

Chuvas no Pantanal brasileiro: análise histórica e tendência futura

Francisco Fernando Noronha Marcuzzo¹
Thiago Guimarães Faria^{1, 2, 3}
Murilo Raphael Dias Cardoso^{1, 2, 4}
Denise Christina de Rezende Melo^{1, 5}

¹ CPRM - Serviço Geológico do Brasil
Rua 148, n. 485 - Setor Marista
CEP 74170-110 - Goiânia, GO, Brasil
¹fmarcuzzo@go.cprm.gov.br
⁵denise@go.cprm.gov.br

² UFG - Universidade Federal de Goiás
Campus Samambaia (Campus II)
CEP 74001-970 - Caixa Postal: 131 - Goiânia, GO, Brasil
³thiagoguimaraesfaria@hotmail.com
⁴muriloshinobi@gmail.com

Resumo. Variações climáticas denotam a importância de estudos na detecção de tendências ou alterações nas séries temporais hidrometeorológicas. Com o objetivo de analisar a precipitação pluvial e tendência futura das chuvas no Pantanal, realizou-se um estudo com regressão linear e medidas de tendência central e de dispersão dos índices pluviométricos de chuva. Utilizaram-se doze estações pluviométricas com 30 anos de dados. Foram usadas as médias mensais e anuais de precipitação das séries históricas de dados pluviométricos obtidos da Rede Hidrometeorológica Nacional, que foram submetidos a uma análise preliminar. Para o tratamento estatístico calculou-se a média, a mediana e desvio padrão temporais da precipitação pluviométrica, necessárias para verificar os parâmetros, e observou-se a dispersão da amostra. Como resultados são apresentados a distribuição temporal, análise de regressão linear e estatística, tendência futura mensal e anual e variação da precipitação da média histórica.

Palavras-chave: pluviometria, precipitação pluviométrica, regressão linear, climatologia.

Abstract. Climate variations show the importance of studies to detect trends or changes in hydrometeorological time series. Aiming to analyze the rainfall and future trend of rainfall in the Pantanal, a study was carried out with linear regression and measures of central tendency and dispersion of rainfall from rain. We used twelve stations with 30 years of rainfall data. We used the average monthly and annual precipitation series of historical rainfall data obtained from the National Hydrometeorological Network, which underwent a preliminary analysis. The statistic calculated the mean, median and standard deviation of temporal rainfall needed to check the parameters, and observed the dispersion of the sample. Results are presented from the temporal distribution, linear regression analysis and statistics, future trends, and monthly and annual variation of rainfall average.

Key-words: Rainfall, linear regression, climatology.

1. Introdução

O bioma Pantanal, considerado Patrimônio Nacional pela Constituição Federal de 1988 e Reserva da Biosfera pela UNESCO no ano de 2000, é a maior área inundável do mundo. Este fenômeno de alagamento é importante para a produtividade da pecuária e da pesca, o controle natural de queimadas e a abundância e distribuição da fauna e flora da região. A sazonalidade das inundações está diretamente relacionada ao regime de precipitação pluviométrica e por isso é importante compreender suas anomalias, entretanto há áreas que permanecem secas ou inundadas durante todo o ano.

O estudo de chuvas no Brasil tem como maior dificuldade a pouca disponibilidade de dados, ou sua inexistência, em algumas áreas do país (Mello *et al.*, 2001). Na região do Pantanal não é diferente, principalmente para dados históricos mais remotos, como será visto mais adiante neste trabalho. Contudo, modelos estatísticos, imagens de satélites e SIG (Sistema de Informação Geográfica), amenizam de forma considerável esse problema, bem como otimiza a geração e manipulação desses tipos de dados e suas respectivas distribuições e análises espaciais (Fotheringham *et al.*, 1994).

Segundo Ferreira *et al.* (2005), os programas de aplicação em SIG têm a capacidade de manipular, armazenar e analisar dados geográficos. É diferente dos demais (aplicáveis em cartografia digital) por possuir estruturas que permitem definir as relações espaciais e estatísticas entre todos os elementos dos dados (geo-objetos). Esta convenção conhecida como topologia dos dados, vai além da mera descrição da localização e geometria cartográfica, por permitirem fazer cruzamentos de dados e desenvolver cenários, daí sua importância na utilização do planejamento territorial e gestão do meio ambiente, particularmente gestão de bacias hidrográficas.

2. Objetivo

O objetivo deste estudo foi o de apresentar uma distribuição temporal histórica e tendência futura da precipitação pluviométrica no bioma do Pantanal brasileiro utilizando estações pluviométricas com de 30 anos de dados acumulados.

3. Material e Métodos

3.1. Caracterização geral da área de estudo

O bioma Pantanal é uma planície com altitude média de 80m a 150m e declividade de 2,5 a 5,0 cm.km⁻¹ no sentido norte-sul (Garcia, 1984). A variação total altimétrica do bioma Pantanal vai de 75m a 1029m (**Figura 1**). O bioma Pantanal possui uma extensa quantidade de águas fluviais, com a extensão de seus principais rios chegando aproximadamente 4000 km (**Figura 2**).

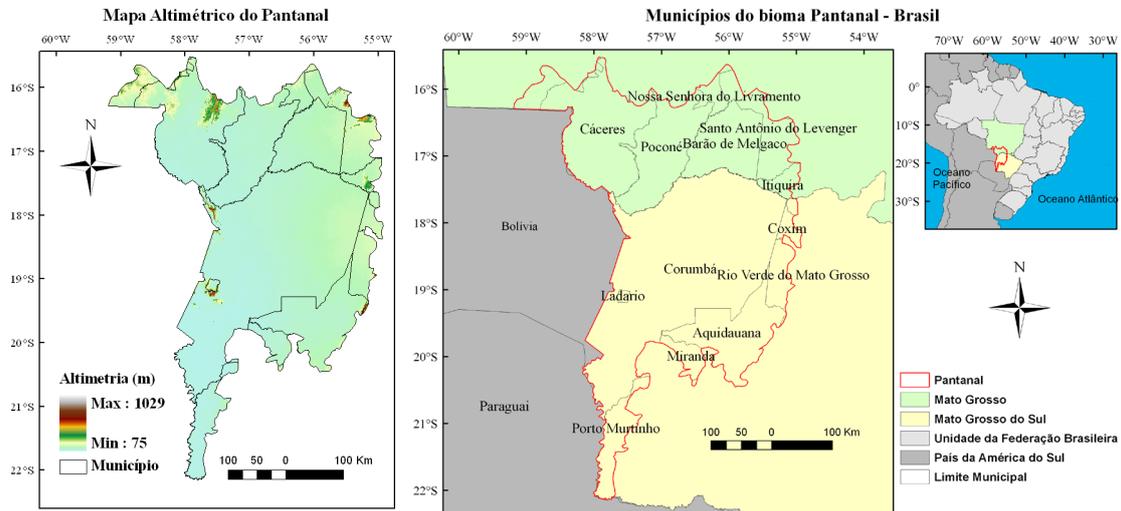


Figura 1. Altimetria, divisão territorial dos municípios do bioma Pantanal com sua respectiva localização geográfica na divisão federativa do Brasil e continente Sul Americano. (Fonte dos dados para confecção dos mapas: IBGE e NASA).

3.2. Caracterização climatológica da área

O Pantanal apresenta um clima Tropical típico, Aw na classificação de Köppen, que caracterizasse por duas estações bem definidas, uma seca, no inverno, e outra chuvosa, no verão (Garcia, 1984). Sua temperatura média anual está em torno de 25°C e a umidade relativa é, em média, de 82%. Devido às atuais mudanças climáticas globais, a frequência, durabilidade e intensidade dos períodos seco e chuvoso sofrem alternância, no entanto não são observadas tendências sistemáticas em longo prazo que induza a condições mais secas ou chuvosas, sendo mais importantes variações interanuais e interdecadais, associadas à variabilidade do clima, na mesma escala temporal de variabilidade de fenômenos interdecadais dos oceanos Pacífico e Atlântico tropical, (Marengo, 2008). A precipitação pluviométrica no bioma Pantanal é resultante do acoplamento de vários sistemas atmosféricos, como o Sistema Convectivo (Couto *et al.*, 2009), a Zona de Convergência do Atlântico Sul, a Alta da Bolívia e os Sistemas Frontais. A inconstância pluviométrica e suas relativas quantidades de precipitações, com seus regimes sazonais ou diários, distribuição temporal e as intensidades de chuvas individuais (volume.duração⁻¹), são algumas das características que afetam de alguma maneira, principalmente, o meio natural, (Souza *et al.* 2009).

Outro fator relevante na dinâmica das chuvas no Pantanal é o comportamento das massas de ar que atuam na região. Ainda que com uma geomorfologia considerada limitada, a altura das serras tem efeitos significativos sobre o clima, em decorrência do fato das massas de ar, que atuam na região, serem instáveis e muito úmidas com efeitos

perceptíveis em sua temperatura e precipitação (Brasil, 1979). O anticiclone do Atlântico subtropical produz ventos de NE a NW, que defletem as massas de ar continentais equatoriais no Pantanal. Com as baixas temperaturas do verão dos Andes, os ventos que são produzidos defletem massas de ar úmido. Os ventos são geralmente fracos nas baixadas, exceto durante as tempestades. Os ventos frios vindos da região sul do país, com origem antártica, não alcançam todo o bioma, se localizando mais ao sul. Acontecem com frequência e são importantes para as frentes quentes, que causam ascensão das massas de ar continental equatorial sobre o ar polar, o que se traduz em clima úmido (DNOS, 1974).

3.3. Dados utilizados no estudo

Foram utilizados neste trabalho dados de precipitação mensal de 12 estações pluviométricas distribuídas no território do bioma do Pantanal brasileiro. Na região Sul-Mato-grossense estão instaladas 7 estações pluviométricas e na Mato-Grossense, existem 5 estações. As 12 estações pluviométricas possuem 30 anos de monitoramento (Figura 2). Os dados foram obtidos da Rede Hidrometeorológica Nacional da Agência Nacional de Águas (ANA) e o período de dados correspondem a três decênios (1977 a 2006).

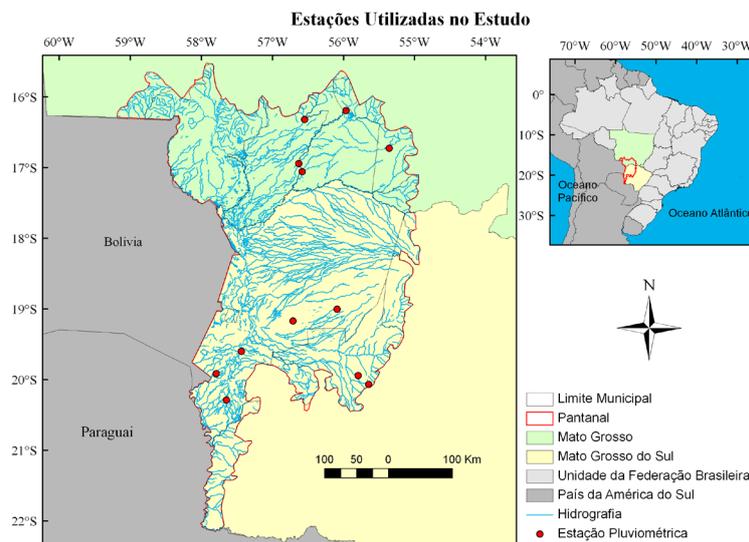


Figura 2. Distribuição geográfica dos principais cursos d'água e estações pluviométricas (com dados de 1977 à 2006) no bioma Pantanal. (Fonte dos dados para confecção dos mapas: IBGE e ANA).

3.4. Regressão linear e estatística

A regressão linear é um método para se estimar a condicional (valor esperado) de uma variável y , dados os valores de algumas outras variáveis x . A regressão, em geral, trata da questão de se estimar um valor condicional esperado. Em muitas situações, uma relação linear pode ser válida para sumarizar a associação entre as variáveis Y e X .

Assim podemos apresentar um modelo de regressão linear simples:

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

em que, Y – variável dependente; β_0 e β_1 – coeficientes da regressão; X – variável

independente.

Através da estatística descritiva, podemos ter características essenciais para a formação de histograma de frequências relativas de uma amostra de dados hidrológicos (Naghattini & Pinto, 2007). Para este estudo foram calculadas as seguintes medidas de tendência central e de dispersão.

Medidas de tendências centrais:

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:

$$\bar{X} = \frac{X_1, \dots, X_n}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2)$$

em que, N - tamanho da amostra; X_i até X_n - 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:

$$X_{med} = \frac{X_{\left(\frac{N}{2}\right)} + X_{\left(\frac{N}{2}+1\right)}}{2} \quad (3)$$

em que, N - tamanho da amostra; X - posições das amostras.

Medidas de Dispersão:

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

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (4)$$

em que, N - tamanho da amostra; X_i - valor de cada amostra; \bar{X} - média.

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

4. Resultados e Discussão

4.1. Distribuição temporal e análise de regressão mensal

A distribuição dos valores pluviais da média mensal, com base nos dados da série histórica de 1977 a 2006, registradas em doze estações pluviométricas distribuídos na área de estudo, apresenta uma variação significativa da precipitação.

A maior precipitação observada no bioma do Pantanal, para o mês de janeiro **Figura 3(a)**, foi de 340,6mm no ano de 1987 e a menor foi de 85 mm no ano de 2000. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de janeiro, ocorreu do ano de 1986 (138,2mm)

para o ano de 1987 (340,6mm). Nota-se que entre os anos de 1990 e 1996, houve uma oscilação de crescimento e decréscimo da pluviosidade do mês de janeiro, em média, na ordem de 23%. A maior precipitação observada no bioma do Pantanal, para o mês de fevereiro **Figura 3(b)**, foi de 275,6mm no ano de 1988 e a menor foi de 95,6mm no ano de 1993. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de fevereiro, ocorreu do ano de 1987 (133,4mm) para o ano de 1988 (275,6mm).

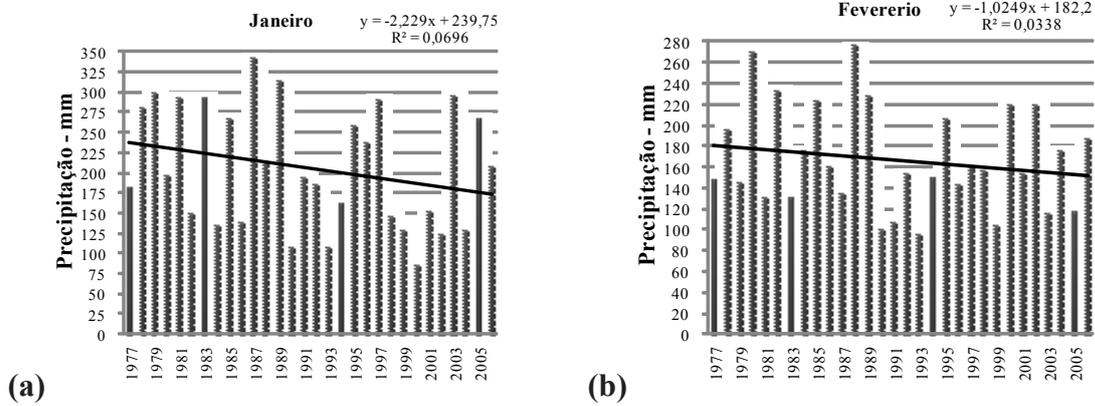


Figura 3. Distribuição temporal e regressão linear das chuvas do mês de janeiro (a) e fevereiro (b), para o bioma do Pantanal.

A maior precipitação observada no bioma do Pantanal, para o mês de março **Figura 4(a)**, foi de 297,9mm no ano de 1982 e a menor foi de 80,7mm no ano de 2004. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de março, ocorreu do ano de 1992 (203,4mm) para o ano de 1993 (126,0mm). Verifica-se que entre os anos de 1983 e 1988, houve uma menor variação da pluviosidade do mês de março, em média, sendo que a maior variação ficou em torno de 17%. A maior precipitação observada no bioma do Pantanal, para o mês de abril **Figura 4(b)**, foi de 155,4mm no ano de 1988 e a menor foi de 18,7mm no ano de 2002. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de abril, ocorreu do ano de 1992 (140,5mm) para o ano de 1993 (58,6mm).

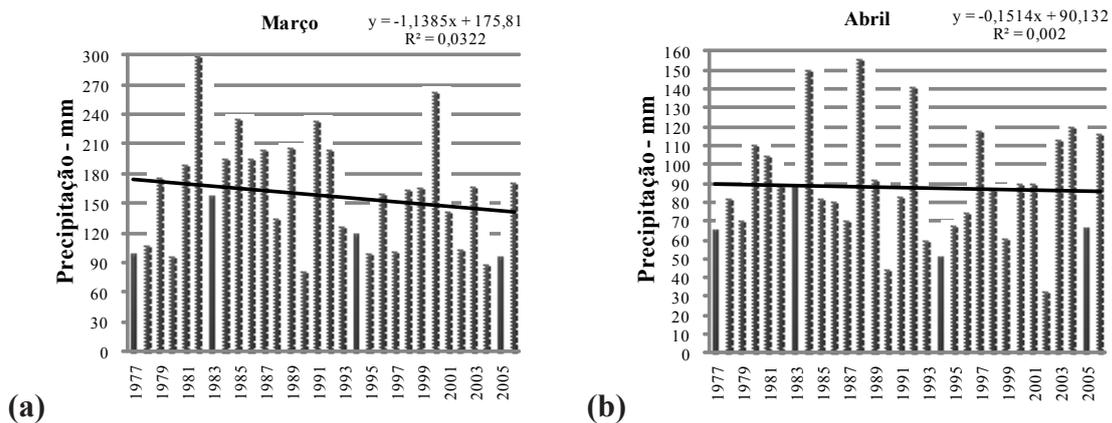


Figura 4. Distribuição temporal e regressão linear das chuvas do mês de março (a) e abril (b), para o bioma do Pantanal.

A maior precipitação observada no bioma do Pantanal, para o mês de maio **Figura 5(a)**, foi de 120,1mm no ano de 1983 e a menor foi de 6,5mm no ano de 1981. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de maio, ocorreu do ano de 2003 (28,7mm) para o ano de 2004 (105,2mm). Observa-se que treze meses a precipitação pluviométrica

é menor que 50,0mm. A maior precipitação observada no bioma do Pantanal, para o mês de junho **Figura 5 (b)**, foi de 94,7mm no ano de 1997 e a menor foi de zero milímetro no ano de 1984. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de junho, ocorreu do ano de 1996 (3,6mm) para o ano de 1997 (94,7mm). Verifica-se 73% dos meses possuem as precipitações pluviométricas menores que 30,0mm.

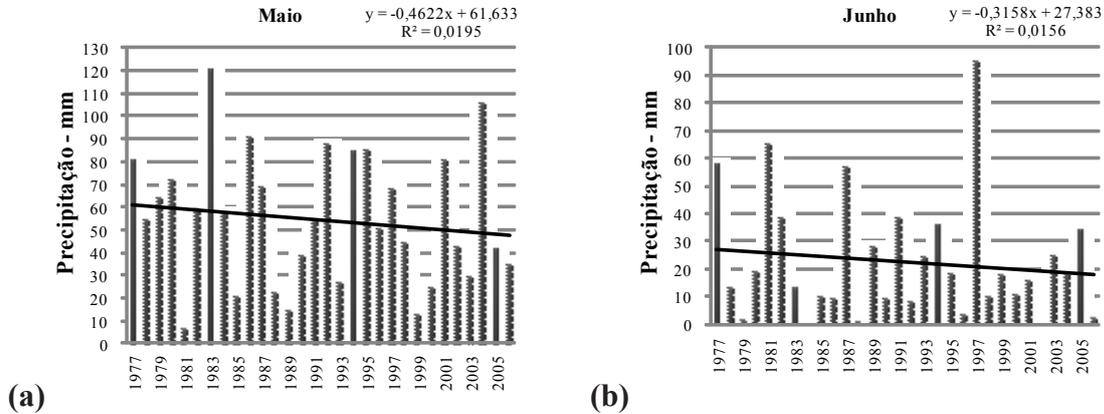


Figura 5. Distribuição temporal e regressão linear das chuvas do mês de maio (a) e junho (b), para o bioma do Pantanal.

A maior precipitação observada no bioma do Pantanal, para o mês de julho **Figura 6(a)**, foi de 45,6mm no ano de 2000 e a menor foi de zero milímetro nos anos de 1988 e 1984. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de julho, ocorreu do ano de 1983 (41,2mm) para o ano de 1984 zero milímetro. Nota-se 87% dos meses apresentam a precipitação pluviométrica menor que 20,0mm. A maior precipitação observada no bioma do Pantanal, para o mês de agosto **Figura 6(b)**, foi de 115,8mm no ano de 1989 e os menores foram de zero milímetro nos anos de 1988 e 1999. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de agosto, ocorreu do ano de 1988 zero milímetro para o ano de 1989 (115,8mm). Observa-se que 63% dos meses mostram a precipitação pluviométrica menor que 20,0mm.

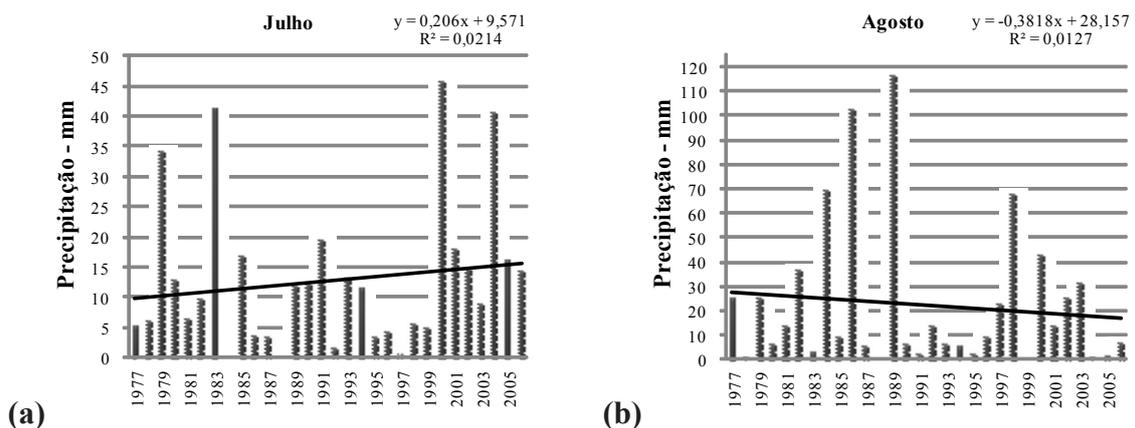


Figura 6. Distribuição temporal e regressão linear das chuvas do mês de julho (a) e agosto (b), para o bioma do Pantanal.

A maior precipitação observada no bioma do Pantanal, para o mês de setembro **Figura 7(a)**, foi de 99,7mm no ano de 1992 e a menor foi de 7,8mm no ano de 1988. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de setembro, ocorreu do ano de 1992 (99,7mm) para o ano de 1993 (15,9mm). Nota-se que entre os anos de 1977 e 1983, houve

uma menor variação da pluviosidade do mês de setembro, em média, na ordem de 31%. A maior precipitação observada no bioma do Pantanal, para o mês de outubro **Figura 7(b)**, foi de 158,8mm no ano de 2004 e a menor foi de 34,4mm no ano de 1986. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de outubro, ocorreu do ano de 1977 (44,3mm) para o ano de 1978 (118,9mm).

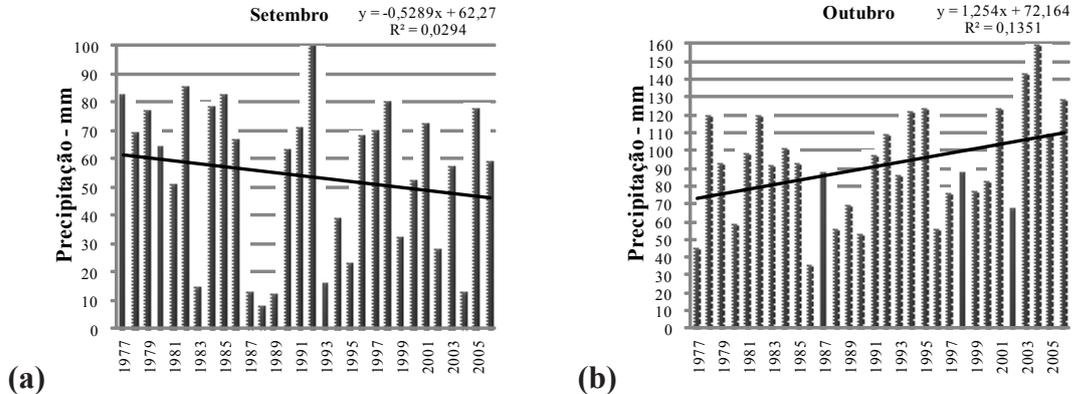


Figura 7. Distribuição temporal e regressão linear das chuvas do mês de setembro (a) e outubro (b).

A maior precipitação observada no bioma do Pantanal, para o mês de novembro **Figura 8(a)**, foi de 228,3mm no ano de 1984 e a menor foi de 60,3mm no ano de 1993. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de novembro, ocorreu do ano de 1984 (228,3mm) para o ano de 1985 (81,6mm). Verifica-se que entre os anos de 1985 e 1993, houve uma menor variação da pluviosidade do mês de novembro, em média, na ordem de 23%. A maior precipitação observada no bioma da Mata Atlântica, para o mês de dezembro **Figura 8(b)**, foi de 288,3mm no ano de 1979 e a menor foi de 100,3mm no ano de 1985. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de dezembro, ocorreu do ano de 1994 (263,3mm) para o ano de 1995 (167,9mm).

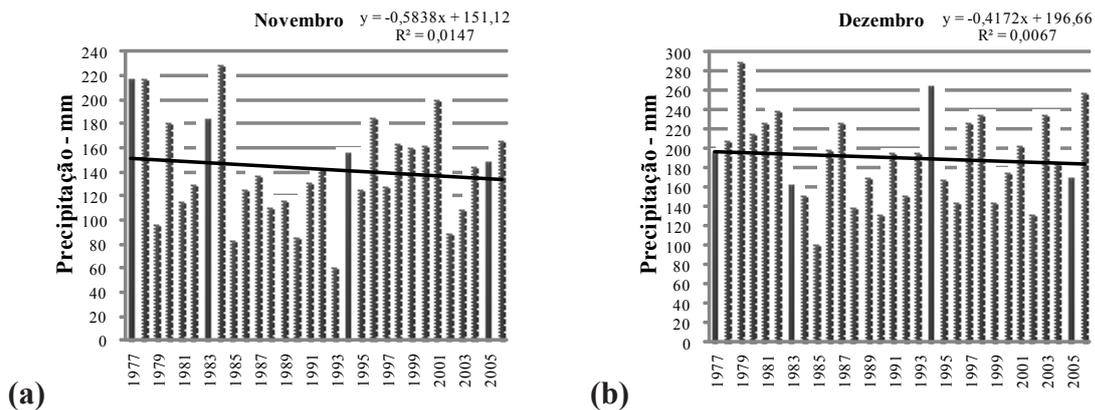


Figura 8. Distribuição temporal e regressão linear das chuvas do mês de novembro (a) e dezembro (b), para o bioma do Pantanal.

4.2. Tendência futura mensal e anual

No **Quadro 1** verifica-se que o melhor coeficiente de determinação da regressão ($R^2=0,135$) foi para o mês de outubro e o pior foi para mês de abril $R^2 (0,002)$. Isto significa que quando o valor é maior, indica o grau de aproximação do modelo as médias, já quando o valor é menor indica o grau de distanciamento do modelo às médias.

Quadro 1. Equação linear, coeficiente de determinação da regressão (R^2) e total de precipitação pluviométrica mensal da média histórica de 1977 a 2006.

Mês	Equação Linear	R^2	Chuvas - Média de 1977 a 2006 - (mm)
Janeiro	$y = -2,2290x + 239,75$	0,070	205,2
Fevereiro	$y = -1,0249x + 182,2$	0,034	166,3
Março	$y = -1,1385x + 175,81$	0,032	158,2
Abril	$y = -0,1514x + 90,132$	0,002	87,8
Mai	$y = -0,4622x + 61,633$	0,020	54,5
Junho	$y = -0,3158x + 27,383$	0,016	22,5
Julho	$y = 0,20600x + 9,571$	0,021	12,8
Agosto	$y = -0,3818x + 28,157$	0,013	22,2
Setembro	$y = -0,5289x + 62,27$	0,029	54,1
Outubro	$y = 1,2540x + 72,164$	0,135	91,6
Novembro	$y = -0,5838x + 151,12$	0,015	142,1
Dezembro	$y = -0,4172x + 196,66$	0,007	190,2
Total Anual	$y = -5,7735x + 1296,9$	0,0846	1207,4

No **Quadro 2** observa-se que, segundo a análise de regressão linear histórica de 1977 a 2006, a previsão de maior crescimento da precipitação pluviométrica foi para o mês de outubro, que possui elevados índices de chuva para a região e, a menor, foi para o mês julho, que possui baixa pluviosidade.

Verifica-se também uma tendência do mês junho para o julho de decréscimo de precipitação nas variações das previsões, indicando um menor índice pluviométrico.

Quadro 2. Tendência de precipitação pluviométrica para o bioma do Pantanal, segundo a análise de regressão dos dados históricos de 1977 a 2006.

Mês	Média	2011	2016	2021	2026	2031	2036
mm							
Jan	205,2	228(11%)*	217(6%)	206(0,5%)	195(-5%)	184(-10%)	172(-16%)
Fev	166,3	177(6%)	171(3%)	166(0,3%)	161(-3%)	156(-6%)	151(-9%)
Mar	158,2	170(8%)	164(4%)	158(0,4%)	153(-3%)	147(-7%)	141(-10%)
Abr	87,8	89(2%)	88(1%)	87(0,1%)	87(-1%)	86(-2%)	85(-3%)
Mai	54,5	59(9%)	57(5%)	54(0,4%)	52(-4%)	50(-8%)	47(-12%)
Jun	22,5	25(15%)	24(8%)	22(0,7%)	21(-6%)	19(-13%)	17(-20%)
Jul	12,8	10(-17%)	11(-9%)	12(-0,8%)	13(7%)	14(15%)	15(23%)
Ago	22,2	26(18%)	24(9%)	22(0,9%)	20(-8%)	18(-16%)	16(-25%)
Set	54,1	59(10%)	56(5%)	54(0,5%)	51(-4%)	49(-9%)	46(-14%)
Out	91,6	78(-14%)	84(-8%)	90(-0,7%)	97(6%)	103(13%)	109(20%)
Nov	142,1	148(4%)	145(2%)	142(0,2%)	139(-2%)	136(-4%)	133(-6%)
Dez	190,2	194(2%)	192(1%)	190(0,1%)	188(-1%)	186(-2%)	184(-3%)
Total	1207,4	1268(5%)	1239(3%)	1210(0,2%)	1181(-2%)	1152(-5%)	1123(-7%)

* Variação da precipitação em relação à média histórica do período estudado (1977 a 2006).

Na **Figura 9**, nota-se que os meses que sofreram decréscimos em sua precipitação pluviométrica foram: janeiro, fevereiro, março, abril, maio, junho, agosto, setembro, novembro e dezembro. Ficando os meses de julho e outubro com crescimento da precipitação pluviométrica. No eixo secundário podemos verificar que a média anual teve um decréscimo, em toda sua extensão.

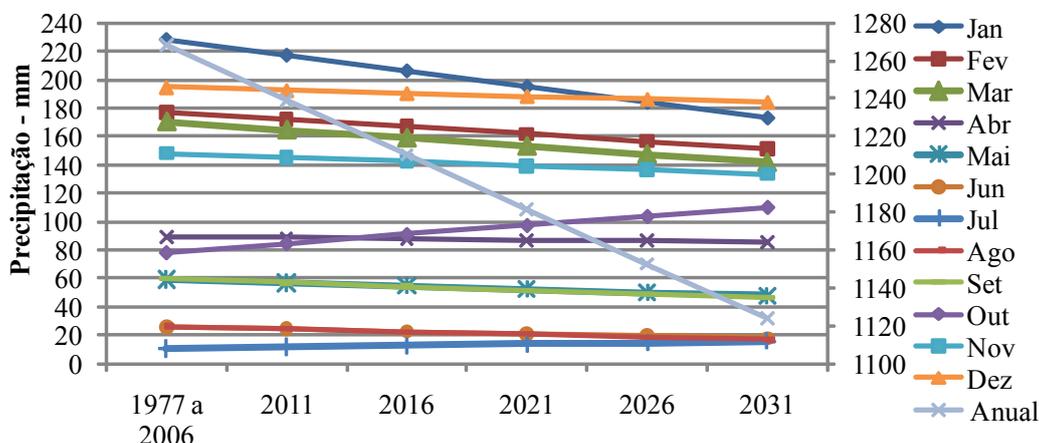


Figura 9. Distribuição temporal mensal da previsão de chuvas para o bioma do Pantanal.

4.3 – Análise estatística

No **Quadro 3** verifica-se que os valores da média e da mediana foram bem concisos, mostrando que não houve a presença de valores extremos discordantes na amostra. O maior índice de chuva, ou seja, a máxima ocorre no mês de janeiro (340,6mm), já a mínima acontecem nos meses de junho, julho e agosto (0,5mm). Nota-se que todos os meses tiveram uma variação maior que a média anual, indicando uma dispersão no índice pluviométrico. No desvio padrão verificou-se a influência do menor desvio que foi no mês de julho (12,4) e do maior desvio que aconteceu no mês de janeiro (74,4), mostrando grande dispersão dos dados.

Quadro 3. Medidas de tendência central e de dispersão de para o bioma do Pantanal brasileiro, segundo os dados históricos de 1977 a 2006.

Mês	Mediana	Média	Máxima	Mínima	Variação (%)	Desvio Padrão
Janeiro	195,0	205,2	340,6	85,0	400,8	74,4
Fevereiro	154,5	166,3	275,6	95,6	288,3	49,0
Março	161,1	158,2	297,9	80,7	369,0	55,8
Abril	84,4	87,8	155,4	32,1	484,8	29,7
Maio	54,3	54,5	120,1	6,5	1850,6	29,2
Junho	16,4	22,5	94,7	0,5	18933,3	22,2
Julho	10,6	12,8	45,6	0,5	9115,0	12,4
Agosto	8,9	22,2	115,8	0,5	23152,0	29,8
Setembro	63,8	54,1	99,7	7,8	1282,9	27,2
Outubro	91,4	91,6	158,8	34,4	461,9	30,0
Novembro	138,8	142,1	228,3	60,3	378,7	42,3
Dezembro	194,0	190,2	288,3	100,3	287,4	44,8
Anual	97,8	100,6	340,6	0,5	4750,4	37,2

5. Conclusões

A maior precipitação observada no bioma do Pantanal, para o mês de novembro foi de 228,3mm no ano de 1984 e a menor foi de 60,3mm no ano de 1993. Nota-se que os meses que sofreram decréscimos em sua precipitação pluviométrica foram: janeiro, fevereiro, março, abril, maio, junho, agosto, setembro, novembro e dezembro. Ficando os meses de julho e outubro com crescimento da precipitação pluviométrica. Observa-se que, segundo a análise de regressão linear histórica de 1977 a 2006, a previsão de maior crescimento da precipitação pluviométrica foi para o mês de outubro, que possui elevados índices de chuva para a região e, a menor, foi para o mês julho, que possui baixa pluviosidade. Verifica-se também uma tendência do mês junho para o julho de decréscimo de precipitação nas variações das previsões, indicando um menor índice pluviométrico.

6. Referências

- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Projeto de Monitoramento de Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite. PMDBBS- Pantanal**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília-DF. p. 8-10, 2010.
- Burrough, P. A.; Mcdonnel, R. A. **Principles of geographical information systems**. New York: Oxford University Press, p.333 1998.
- Colto, F. T. do; Foster, P. R. P.; Utilização de sensoriamento remoto como auxílio em análise meteorológica de um sistema convectivo. **Anais...** 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá - MT. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.131-139. nov., 2009.
- Garcia, E. A. C., O clima no Pantanal Mato-Grossense. **Circular Técnica**. n. 14. p. 36 Corumbá-MS. Jan, 1984.
- Fotheringham, S.; Rogerson, P. **Spatial Analysis and GIS**. Taylor and Francis Ltd. P. 5-7. New Fetter Lane, London. 1994.
- Marengo, J. A.; Água e Mudanças Climáticas. **Estudos. Avançados**, v.22 n. 63, p. 86-92 São Paulo.2008.
- Mello, C. R.; Ferreira, D. F.; Silva, A. M.; Lima, J. M. Análise de modelos matemáticos aplicados ao estudo de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 25, n. 3, p. 693-698, 2001.