

VARIABILIDADE CLIMÁTICA NO ESTADO DE GOIÁS, BRASIL: O CASO DA PRECIPITAÇÃO

CLIMATE VARIABILITY IN STATE OF GOIÁS, BRAZIL: THE CASE OF PRECIPITATION

VARIABILIDAD DEL CLIMA EN EL ESTADO DE GOIÁS, BRASIL: EL CASO DE LLUVIA

Elis Dener Lima ALVES¹

Resumo: O regime das chuvas é irregular no espaço e, principalmente, no tempo. Ao longo dos anos pode ocorrer tendências negativas ou positivas na precipitação. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi de verificar a existência de tendência nas séries temporais de precipitação no estado de Goiás. Para tanto, utilizou-se da análise dos coeficientes angulares da reta de regressão de 67 estações pluviométricas. Os resultados mostraram que, na estação seca, 30% das estações pluviométricas obtiveram valores significativamente negativos e nenhum valor positivo, indicando diminuição da pluviosidade nos meses de pouca precipitação. A região central de Goiás apresentou diminuição da precipitação. Dentre as estações pluviométricas que apresentaram tendências significativas, verificou-se que Cristalina apresentou a maior tendência positiva da pluviosidade nos totais anuais, na estação seca e úmida, enquanto que Córrego do Ouro apresentou as maiores tendências negativas da precipitação nos totais anuais e na estação úmida e Trindade a maior tendência negativa na estação seca. Contudo, conclui-se que o estado de Goiás não apresenta mudança significativa no seu regime pluviométrico para os totais anuais e na estação úmida, porém para a estação seca notou-se tendência significativa, sugerindo diminuição da precipitação.

Palavras-chave: Clima, precipitação, tendência, estações, Goiás.

Abstract: The rainfall regime is irregular in space and especially in time. Over the years there may be negative or positive trends in precipitation. Thus, the objective of this research was to verify the existence of a trend in the rainfall time series in the state of Goiás. For that, we used the analysis of the angular coefficients of the regression line of 67 rainfall stations. The results showed that in the dry season, 30% of the rainfall stations obtained significantly negative values and no positive value, indicating a decrease in rainfall in the months of low precipitation. The central region of Goiás presented a decrease in precipitation. Among the rainfall stations that presented significant trends, it was verified that Cristalina presented the greatest positive trend of rainfall in the annual totals, in the dry and humid season, while Córrego do Ouro presented the highest negative trends of precipitation in the annual totals and in the humid season And Trinity the biggest negative trend in the dry season. However, it is concluded that the state of Goiás does not present a significant change in its rainfall regime for the annual totals and in the humid season, but for the dry season a significant tendency was observed, suggesting a decrease of precipitation.

Key-words: Climate, rainfall, tendency, station, Goiás.

Resumen: El comportamiento de las precipitaciones son irregulares en el espacio y sobre el tiempo. Con los años la precipitación puede tener tendencias positivas o negativas. Por lo tanto, el objetivo fue verificar la existencia de tendencia en las series temporales de precipitación en el estado de Goiás. Por lo tanto, se utilizó el análisis de las pistas de la línea de regresión de 67 estaciones pluviométricas. Los resultados mostraron que, en la estación seca, el 30% de las estaciones de lluvias tuvo importantes valores negativos y sin valor positivo y significativo, lo que indica disminución de las precipitaciones en los meses de poca lluvia. La región central de Goiás disminución de las precipitaciones. Entre las estaciones que mostraron

¹ IF Goiano – Campus Ceres. Graduado em Geografia, Mestre em Física Ambiental, Doutor em Ciências.

tendências significativas em las precipitaciones, se encontró que el cristal tiene la mayor tendencia positiva en la precipitación total anual en la estación seca y húmeda, mientras que el Gold Creek tuvo el mayor tendencia negativa en la precipitación total anual y la temporada de lluvias Trinidad y la mayor tendencia negativa en la estación seca. Sin embargo, la conclusión de que el estado de Goiás, en su conjunto, no muestra cambios significativos en su precipitación total para el año y la temporada de lluvias, sino por la tendencia de la temporada seca significativa se observó, lo que sugiere la precipitación disminuye.

Palabras-clave: Clima, lluvia, tendencia, estaciones, Goiás

Introdução

Na atualidade, a grande preocupação da comunidade científica se refere às alterações climáticas e suas implicações sobre qualidade e o modo de vida das pessoas. Nos últimos anos, tem-se discutido a possibilidade de mudanças climáticas como consequência da emissão de gases de efeito-estufa pelas atividades humanas (BERLATO et al., 1995; BRUCE, 1990; DAVIS et al., 2010; KREUZWIESER; GESSLER, 2010; VÖRÖSMARTY et al., 2000). Não é consenso na comunidade científica que as mudanças climáticas globais estejam a ocorrer devido a ação humana, isso decorre da complexidade do sistema climático e seus fatores que influenciam em sua variabilidade.

A variabilidade climática resulta de alterações, de curto prazo, nas características das variáveis climáticas, sem que haja mudança do clima, mas quando as alterações continuam, a longo prazo, podem constituir-se em verdadeiras mudanças climáticas. (CHRISTOFOLETTI, 1989).

Houghton et al., (1996), Molion, (2008) e National Research Council (1992) analisaram as implicações do efeito-estufa nas mudanças climáticas e concluíram que as mudanças observadas no clima global não são ainda significativamente grandes para serem atribuídas inequivocamente a causas antropogênicas de aumento do efeito-estufa. Os autores afirmam que não se pode rejeitar a hipótese de que as mudanças estejam ocorrendo por variações aleatórias naturais.

Berlato et al., (1995) avaliaram a tendência temporal da precipitação anual no estado do Rio Grande do Sul, com a técnica dos mínimos quadrados, e observaram tendência negativa na precipitação pluviométrica no primeiro período analisado (1913-1951) e uma tendência positiva no segundo período (1952-1990). Contudo, a maioria das estações não apresentou tendência estatisticamente significativa ao nível de 5%.

Su et al., (2006) analisaram a tendência da precipitação e da temperatura do ar ao longo da bacia hidrográfica do rio Yangtze e observaram que a média anual e sazonal da temperatura mínima foi caracterizada por uma tendência positiva e que a tendência mais forte foi encontrada no inverno, para a precipitação a tendência também foi positiva, no entanto a tendência mais forte ocorreu no verão.

No Ceará, Santos et al., (2009) observaram que ocorreram mudanças locais na precipitação, assim como um visível aumento nas condições de umidade sobre o estado. Enquanto que em Portugal, Lima et al., (2005) constataram que em relação a precipitação anual não se observou tendência significativa. Em relação à distribuição sazonal da precipitação os resultados mais significativos corresponderam à tendência decrescente da precipitação.

A precipitação pluviométrica tem grande importância na caracterização do clima de uma região, interferindo tanto no planejamento de atividades agrícolas, assim como em atividades do meio urbano. Entender o clima e compreender suas variações temporais é de fundamental importância para o homem em suas atividades produtivas, sendo elas pecuaristas ou agrícolas. Uma vez que as condições climáticas afetam o setor produtivo desde a preparação da terra,

semeadura, crescimento, enchimento de grãos, colheita, armazenamento, transporte até a sua comercialização.

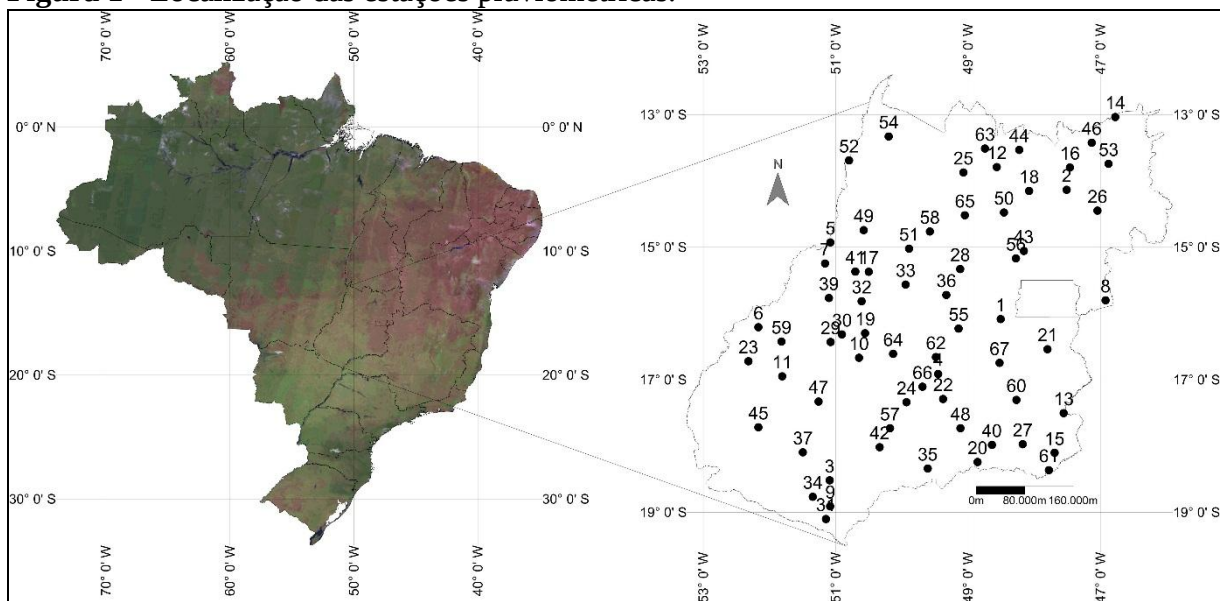
Estudos climáticos relacionados a fenômenos atmosféricos são importantes nas diferentes atividades do homem. Ultimamente, há uma preocupação constante com as possíveis mudanças nos padrões dos elementos climáticos. Vários setores da sociedade estão voltando suas atenções para os possíveis impactos dessas mudanças. Dentre os elementos climáticos, a precipitação é um dos que afetam diretamente as atividades humanas.

Com o intuito de fornecer informações sobre possíveis mudanças no regime pluviométrico do estado de Goiás, o presente trabalho objetivou verificar a existência de tendência nas séries temporais de precipitação.

Materiais e Métodos

Foram coletados dados pluviométricos de 100 estações no estado de Goiás, fornecidos pela ANA (Agência Nacional de Águas). Entretanto, devido as falhas no registro dos dados de precipitação foram utilizados dados de 67 estações (Figura 1)

Figura 1 - Localização das estações pluviométricas.



As tendências foram verificadas sobre os totais anuais, os totais da estação seca (abril a setembro) e da estação úmida (outubro a março), estações definidas por Alves et al., (2010). Para tanto foi utilizado o modelo de regressão linear, dado pela seguinte expressão (Equação 1):

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (1)$$

Em que y é a variável dependente, β_0 o coeficiente linear, β_1 o coeficiente angular, x a variável independente e ε o erro aleatório.

Os parâmetros β_0 e β_1 foram determinados por meio do método dos mínimos quadrados (Equação 2 e 3).

$$\beta_1 = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum(X_i - \bar{X})^2} \quad (2)$$

$$\beta_0 = \frac{1}{n} \left(\sum Y_i - \beta_1 \sum X_i \right) \quad (3)$$

O coeficiente β_1 indica a tendência da série temporal representada pela declividade da reta de regressão. A significância estatística das séries foi verificada mediante a aplicação do teste de hipótese para o coeficiente de regressão linear (β_1) dado por:

H_0 : $\beta_1 = 0$, não existe tendência.

H_1 : $\beta_1 \neq 0$, existe tendência em dado nível de significância.

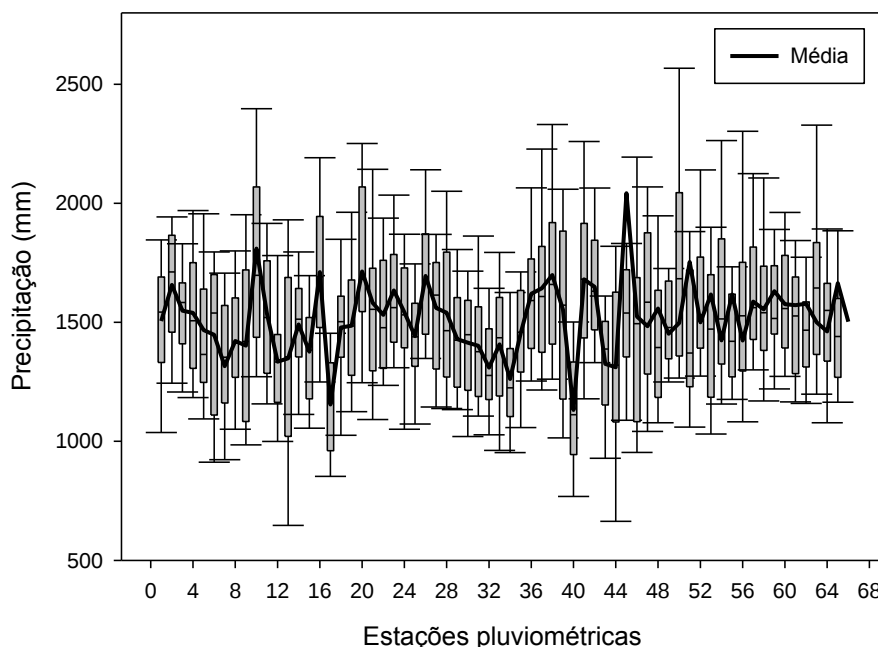
Foi analisada a significância estatística da tendência, ao nível de significância de 5% de probabilidade, mediante a utilização da distribuição t de “Student”, (Equação 4).

$$t_0 = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (4)$$

Resultados e discussões

Há grande variabilidade no regime pluviométrico em todo o estado de Goiás (Figura 2). A média para o estado foi de 1515 mm de precipitação, com variação de 1130 a 2040 mm. A cidade de Nova Roma apresentou a menor média pluviométrica do estado (1131 mm) e em Pilar de Goiás verificou-se a maior média de precipitação.

Figura 2 - Série temporal da precipitação em 67 estações pluviométricas do estado de Goiás.



Pela análise de regressão (Tabela 1), dentre as 67 estações, observa-se que, para os totais anuais, 53 estações apresentaram coeficientes angulares negativos, enquanto que para a estação seca 60, e para a estação úmida 42 estações. Somente na estação seca e úmida

observou-se coeficiente zero (Maurilândia e Aragoiânia). Sendo que, um valor negativo do β_1 indica uma redução da precipitação, um valor positivo sugere aumento, e um valor zero indica que não há nem aumento nem redução da precipitação. Quando foram considerados os valores de β_1 que são significativamente diferentes de zero, ao nível de 5%, observou-se que, para os totais anuais, 10 (5 negativos e 5 positivos) estações tiveram tendência significativa, para a estação seca 21 (21 negativos) e para a estação úmida seis (2 negativos e 4 positivos).

Tabela 1 - Coeficientes angulares das retas de regressão linear das séries pluviométricas dos totais anuais, da estação seca e da estação úmida.

Número	Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)	β_1 (anual)	β_1 (seca)	β_1 (úmida)
1	Alexânia	16°05'00"	48°30'30"	1096	-3,4	-2,3	-1,1
2	Alto Paraíso de Goiás	14°08'05"	47°30'42"	1.272	-12,4**	-2,2	-10,2**
3	Aporé	18°31'04"	51°05'35'	670	6,9	0,1	6,8
4	Aragoiânia	16°54'43"	49°27'08"	800	-2,4	-2,4	0,0
5	Aruanã	14°55'38"	51°04'50"	215	-7,7	0,9	-8,0
6	Bom Jardim	16°12'31"	52°10'06"	504	-6,7	-2,7	-4,1
7	Britânia	15°14'48"	51°09'49"	297	-5,7	-3,7**	-2,0
8	Cabeceiras	15°48'03"	46°55'29"	900	-0,2	-2,6**	2,4
9	Cachoeira Alta	18°54'31"	51°05'01"	483	11,7**	1,8	9,9
10	Cachoeira de Goiás	16°40'05"	50°38'56"	800	-3,8	-4,8**	1,0
11	Caiapônia	16°56'56"	51°48'37"	735	-0,4	-1,8	-1,2
12	Campinaçu	13°47'24"	48°34'01"	690	17,0**	0,1	17,0**
13	Campo Alegre de Goiás	17°30'15"	47°33'20"	800	-6,6	-3,8**	-2,7
14	Campos Belos	13°02'09"	46°46'37"	600	-13,4	-2,8**	-10,6
15	Catalão	18°06'11"	47°41'41"	835	1,2	-2,2**	3,4
16	Cavalcante	13°47'49"	47°27'42"	800	-5,9	-1,2	-4,7
17	Cidade de Goiás	15°22'23"	50°30'01"	400	-8,1	-3,1**	-5,0
18	Colinas do Sul	14°09'02"	48°04'42"	535	-5,0	-1,0	-4,0
19	Córrego do Ouro	16°17'55"	50°33'24"	700	-25,3**	-4,5**	-20,8**
20	Corumbáiba	18°14'31"	48°51'30"	500	-4,8	-1,2	-3,6
21	Cristalina	16°32'16"	47°48'02"	790	20,7**	1,8	18,9**
22	Cromínia	17°17'28"	49°22'44"	694	-2,8	0,5	-3,3
23	Doverlândia	16°43'18"	52°19'11"	509	-0,7	-1,6	0,9
24	Edéia	17°20'29"	49°55'49"	546	-2,9	-3,3	0,4
25	Estrela do Norte	13°52'18"	49°04'17"	453	-8,4	-1,4	-7,0
26	Flores de Goiás	14°27'00"	47°02'45"	200	-5,4	-1,7	-5,3
27	Goiandira	17°58'19"	48°10'31"	605	-2,3	-1,4	-0,8
28	Goianésia	15°19'44"	49°07'14"	640	1,8	-0,8	2,5
29	Iporá	16°25'56"	51°04'45"	400	6,6	-1,1	7,6
30	Israelândia	16°18'59"	50°54'19"	400	-6,1	-3,3**	-2,8
31	Itajá	19°06'00"	51°08'58"	442	-13,7**	-4,8**	-8,9
32	Itapirapuã	15°48'57"	50°36'31"	343	-5,5	-1,4	-4,1
33	Itapuranga	15°33'51"	49°56'37"	651	-5,9	-2,2**	-3,7
34	Itarumã	18°45'53"	51°20'50"	424	-0,2	-1,2	1,0
35	Itumbiara	18°20'20"	49°36'39"	468	-3,6	-1,0	-2,5
36	Jaraguá	15°43'11"	49°19'44"	610	-2,5	-1,0	-1,5

QUESTÃO

V.09 ♦ N. 02 ♦ 2016

pág. 26-35

37	Jataí	18°05'42"	51°29'49"	696	-1,4	-1,3	-0,1
38	Joviânia	17°48'36"	49°37'01"	500	-1,8	-1,6	-0,2
39	Jussara	15°46'02"	51°06'16"	400	-11,8**	-4,8**	-7,0
40	Marzagão	17°58'58"	48°38'29"	605	6,3	-1,0	7,3
41	Matrinchã	15°22'08"	50°42'17"	450	11,9**	-1,7	13,5**
42	Maurilândia	18°01'07"	50°20'14"	500	-4,4	0,0	-4,4
43	Mimoso de Goiás	15°03'27"	48°09'34"	750	-7,8	-3,7**	-4,0
44	Minaçu	13°31'59"	48°13'37"	440	0,9	-0,8	1,7
45	Mineiros	17°43'04"	52°10'09"	770	-1,2	-3,4	2,1
46	Monte Alegre de Goiás	13°25'26"	47°07'55"	555	-3,7	-1,6	-2,1
47	Montividiu	17°19'42"	51°15'39"	891	0,7	-4,2**	4,9
48	Morrinhos	17°43'57"	49°06'55"	753	-2,0	-3,1	1,1
49	Mozarlândia	14°44'29"	50°34'38"	400	-2,8	-1,1	-1,7
50	Niquelândia	14°28'30"	48°27'30"	650	-8,3	-3,1**	-5,2
51	Nova América	15°01'15"	49°53'32"	800	-9,5	-3,6**	-5,8
52	Nova Crixás	13°41'23"	50°48'00"	276	-0,8	-0,9	0,1
53	Nova Roma	13°44'32"	46°52'39"	610	-1,9	-0,3	-1,6
54	Novo planalto	13°19'43"	50°11'58"	250	-0,6	-0,6	-0,1
55	Ouro Verde de Goiás	16°13'41"	49°08'37"	1000	-2,7	-3,3**	3,9
56	Padre Bernardo	15°10'09"	48°16'41"	750	15,4**	-0,8	16,2**
57	Paraúna	17°43'56"	50°10'51"	720	1,5	-1,3	2,8
58	Pilar de Goiás	14°45'52"	49°34'44"	850	-1,4	-0,9	-0,5
59	Piranhas	16°25'24"	51°49'17"	600	-13,5**	-3,8**	-9,7
60	Pires do Rio	17°18'14"	48°16'15"	750	-5,5	-2,9	-2,6
61	Três Ranchos	18°21'46"	47°46'46"	723	-4,9	-2,8	-2,1
62	Trindade	16°39'34"	49°29'11"	600	-12,7	-5,8**	-6,9
63	Trombas	13°30'46"	48°44'42"	491	-7,4	-2,7**	-4,7
64	Turvânia	16°36'34"	50°07'58"	715	-3,0	-2,1	-0,9
65	Uruaçu	14°31'09"	49°02'56"	547	-1,4	-2,2**	0,8
66	Varjão	17°06'25"	49°41'18"	587	1,6	-1,0	2,6
67	Vianópolis	16°44'47"	48°31'29"	893	-6,8	-2,8	-4,0

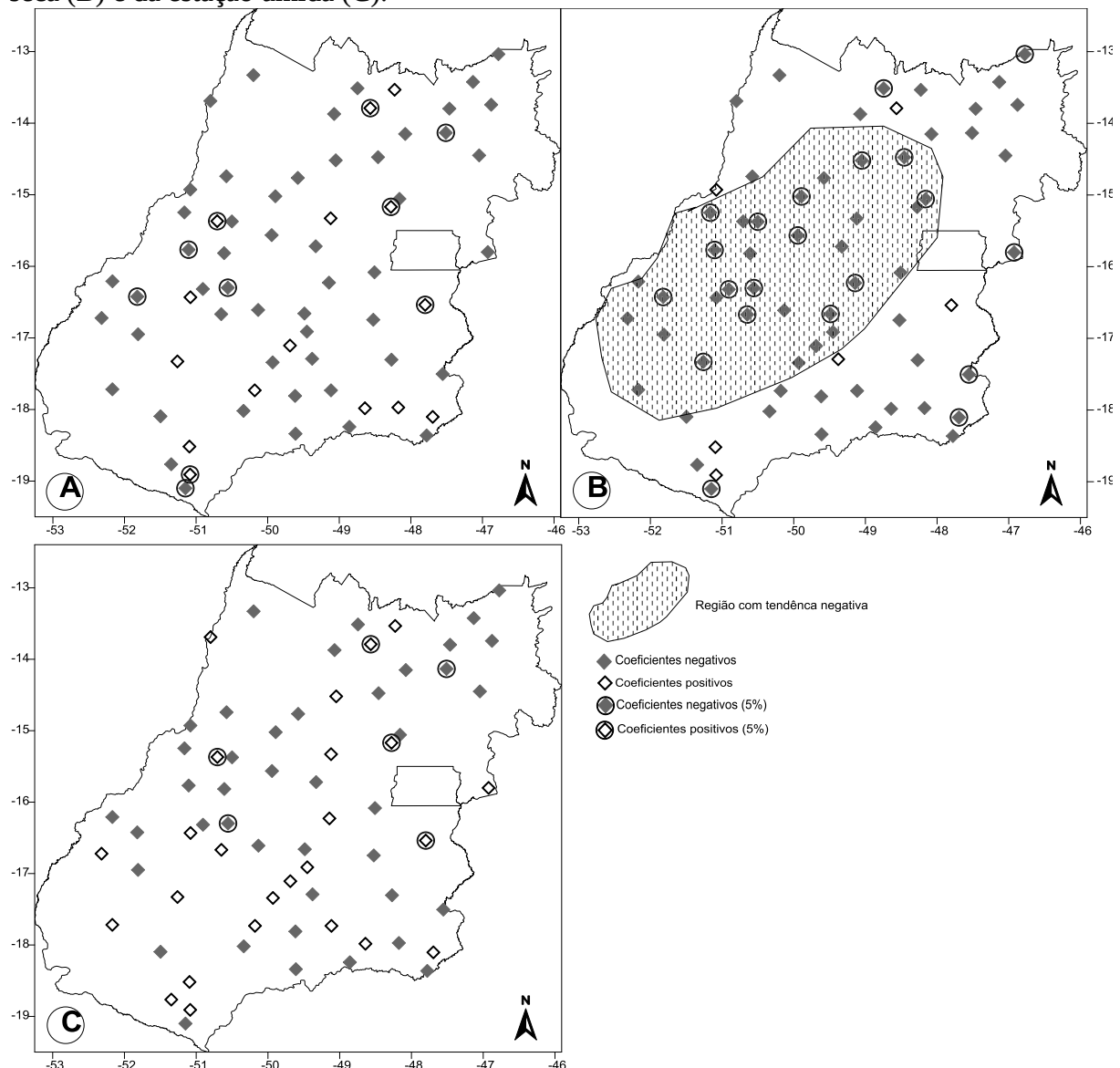
*Sem informação.

**Nível de significância de 5% de probabilidade.

A espacialização dos coeficientes angulares é apresentada na figura 3, onde se observa que no estado de Goiás prevaleceram tendências negativas de precipitação, principalmente, na estação seca. No entanto, nos totais anuais nota-se que houve a mesma quantidade de coeficientes significativos negativos e positivos (cinco), enquanto que na estação úmida duas estações apresentaram coeficientes negativos e quatro positivos.

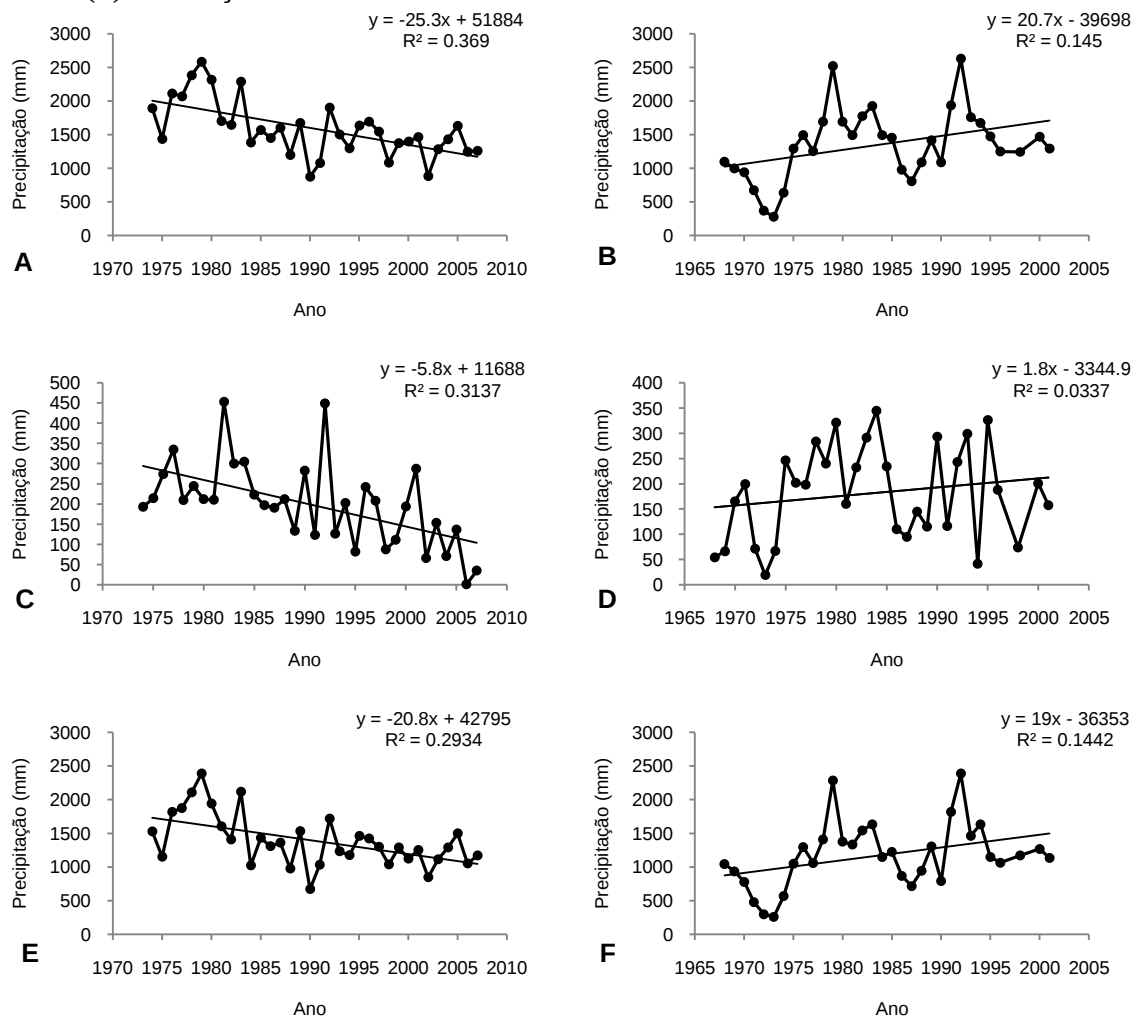
Observa-se que, na estação seca (Figura 3B), a região central de Goiás apresentou tendência negativa do coeficiente β_1 , tendência esta que é significativa. Entretanto, na estação úmida (Figura 3C) nota-se um predomínio de coeficientes positivos.

Figura 3 - Espacialização dos coeficientes angulares (β_1) dos totais anuais (A), da estação seca (B) e da estação úmida (C).



As maiores tendências, positivas e negativas, das estações pluviométricas, estão apresentadas na figura 4. Nota-se que, para os totais anuais, as estações de Córrego do Ouro e Cristalina apresentaram as maiores tendências, -25,3 mm e 20,7 mm, respectivamente. Na estação seca, a maior tendência negativa (-5,8 mm) foi observada na estação de Trindade e a maior tendência positiva (1,8mm) ocorreu em Cristalina. Na estação úmida, as estações de Córrego do Ouro e Cristalina voltaram a apresentar as maiores tendências, -20,8 mm e 19 mm, respectivamente.

Figura 4 - Tendência da precipitação nas estações de Córrego do Ouro (A) e Cristalina (B) nos totais anuais, Trindade (C) e Cristalina (D) na estação seca, e Córrego do ouro (E) e Cristalina (F) na estação úmida.



Considerações finais

Por meio da análise da tendência nas séries temporais de precipitação foi possível obter algumas informações sobre as mudanças no regime pluviométrico do estado de Goiás, elencadas a seguir:

1 - Tanto para os totais anuais, estação seca e úmida, a maioria dos coeficientes angulares retratou tendência negativa da precipitação. Entretanto, ao nível de 5% de significância, observou-se que, apenas, 10 coeficientes (5 negativos e 5 positivos) foram significativos nos totais anuais. Na estação seca 21 (21 negativos) e na estação úmida 6 (2 negativos e 4 positivos).

2 - Notou-se que na estação seca 30% das estações pluviométricas obtiveram valores significativos negativos e nenhum valor significativo positivo, indicando diminuição da pluviosidade nos meses de pouca precipitação.

3 - Na estação seca, a região central de Goiás apresentou diminuição da precipitação.

4 - Dentre as estações pluviométricas que apresentaram tendências significativas, verificou-se que Cristalina apresentou a maior tendência de aumento da pluviosidade de todas as estações, enquanto que Córrego do Ouro apresentou a maior tendência de diminuição da

precipitação nos totais anuais e na estação úmida, em Trindade foi observada a maior tendência negativa na estação seca.

5 - Conclui-se que o estado de Goiás, como um todo, não apresenta mudança significativa no seu regime pluviométrico para os totais anuais e na estação úmida, porém para a estação seca notou-se tendência significativa, sugerindo diminuição da precipitação.

Referências

ALVES, E. D. L.; PRADO, M. F.; SILVA, S. T.; VIEIRA, F. L.; . SILVA, G. M. Análise climática da precipitação em Israelândia-GO e Piranhas- GO utilizando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.6, n.11, p.1-13, 2010.

BACK, Á. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 717-726, 2001.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; BONO, L. Tendência temporal da precipitação pluvial anual no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 111-113, 1995.

BRUCE, J. P. **The atmosphere of the living planet earth**. Genève: World Meteorological Organization, 1990. 42 p. (WMO, 735).

CHRISTOFOLETTI, A. L. H. Implicações ambientais e econômicas relacionadas com a variabilidade e mudanças climáticas. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 3, 1989, Nova Friburgo. **Anais**, Nova Friburgo: UERJ, 1989.

DAVIS, S. J.; CALDEIRA, K.; MATTHEWS, H. D. Future CO₂ Emissions and Climate Change from Existing Energy Infrastructure. **Science**, v. 329 n. 5997, p. 1330-1333, 2010.

HOUGHTON, J. T.; MEIRA FILHO, L. C.; CALLANDER, B. A.; HARRIS, N.; KATTERBERG, A.; MASKELL, K. (Ed.). **Climate change 1995: the science of climate change: contribution of working group I to these cond assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge (Inglaterra): Cambridge University Press, 1996. 584 p.

KREUZWIESER, J.; GESSLER, A. Global climate change and tree nutrition: influence of water availability. **Tree physiology**, v. 30, n. 9, p. 1221-1234, 2010.

LIMA, M. I. P. de.; MARQUES, A. C.; LIMA, J. L. M. P. de. Análise de tendência da precipitação anual e mensal no período 1900-2000, em Portugal Continental. **Territorium**, n. 12, p. 11-18, 2005.

MOLION, L. C. B. Perspectivas climáticas para os próximos 20 anos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3/4, n. 3, p. 117-128, 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (Washington, Estados Unidos). **Policy implications of greenhouse warming: mitigation, adaptation, and the science base**. Washington: National Academy Press, 1992. 918 p.

SANTOS, C. A. C.; BRITO, I. B.; RAO, T.V. R.; MENEZES, H. E. A. Tendências dos índices de precipitação no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n.1, p. 39-47, 2009.

SU, B. D.; JIANG, T.; JIN, W. B. Recent trends in observed temperature and precipitation extremes in the Yangtze River basin, China. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 83, p. 139–151, 2006.

VÖRÖSMARTY, C. J.; GREEN, P.; SALISBURY, J.; LAMMERS, R. B. Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population Growth. **Science**, v. 289, n. 5477, p. 284-288, 2000.

Artigo recebido em 09-06-2016
Artigo aceito para publicação em 22-01-2017