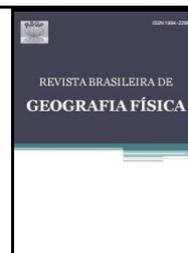




Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Análise de Tendências de Precipitações e Temperaturas Mensais de 1961 a 2008 no Brasil Usando Dados Gradeados

Rafaela Lisboa Costa¹, Fabrício Daniel dos Santos Silva², Gabriel Fonseca Sarmanho³, Danielle Barros Ferreira²

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE - rafaelalisboac@gmail.com;

²Instituto Nacional de Meteorologia – INMET – fabricio.silva@inmet.gov.br;

³Instituto Nacional de Meteorologia – INMETRO - gabrielfsarmanho@gmail.com;

²Instituto Nacional de Meteorologia – INMET – danielle.ferreira@inmet.gov.br.

Artigo recebido em 15/09/2012 e aceito em 15/10/2012

RESUMO

Este trabalho analisa um conjunto climatológico de dados gradeados de precipitação, temperaturas médias, máximas e mínimas, mensais, de 1961 e 2008. Tendências lineares foram estudadas, identificando-se as áreas onde foram estatisticamente significativas. Tendências positivas, foram verificadas para temperaturas máximas, mínimas e médias, em diferentes intensidades. Em relação à precipitação, as áreas com tendências de aumento ou diminuição alternam-se mês a mês, com padrões menos evidentes do que os das temperaturas.

Palavras-chave: temperatura, precipitação, tendências climáticas.

Analysis of Trends of Monthly Precipitation and Temperatures of 1961 to 2008 in Brazil Using Gridded Data

ABSTRACT

This paper analyzes a climatological dataset of monthly grid data of precipitation, average temperature, maximum and minimum temperature, between 1961-2008. Linear trends were studied, identifying the areas where these were statistically significant. Positive trends were observed for maximum, minimum and average temperatures, with different intensities. For precipitation, the areas with increasing or decreasing trend alternate month by month, with patterns less evident than the temperatures.

Keywords: temperature, precipitation, climatic trends.

1. Introdução

Diversos estudos realizados, principalmente a partir das últimas décadas após o surgimento do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (em inglês “*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*”), em 1988, vem tentando demonstrar que as mudanças nos padrões climáticos já são

evidentes em todo o planeta (Frich et al, 2002), e não serão apenas um “privilegio” guardado e já amplamente modelado para o futuro.

O monitoramento da temperatura global tem apontado para um aumento gradual desta variável nas últimas décadas, devido à aceleração nas emissões de CO₂ (Raupach et al. 2007). Diversos estudos procuram evidenciar tais aumentos de temperaturas de forma mais regionalizada, como Bonsal et al

*E-mail para correspondência: rafaelalisboac@gmail.com (Costa, R. L.).

(2001), que estudaram as características de extremos diários de temperatura no Canadá e chegaram a conclusão que o País não está se tornando mais quente, e sim, menos frio, com o gradual aumento das temperaturas mínimas diárias.

A maior parte dos estudos sobre mudanças climáticas em séries de dados observados mostra a dificuldade de se encontrar tendências consistentes, e significativas, ao se analisar dados de precipitação. No entanto, foram encontradas tendências de aumento muitas vezes significativas em índices relativos aos dados de temperatura, nas mais diversas regiões do globo (Kürbis K et al, 2009; Gomez, 1999).

Para o Brasil, a partir de séries históricas, muitos estudos já buscaram identificar tendências de mudanças climáticas (Hastenrath e Greischar, 1993 Silva et al, 2009). No entanto, um grande fator de dificuldade é a qualidade das séries usadas, sejam de temperaturas ou de precipitações, que devem estar nas escalas diária ou mensal, e quase sempre apresentam falhas que muitas vezes inviabilizam a investigação para determinada localidade, ou para determinados índices.

Diante desta dificuldade, o objetivo deste trabalho foi mapear e identificar, por meio de séries gradeadas mensais de temperaturas máximas, mínimas e médias, e precipitação, possíveis mudanças nos padrões climatológicos destas variáveis sobre o Brasil, a nível mensal, e ainda, identificar possíveis

tendências de aumento e/ou diminuição, relativos ao período entre 1961-2008, verificando quais áreas apresentam tendências estatisticamente significativas. A escolha de tal período foi proposital por permitir a comparação dos dados gradeados com séries de observações meteorológicas do INMET, a fim de atestar a qualidade das séries gradeadas. Tais dados gradeados são fornecidos por duas fontes distintas: da Universidade de Delaware (NOAA.ESRL, 2009), séries gradeadas de precipitação e temperaturas médias, e temperaturas máximas e mínimas provenientes de reanálises do National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR). Esta investigação é motivada por estudos que indicam que o Brasil apresenta biomas que podem ser seriamente afetados pelas mudanças climáticas, como a região amazônica, o cerrado e o semi-árido nordestino (Marengo, 2006; Salazar et al, 2007; Nobre et al, 2008).

2. Material e Métodos

Foram utilizadas séries mensais de precipitação e temperaturas médias, máximas e mínimas sobre o Brasil disponibilizadas pela Universidade de Delaware. Os dados gradeados são obtidos de diversas fontes: do Global Historical Climatology Network (GHCN2), do Serviço Atmosférico e Ambiental do Canadá; do Instituto Hidrometeorológico de São Petersburgo, Rússia; dados GC-Net (Steffen et al., 1996);

registros de estações meteorológicas automáticas do Projeto Groenlândia, do National Center of Atmospheric Research (NCAR), dados diários da Índia; dados de precipitação do continente Africano (Nicholson, 2002); dados mensais de precipitação do continente sul-americano (Webber e Willmott's, 1998); e do Global Surface Summary of Day (GSOD). A resolução espacial das séries é de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$, onde os nós da grade são centrados em $0,25^\circ$. Foi possível filtrar para o Brasil 2867 séries de precipitação e temperaturas médias, com início em janeiro de 1900 até dezembro de 2008.

Os dados de temperaturas máximas e mínimas foram construídos baseados em observações de um conjunto de dados provenientes de várias fontes, da superfície terrestre, e disponibilizados pelas reanálises do NCEP/NCAR. Neste caso, o conjunto de dados tem resolução de $1^\circ \times 1^\circ$ (Sheffield et al. 2006).

Com tais dados, foram calculadas tendências baseadas em retas de regressão linear para o período de 1961 a 2008. Este período possibilitou a comparação entre dados observados reais de estações meteorológicas do INMET com as respectivas séries gradeadas, que comprovou a qualidade de tais séries e consistiu em calcular coeficientes de correlações entre séries do INMET e séries dos pontos de grade mais próximos das coordenadas geográficas destas estações. As funções de regressão linear para essas séries

permitem obter o coeficiente angular dessas retas estimadas, que é considerado a tendência dessa função linear e é obtido pelo método estatístico de mínimos quadrados. Contudo, tão relevante quanto estimar esse coeficiente angular é verificar estatisticamente se os dados podem ser representados por uma função de regressão linear, ou seja, se a estimativa algébrica obtida é plausível. Dessa forma analisa-se se é cabível às séries um comportamento aleatório ao redor da determinada reta ou, na contramão de tal procedimento, se o comportamento dos dados é consequência exclusiva da aleatoriedade intrínseca da variável em estudo. Essa verificação é possível valendo-se de um teste de hipótese estatístico que avalia se o conjunto de dados comporta um coeficiente angular de uma função de regressão estimada diferente de zero. Como regra para decidir tal fato utiliza-se o p-valor. No caso em questão, p-valores inferiores a 0,10 possibilitam assumir estatisticamente que é possível representar a série por uma função de regressão linear.

3. Resultados e Discussão

Precipitação

A Tabela 1 mostra os valores das correlações entre as séries de precipitações mensais acumuladas das capitais brasileiras com os as séries de dados gradeados, para o período de 1961 a 2008. Tais valores foram obtidos para todos os meses do ano, e um valor de correlação geral foi obtido para as

séries contínuas para todo o período – isto é de janeiro de 1961 a dezembro de 2006 –, como indicado na tabela. Para todas as localidades, os valores de correlações obtidas para as séries contínuas foram superiores a 0,7. Alguns valores baixos de correlação verificados em meses específicos para algumas estações estão associados principalmente a poucos dados mensais

observados e à incerteza de alguns valores mensais, pois um trabalho de verificação acurada dos valores observados mensais para todo período em questão ainda não está disponível. A Figura 1 permite evidenciar, espacialmente, a alta relação entre dados gradeados e observados de séries originais de 211 estações meteorológicas de superfície do INMET.

Tabela 1. Coeficientes de correlação entre dados observados e dados gradeados para as capitais brasileiras, no período de janeiro de 1961 a dezembro de 2008, para os meses do ano e para as séries contínuas, para precipitação.

Capitais	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Séries Contínuas
Boa Vista	0,88	0,78	0,76	0,78	0,82	0,75	0,67	0,79	0,65	0,80	0,86	0,98	0,89
Manaus	0,85	0,75	0,78	0,66	0,73	0,77	0,83	0,75	0,78	0,81	0,88	0,76	0,90
Belém	0,61	0,70	0,64	0,52	0,63	0,58	0,67	0,67	0,46	0,54	0,66	0,66	0,87
Macapá	0,81	0,88	0,88	0,73	0,87	0,76	0,66	0,80	0,84	0,84	0,92	0,90	0,95
Rio Branco	0,53	0,23	0,40	0,73	0,69	0,38	0,38	0,49	0,66	0,75	0,45	0,75	0,79
Porto Velho	0,77	0,70	0,59	0,63	0,48	0,77	0,90	0,65	0,49	0,72	0,82	0,76	0,90
Palmas	0,70	0,58	0,32	0,28	0,29	0,35	0,41	0,51	0,42	0,32	0,37	0,56	0,81
São Luís	0,62	0,69	0,37	0,69	0,41	0,63	0,58	0,38	0,22	0,72	0,67	0,56	0,84
Teresina	0,82	0,89	0,81	0,95	0,95	0,83	0,81	0,92	0,67	0,32	0,89	0,91	0,96
Fortaleza	0,81	0,89	0,78	0,72	0,86	0,85	0,84	0,67	0,96	0,60	0,50	0,90	0,92
Natal	0,78	0,62	0,61	0,72	0,73	0,63	0,83	0,70	0,79	0,85	0,59	0,80	0,84
João Pessoa	0,80	0,31	0,56	0,62	0,66	0,60	0,52	0,62	0,68	0,49	0,49	0,51	0,73
Recife	0,82	0,82	0,80	0,75	0,78	0,82	0,82	0,78	0,92	0,69	0,87	0,87	0,90
Maceió	0,52	0,57	0,70	0,71	0,71	0,62	0,77	0,51	0,88	0,91	0,30	0,49	0,84
Aracajú	0,87	0,80	0,74	0,87	0,90	0,58	0,75	0,74	0,73	0,86	0,73	0,67	0,86
Salvador	0,83	0,78	0,59	0,72	0,69	0,48	0,51	0,75	0,65	0,75	0,72	0,91	0,73
Cuiabá	0,64	0,43	0,55	0,63	0,72	0,72	0,84	0,62	0,75	0,63	0,59	0,55	0,83
Goiânia	0,99	0,95	0,88	0,82	0,91	0,88	0,99	0,93	0,97	0,90	0,88	0,74	0,96
Brasília	0,95	0,97	0,92	0,82	0,84	0,98	1,00	0,96	0,92	0,88	0,90	0,87	0,97
Campo Grande	0,89	0,68	0,74	0,48	0,84	0,57	0,70	0,49	0,88	0,79	0,81	0,82	0,86
Vitória	0,59	0,33	0,65	0,51	0,44	0,60	0,58	0,63	0,67	0,64	0,69	0,43	0,68
São Paulo	0,81	0,83	0,73	0,85	0,91	0,96	0,88	0,81	0,91	0,89	0,92	0,81	0,92
Rio de Janeiro	0,86	0,84	0,88	0,61	0,70	0,87	0,27	0,62	0,71	0,50	0,09	0,42	0,81
Belo Horizonte	0,97	0,96	0,90	0,92	0,97	0,95	0,41	0,94	0,99	0,97	0,85	0,93	0,97
Curitiba	0,92	0,90	0,78	0,95	0,90	0,98	0,86	0,96	0,96	0,83	0,98	0,89	0,92
Florianópolis	0,88	0,91	0,78	0,77	0,84	0,66	0,85	0,94	0,92	0,89	0,89	0,87	0,86
Porto Alegre	0,92	0,79	0,72	0,81	0,82	0,83	0,80	0,93	0,81	0,83	0,89	0,87	0,83

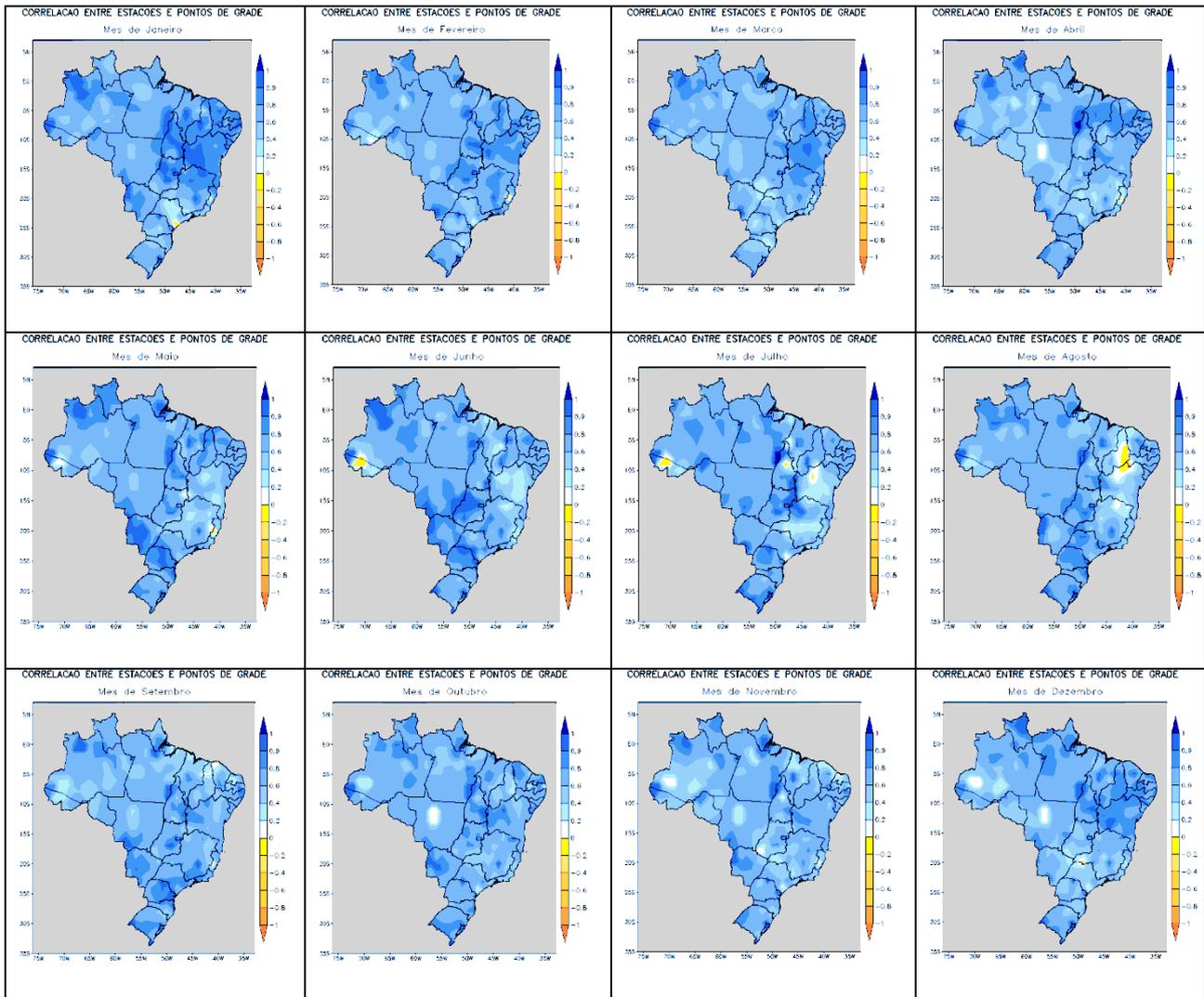


Figura 1. Mapas de correlações entre séries mensais de precipitação observada e respectivas séries de dados gradeados para o período 1961-2008.

A Figura 2 mostra os mapas de tendências de mudanças da precipitação em todos os meses do ano, com as respectivas áreas com significância estatística indicadas. Observa-se que muitas áreas com tendências de aumento e diminuição não foram significantes ao nível de 90%. Em janeiro nota-se que houve tendências significativas de aumento do acumulado mensal de precipitação em áreas do sudoeste da região amazônica, entre os Estados do Amazonas, Acre e Rondônia que se estende até o sudoeste do Estado do Mato Grosso. As

outras áreas significativas aparecem no leste do Estado de São Paulo e no centro e leste do Estado de Santa Catarina até o leste do Paraná. Em fevereiro esta tendência persiste em áreas do sudoeste amazônico, entre Amazonas e Acre, a única que se mostrou positivamente significativa. Observam-se pequenos núcleos com tendências negativas significantes no oeste do Espírito Santo e no Ceará, vale salientar que estes núcleos estão envolvidos por áreas maiores de tendências negativas, mas que não se mostraram significantes.

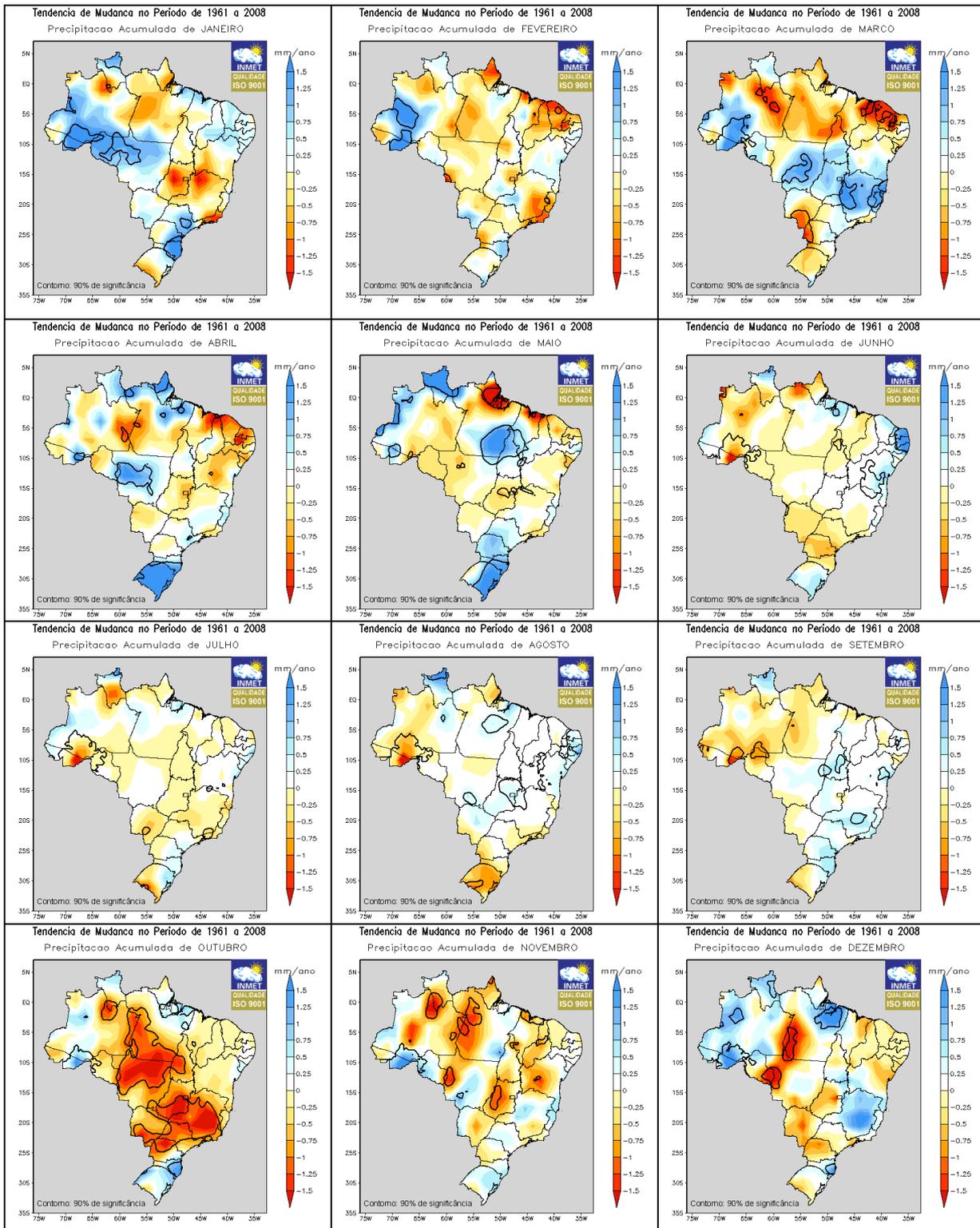


Figura 2. Tendências de mudanças mensais da precipitação sobre o Brasil no período 1961-2008. Áreas em destaque apresentaram-se estatisticamente significantes ao nível de 90%.

Em março, há uma extensa área de tendências positivas em uma faixa entre o oeste do Amazonas até a região Sudeste, uma área típica da atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), com

áreas estatisticamente significantes relativamente grandes nesta região. Há, também, duas regiões maiores com tendências negativas na faixa norte do país, com áreas estatisticamente significantes nela embutidas,

no leste do estado do Amazonas e no norte do Nordeste, entre o leste do Maranhão e o oeste da Paraíba.

No mês de abril sobressaem-se duas áreas com tendências positivas significativas, uma no centro do estado do Mato Grosso e outra envolvendo todo o Estado do Rio Grande do Sul. Em maio destacam-se basicamente três áreas na região Norte, uma ao noroeste do estado do Amazonas, uma no centro-norte de Roraima e outra no sudeste do Pará envolvendo o norte do Tocantins, e uma área na região Sul envolvendo o leste dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Em junho destaca-se uma área com tendências negativas significantes entre o Acre, sul do Amazonas e oeste de Rondônia, área que persiste em julho, agosto e setembro, ainda em junho nota-se uma área com tendências positivas no leste da região Nordeste. Em agosto e setembro existem pequenos núcleos com uma leve tendência positiva significativa. O mês de outubro apresenta uma extensa área com tendências significativas de redução nos acumulados

mensais de precipitação desde a porção central da região norte, centro-oeste, sudeste e norte da região Sul. Tal área é semelhante a do mês de março, mas com padrão contrário. Há uma pequena área com tendências positivas significativas no leste do Estado de Santa Catarina. Novembro apresenta uma série de núcleos com tendências negativas entre as regiões norte, nordeste e centro-oeste. Em dezembro destaca-se apenas uma faixa de tendências positivas no sudoeste da região amazônica, entre os Estados do Amazonas e Acre.

Temperaturas Médias

Assim como para a precipitação, a Tabela 2 mostra os valores das correlações entre as séries de temperaturas médias das capitais brasileiras com os das séries de dados gradeados, para o período de 1961 a 2008. Assim como para a precipitação, os valores de correlações obtidas para as séries contínuas foram superiores a 0,7 evidenciando a qualidade das séries gradeadas.

Tabela 2. Coeficientes de correlação entre dados observados e dados gradeados para as capitais brasileiras, no período de janeiro de 1961 a dezembro de 2008, para os meses do ano e para as séries contínuas, para temperaturas médias mensais.

Capitais	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Séries Contínuas
Boa Vista	0,63	0,69	0,85	0,82	0,64	0,44	0,47	0,54	0,69	0,82	0,72	0,72	0,85
Manaus	0,80	0,93	0,80	0,69	0,76	0,76	0,84	0,78	0,82	0,79	0,90	0,88	0,90
Belém	0,90	0,88	0,88	0,59	0,62	0,86	0,74	0,86	0,67	0,87	0,89	0,89	0,81
Macapá	0,72	0,73	0,64	0,75	0,72	0,37	0,38	0,52	0,41	0,25	0,43	0,70	0,86
Rio Branco	0,83	0,77	0,71	0,76	0,93	0,83	0,79	0,80	0,80	0,61	0,70	0,80	0,91
Porto Velho	0,86	0,86	0,63	0,78	0,87	0,88	0,61	0,89	0,85	0,82	0,82	0,81	0,81

continuação													
Palmas	0,60	0,76	0,63	0,72	0,73	0,61	0,68	0,57	0,70	0,82	0,72	0,83	0,70
São Luís	0,88	0,90	0,82	0,84	0,86	0,54	0,73	0,53	0,46	0,77	0,70	0,80	0,84
Teresina	0,64	0,57	0,38	0,48	0,48	0,41	0,40	0,31	0,35	0,70	0,52	0,60	0,87
Fortaleza	0,85	0,92	0,84	0,87	0,91	0,80	0,88	0,67	0,77	0,52	0,72	0,76	0,91
Natal	0,59	0,62	0,74	0,75	0,75	0,44	0,68	0,73	0,69	0,65	0,67	0,69	0,87
João Pessoa	0,48	0,59	0,72	0,58	0,30	0,28	0,75	0,65	0,59	0,59	0,61	0,60	0,90
Recife	0,74	0,87	0,95	0,89	0,86	0,87	0,90	0,88	0,86	0,89	0,88	0,90	0,95
Maceió	0,23	0,16	0,46	0,20	0,16	0,02	0,02	0,04	-0,08	0,00	0,05	0,12	0,81
Aracajú	0,77	0,87	0,73	0,79	0,81	0,78	0,31	0,84	0,50	0,87	0,75	0,75	0,95
Salvador	0,79	0,79	0,81	0,69	0,73	0,67	0,74	0,70	0,67	0,74	0,69	0,82	0,95
Cuiabá	0,73	0,74	0,58	0,78	0,67	0,84	0,87	0,86	0,91	0,79	0,75	0,59	0,94
Goiânia	0,94	0,94	0,91	0,96	0,70	0,96	0,97	0,94	0,98	0,96	0,93	0,92	0,97
Brasília	0,92	0,88	0,95	0,96	0,92	0,87	0,85	0,93	0,93	0,97	0,93	0,86	0,97
Campo Grande	0,77	0,73	0,71	0,92	0,82	0,77	0,75	0,82	0,65	0,44	0,60	0,65	0,90
Vitória	0,86	0,78	0,81	0,86	0,78	0,70	0,56	0,65	0,72	0,75	0,80	0,80	0,96
São Paulo	0,96	0,96	0,93	0,95	0,95	0,93	0,96	0,95	0,92	0,96	0,92	0,93	0,99
Rio de Janeiro	0,68	0,58	0,60	0,79	0,75	0,81	0,73	0,79	0,78	0,76	0,60	0,59	0,93
Belo Horizonte	0,80	0,89	0,80	0,88	0,84	0,83	0,78	0,78	0,85	0,91	0,92	0,77	0,95
Curitiba	0,95	0,95	0,92	0,94	0,95	0,92	0,93	0,91	0,94	0,96	0,89	0,94	0,99
Florianópolis	0,96	0,93	0,95	0,96	0,96	0,98	0,98	0,97	0,96	0,97	0,93	0,88	0,99
Porto Alegre	0,93	0,95	0,92	0,95	0,99	0,98	0,95	0,94	0,98	0,93	0,87	0,94	1,00

A Figura 3 mostra as tendências de mudanças da temperatura média em todos os meses do ano, com as respectivas áreas com significância estatística indicadas. A maior parte do País apresenta tendências positivas de aumento das temperaturas médias. Destacam-se os meses de maio a outubro, na região central do País entre o centro-sul do Pará, região Centro-Oeste e oeste da região Sudeste, onde em alguns destes meses as tendências podem ultrapassar 0.7°C por década.

A região Nordeste, com exceção de pequenas áreas em alguns meses sobre o Ceará e o litoral leste, apresentou tendências positivas e estatisticamente significantes em

todos os meses do ano. As exceções se deram no extremo norte do País, entre o norte dos Estados do Amazonas e Pará, Roraima e Amapá, esta se estende entre maio e setembro para a parte oeste do País, entre os Estados de Rondônia, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Uma pequena área entre norte de Minas Gerais e sudoeste da Bahia também apresentou leves tendências de aumento, não significantes, com exceção do mês de setembro. A região Sul, principalmente o Estado do Rio Grande do Sul, apresentou leves tendências de aumento, estatisticamente significantes apenas nos meses de janeiro, março, abril e setembro.

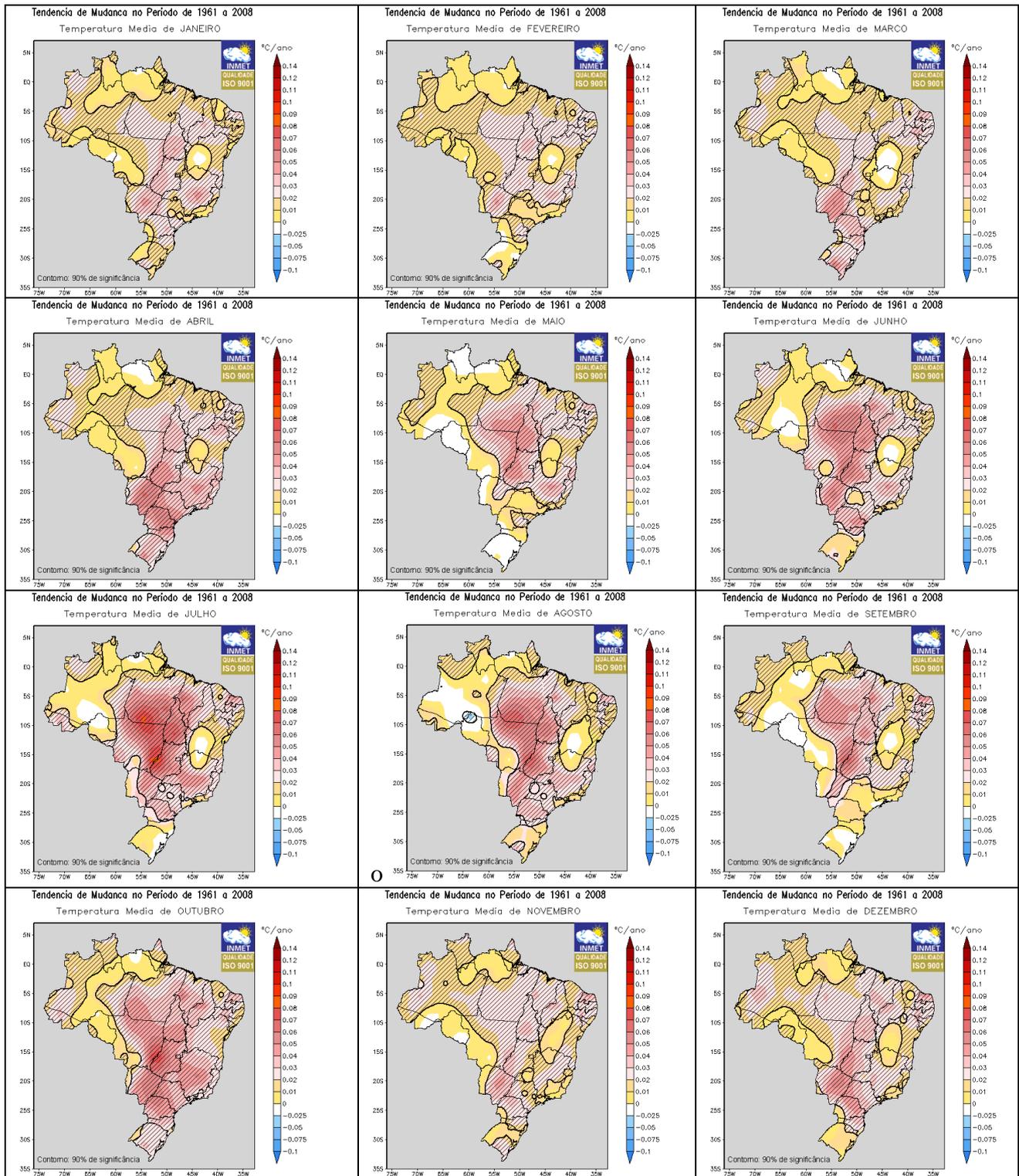


Figura 3. Tendências de mudanças mensais da temperatura média sobre o Brasil no período 1961-2008. Áreas hachuradas em destaque apresentaram-se estatisticamente significantes ao nível de 90%.

Temperaturas Máximas e Mínimas

Assim como para os itens 3.1 e 3.2, são apresentadas nas Tabelas 3 e 4 os valores das correlações entre as séries observadas de

temperaturas máximas e mínimas das capitais brasileiras e as séries obtidas de dados gradeados, para o período de 1961 a 2008. Neste caso, foram observadas correlações

baixas ou negativas em algumas áreas, notadamente para algumas capitais litorâneas. Tal fato é explicado pela maior resolução da grade para estas variáveis, de 1° x 1°, o que, em alguns casos de estações localizadas no litoral, tiveram como ponto de grade mais

próximo um ponto localizado mais no interior do continente, gerando valores baixos em alguns meses do ano. Em relação às séries contínuas as correlações obtidas para a maioria das séries tiveram valores elevados.

Tabela 3. Coeficientes de correlação entre dados observados e dados gradeados para as capitais brasileiras, no período de janeiro de 1961 a dezembro de 2008, para os meses do ano e para as séries contínuas, para temperaturas máximas.

Capitais	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Séries Contínuas
Boa Vista	0,77	0,53	0,62	0,52	0,47	0,53	0,64	0,51	0,74	0,77	0,70	0,67	0,83
Manaus	0,74	0,85	0,76	0,67	0,75	0,67	0,79	0,75	0,83	0,82	0,54	0,52	0,89
Belém	0,26	0,49	0,42	0,43	0,46	0,36	0,73	0,71	0,72	0,80	0,73	0,48	0,77
Macapá	0,43	0,59	0,45	0,45	0,58	0,63	0,53	0,54	0,69	0,58	0,68	0,64	0,89
Rio Branco	0,50	0,46	-0,06	0,48	0,26	0,61	0,44	0,81	0,48	0,60	0,49	0,08	0,72
Porto Velho	0,61	0,69	0,74	0,80	0,79	0,80	0,61	0,79	0,81	0,72	0,74	0,58	0,83
Palmas	0,79	0,70	0,69	0,78	0,64	0,58	0,55	0,44	0,08	0,55	0,53	0,41	0,87
São Luís	0,47	0,58	0,39	0,68	0,66	0,46	0,63	0,79	0,84	0,76	0,76	0,61	0,78
Teresina	0,34	0,47	0,38	0,67	0,61	0,20	0,21	0,08	0,28	0,46	0,40	0,25	0,94
Fortaleza	0,28	0,28	0,38	0,43	0,40	0,32	0,36	-0,06	0,23	0,02	0,21	0,40	0,54
Natal	0,26	0,34	0,38	0,07	-0,17	-0,11	-0,41	-0,12	0,28	-0,04	0,30	0,61	0,61
João Pessoa	0,65	0,47	0,46	0,11	0,15	0,11	0,69	0,46	0,55	0,43	0,68	0,69	0,80
Recife	0,56	0,46	0,63	0,40	0,50	0,27	0,53	0,71	0,71	0,72	0,60	0,55	0,90
Maceió	0,62	0,64	0,47	0,33	0,41	0,22	0,43	0,62	0,52	0,61	0,56	0,49	0,89
Aracajú	0,73	0,84	0,62	0,67	0,53	0,47	0,76	0,69	0,68	0,72	0,50	0,46	0,86
Salvador	0,81	0,75	0,69	0,77	0,78	0,74	0,08	0,74	0,76	0,71	0,81	0,73	0,94
Cuiabá	0,53	0,59	0,68	0,86	0,70	0,71	0,69	0,83	0,85	0,70	0,78	0,80	0,80
Goiânia	0,78	0,83	0,68	0,84	0,76	0,68	0,78	0,67	0,79	0,92	0,82	0,83	0,81
Brasília	0,75	0,79	0,72	0,57	0,60	0,34	0,48	0,50	0,71	0,89	0,80	0,76	0,76
Campo Grande	0,55	0,37	0,70	0,84	0,69	0,72	0,70	0,85	0,82	0,74	0,69	0,64	0,83
Vitória	0,28	0,15	0,01	0,52	0,36	0,55	0,60	0,55	0,62	0,73	0,49	0,45	0,86
São Paulo	0,83	0,81	0,70	0,77	0,84	0,89	0,89	0,87	0,81	0,92	0,87	0,80	0,93
Rio de Janeiro	0,34	0,26	-0,19	0,56	0,63	0,89	0,93	0,91	0,87	0,90	0,24	0,38	0,84
Belo Horizonte	0,49	0,75	0,52	0,72	0,54	0,50	0,45	0,50	0,74	0,81	0,80	0,85	0,84
Curitiba	0,78	0,71	0,72	0,72	0,72	0,75	0,76	0,87	0,82	0,92	0,74	0,86	0,95
Florianópolis	0,57	0,59	0,72	0,79	0,85	0,89	0,83	0,79	0,85	0,89	0,75	0,67	0,98
Porto Alegre	0,59	0,72	0,78	0,86	0,89	0,77	0,81	0,78	0,89	0,84	0,82	0,72	0,98

Tabela 4. Coeficientes de correlação entre dados observados e dados gradeados para as capitais brasileiras, no período de janeiro de 1961 a dezembro de 2008, para os meses do ano e para as séries contínuas, para temperaturas mínimas.

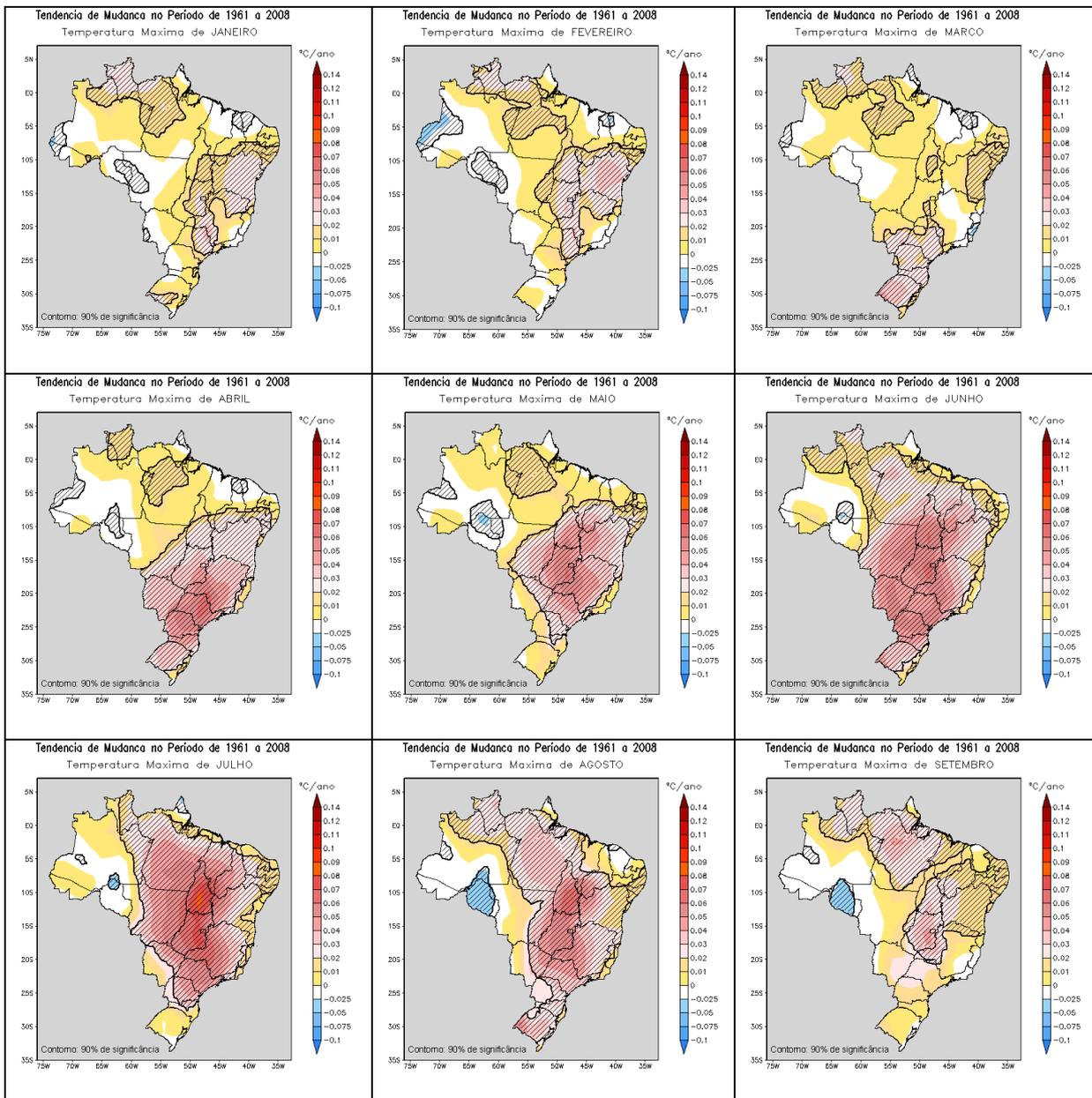
Capitais	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Séries Contínuas
Boa Vista	0,59	0,52	0,53	0,44	0,25	0,20	0,41	0,35	0,48	0,68	0,67	0,62	0,55
Manaus	0,66	0,63	0,57	0,57	0,62	0,56	0,82	0,68	0,66	0,70	0,65	0,48	0,65
Belém	0,55	0,57	0,52	0,53	0,50	0,69	0,69	0,61	0,61	0,60	0,58	0,41	0,55
Macapá	0,57	0,57	0,68	0,60	0,67	0,54	0,67	0,57	0,51	0,42	0,50	0,61	0,58
Rio Branco	0,61	0,51	0,48	0,41	0,39	0,57	0,55	0,53	0,53	0,62	0,31	0,22	0,82
Porto Velho	0,49	0,48	0,44	0,47	0,53	0,62	0,46	0,46	0,25	0,14	0,42	0,50	0,72
Palmas	0,34	0,58	0,09	0,21	0,62	0,38	0,79	0,84	-0,05	0,59	0,45	0,13	0,74
São Luís	0,46	0,70	0,50	0,49	0,39	0,06	0,28	0,15	0,59	0,64	0,70	0,63	0,57
Teresina	0,40	0,57	0,61	0,48	0,67	0,48	0,34	0,35	0,57	0,38	0,41	0,39	0,72
Fortaleza	0,48	0,63	0,61	0,59	0,67	-0,10	0,67	0,23	0,42	0,37	0,52	0,67	0,51
Natal	0,13	0,05	0,18	0,14	0,19	-0,04	-0,06	0,07	0,03	0,16	0,22	0,39	0,45
João Pessoa	0,65	0,73	0,68	0,56	0,58	0,61	0,66	0,53	0,72	0,61	0,71	0,51	0,75
Recife	0,60	0,54	0,44	0,39	0,35	0,28	0,39	0,48	0,54	0,40	0,64	0,53	0,74
Maceió	-0,50	-0,42	-0,32	-0,49	-0,50	-0,60	-0,46	-0,36	-0,64	-0,46	-0,47	-0,54	0,29
Aracajú	0,33	0,38	0,41	0,49	0,20	0,30	0,47	0,66	0,49	0,50	0,39	0,59	0,77
Salvador	0,60	0,71	0,61	0,51	0,48	0,26	0,38	0,51	0,61	0,63	0,64	0,78	0,89
Cuiabá	0,77	0,57	0,53	0,58	0,70	0,63	0,79	0,65	0,74	0,80	0,63	0,58	0,88
Goiânia	0,47	0,33	0,39	0,54	0,66	0,79	0,68	0,69	0,62	0,53	0,33	0,49	0,90
Brasília	0,56	0,58	0,59	0,71	0,77	0,68	0,82	0,78	0,59	0,82	0,63	0,69	0,93
Campo Grande	0,70	0,37	0,60	0,62	0,67	0,57	0,78	0,61	0,67	0,84	0,62	0,68	0,88
Vitória	0,54	0,31	0,33	0,65	0,55	0,60	0,56	0,76	0,53	0,73	0,68	0,62	0,90
São Paulo	0,91	0,83	0,75	0,91	0,88	0,88	0,87	0,82	0,84	0,89	0,89	0,81	0,97
Rio de Janeiro	0,79	0,77	0,81	0,89	0,82	0,92	0,82	0,89	0,87	0,91	0,88	0,90	0,96
Belo Horizonte	0,71	0,72	0,65	0,87	0,79	0,79	0,77	0,80	0,64	0,86	0,86	0,60	0,94
Curitiba	0,82	0,80	0,76	0,87	0,82	0,78	0,85	0,77	0,75	0,88	0,86	0,79	0,97
Florianópolis	0,61	0,49	0,61	0,75	0,72	0,82	0,78	0,70	0,89	0,85	0,74	0,44	0,97
Porto Alegre	0,72	0,73	0,85	0,90	0,89	0,89	0,82	0,72	0,88	0,82	0,84	0,61	0,98

As Figuras 4 e 5 mostram os mapas de tendências de mudanças das temperaturas máximas e mínimas em todos os meses do ano, com as respectivas áreas com significância estatística indicadas. Na Figura

3 observa-se que nos meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro, há uma tendência significativa de aumento das temperaturas máximas em parte das regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e na região

Sul. A partir do mês de abril, essa tendência se mantém sobre as mesmas regiões, porém apresentam uma tendência de temperaturas mais elevadas, com um aumento de, aproximadamente, $0.08^{\circ}\text{C}/\text{ano}$, ou $0.9^{\circ}\text{C}/\text{década}$ para todo o período em partes da região sudeste e sul. Nos meses posteriores, essa tendência de aumento permaneceu, cobrindo todo o País, apresentando valores da ordem de até $0.09^{\circ}\text{C}/\text{ano}$, ou $1.1^{\circ}\text{C}/\text{década}$ para o período,

principalmente na área central do Brasil. Isso evidencia a condição persistente de aumento das temperaturas máximas para todo o País. A Figura 4, como dito anteriormente, mostra as tendências de mudanças na temperatura mínima. Para esta variável são observadas as maiores tendências de aumento em todo o território brasileiro em todos os meses, com valores que variam de $0.03^{\circ}\text{C}/\text{ano}$ a $0.1^{\circ}\text{C}/\text{ano}$, ou $0.4^{\circ}\text{C}/\text{década}$ a $1.2^{\circ}\text{C}/\text{década}$ no período.



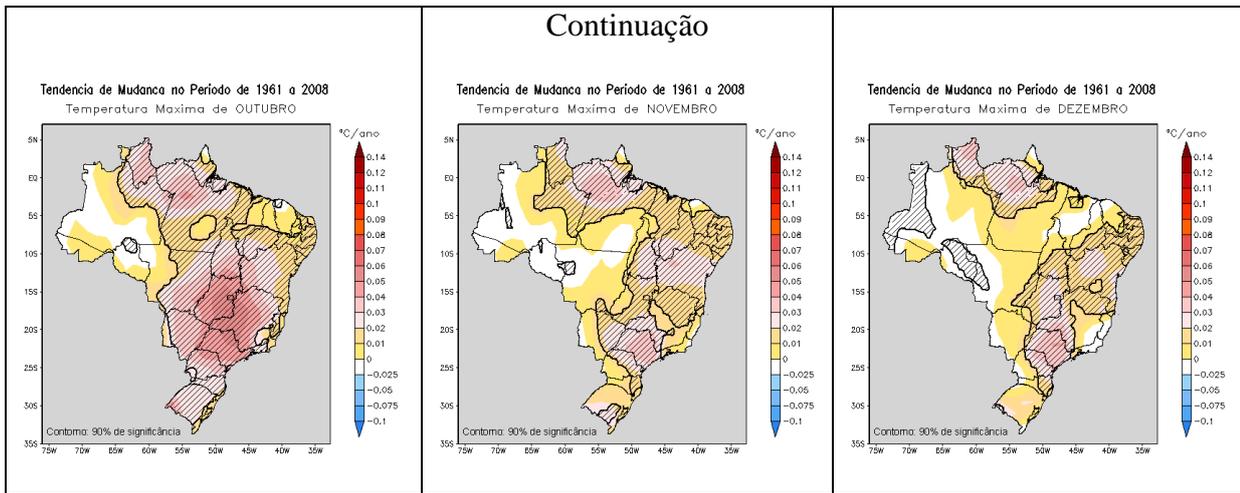
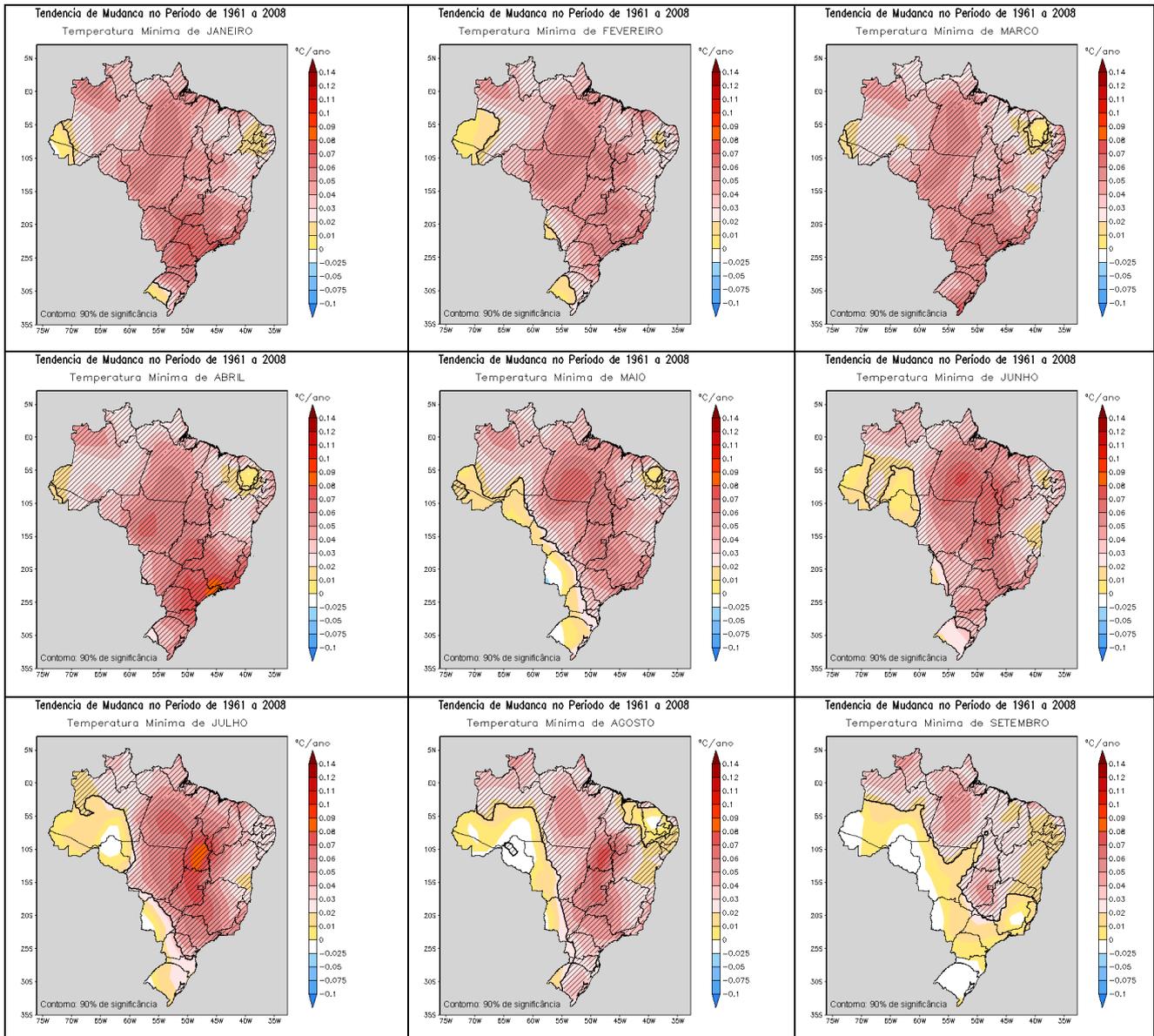


Figura 4. Tendências de mudanças mensais da temperatura máxima sobre o Brasil no período 1961-2008. Áreas hachuradas em destaque apresentaram-se estatisticamente significantes ao nível de 90%.



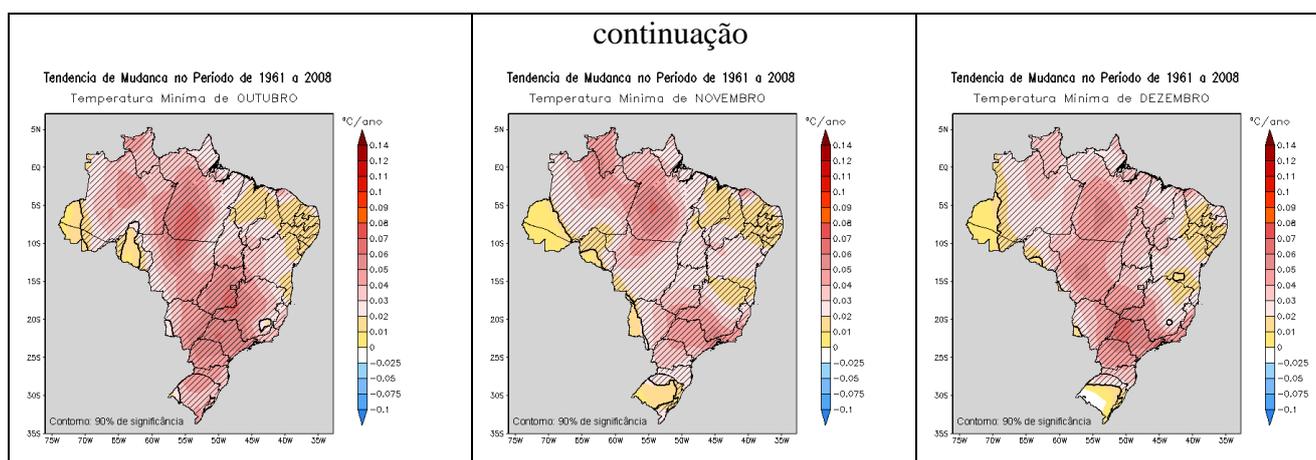


Figura 5. Tendências de mudanças mensais da temperatura mínima sobre o Brasil no período 1961-2008. Áreas hachuradas em destaque apresentaram-se estatisticamente significantes ao nível de 90%.

4. Considerações Finais

Este estudo indicou que as tendências mais evidentes para as temperaturas médias foram positivas. As temperaturas máximas e mínimas também apresentaram tendência de aumento em todo o País. As temperaturas máximas apresentaram uma tendência de aumento que varia entre $0.01^{\circ}\text{C}/\text{ano}$, em alguns meses do ano e em algumas regiões, até $0.08^{\circ}\text{C}/\text{ano}$ em outros meses. As temperaturas mínimas apresentaram tendência de aumento que varia entre $0.03^{\circ}\text{C}/\text{ano}$ e $0.09^{\circ}\text{C}/\text{ano}$. Esses resultados sugerem que os dias, gradualmente, estão se tornando, principalmente, menos frios, com o aumento mais evidente das temperaturas mínimas.

Para a precipitação, os resultados mostraram que há padrões diferenciados e muito regionalizados nas tendências de aumento e diminuição das chuvas sobre o Brasil. Diante de tais evidências, se torna claro que nem toda região com tendência de aumento ou diminuição das precipitações

deve necessariamente ser fruto direto de possíveis mudanças climáticas, uma análise mais apurada de quais destas regiões apresentam áreas estatisticamente significantes se faz necessário.

Tais resultados, no entanto, ajudam a mostrar que devem ser usados com cautela os resultados divulgados pelo quarto relatório do IPCC (sigla em inglês para Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas). O relatório indica, por exemplo, que grande parte da região sul da América do Sul apresentou tendências de aumento das chuvas no último século, e que futuramente, devido à redução nas chuvas da Amazônia, parte da floresta poderá desaparecer, e outras se transformarem em cerrado. Os resultados deste artigo mostram que boa parte da faixa leste da região sul brasileira confirma esta tendência, mas não toda a região, assim como existem áreas na Amazônia que apresentaram tendências significantes de aumento das chuvas nos últimos 48 anos. No entanto, o

próprio IPCC destacou a falta de dados em países emergentes como obstáculo a análises mais consistentes, o que gera conclusões menos decisivas nas chamadas questões regionais.

5. Referências

- Bonsal B. R, Zhang X, Vincent L. A, Hogg W. D. (2001). Characteristics of Daily and Extreme Temperatures over Canada. *Journal of Climate*, 14: 1959-1976.
- Frich, P.; Alexander, L. V.; Dellamarta, P.; Gleason. G.; Haylock, M.; Klein Tank, A. M. G.; Peterson, T. (2002). Observed Coherent Changes in Climatic Extremes During the Second Half of the Century. *Climate Research*, 19: 193-212.
- Gomez, R. A. Q. (1999). Trends Of Maximum And Minimum Temperatures In Northern South America. *Journal of Climate*, v.16, p. 2104-2112.
- Kürbis, K.; Mudelsee, M.; Tetzlaff.; Brázdil, R. (2009). Trends in extremes of temperature, dew point, and precipitation from long instrumental series from central Europe. *Theoretical Applied of Climatology*, 98: 187-195.
- Marengo, J. A. (2006). Mudanças Climáticas Globais e seus Efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao Longo do Século XXI. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. (Biodiversidade, 26).
- Nicholson, S. (2002). Comments On “The South Indian Convergence Zone And Interannual Rainfall Variability Over Southern Africa” And The Question Of Enso's Influence On Southern Africa. *Journal Of Climate*, V.16, N.3, P. 555-562.
- NOAA.ESRL – (2009). University of Delaware Air Temperature & Precipitation. Disponível em: http://www.cdc.noaa.gov/data/gridded/data.UDel_AirT_Precip.html. Acesso em 24/08/2009
- Nobre, C. A.; Sampaio, G.; Velasquez, L. F. S. (2007). Mudanças Climáticas e Amazônia. *Ciência e Cultura*, n. 59, p. 22-27.
- Raupach, M. R.; Marland, G.; Ciais, P.; Quere, C. L.; Canadell, J. G.; Klepper, G.; Field, C. B. (2007). Global and Regional Consequences on the Biome Distribution in Tropical South America. *Geophysical Research Letters*, n.34, p. 16.
- Sheffield, J.; G. Goteti.; Wood, E. F. (2006). Development of a 50-yr High-Resolution Global Dataset of Meteorological Forcings for Land Surface Modeling. *Journal of Climate*, n. 19(13), p. 3088-3111.
- Silva, F. D. S.; Fortes, L. T. G.; Sarmanho, G. F.; Lucas, E. W. M.; Parente, E. G. P. (2009).

Mudanças Verificadas nas Médias Climatológicas de Precipitação de Períodos Subsequentes, Utilizando um Conjunto de Dados Gradeados. In: III Simpósio Internacional de Climatologia, 2009, Canela. Anais, 2009.

Salazar, L. F.; Nobre, C. A.; Oyama, M. D. (2007). Climate Change Drivers of Accelerating CO₂ Emissions. PNAS, vol. 104, no. 24, 10288-10293.

Steffen, K., J. E. Box, And W. Abdalati. (1996). Greenland Climate Network: GCNet. Colbeck, S. C. Ed. CRREL 9627 Special Report on Glaciers, Ice Sheets and Volcanoes, trib. to M. Meier, 98-103.

Webber, S. R.; Willmott, J. (1998). South American Precipitation: Gridded Monthly and Annual Climatologies. Version 1.02, with support from NASA's Seasonal to Interannual ESIP, created October 28.