

TENDÊNCIA DO NÚMERO DE DIAS DE CHUVA NO ESTADO DO TOCANTINS E A RELAÇÃO DOS SEUS EXTREMOS COM O ÍNDICE OCEÂNICO NIÑO

Trend in the number of days of rain in the Tocantins State and their relationship with Ocean Index Niño

Francisco F. N. Marcuzzo¹
Vanessa Romero²
Murilo R. D. Cardoso³

¹CPRM/SGB - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil
Gerência de Hidrologia e Gestão Territorial

Rua: Banco da Província, nº105 - Santa Teresa - Porto Alegre/RS - Brasil - CEP 90840-030
francisco.marcuzzo@cprm.gov.br

²IFG - Instituto Federal de Goiás
Campus de Goiânia - Tecnologia em Saneamento Ambiental

Rua 75, nº 46 - Centro - Goiânia/GO - CEP 74055-110
vromero.fe@gmail.com

³UFG - Universidade Federal de Goiás
Campus II de Goiânia - IESA - Instituto de Estudos Sócio-Ambientais

Samambaia - Goiânia/GO - CEP 74001-970
muriloshinobi@gmail.com

RESUMO

Os condicionantes da precipitação pluviométrica, como o Número de Dias de Chuva (NDC), são de grande importância em estudos climatológicos para um melhor entendimento do ambiente. Com o objetivo de analisar a tendência mensal e anual do NDC no estado do Tocantins, realizou-se um estudo de sua variabilidade extrema e a possível correlação com o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) de intensidade moderada ou forte. Foram utilizadas médias mensais e anuais do NDC das séries históricas de dados pluviométricos obtidos da Rede Hidrometeorológica Nacional, da Agência Nacional de Águas e do Serviço Geológico do Brasil. A série histórica utilizada foi de 30 anos (1977 a 2006). Para o tratamento estatístico, calculou-se as médias temporais do número de dias com precipitação de 58 estações pluviométricas. Observou-se que, nos meses de janeiro a abril, houve tendência de aumento do NDC no tocante à série histórica estudada, restando os meses de maio a dezembro e a média geral anual com tendência de decréscimo do NDC. Como resultados são apresentados gráficos com as tendências de NDC para cada mês e ano, correlacionados com a intensidade do ENOS, além do histograma mensal com a média de 30 anos e para cada uma das três décadas.

Palavras chave: NDC. La Niña. Pluviometria. El Niño Oscilação Sul. Precipitação Pluviométrica.

ABSTRACT

The conditions of rainfall, as the Number of Days of Rain (NDR), are of great importance in climatological studies to better understand the environment. In order to analyze the trend of monthly and annual number of days of rain in the state of Tocantins, there was a study of its extreme variability and its possible correlation with the El Niño Southern Oscillation (ENSO) of moderate or heavy. It's used monthly and annual averages of the NDR of the time series of rainfall data obtained from the National Hydrometeorological Network, the National Water Agency and the Geological Survey of Brazil. The series used was 30 years (1977-2006). The statistic calculated the mean time the number of days with rainfall of 58 rainfall stations distributed. It was observed that in the months January to April there was a trend of

increasing NDR for the series studied, leaving the months from May to December and the average annual general decreasing trend with the NDR. Results are presented in graphical trends NDR for each month and year, correlated with the intensity of ENSO, and the histogram with the monthly average of 30 years and for each of three decades.

Keywords: NDR. La Niña. Pluviometric. El Niño Southern Oscillation. Rainfall.

1 INTRODUÇÃO

O estado do Tocantins apresenta como principal atividade econômica a agropecuária. O exagero ou a ausência de chuva pode ser favorável ou prejudicial ao desenvolvimento da economia, dessa forma, a análise das precipitações é importante. E seu estudo é possível com a obtenção de uma coleção de observações de dados climatológicos feita ao longo de um período histórico.

A caracterização da precipitação pluviométrica no Brasil tem como maior dificuldade a pouca disponibilidade de dados, ou sua inexistência, em algumas áreas do país (MELLO et al., 2001). Silva et al. (2010) sugerem, em estudo sobre a variabilidade da precipitação no município de Palmas/TO, que reduções de até 40% da precipitação foram verificadas dentro do período chuvoso da capital tocantinense, como foi observado nos meses de janeiro e fevereiro. Já nos meses de março e abril, verificou-se aumento da precipitação. Essas mudanças são influência de alterações na dinâmica climática local, como também na dinâmica em escala global.

Em estudo sobre a influência dos eventos El Niño e La Niña na precipitação pluviométrica de Mossoró-RN, Pereira et al. (2010) concluíram que, em anos de ocorrência de El Niño, cerca de 52% dos valores de precipitação pluviométrica estiveram abaixo da média histórica. Com relação aos anos nos quais ocorreu atuação da La Niña, verificou-se pluviosidade acima da média em 46% dos mesmos.

Marcuzzo et al. (2011) individualaram, em estudo sobre mapeamento de chuvas no bioma Cerrado do estado de Tocantins, que, segundo a média histórica de 1977 a 2006, pode-se verificar uma maior porcentagem de anos secos, 37,6%, do que de anos úmidos, 62,4%. Já em um estudo sobre a precipitação pluviométrica no bioma amazônico em Tocantins, Marcuzzo et al. (2010) identificaram que o período chuvoso (nove meses) se estende de setembro a maio; e o período seco (três meses) entre junho e agosto.

Brunettia et al. (2001) descreveram que o decréscimo no número de dias chuvosos na Itália é mais significativo do que a redução dos totais anuais da precipitação.

Fischer et al. (2009), em um trabalho com o Número de Dias de Chuva (NDC) no Rio Grande do Sul, afirmam que é possível ter-se uma ideia da intensidade da precipitação pluvial, pois, ao se analisar o mesmo total de chuva em intervalos de tempo distintos, revela-se qual a intensidade e a variabilidade quantitativa e qualitativa da mesma.

Marcuzzo et al. (2012) detectaram uma tendência de diminuição nos valores pluviométricos médios, para a região Centro-Oeste e estado do Tocantins, na ordem de -6,5%. Apenas os meses de março e abril apresentaram aumento da precipitação pluviométrica.

Os resultados obtidos por Silva et al. (2012) assinalam que a variabilidade da precipitação na região do nordeste brasileiro é menor no período chuvoso do que no período seco, e que os maiores valores do coeficiente de variação são associados aos menores valores de precipitação e número de dias de chuva.

Silva et al. (2009), avaliando a variabilidade anual e intra-anual da precipitação e do NDC para o estado da Paraíba, observaram que os coeficientes de variação da precipitação e do número de dias chuvosos, nas microrregiões do Cariri, Seridó e Curimataú, são maiores do que nas estações pluviométricas localizadas nas microrregiões do litoral, agreste e brejo paraibano.

Observa-se, nesse contexto de pesquisas, uma escassez de estudos sobre a tendência do NDC no estado do Tocantins. Portanto, este estudo tem como objetivo principal analisar a variação e a tendência mensal e anual de seu NDC, além da possível relação dos máximos e mínimos NDC

com o moderado ou forte aquecimento ou esfriamento das águas do Oceano Pacífico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo e dados utilizados

O estado do Tocantins, criado em 1988, após divisão política do estado de Goiás, localiza-se na região norte do Brasil (Figura 1) e possui uma área de 277.621,858 km². Está delimitado pelos estados do Maranhão (norte e nordeste), Piauí (leste), Bahia (sudeste), Goiás (sul), Mato Grosso (sudoeste) e Pará (oeste e noroeste). O uso do solo no estado de Tocantins está mais concentrado em atividades pecuaristas, com grande parte de seu território encoberto por vegetação remanescente (Figura 1).

Foram utilizados, neste estudo, dados de 58 estações pluviométricas, instaladas no estado de Tocantins (Figura 1, Quadros 1 e 2), cujos dados diários de precipitação pluvial foram obtidos da Rede Hidrometeorológica Nacional da Agência Nacional de Águas (ANA) e da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB). Esses dados diários de precipitação pluvial correspondem a uma série histórica de 30 anos (1977 a 2006) com 35 estações pluviométricas e mais 23 estações, apresentando de 20 a 29 anos de dados que foram compilados, consistidos, organizados e tratados estatisticamente, com informação diária, mensal, anual e sazonal.

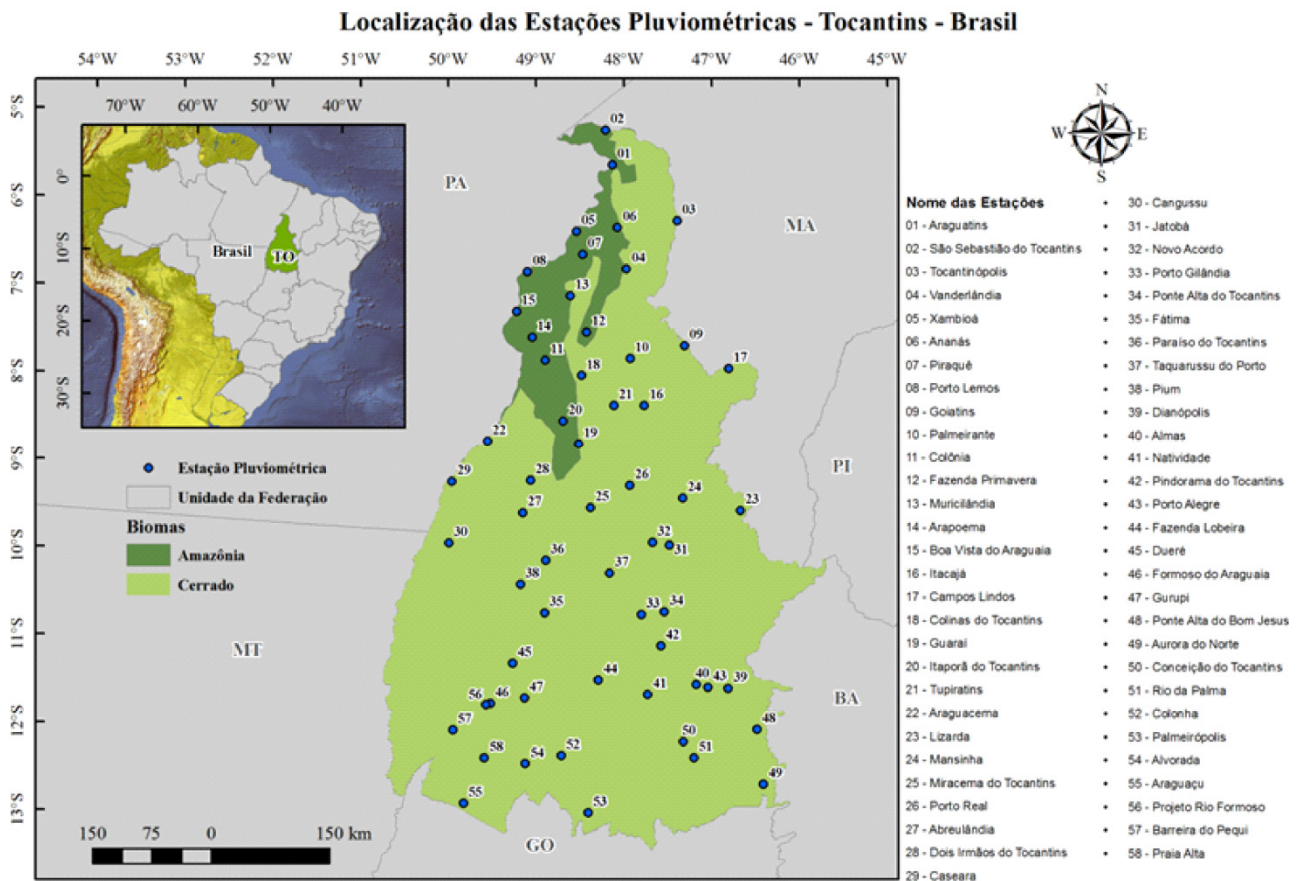


Figura 1: Localização das estações pluviométricas e sua inserção nos biomas do estado de Tocantins.

Fonte: Dados brutos de IBGE (2010), CPRM/SGB (2010) e ANA (2010).

Quadro 1: Coordenadas geodésicas, altitude e período analisado das estações pluviométricas.

Nome da Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período Analisado
Araguatins	05°39'05,6"S	48°07'57,3"W	122	1977 - 2006
São Sebastião do Tocantins	05°15'34,9"S	48°12'25,2"W	109	1984 - 2006
Tocantinópolis	06°17'22,0"S	47°23'32,5"W	126,1	1977 - 2006
Vanderlândia	06°50'21,0"S	47°58'13,8"W	300	1977 - 2006
Xambioá	06°24'37,0"S	48°32'31,9"W	118	1977 - 2006
Ananás	06°21'49,7"S	48°04'21,4"W	191	1977 - 2006
Piraquê	06°40'19,5"S	48°28'13,2"W	184	1977 - 2006
Porto Lemos	06°52'09,2"S	49°05'54,6"W	156	1985 - 2006
Goiatins	07°42'32,1"S	47°18'40,9"W	174	1977 - 2006
Palmeirante	07°51'33,8"S	47°55'44,3"W	166	1984 - 2006
Colônia	07°52'39,1"S	48°53'44,7"W	200	1977 - 2006
Fazenda Primavera	07°33'38,4"S	48°25'21,7"W	200	1977 - 2006
Muricilândia	07°08'44,7"S	48°36'39,4"W	181	1977 - 2006
Arapoema	07°36'49,6"S	49°02'43,7"W	211	1977 - 2006
Boa Vista do Araguaia	07°19'23,0"S	49°13'27,0"W	100	1983 - 2006
Itacajá	08°23'30,7"S	47°45'58,0"W	184	1977 - 2006
Campos Lindos	07°58'15,7"S	46°48'24,7"W	290	1984 - 2006
Colinas do Tocantins	08°03'10,6"S	48°28'55,7"W	229	1977 - 2006
Guaraí	08°49'55,4"S	48°31'02,0"W	300	1978 - 2006
Itaporã do Tocantins	08°34'25,6"S	48°41'24,5"W	300	1977 - 2006
Tupiratins	08°23'30,9"S	48°06'41,9"W	125	1977 - 2006
Araguacema	08°48'09,9"S	49°33'23,5"W	150	1977 - 2006
Lizarda	09°35'50,0"S	46°40'22,0"W	620	1977, 1984 - 2006
Mansinha	09°27'32,7"S	47°19'38,0"W	320	1983 - 2006
Miracema do Tocantins	09°34'02,7"S	48°22'47,7"W	129	1977 - 2006
Porto Real	09°18'32,9"S	47°55'56,2"W	200	1977 - 2006
Abreulândia	09°37'30,0"S	49°09'18,0"W	200	1977 - 2006
Dois Irmãos do Tocantins	09°15'26,0"S	49°03'55,2"W	257	1977 - 2006
Caseara	09°16'12,3"S	49°57'32,0"W	164	1986 - 2006
Cangussu	09°58'12,8"S	49°59'41,4"W	240	1984 - 2006
Jatobá	09°59'32,9"S	47°28'59,3"W	295	1977 - 1994, 1997 - 2006
Novo Acordo	09°57'39,1"S	47°40'31,0"W	180	1977 - 1990, 1992 - 2006
Porto Gilândia	10°47'08,2"S	47°48'03,6"W	300	1977 - 2006
Ponte Alta do Tocantins	10°45'04,5"S	47°32'11,1"W	300	1984 - 2006
Fátima	10°45'48,7"S	48°54'08,3"W	346	1977 - 2006
Paraíso do Tocantins	10°09'56,9"S	48°53'27,0"W	390	1977 - 2006
Taquarussu do Porto	10°18'45,7"S	48°09'40,5"W	398	1977 - 2006
Pium	10°26'28,4"S	49°10'45,2"W	298	1983 - 2006
Dianópolis	11°37'31,0"S	46°48'37,2"W	680	1977 - 1989, 1991 - 2006
Almas	11°34'43,4"S	47°10'26,3"W	422	1977 - 2006
Natividade	11°41'48,8"S	47°43'42,2"W	308	1977 - 1995, 1997 - 2006
Pindorama do Tocantins	11°08'26,2"S	47°34'37,2"W	637	1977 - 2006
Porto Alegre	11°36'41,9"S	47°02'42,1"W	372	1977 - 1989, 1991 - 2006
Fazenda Lobeira	11°31'58,4"S	48°17'19,3"W	230	1977 - 2006
Dueré	11°20'20,0"S	49°15'55,0"W	234	1977 - 2006
Formoso do Araguaia	11°47'50,0"S	49°31'30,0"W	247	1977 - 2006
Gurupi	11°44'14,0"S	49°08'10,0"W	353	1977 - 1989, 1993 - 2006

Quadro 2: Coordenadas geodésicas, altitude e período analisado das estações pluviométricas (continuação do quadro anterior).

Nome da Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período Analisado
Ponte Alta do Bom Jesus	12°05'26,2"S	46°28'45,2"W	519	1977 - 2006
Aurora do Norte	12°42'49,8"S	46°24'31,4"W	477	1977 - 2006
Conceição do Tocantins	12°13'57,5"S	47°19'28,0"W	404	1977 - 2006
Rio da Palma (Faz. Chuva Manga)	12°24'57,1"S	47°11'58,4"W	314	1977 - 2006
Colonha	12°23'32,0"S	48°42'41,9"W	234	1977 - 2006
Palmeirópolis	13°02'31,1"S	48°24'25,1"W	443	1978 - 1994, 2000 - 2006
Alvorada	12°29'01,0"S	49°07'28,0"W	293	1977 - 2002, 2004 - 2006
Araguaçu	12°55'52,0"S	49°49'46,0"W	295	1977 - 2006
Projeto Rio Formoso	11°48'30,6"S	49°34'16,7"W	225	1981 - 2006
Barreira do Pequi	12°05'55,0"S	49°56'53,0"W	224	1984 - 2006
Praia Alta	12°25'04,7"S	49°35'23,2"W	206	1986 - 2006

Fonte: Dados brutos de CPRM/SGB (2010) e ANA (2010).

Neste trabalho utilizou-se dados do projeto Shuttle Radar Topology Mission (SRTM) com resolução de 90 metros. As imagens SRTM foram agrupadas em um programa do Sistema de Informação Geográfica (SIG) e, posteriormente, o Modelo Digital de Elevação (MDE) foi delimitado, assim, permitindo analisar a hipsometria, que se caracteriza por relevos cujas altitudes variam de 66 a 1.223 metros, resultando em um gradiente altimétrico de 1.157 metros. As maiores altitudes encontram-se no sudeste, sul e no centro do estado. Em sua maior parte, Tocantins encontra-se inserido no bioma do cerrado; pequena parte do estado está inserida na Amazônia.

Com uma população de 1.383.445 habitantes, e com 139 municípios, o Tocantins possui baixa densidade demográfica, tendo a cidade mais densa do estado, a capital, Palmas, aproximadamente, 103 habitantes (km²)⁻¹. A cidade com menor densidade demográfica é Mateiros, com menos de 1 habitante (km²)⁻¹ (IBGE, 2010). O clima é classificado, por Köppen, como tropical com estação seca no inverno (Aw).

O Índice Oceânico Niño(a) (ION) é um índice que identifica as anomalias da superfície do Oceano Pacífico por meio de uma média móvel de três meses (Quadro 3). Quando o ION for maior que +0,5°C, por no mínimo cinco meses consecutivos, o período é caracterizado como El Niño, e quando o índice for menor que -0,5°C, por no mínimo cinco meses consecutivos, o período é caracterizado como La Niña.

Quadro 3 - Classificação da intensidade do ION.

Evento	Índice Oceânico Niño(a)	Intensidade
El Niño	0,5 a 0,9	Fraca
	1,0 a 1,4	Moderada
	≥ 1,5	Forte
La Niña	-0,5 a -0,9	Fraca
	-1,0 a -1,4	Moderada
	≤ -1,5	Forte

Fonte: Golden Gate Weather Services (2008).

Os dados das maiores intensidades dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña na região 3.4 (Figura 2), nas coordenadas 5°N a 5°S e 120° a 170°W, foram obtidos do Serviço Climatológico Nacional dos Estados Unidos - *National Weather Service* (NOAA), (2011).

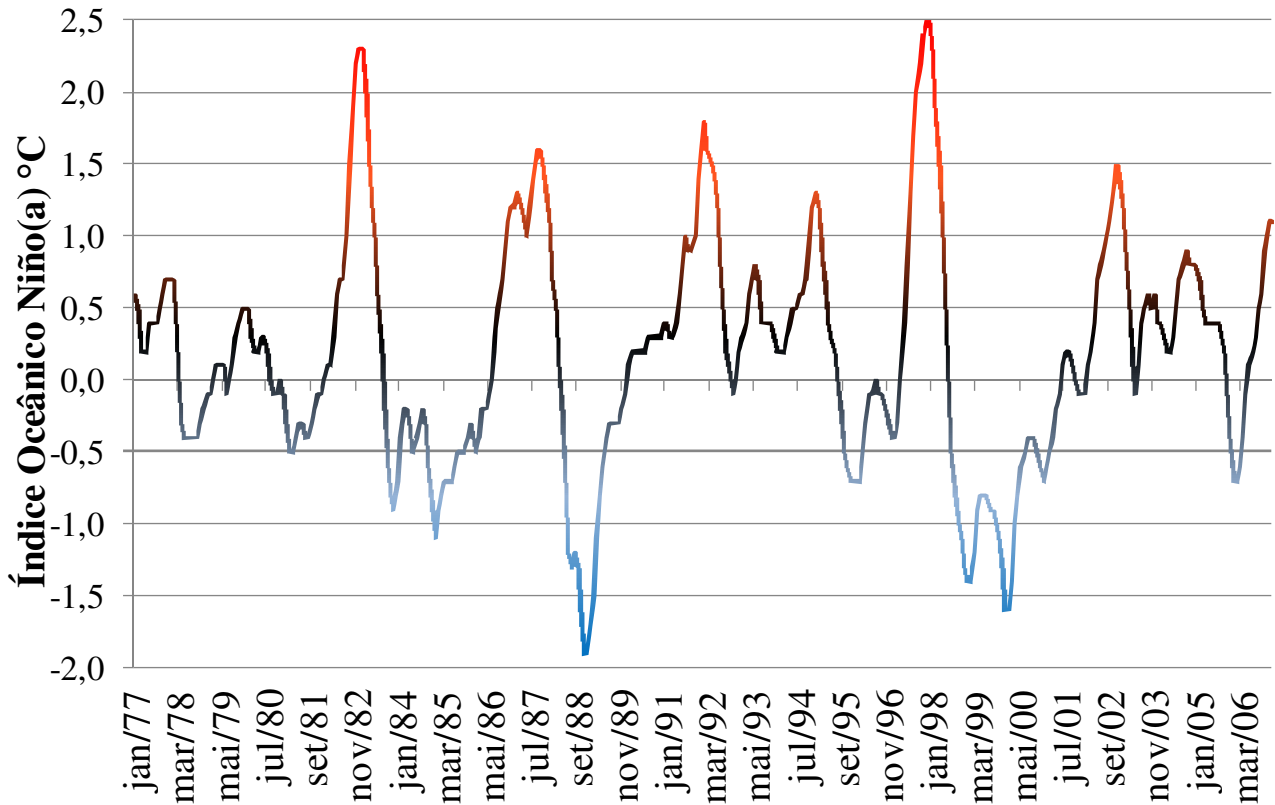


Figura 2: Índice Oceânico Niño (a) de 1977 a 2006.

Fonte: Dados brutos do NOAA (National Weather Service).

2.2 Regressão linear e polinomial

São métodos para estimar a condicional de uma variável Y , dados os valores de algumas outras variáveis X . A regressão, em geral, trata da questão de estimar um valor condicional esperado. Em muitas situações, uma relação linear pode ser válida para sumarizar a associação entre as variáveis Y e X . Já a regressão polinomial tende a descrever o caminhamento da evolução da variável dependente Y conforme as modificações da variável X . As regressões linear e polinomial são, respectivamente, descritas como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X \quad (1)$$

$$Y = \beta_6 X^6 + \beta_5 X^5 + \dots + \beta_1 X + \beta_0 \quad (2)$$

em que Y é a variável linear dependente; $\beta_6, \beta_5, \dots, \beta_1$ e β_0 são os coeficientes da regressão; X é a variável independente.

2.3 Estatística descritiva

Por meio da estatística descritiva é possível obter características essenciais para a formação de histograma de frequências relativas de uma amostra de dados hidrológicos (NAGHETTINI; PINTO, 2007). Para este estudo foram calculadas as medidas de tendência central e de dispersão.

2.3.1 Medidas de tendências central

A média é a medida de posição mais frequentemente usada e tem um significado teórico importante na estimativa de amostras. É calculada pela seguinte fórmula:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + \dots + X_n}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3)$$

em que \bar{X} é a média; N é o tamanho da amostra e X_i até X_n são os somatórios da amostra.

A mediana é outra medida de posição mais resistente do que a média, por ser imune à eventual presença de valores extremos discordantes na amostra. É calculada pela equação:

$$X_{med} = \frac{X_{\frac{N}{2}} + X_{(\frac{N}{2}+1)}}{2} \quad (4)$$

em que X_{med} é a mediana; N é o tamanho da amostra e X é a posição da amostra.

2.3.2 Medida de dispersão

O desvio padrão é fortemente influenciado pelos menores e maiores desvios dos valores estudados, constituindo-se na medida de dispersão mais frequentemente usada. É calculado pela seguinte expressão:

$$S = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (5)$$

em que N é o tamanho da amostra; X_i é o valor de cada amostra e \bar{X} é a média.

Utilizando-se as medidas de tendência central e de dispersão, é possível verificar criteriosamente os parâmetros e observar se as amostras são diferentes ou semelhantes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Tendência do Número de dias de chuva mensal no estado do Tocantins

A distribuição dos Números de Dias de Chuvas das médias mensais, com base nos dados da série histórica de 1977 a 2006, registrados em 58 estações pluviométricas distribuídas no estado do Tocantins, apresenta variações significativas, as quais serão apresentadas e discutidas a seguir.

O maior NDC observado para o mês de janeiro (Figura 3) foi de 25,1 no ano de 1985, caracterizado por um período de La Niña fraco (Quadro 3 e Figura 2). O menor foi de 7,4 no ano de 1978, totalizando uma variação do maior para o menor NDC, para a série histórica estudada, de 70,5%. Quanto ao período de 1977 a 2006, observou-se uma tendência média de aumento do NDC de 2,9% no mês de janeiro. Os valores percentuais de aumento ou diminuição do NDC, em todas as figuras com o sistema cartesiano, foram obtidos com a utilização da equação de regressão linear, considerando o valor obtido no primeiro ano do estudo, com a utilização da equação, como sendo o valor inicial.

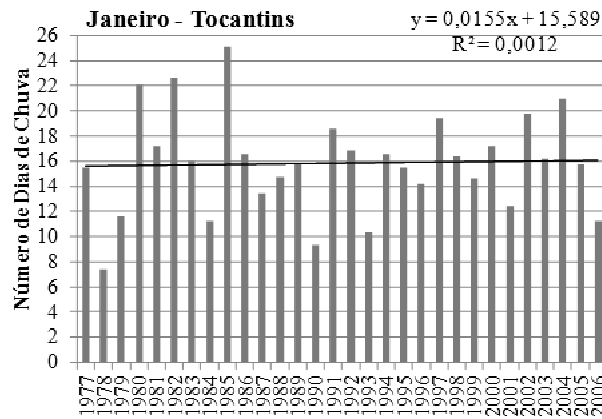


Figura 3: Distribuição temporal e regressão linear do NDC no mês de janeiro, para o estado do Tocantins.

O maior NDC observado no mês de fevereiro (Figura 4) foi de 25,6 no ano de 1980. O menor foi de 7,0 no ano de 1981, totalizando uma variação do maior para o menor NDC, para a série histórica estudada, de 72,7%. Observou-se uma tendência média de acréscimo do NDC na ordem de 6,3% no mês de fevereiro.

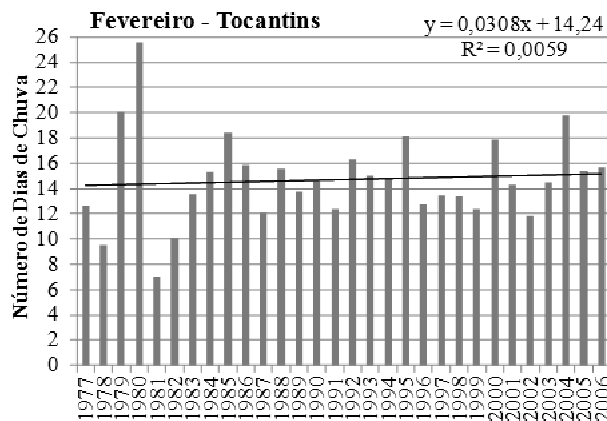


Figura 4: Distribuição temporal e regressão linear do NDC no mês de fevereiro, para o estado do Tocantins.

O maior NDC observado para o mês de março (Figura 5) foi de 21,2 no ano de 1997 (período de neutralidade da temperatura do Oceano Pacífico, Figura 2 e Quadro 3); e o menor foi de 7,9 no ano de 1980, totalizando uma variação do maior para o menor NDC, para a série histórica estudada, de 62,7%. Para o período de 1977 a 2006, observou-se uma tendência média de crescimento do NDC de 12,3% no mês de março.

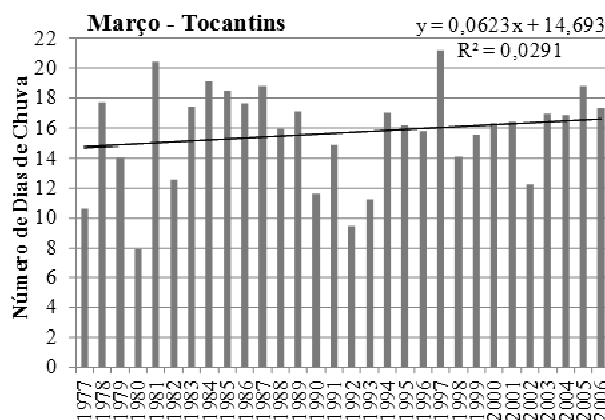


Figura 5: Distribuição temporal e regressão linear do NDC no mês de março, para o estado do Tocantins.

O maior NDC observado para o mês de abril (Figura 6) foi de 18,2 no ano de 2006; e o menor foi de 5,5 no ano de 1983 (período de El Niño moderado, Figura 2), totalizando uma variação do maior para o menor NDC, para a série histórica estudada, de 69,8%. Observou-se uma tendência média de crescimento do NDC de 10,0% no mês de abril.

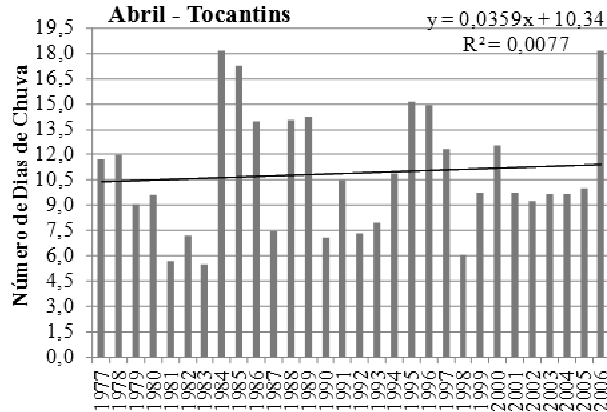


Figura 6: Distribuição temporal e regressão linear do NDC no mês de abril, para o estado do Tocantins.

No mês de maio (Figura 7), o maior NDC observado foi de 11,0 no ano de 1995; e o menor foi de 1,0 no ano de 1982 (período de aquecimento das águas do Oceano Pacífico, Figura 2), totalizando uma variação do maior para o menor NDC, para a série histórica estudada, de 90,9%. Para o mês de maio, observou-se uma tendência média de acréscimo do NDC de -48,4%.

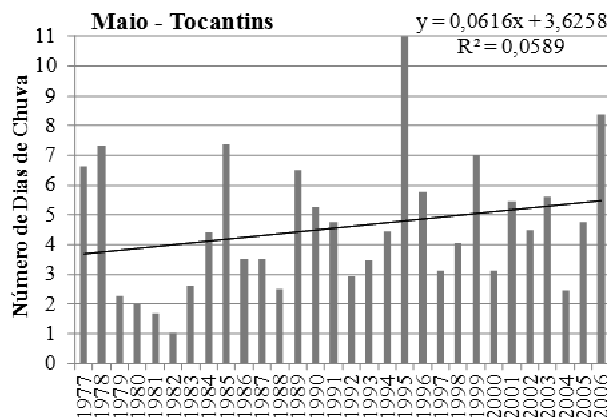


Figura 7: Distribuição temporal e regressão linear do NDC no mês de maio, para o estado do Tocantins.

No mês de junho (Figura 8), o maior NDC foi de 3,4 no ano de 1994. O menor foi de 0,3 no ano de 2006 (com a temperatura do Oceano Pacífico próxima da neutralidade, Figura 2 e Quadro 3), totalizando uma variação do maior para o menor NDC, para a série histórica estudada, de 91,4%. Para o mês de junho, no período de 1977 a 2006, observou-se uma tendência média de decréscimo do NDC de -41,0%.

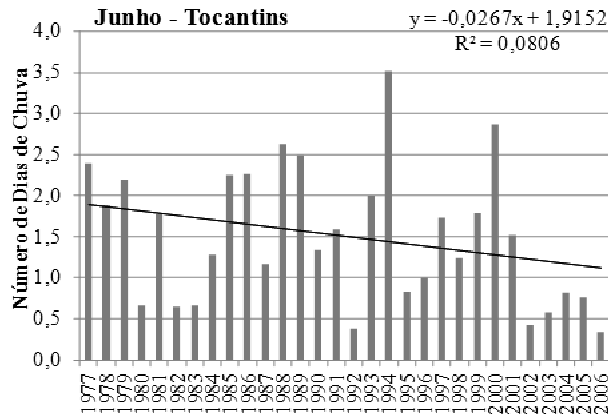


Figura 8: Distribuição temporal e regressão linear do NDC no mês de junho, para o estado do Tocantins.

No mês de julho (Figura 9), o maior NDC foi de 2,8 no ano de 1979; e o menor foi de 0,0 nos anos de 1992 (fim de período de El Niño, Figura 2) e 2003, totalizando uma variação do maior para o menor NDC, para a série histórica estudada, de 100%. Para o mês de julho, observou-se uma tendência média de decréscimo do NDC de -55,5%.

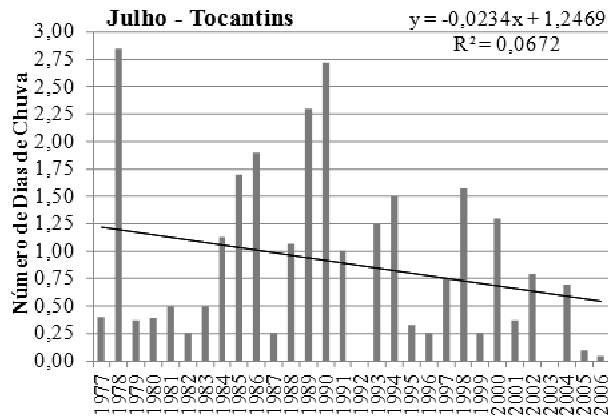


Figura 9: Distribuição temporal e regressão linear do NDC no mês de julho, para o estado do Tocantins

Para o mês de agosto (Figura 10), o maior NDC observado foi de 3,4 no ano de 1979; e o menor foi de 0,0 no ano de 1995 (começo de fraca La Niña - Quadro 3 e Figura 2), totalizando uma variação do maior para o menor NDC, para a série histórica estudada, de 100%. Para o mês de agosto, no período de 1977 a 2006, observou-se uma tendência média de decréscimo do NDC de -52,5%.

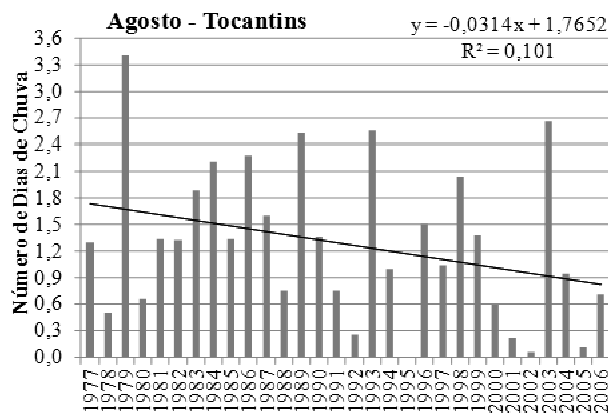


Figura 10: Distribuição temporal e regressão linear do NDC no mês de agosto, para o estado do Tocantins.

Para o mês de setembro (Figura 11), o maior NDC foi de 9,6 no ano de 1979; e o menor foi de 1,3 no ano de 1981. Totalizando uma variação do maior para o menor NDC, para a série histórica estudada, de 86,5%. Para o mês de setembro, no período de 1977 a 2006, observou-se uma tendência média de decréscimo do NDC de -28,0%.

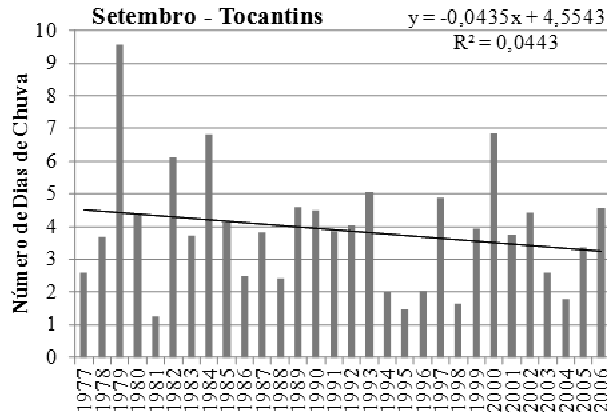


Figura 11: Distribuição temporal e regressão linear do NDC no mês de setembro, para o estado do Tocantins.

Para o mês de outubro (Figura 12), o maior NDC foi de 13,7 no ano de 1985 (período de esfriamento das águas do Oceano Pacífico, Figura 2); e o menor foi de 4,5 no ano de 2005, totalizando uma variação do maior para o menor NDC, para a série histórica estudada, de 67,2%. Para o mês de outubro, no período de 1977 a 2006, observou-se uma tendência média de decréscimo do NDC de -22,7%.

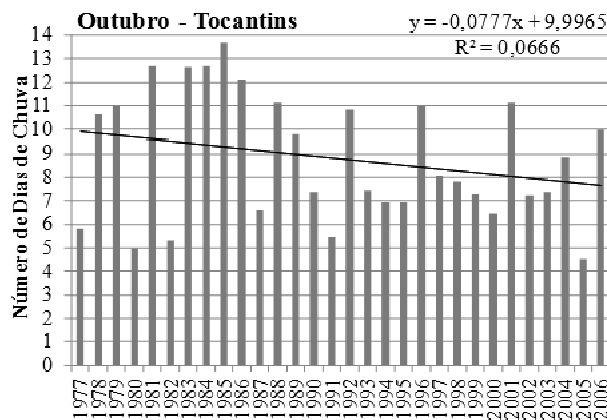


Figura 12: Distribuição temporal e regressão linear do NDC no mês de outubro, para o estado do Tocantins.

No mês de novembro (Figura 13), o maior NDC foi de 17,4 no ano de 1980; e o menor foi de 6,3 no ano de 1977 (período de fraco El Niño, Figura 2), totalizando uma variação do maior para o menor NDC, para a série histórica estudada, de 63,8%. Para o mês de novembro, no período de 1977 a 2006, observou-se uma tendência média de decréscimo do NDC de -7,1%.

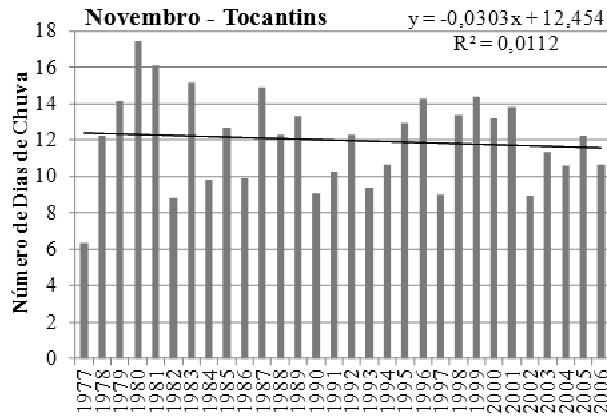


Figura 13: Distribuição temporal e regressão linear do NDC no mês de novembro, para o estado do Tocantins.

Para o mês de dezembro (Figura 14), o maior NDC foi de 21,8 no ano de 1989; e o menor foi de 8,6 no ano de 1977, totalizando uma variação do maior para o menor NDC, para a série histórica estudada, de 60,6%. Para o mês de dezembro, no período de 1977 a 2006, observou-se uma tendência média de decréscimo do NDC de -3,6%.

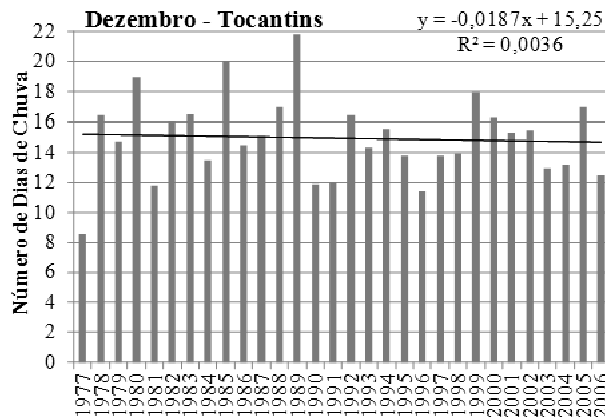


Figura 14: Distribuição temporal e regressão linear do NDC no mês de dezembro, para o estado do Tocantins.

3.2 Tendência do Número de dias de chuva anual total

O maior NDC para o total anual (Figura 15) foi de 141 no ano de 1985 (período de La Niña de pouca intensidade - Figura 2 e Quadro 3). O menor NDC foi de 85 no ano de 1977 (período de El Niño fraco - Figura 2 e Quadro 3). A variação do maior para o menor foi de 40,6%. Observou-se também que as oscilações interanuais não são bruscas, e as tendências de decréscimo do NDC total anual restaram, em média, na ordem de -1,3% de 1977 a 2006.

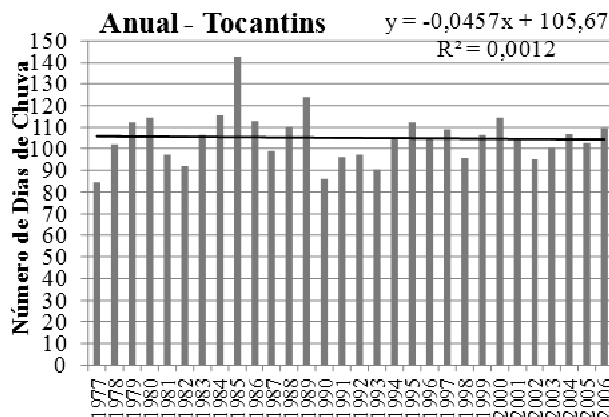


Figura 15: Tendência de NDC interanual no estado do Tocantins.

3.3 Distribuição mensal do número de dias de chuva

A Figura 16 evidencia a distribuição média do Número de Dias de Chuva mensal para toda a série histórica, assim como as máximas, mínimas e a tendência polinomial média.

Em média, o mês de janeiro possui o maior NDC médio (15,8) no estado do Tocantins, ficando a maior máxima média (25,6) no mês de fevereiro; e a menor máxima média (2,8) anual no mês de julho. Verificou-se que, em média, os meses de julho e agosto assinalaram o menor NDC (0) no estado do Tocantins. Já a menor mínima média (0,1) anual foi observada no mês de agosto.

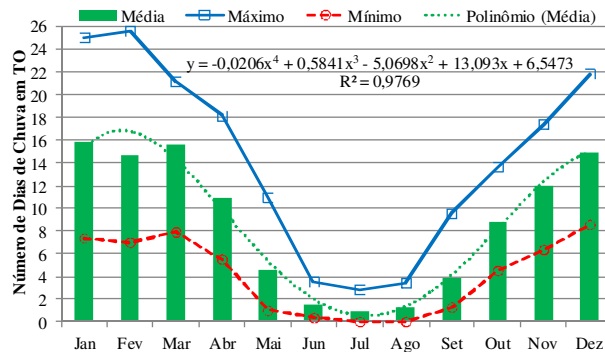


Figura 16: Histograma de NDC da média mensal, suas máximas, mínimas e tendência polinomial, no estado do Tocantins, para o período de 1977 a 2006.

A Figura 16 ilustra que, em média, os meses de junho, julho e agosto revelaram menos de dois dias de chuvas para a série histórica estudada de 1977 a 2006.

Na evolução média de cada decênio (Figura 17), do período de 30 anos estudado, houve uma tendência média de decréscimo dos dias de chuva para os meses de junho a dezembro (sete meses), no estado do Tocantins, década após década, conforme relatado na discussão das Figuras 8 a 14. Nota-se o acréscimo nos meses de janeiro a maio, havendo poucas exceções na evolução das três décadas estudadas.

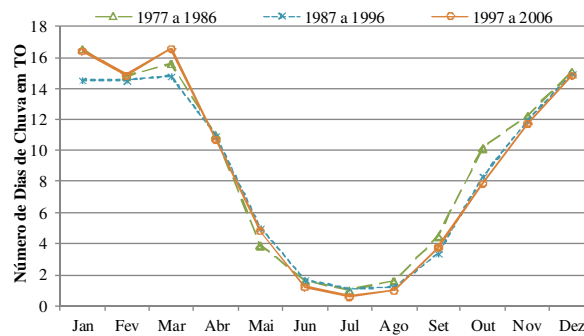


Figura 17: Evolução do NDC da média mensal no estado do Tocantins, para três períodos de 10 anos, entre 1977 e 2006.

3.4 Análise estatística do NDC do estado do Tocantins

O máximo NDC (Tabela 1) do estado do Tocantins foi obtido no mês de janeiro (25,1mm) de 1985, quando o Índice Oceânico Niño estava em $-0,9^{\circ}\text{C}$, ou seja, passando por La Niña de intensidade fraca (Figura 2 e Quadro 3).

Tabela 1: Análise estatística do NDC do estado do Tocantins (1977 a 2006).

Meses	Máx.	Méd.	Méd.	Mín.	Des. Padrão
Jan	25,1	15,8	15,9	7,4	4,0
Fev	25,6	14,7	14,5	7,0	3,5
Mar	21,2	15,7	16,3	7,9	3,2
Abr	18,2	10,9	9,9	5,5	3,6
Mai	11,0	4,6	4,4	1,0	2,2
Jun	3,5	1,5	1,4	0,3	0,8
Jul	2,8	0,9	0,6	0,0	0,8
Ago	3,4	1,3	1,3	0,0	0,9
Set	9,6	3,9	3,9	1,3	1,8
Out	13,7	8,8	7,9	4,5	2,7
Nov	17,4	12,0	12,3	6,3	2,5
Dez	21,8	15,0	14,9	8,6	2,7
Anual	142,5	105,0	104,8	84,6	11,7

A tendência principal (média), que é o centro de um grupo de números em uma distribuição estatística, para os valores de NDC (Tabela 1), apontou uma maior proximidade com os valores máximos nos meses chuvosos (outubro a abril) em relação aos meses secos (maio a setembro), que tiveram maior proximidade com os valores mínimos (Figura 16, Tabela 1).

Nos meses mais úmidos, verificou-se que a mediana ficou muito próxima da média (Tabela 1), desse modo, distanciando-se da mesma nos meses mais secos.

A medida do grau de dispersão dos valores em relação ao seu valor médio indicou que, em média, nos meses de maior NDC (meses mais chuvosos), o desvio padrão foi relativamente maior (Tabela 1) do que nos meses com menores valores (meses mais secos). O maior desvio padrão foi obtido no mês de janeiro (4,0), considerado o último mês do período úmido do ano hidrológico para o estado (MARCUIZZO et al., 2011), e o menor desvio padrão foi obtido nos meses de junho e julho (0,8), além de agosto (0,9), considerados meses secos da série histórica.

4 CONCLUSÃO

O presente estudo do Número de Dias de Chuva (NDC) no estado do Tocantins é de grande relevância no que se refere ao entendimento e sistematização do clima no estado, além de poder servir de apoio para futuros estudos pluviométricos dos biomas do Cerrado e da Amazônia do estado.

Entre os anos de 1977 a 2006, as 58 estações pluviométricas estudadas apresentaram um decréscimo médio anual no NDC de -1,2%.

Os meses de primavera e verão obtiveram os maiores valores médios de NDC, para o período estudado, restando os meses de outono e inverno com os menores valores. O mês de janeiro é o que apontou maior NDC médio (15,8); e o mês de julho, o menor NDC médio do Tocantins (0,9).

Os meses de janeiro a maio apresentaram tendência de aumento do NDC, para a série histórica estudada, ficando os outros meses (de junho a dezembro) com tendência de decréscimo no NDC. O ENOS teve pouca influência nos valores máximos e mínimos do NDC.

Em ordem decrescente, os meses que assinalaram tendência de acréscimo do NDC, entre 1977 e 2006, foram: março (+12,2%); abril (+10,0%); fevereiro (+6,3%); maio (+3,7%); janeiro (+2,9%).

Em ordem decrescente, os meses que revelaram tendência de decréscimo do NDC foram: julho (-55,5%); agosto (-52,5%); junho (-41,0%); setembro (-28,0%); outubro (-2,7%); novembro (-7,1%); dezembro (-3,6%).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil - empresa pública de pesquisa do Ministério de Minas e Energia) pelo fomento que viabilizou o desenvolvimento deste trabalho.

Os autores agradecem aos revisores anônimos pelas correções e sugestões, as quais contribuíram para a melhoria do trabalho.

REFERÊNCIAS

BRUNETTIA, M. et al. Changes in total precipitation, rainy days and extreme events in northeastern Italy. **International Journal of Climatology**, Chichester, v. 21, no. 1, p. 861-871, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/joc.660>>. Acesso em: 12 jun. 2012.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Serviço Geológico do Brasil. **Banco de dados pluviométricos**. 2010.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **El Niño e La Niña**. ago. 2011. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>> Acesso em: 26 ago. 2011.

FISCHER, G. R. et al. Previsão do número de dias de chuva para a metade sul do Rio Grande do Sul utilizando a Temperatura da Superfície do Mar (TSM). **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 23, n. 2, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862008000200003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 6 ago. 2012.

GOLDEN GATE WEATHER SERVICES. **ENSO Years based on Oceanic Niño Index (ONI)**. Disponível em: <<http://ggweather.com/enso/oni.htm>>. Acesso em: 15 nov. 2008.

IBGE. **Estatística Populacional – Censo 2010**. Brasília,DF, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=to>>. Acesso em: 10 out. 2011.

MARCUZZO, F. F. N. et al. Mapeamento Espacial, Temporal e Sazonal das Chuvas no Bioma Amazônico do Estado do Tocantins. SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 10., 2010, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: [s.n.], 2010. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_biomaamazonico_Marcuzzo.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2012.

MARCUZZO, F. F. N. et al. Mapeamento espacial, temporal e sazonal das chuvas no bioma Cerrado do estado do Tocantins. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba: SBSR, 2011. p. 4594-4601. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1700.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2011.

MARCUZZO, F. F. N. et al. Chuvas na região Centro-Oeste e no Estado do Tocantins: análise histórica e tendência futura. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 30, p. 19-30, 2012. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/13418/9371>>. Acesso em: 6 ago. 2012. (<http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v30i1.13418>).

MELLO, C. R. et al. Análise de modelos matemáticos aplicados ao estudo de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, 2001, p. 693-698. Disponível em: <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v25n3a18.pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2012.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CPRM/SGB, 2007.

NATIONAL WEATHER SERVICE

(NOAA). **El Niño and La Niña Years and Intensities**. 2011. Disponível em <<http://ggweather.com/enso/oni.htm>>. Acesso em: 10 out. 2011.

PEREIRA, V. C. et al. Influência dos eventos El Niño e La Niña na precipitação pluviométrica de Mossoró-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém. **Anais eletrônicos**. Belém: SBMET, 2010. Disponível em: <http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/60_46462.pdf>. Acesso em: 2 jan. 2012.

SILVA, D. F. et al. Escalas temporais da variabilidade pluviométrica na bacia hidrográfica do Rio Mundaú. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 25, n. 3, set. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v25n3/a04v25n3.pdf>>. Acesso em: 2 jan. 2012.

SILVA, V. P. R. et al. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 27, n. 2, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862012000200005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 5 ago. 2012.

SILVA, V. P. R. et al. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação e do número de dias chuvosos no estado da Paraíba. **Revista Ciência da Vida**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p. 50-62, 2009. Disponível em: <<http://silvavpr.files.wordpress.com/2010/08/2009-paper-ciencia-da-vida-m.pdf>>. Acesso em: 7 ago. 2012.

Data de submissão: 13.08.2012

Data de aceite: 12.09.2012

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.