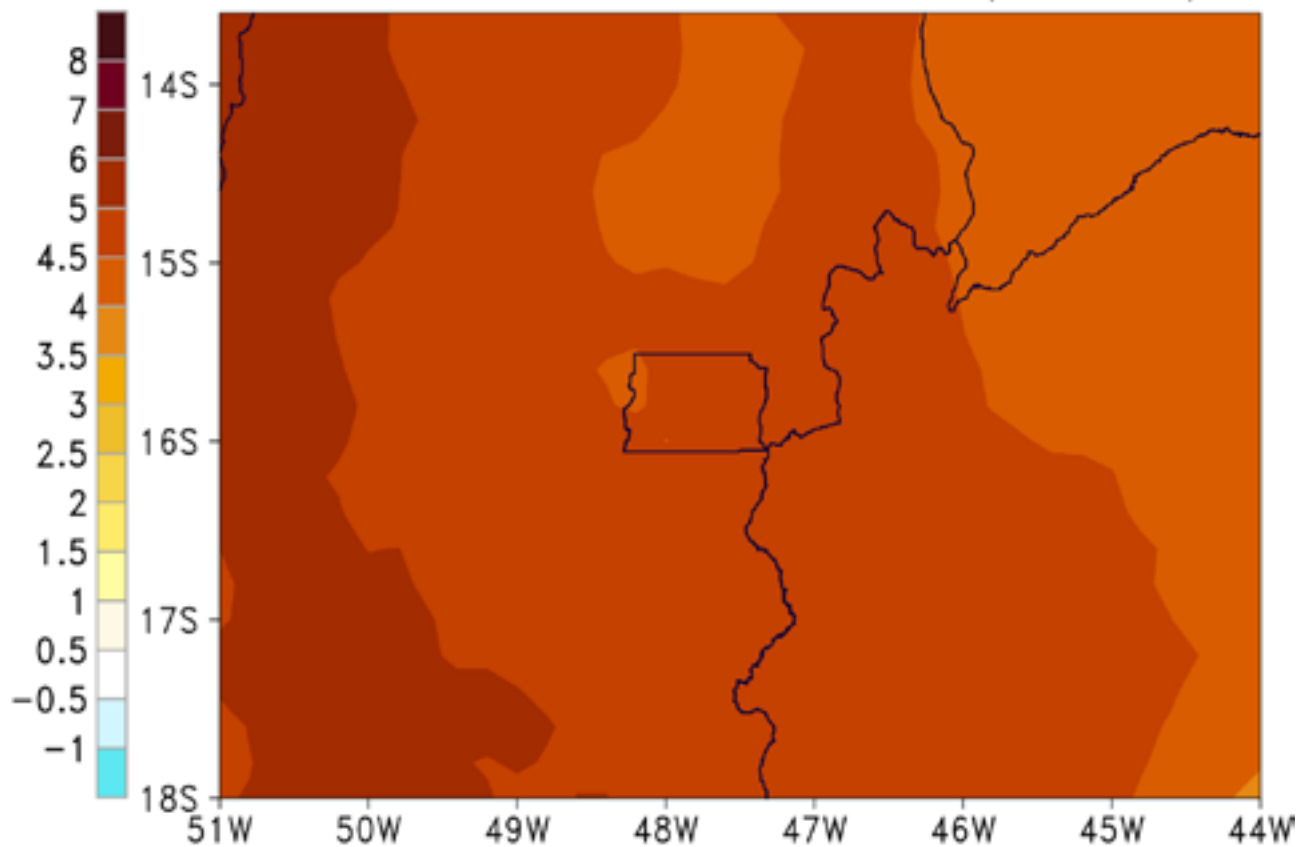
Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Média Sazonal DJF (2041-2070)



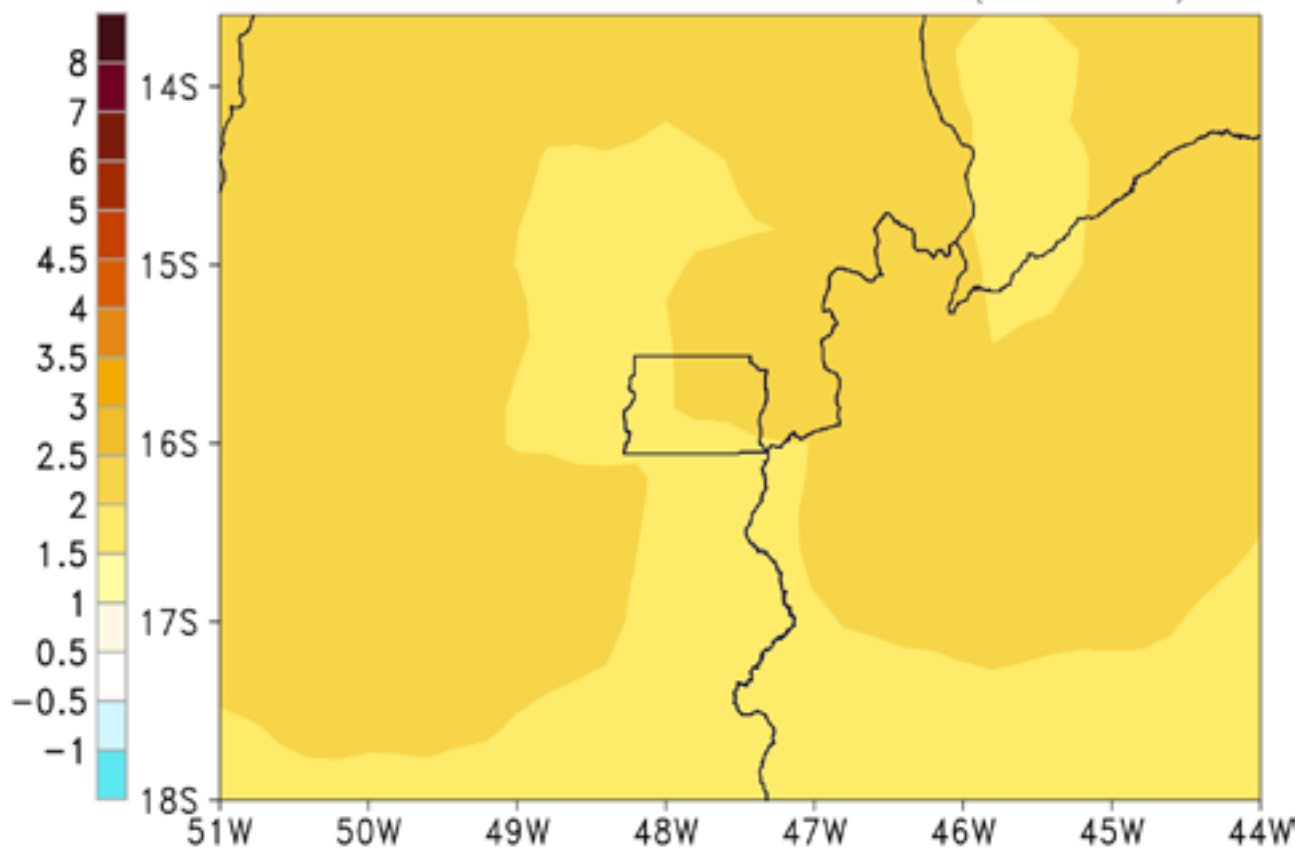
Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal MAM (2041-2070)



Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Media Sazonal MAM (2041-2070)

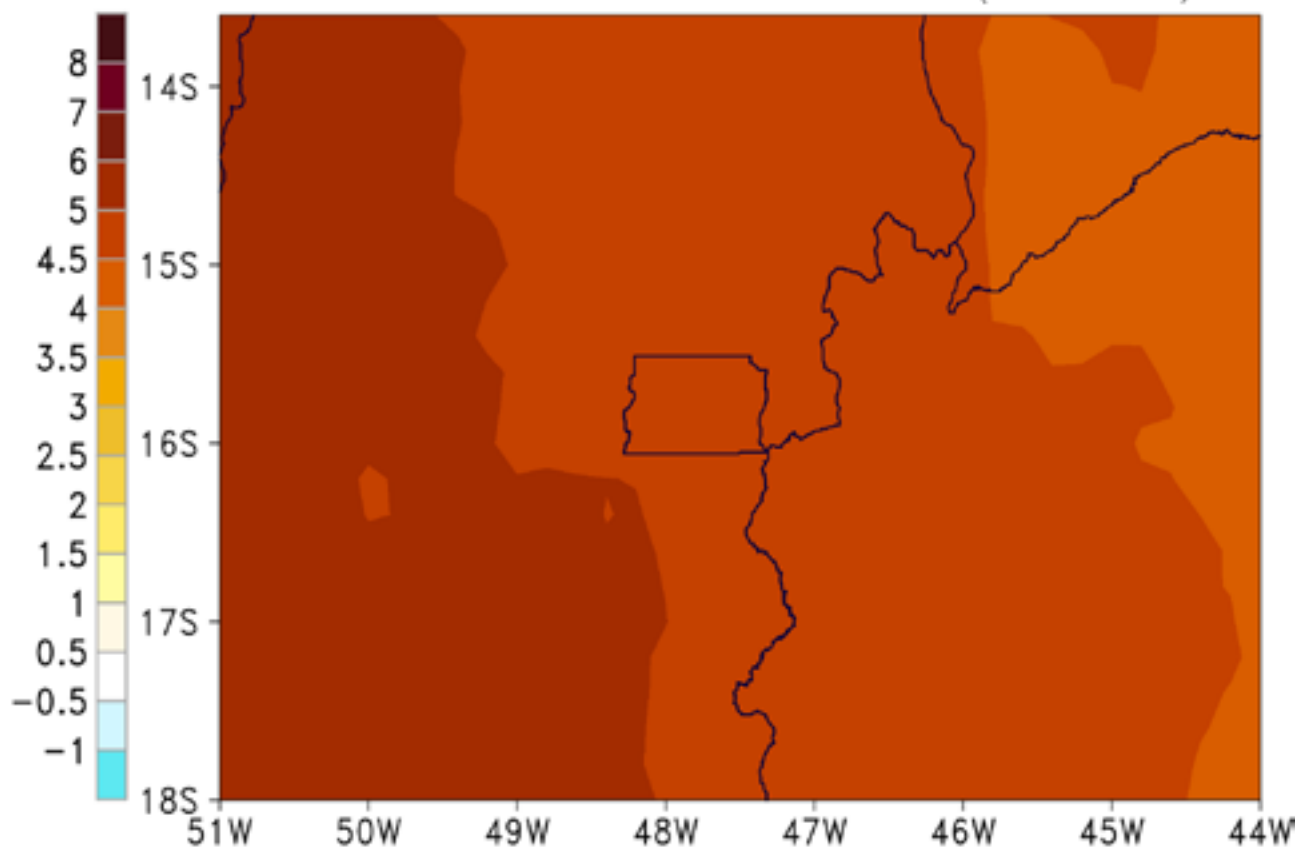


Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal JJA (2041-2070)

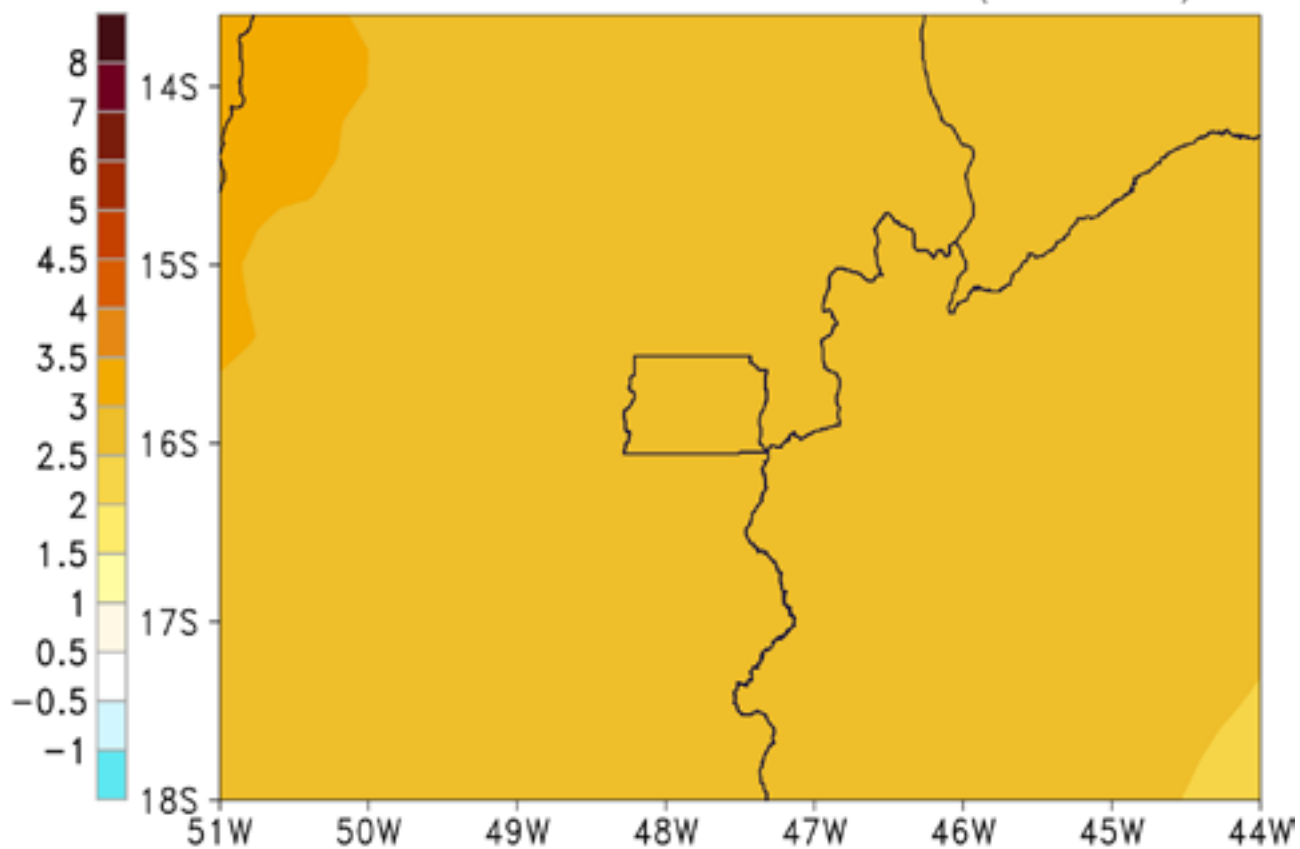




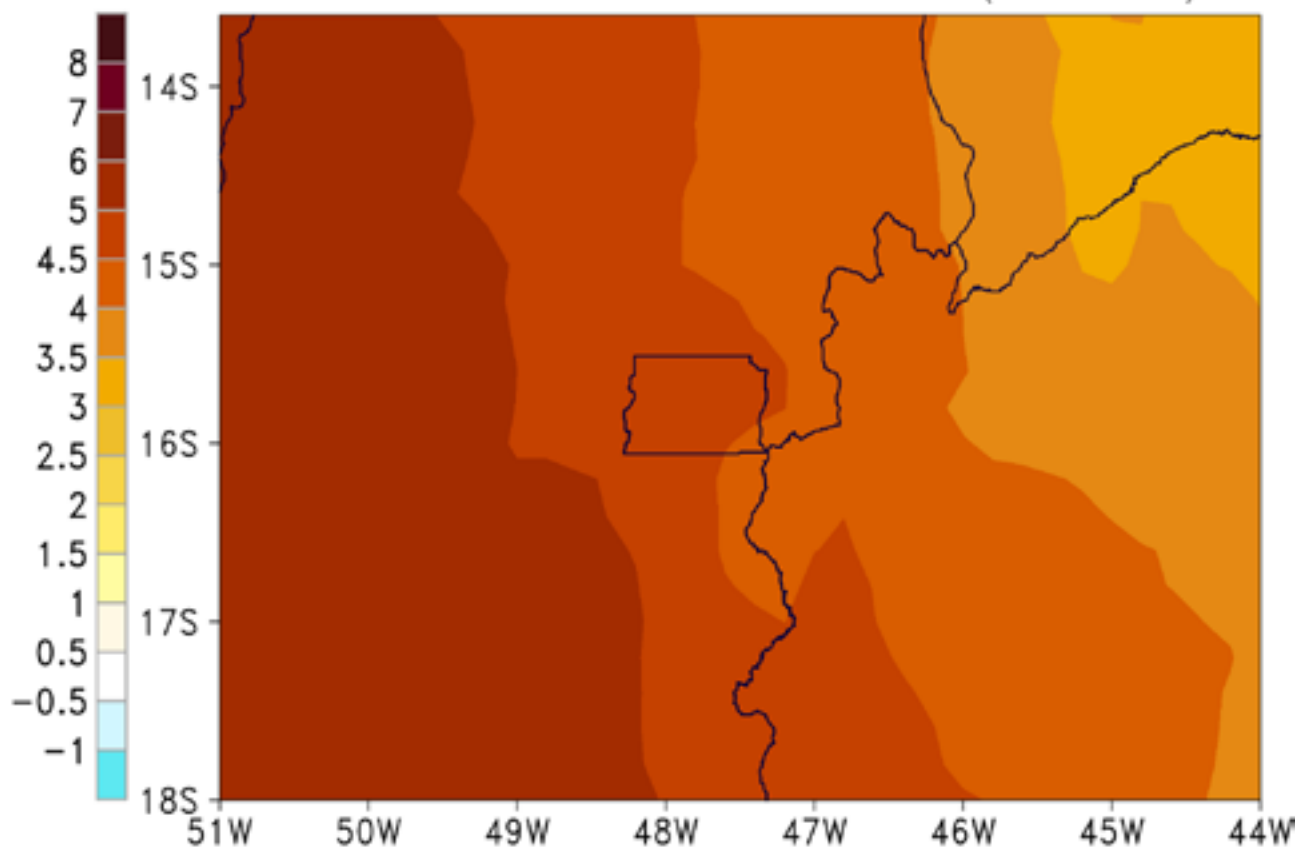
Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Media Sazonal JJA (2041-2070)



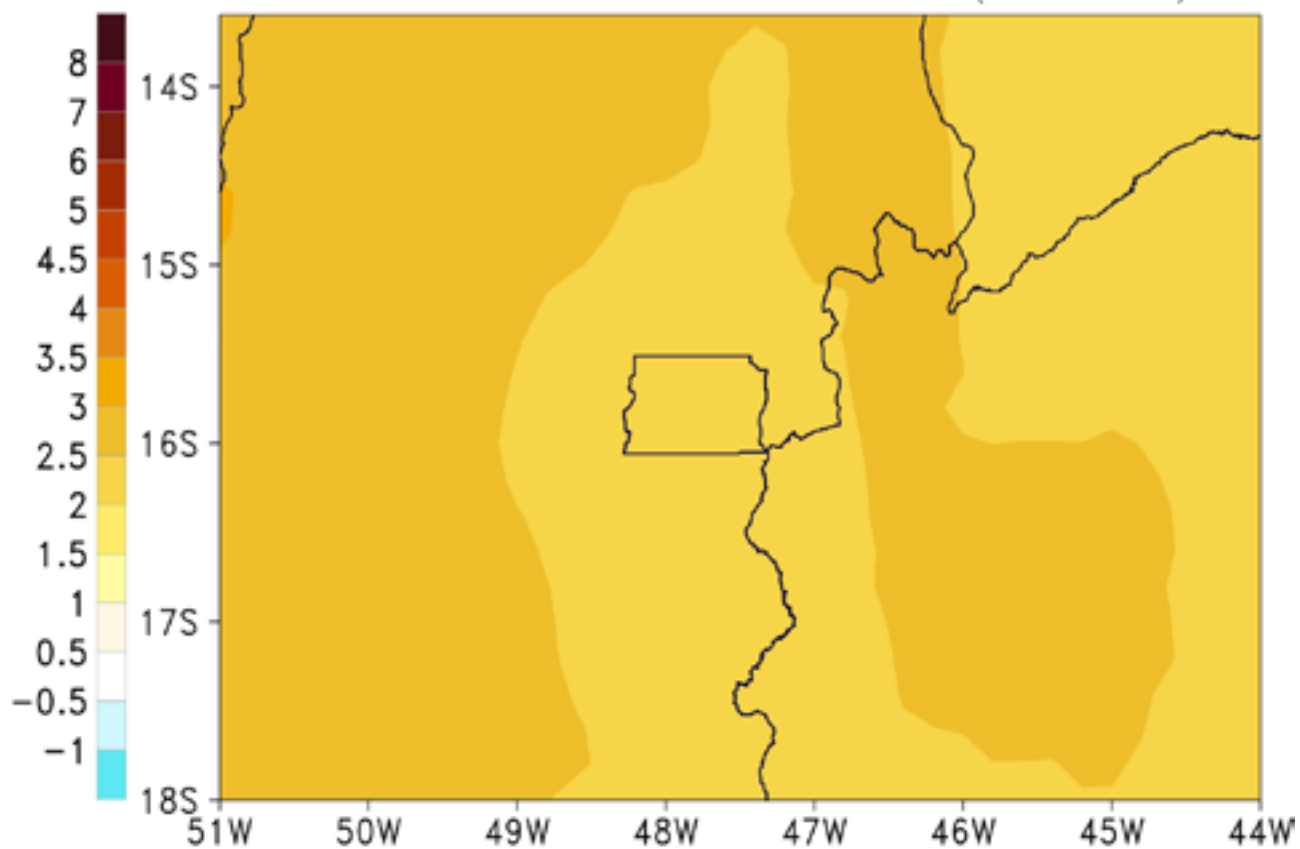
Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal SON (2041-2070)



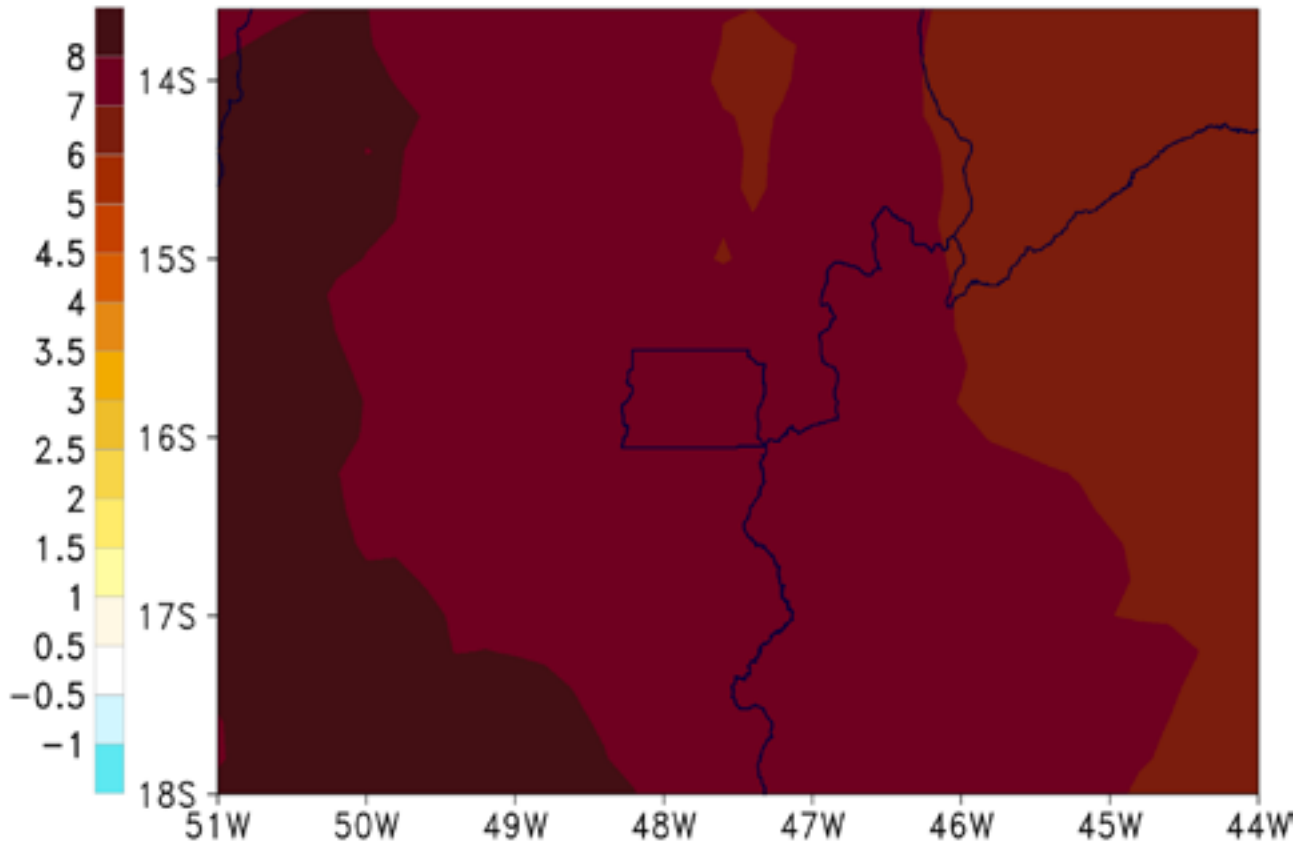
Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Media Sazonal SON (2041-2070)



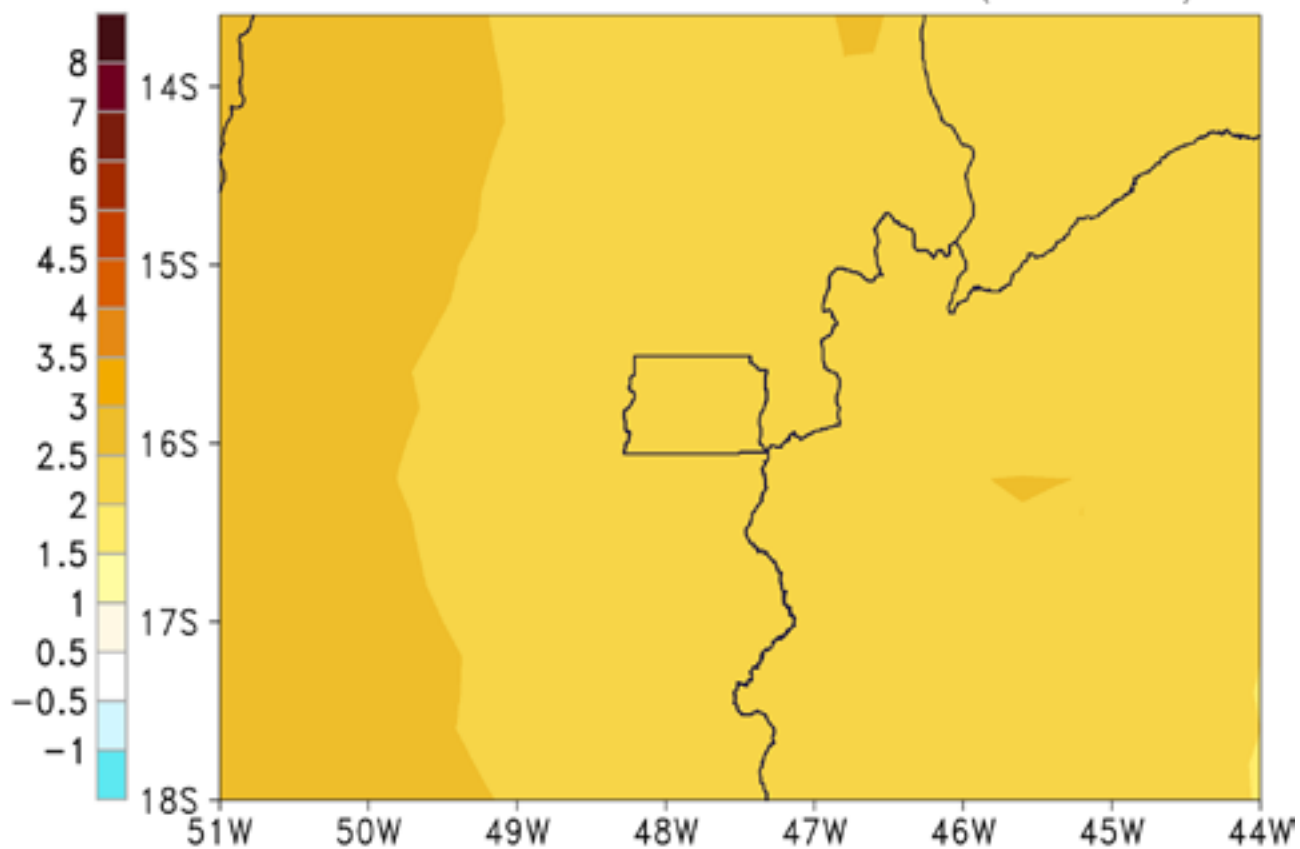
Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal DJF (2071-2099)



Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Média Sazonal DJF (2071-2099)

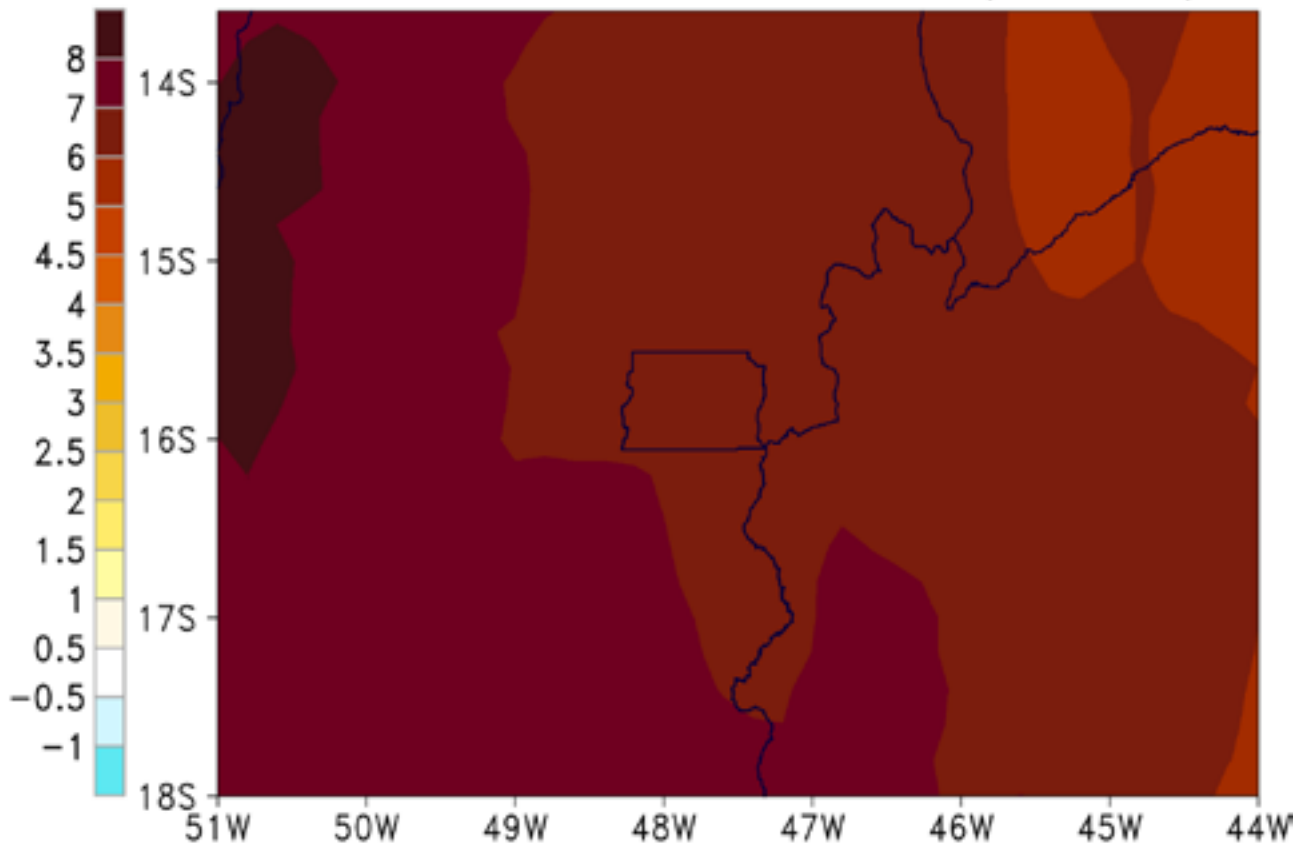


Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal MAM (2071-2099)

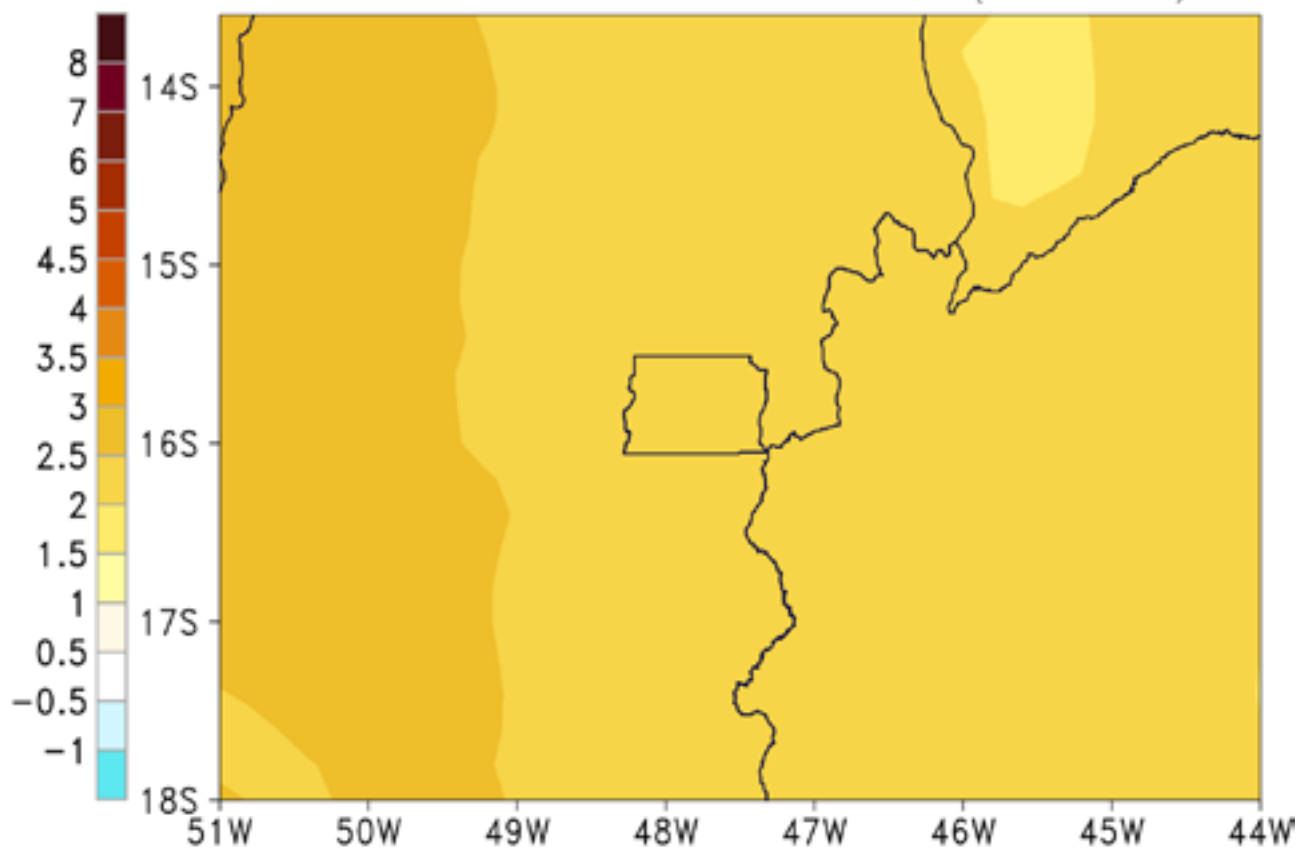




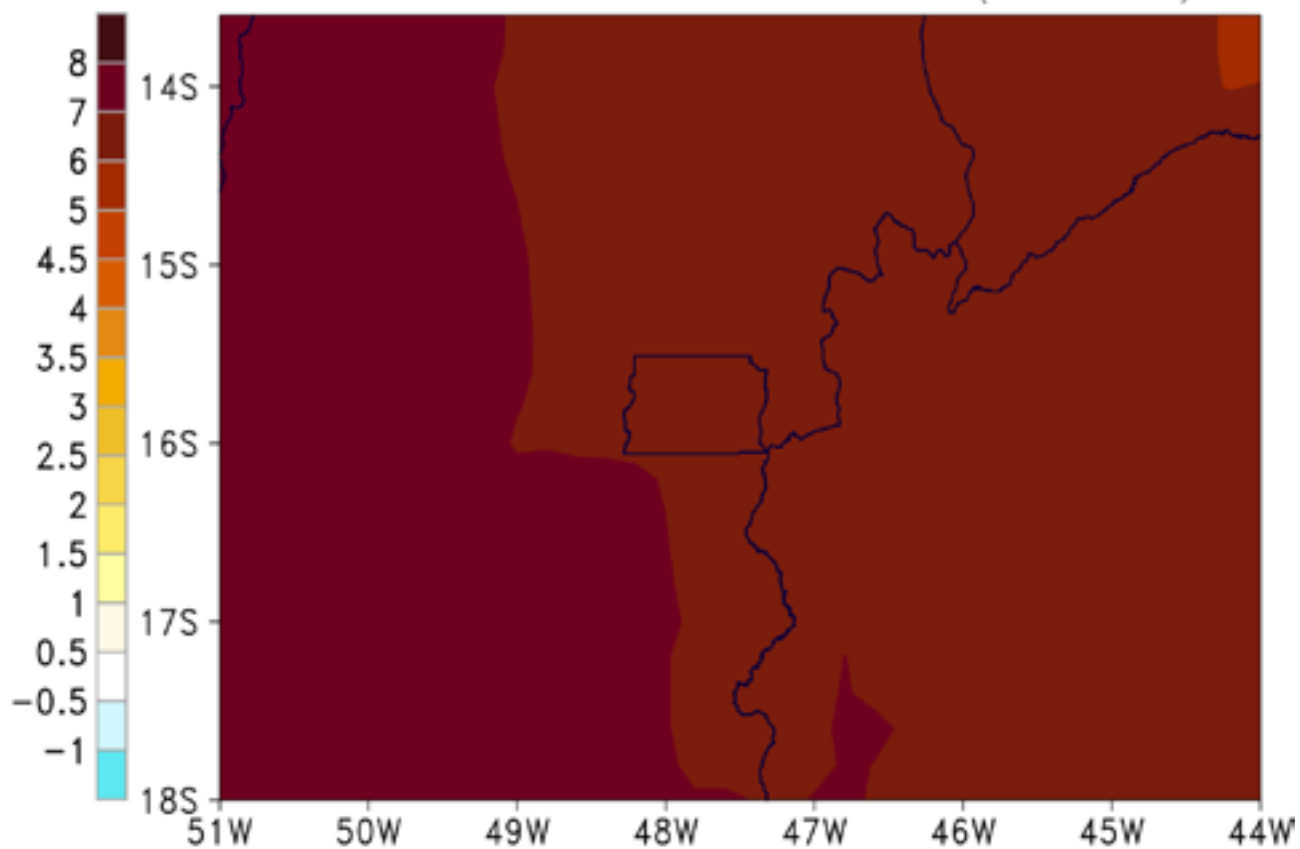
Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Media Sazonal MAM (2071-2099)



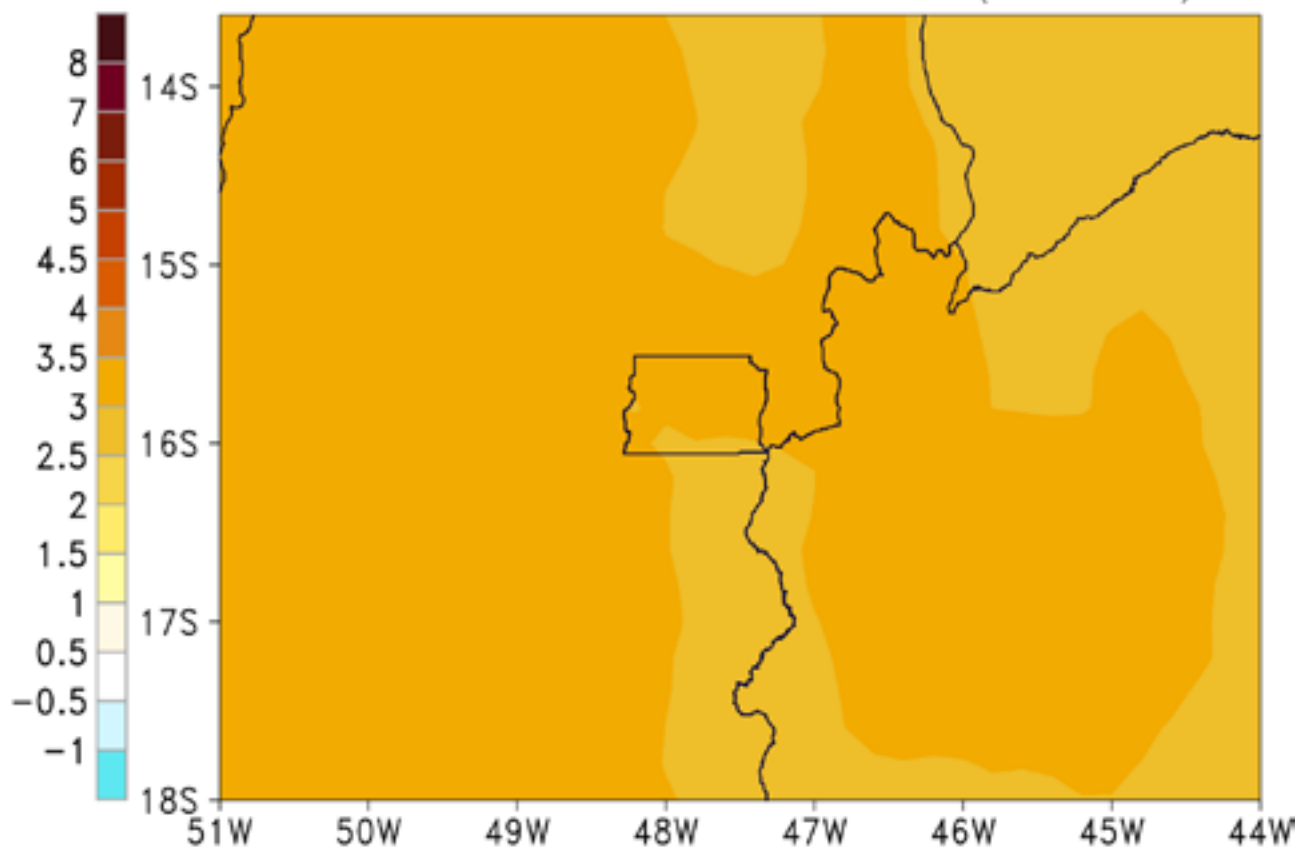
Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal JJA (2071-2099)



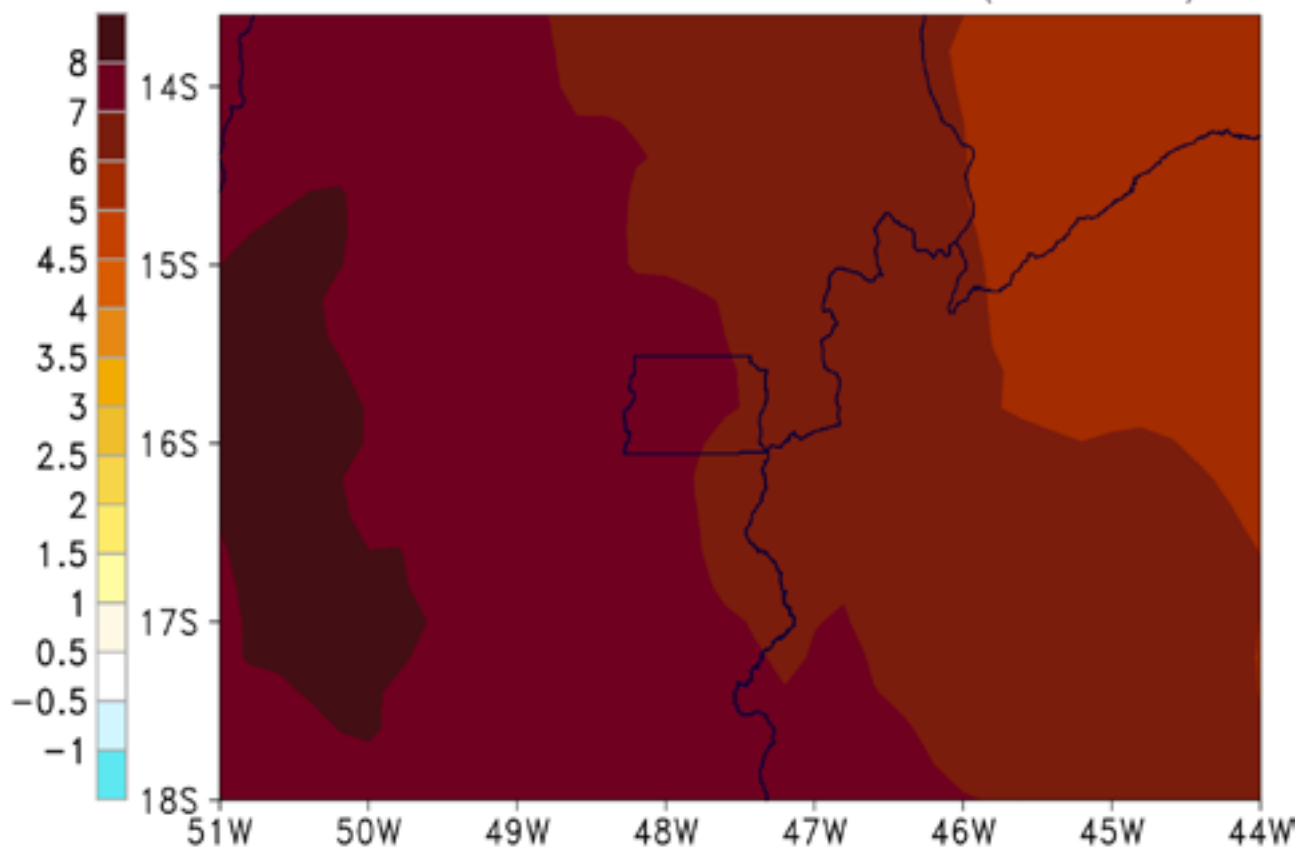
Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Media Sazonal JJA (2071-2099)



Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Mínimo da Diferença Média Sazonal SON (2071-2099)



Temperatura a 2m (°C) Eta HadGEM2-ES+MIROC5 20km  
Maximo da Diferença Media Sazonal SON (2071-2099)



## PALAVRAS-CHAVE

### **Ameaça, Perigo, Hazard**

A possível ocorrência de um evento físico, natural ou induzido pelo homem, ou tendência ou impacto físico que pode causar perda de vida, ferimentos ou outros impactos na saúde, bem como perdas e danos à propriedade, infraestrutura, meios de subsistência, provisão de serviços, ecossistemas e recursos ambientais. O termo perigo usualmente se refere ao evento físico relacionado ao clima ou tendência ou seus impactos físicos. (IPCC, AR5, 2013-2014)

### **Aquecimento Global:**

O aquecimento global refere-se à tendência de aumento da temperatura em toda a Terra desde o início do século 20, e, mais perceptivelmente, desde o final da década de 1970, devido ao aumento das emissões de combustíveis fósseis a partir da revolução industrial. Em todo o mundo, desde 1880, a temperatura média da superfície subiu cerca de 0,8° C (1,4° F), em relação à linha de base de meados do século 20 (1951-1980). (NASA. <http://climate.nasa.gov/resources/global-warming/>)

### **Desastre:**

Graves alterações no funcionamento normal de uma comunidade ou sociedade devido a eventos físicos perigosos interagindo em condições de vulnerabilidade social, levando a adversidades humanas, materiais, econômicas generalizadas, ou a efeitos ambientais e que necessitam imediata resposta emergencial para satisfazer necessidades humanas fundamentais e requerer apoio externo para recuperação. (IPCC, AR5, 2013-2014)

### **Detecção:**

Dados resultados do monitoramento de variáveis climáticas, tais como condições de seca e de excesso de chuvas, por estações meteorológicas e com os quais é possível estimar estatisticamente a tendência dos eventos.



### **Downscaling:**

A técnica de *downscaling* é usada para fazer a regionalização ou “interpolação” de uma escala de subgrade com menos resolução para uma com maior resolução, adequada aos processos de mesoescala, tais como aqueles no nível de uma bacia hidrológica. A técnica de *downscaling* consiste na projeção de informações de grande escala para uma escala regional. Essa “tradução” de uma escala global para uma regional e de escalas de tempo anuais para diárias também aumentaria o grau de incerteza das projeções da mudança do clima. Por exemplo, embora um modelo do clima possa ser capaz de reproduzir com algum sucesso o campo de precipitação observado, é provável que ele tenha menos êxito na reprodução da variabilidade diária, especialmente com relação a estatísticas de ordem elevada, como o desvio padrão e os valores extremos. Assim, embora possa parecer razoável adotar um cenário de temperatura interpolado a partir dos pontos de grade de um modelo global do clima para uma localidade específica, a série temporal interpolada pode ser considerada inadequada para os climas atuais e, portanto, gerar incerteza nos cenários da mudança do clima. (TCN, Volume II, 2016)

### **Eventos Climáticos Extremos:**

Um evento meteorológico extremo é um evento raro em determinado lugar e época do ano. Definições de ‘raro’ variam, mas um evento climático extremo poderá normalmente ser tão raro quanto ou ser mais raro que o percentil 10 ou 90 da função de densidade de probabilidade observada. Por definição, as características do que é chamado evento extremo podem variar de um lugar para outro de maneira absoluta. Quando um fenômeno meteorológico extremo persiste por algum tempo, tal como uma estação, pode ser classificado como um evento climático extremo, especialmente se seus valores médios ou totais são extremos (por exemplo, secas ou precipitações intensas ao longo de uma estação). (IPCC, AR5, 2013-2014)

### **Exposição:**

A presença de pessoas; meios de subsistência; espécies ou ecossistemas; funções, serviços e recursos naturais; infraestrutura; ou ativos econômicos, sociais ou culturais em lugares e entornos que possam ver-se afetados negativamente pelas mudanças do clima. (IPCC, AR5, 2013-2014)

## **Impactos:**

Efeitos sobre os sistemas naturais e humanos de eventos climáticos extremos e das mudanças climáticas. Impactos geralmente se referem a efeitos sobre a vida, modos de vida, saúde, ecossistemas, economias, sociedades, culturas, serviços e infraestrutura, devido à interação das mudanças do clima ou eventos climáticos perigosos ocorrendo em um específico período de tempo e a vulnerabilidade de uma sociedade ou sistema expostos. Impactos também são referidos como consequências e resultados. Os impactos da mudança climática sobre os sistemas geofísicos, incluindo inundações, secas e elevação do nível do mar, são um subconjunto dos impactos, chamado de impactos físicos. (IPCC, AR5, 2013-2014)

## **Mudanças Climáticas:**

Qualquer mudança do clima que ocorra ao longo do tempo em decorrência da variabilidade natural ou da atividade humana. (IPCC, AR4, 2007)

Uma mudança no estado do clima que pode ser identificada (por exemplo, mediante testes estatísticos) por variações no valor médio de suas propriedades e/ou pela variabilidade das mesmas, que persiste durante longos períodos de tempo, geralmente décadas ou períodos mais extensos. A mudança climática pode dever-se a processos internos naturais, a forçantes externos ou a mudanças antrópicas persistentes na composição da atmosfera ou no uso da terra. (IPCC, SREX, 2011)

Mudança no estado do clima que pode ser identificada (por exemplo, mediante testes estatísticos) por variações no valor médio e/ou na variabilidade de suas propriedades, e que persistem por um extenso período, geralmente décadas ou períodos mais extensos. A mudança climática pode se dever a processos internos naturais ou forçantes externas, tais como as modulações dos ciclos solar, erupções vulcânicas, e persistentes mudanças antrópicas na composição da atmosfera ou no uso da terra. (IPCC, AR5, 2013-2014)

A mudança do clima refere-se a uma ampla gama de fenômenos globais criados predominantemente pela queima de combustíveis fósseis, que adicionam gases de efeito estufa na atmosfera da Terra. Estes fenômenos incluem aumento das tendências de temperatura descritos pelo aquecimento global, mas também englobam mudanças como a elevação do nível do mar; perda de massa de gelo na Groenlândia, Antártida, Ártico e das geleiras em montanha de todo o mundo; mudanças na floração de flores e plantas; e eventos climáticos extremos. (NASA. <http://climate.nasa.gov/resources/global-warming/>)

## **Previsões:**

A partir de uma dada condição inicial, modelos matemáticos são utilizados para prever as condições climáticas num horizonte de tempo futuro.

## **Projeção:**

Nas projeções ou simulações são incluídas suposições no futuro e os modelos são utilizados para representar o clima nestes cenários supostos, por exemplo, de diferentes taxas de emissão dos gases de efeito estufa ou diferentes forçantes radiativas (ex. RCP4.5 W/m<sup>2</sup>; RCP8.5 W/m<sup>2</sup>).

## **Resiliência**

Capacidade de um sistema social ou ecológico de absorver uma alteração sem perder nem sua estrutura básica ou seu modo de funcionamento, nem sua capacidade de auto-organização, nem sua capacidade de adaptação ao estresse e à mudança. (IPCC, AR4, 2007)

A capacidade de um sistema e seus componentes para antecipar, absorver, acomodar, ou se recuperar dos efeitos de um evento perigoso de uma forma oportuna e eficiente, inclusive por meio de assegurar a preservação, restauração ou melhoria de suas estruturas básicas e funções essenciais. (IPCC, SREX, 2011)

A capacidade dos sistemas sociais, econômicos e ambientais para lidar com um evento perigoso ou tendência ou perturbação, responder ou reorganizar de modo a manter suas funções essenciais, identidade e estrutura, ao mesmo tempo em que mantém sua capacidade de adaptação, aprendizagem e transformação. (IPCC, AR5, 2013-2014)

## **Risco:**

Potencial de consequências em que algo de valor está em perigo com um desenlace incerto, reconhecendo a diversidade de valores. O risco é representado como a probabilidade de ocorrência de eventos perigosos ou tendência, multiplicado pelas consequências, no caso em que ocorram tais eventos, ou tendências. Os riscos resultam da interação entre vulnerabilidade, exposição e perigo. No AR5, o termo risco é utilizado principalmente em relação aos riscos de impactos da mudança climática. Risco de desastres: A probabilidade de desastres dentro de um período de tempo específico. Risco emergente: Um risco que surge a partir da interação de fenômenos num complexo sistema, por exemplo, o risco causado quando mudanças geográficas em resposta

à mudança climática afetam a população humana levando a uma maior vulnerabilidade e exposição das populações na região receptora. Percepção de risco: O julgamento subjetivo que as pessoas fazem sobre as características e gravidade de um risco. (IPCC, AR5, 2013-2014)

A probabilidade de que, durante um período específico de tempo, se produzam alterações graves no funcionamento normal de uma comunidade ou uma sociedade devido a eventos físicos perigosos que interagem com condições sociais vulneráveis, dando lugar a efeitos humanos, materiais, econômicos ou ambientais adversos generalizados que requerem uma resposta imediata emergencial para satisfazer as necessidades humanas essenciais, e que podem requerer apoio externo para a recuperação. (IPCC, SREX, 2011)

Gestão do Risco: Planos, ações ou políticas para reduzir a probabilidade e/ou consequências de riscos ou para responder às consequências. Avaliação de risco: A estimativa científica qualitativa e/ou quantitativa sobre os riscos. Transferência do risco: Prática formal ou informal de deslocar o risco de consequências financeiras de determinados eventos negativos de uma parte para outra. (IPCC, AR5, 2013-2014)

Gestão do Risco de Desastres (DRM): Processos para a concepção, implementação e avaliação de estratégias, políticas e medidas para melhorar a compreensão do risco de desastres, fomentar redução do risco de desastres e transferência de riscos, e promover a contínua melhoria nas práticas de preparação ao desastre, resposta e recuperação, com o propósito explícito de aumentar a segurança humana, bem-estar, qualidade de vida e desenvolvimento sustentável. (IPCC: AR5, 2013-2014 e SREX, 2011)

Redução do Risco de Desastres (DRR): Denota tanto uma meta como um objetivo político, e medidas estratégicas e instrumentais empregadas para antecipar riscos de desastre futuros; reduzindo a exposição, perigo ou vulnerabilidade existentes; e melhorar a resiliência. (IPCC: AR5, 2013-2014 e SREX, 2011)

Mitigação (de riscos de desastre e desastres): A diminuição dos potenciais impactos adversos de perigos físicos (incluindo aqueles induzidos pelo homem), através de ações que reduzam perigos, exposição e vulnerabilidade. (IPCC, SREX, 2011)

### **Sensibilidade:**

O grau em que um sistema ou espécie é afetado quer negativamente ou benéficamente, pela variabilidade ou mudança climática. Os efeitos podem ser diretos (por exemplo, uma variação na produtividade de cultivos em resposta a uma mudança da temperatura média, dos intervalos de temperatura, ou da variabilidade da temperatura), ou indiretos (por exemplo, danos

causados por um aumento da frequência de inundações costeiras devido à elevação do nível do mar). (IPCC, AR5, 2013-2014)

### **Vulnerabilidade:**

É o grau de susceptibilidade ou incapacidade de um sistema para lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, incluindo a variabilidade climática e extremos. A vulnerabilidade é uma função de caráter, magnitude e ritmo da mudança do clima e da variação a que um sistema, sua sensibilidade e capacidade de adaptação, está exposto. (IPCC, AR4, 2007)

A propensão ou predisposição a ver-se afetado negativamente. (IPCC, SREX, 2011)

Propensão ou predisposição a ser afetado negativamente. A vulnerabilidade compreende uma variedade de conceitos e elementos que incluem a sensibilidade ou susceptibilidade ao dano e à falta de capacidade de resposta e adaptação. Vulnerabilidade Contextual (ponto de partida da vulnerabilidade): A presente incapacidade de lidar com pressões ou mudanças externas, tais como mudanças nas condições climáticas. (IPCC, AR5, 2013-2014)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J.M.V (2012): Índices de Monitoramento e Detecção de Mudanças Climáticas na Região Centro-Oeste do Brasil. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. DISSERTAÇÃO. Campina Grande, PB. Dezembro de 2012.

BRASIL (2016 a): Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Volume II/ Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016. PP. 101-114. <http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706739/Volume+2.pdf/>

BRASIL (2016 b): Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Sumário Executivo/ Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016. [http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706739/MCTI\\_TCN\\_SUMARIO+EXECUTIVO\\_port.pdf/](http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706739/MCTI_TCN_SUMARIO+EXECUTIVO_port.pdf/)

BÁRDOSSY, A.; PEGRAM, G. (2011) Downscaling precipitation using regional climate models and circulation patterns toward hydrology. *Water Resources Research*. Volume 47, Issue 4, 2011.

CHOU, S. C.; BUSTAMANTE, J. F.; GOMES, J. L. (2005). Evaluation of Eta Model seasonal precipitation forecasts over South America, *Nonlin. Processes Geophys.*, 12, 537-555, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5194/npg-12-537-2005>. Acesso em 2016-10-15

CHOU, S. C. et al. (2012). *Downscaling* of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs. *Climate Dynamics*, v. 38 n. 3-4, 635-653. DOI 10.1007/s00382-011-1002-8

CHOU, S.C., et al. (2014 a): Assessment of Climate Change over South America under RCP4.5 and 8.5 *Downscaling* Scenarios. *American Journal of Climate Change*, 3, 512-525. <http://dx.doi.org/10.4236/ajcc.2014.35043> e <http://www.scirp.org/journal/ajcc/>

CHOU, S.C., et al. (2014 b): Evaluation of the Eta Simulations Nested in Three Global Climate Models. *American Journal of Climate Change*, 3, 438-454. <http://dx.doi.org/10.4236/ajcc.2014.35039> e <http://www.scirp.org/journal/ajcc/>

CHOU, C. S. et al. (2016): Simulações em Alta Resolução das Mudanças Climáticas sobre a América do Sul. In *Modelagem Climática e Vulnerabilidades Setoriais à Mudança do Clima no Brasil*. Ministério da Ciência,



Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. 2016. Ed. 590p. ISBN: 978-85-88063-30-3 (Capítulo de livro) pp 49-90

DALY, C., R.P. NEILSON, and D.L. PHILLIPS (1994): A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain. *Journal of Applied Meteorology*, 33, 140-158.

ESRL-NOAA (2016): <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/full.html>

IPCC (2012): Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp [http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-ALL\\_FINAL.pdf](http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-ALL_FINAL.pdf)

IPCC (2013 a): Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. AR5, WG1, SPM. [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. [http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5\\_SPM\\_brochure\\_en.pdf](http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf)

IPCC (2013 b) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. and Midgley, P.M. Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535. <http://dx.doi.org/10.1017/CB09781107415324>

IPCC (2014): Technical summary. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-TS\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-TS_FINAL.pdf)

MARENGO, J. A. et al. (2012). 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 Parana River Basins. *Climate Dynamics*, 38, 1829-1848, 2012. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00382-011-1155-5>

MARTINS, E. *Adaptação às Mudanças do Clima: Cenários e Alternativas – Recursos Hídricos. Produto 2 – Balanço Hídrico 2010-2040*. Fortaleza, 12 de fevereiro de 2015. PDF

MAURER, E. P. and HIDALGO, H. G. (2008): Utility of daily vs. monthly large-scale climate data: an intercomparison of two statistical *downscaling* methods, *Hydrology and Earth System Sciences*, 12, 551-563.

MEINSHAUSEN, M. S.J. SMITH, K. CALVIN, J.S. DANIEL, M.L.T. KAINUMA, and et al. (2011): The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. *Climatic Change*, 109, 213-241.

MESINGER, F. et al. (2012). An Upgraded Version of the Eta Model. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 116, 63-79. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00703-012-0182-z>

NEXGDDP (2015). NASA Earth Exchange Global Daily Downscaled Projections. Technical Note. Junho, 2015 Disponível em: [https://cds.nccs.nasa.gov/wp-content/uploads/2015/06/NEX-GDDP\\_Tech\\_Note\\_v1\\_08June2015.pdf](https://cds.nccs.nasa.gov/wp-content/uploads/2015/06/NEX-GDDP_Tech_Note_v1_08June2015.pdf)

NOAA (2016 a): Global Greenhouse Gas Reference Network. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. May, 2016. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>

NOAA (2016 b): National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Analysis for August 2016, published online September 2016, retrieved on October 5, 2016 from <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201608>.

NOAA (2016 c), National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Analysis for August 2016, published online September 2016, retrieved on October 14, 2016 from <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201608>.

NOAA (2016 d): Climate Monitoring at NOAA's National Centers for Environmental Information. <https://www.ncdc.noaa.gov/climate-monitoring/>

NOAA (2016 e): National Centers for Environmental information, Climate at a Glance: Global Time Series, published September 2016, retrieved on October 5, 2016 from <http://www.ncdc.noaa.gov/cag/>

NOAA (2016 f): National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Regional Analysis for August 2016, published online September 2016, retrieved on October 14, 2016 from <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global-regions/201608>.

NOAA (2016 g): National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Analysis for August 2016, published online September 2016, retrieved on October 15, 2016. Supplemental: 2016 year-to-date temperatures versus previous years from <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2016/8/supplemental/page-2>

PBMC (2014 a): Relatório de Avaliação Nacional 1. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. 2014. <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/pt/noticias/82-destaque/440-painel-brasileiro-de-mudancas-climaticas-divulga-o-primeiro-relatorio-de-avaliacao-nacional-completo>

PBMC (2014 b): Relatório de Avaliação Nacional 1. GT1. Sumário Executivo. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. 2014. <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/pt/publicacoes/documentos-publicos?task=callelemen>

[t&format=raw&itemid=41&element=f85c494b-2b32-4109-b8c1-083cca2b7db6&method=download&args\[0\]=-c2e862c6cb6ba6f8c704b566aca3cf91](http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos_publicos/GT1/GT1_volume_completo_cap9.pdf)

PBMC (2014 c): Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Ambrizzi, T., Araujo, M. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 pp. Capítulo 9. Disponível em [http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos\\_publicos/GT1/GT1\\_volume\\_completo\\_cap9.pdf](http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos_publicos/GT1/GT1_volume_completo_cap9.pdf)

PESQUERO, J. F. et al. (2009). Climate *downscaling* over South America for 1961-1970 using the Eta Model. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 99, 1-2, p. 75-93, 2009. DOI: 10.1007/s00704-009-0123-z

SHEFFIELD, J., G. GOTETI, and E. F. WOOD (2006): Development of a 50-yr high-resolution global dataset of meteorological forcings for land surface modeling. *J. Climate*, 19 (13), 3088-3111.

SHEPARD, D.S. (1984): Computer mapping: The SYMAP interpolation algorithm, in *Spatial Statistics and Models*, edited by G.L. GAILE and C.J. WILLMOTT. D. Reidel Publishing Co., Norwell, Dordrecht, Holland, pp. 133-145.

TAYLOR, Karl E., Ronald J. STOUFFER, Gerald A. MEEHL (2012): An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 93, 485-498.

THRASHER, B., XIONG, J., WANG, W., MELTON, F., MICHAELIS, A., & NEMANI, R. (2013): Downscaled climate projections suitable for resource management. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 94(37), 321-323.

THRASHER, B., MAURER, E. P., MCKELLAR, C., & DUFFY, P. B. (2012): Technical Note: Bias correcting climate model simulated daily temperature extremes with quantile mapping. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(9), 3309-3314.

UNFCCC. (1992) Convención Marco de Las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Art 2. P. 8 [http://unfccc.int/files/essential\\_background/background\\_publications\\_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/convsp.pdf)

UNFCCC. (2015). Acordo de Paris. <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2016/04/Acordo-de-Paris.pdf>

WOOD, A.W., E.P. MAURER, A. KUMAR, and D.P. LETTENMAIER (2002): Long-range experimental hydrologic forecasting for the eastern United States. *J. Geophysical Research-Atmospheres*, 107, 4429, doi:10.1029/2001JD000659.

WOOD, A.W., L.R. LEUNG, V. SRIDHAR, and D.P. LETTENMAIER (2004): Hydrologic implications of dynamical and statistical approaches to *downscaling* climate model outputs. *Climatic Change*, 15,189-216.













**Secretaria do Meio Ambiente**  
**Governo do Distrito Federal**