

## CHUVAS NO CERRADO MATO-GROSSENSE: ANÁLISE HISTÓRICA E TENDÊNCIA FUTURA

Francisco F. N. Marcuzzo<sup>1</sup>, Thiago Guimarães Faria<sup>2</sup>, Murilo Raphael Dias Cardoso<sup>3</sup>  
(1 - Eng<sup>o</sup> Dr., Pesquisador em Geociências - CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Rua 148, n. 485 - Setor Marista – Goiânia/GO - CEP 74170-110 - [fmarcuzzo@gmail.com](mailto:fmarcuzzo@gmail.com); 2 - Graduando em Matemática da Universidade Federal de Goiás – Instituto de Matemática e Estatística (IME). Campus Samambaia (Campus II) CEP 74001-970 – C. P.: 131 – Goiânia/GO - [thiagoguimaraesfaria@hotmail.com](mailto:thiagoguimaraesfaria@hotmail.com); 3 – Graduando em Geografia na Universidade Federal de Goiás – Instituto de Matemática e Estatística (IME). Campus Samambaia (Campus II) CEP 74001-970 – C. P.: 131 – Goiânia/GO – [muriloshinobi@gmail.com](mailto:muriloshinobi@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 Cerrado Mato-Grossense, realizou-se um estudo com regressão linear e medidas de tendência central e de dispersão dos índices pluviométricos de chuva. Utilizaram-se 33 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.

### 1- Introdução

O clima predominante no domínio do bioma do Cerrado é o Tropical sazonal, de inverno seco. A temperatura média anual fica em torno de 22/23°C, sendo que as médias mensais apresentam pequena estacionalidade. As máximas absolutas mensais não variam muito ao longo dos meses do ano, podendo chegar a mais de 40°C. Já as mínimas absolutas mensais variam bastante, atingindo valores próximos ou até abaixo de zero, nos meses de maio, junho e julho. A ocorrência de geadas no bioma do Cerrado não é fato incomum, ao menos em sua porção austral (COUTINHO, 2000). Em geral, a precipitação média anual no Cerrado fica entre 1200 e 1800 mm.

Disto resulta uma estação seca de três a cinco meses de duração. No início deste período a ocorrência de nevoeiros é comum nas primeiras horas das manhãs, formando-se grande quantidade de orvalho sobre as plantas e umedecendo o solo. Já no período da tarde os índices de umidade relativa do ar caem bastante, podendo baixar a valores próximos a 15%, principalmente nos meses de julho e agosto (COUTINHO, 2000). O objetivo deste estudo foi

o de apresentar uma distribuição temporal histórica e tendência futura da precipitação pluviométrica no Cerrado Mato-Grossense utilizando estações pluviométricas com mais de 30 anos de dados.

## 2- Material e Métodos

### 2.1 - Caracterizações da vegetação, clima e dos mecanismos de formação de chuvas no Cerrado Mato-Grossense

O Mato Grosso possui 142 municípios (Figura 1), sendo 111 inseridos ou com parte do seu território no bioma cerrado (IBGE, 2009).

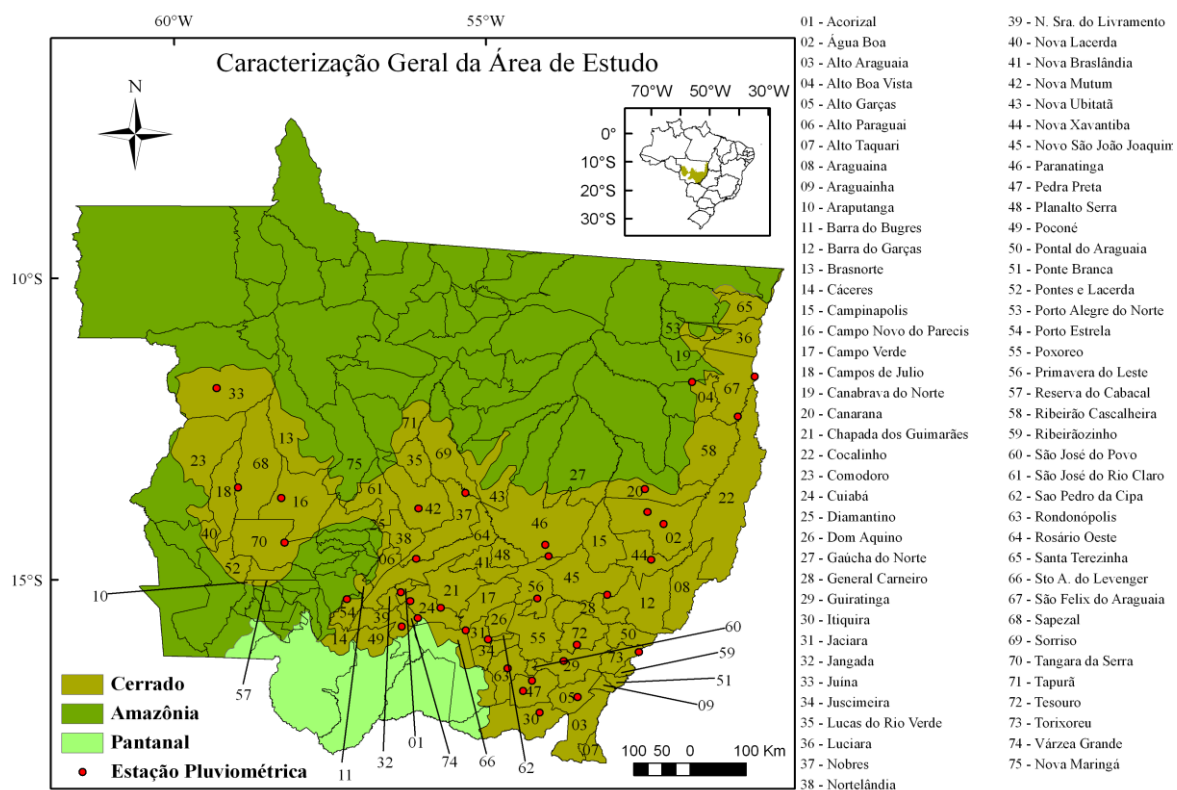


Figura 1. Municípios estações pluviométricas localizados no Cerrado Mato-Grossense.

À cobertura vegetal do Estado lhe confere três biomas, que são: o bioma do Cerrado, localizado na área central do Estado, ocupando uma superfície de 39%, caracterizado por bosques abertos e um estrato arbustivo rasteiro, com o predomínio de gramíneas e leguminosas; o bioma do Pantanal recobrendo uma área de 7%, onde apresentam áreas permanentemente alagadas e temporariamente alagadas, com espécies de vegetação variando de higrófitas, hidrófilas e mesófilas, localizado ao sul do Mato Grosso; já ao norte se encontra o bioma da Floresta Amazônica (54%), caracterizado por árvores com altura variando de 20 a 30 m e troncos retos bem copados (SEPLAN-MT, 1990).

Os principais mecanismos atmosféricos que atuam no Centro-Oeste e em específico o bioma cerrado do Mato Grosso são a massa de ar equatorial continental, presente entre na primavera e verão, advinda do efeito térmico e da elevada umidade. Essa massa de ar se desloca para o interior do país no sentido noroeste para sudeste, provocando chuvas e a massa polar atlântica que é caracterizada pelo o acúmulo do ar polar. Atua com maior frequência no inverno, no sentido sul para o norte, e favorece as quedas de temperatura e estiagem (NIMER, 1989). No cerrado Mato-Grossense está em duas regiões hidrográficas do Brasil. A do Paraná, que ocupa uma área total de 169.488,663 km<sup>2</sup>, e a região Hidrográfica do Paraguai, constituída pela bacia do rio Paraguai a oeste, que ocupa uma área de 187.636,301 km<sup>2</sup> (Figura 1).

## *2.2 - Dados utilizados no estudo*

Foram utilizadas médias mensais e anuais sazonais de precipitação das séries históricas de dados pluviométricos do Cerrado Mato-Grossense, obtidos da Rede Hidrometeorológica Nacional da Agência Nacional das Águas (ANA). Estes dados foram submetidos a uma análise para avaliação das séries históricas e posteriormente consistidos. Foram utilizadas apenas estações pluviométricas com séries de, no mínimo, 30 anos de dados, resultando em 33 pontos de observação (Figura 1) na região do Cerrado Mato-Grossense.

## *2.3. - 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  $X$ .

Através da estatística descritiva, podemos ter características essenciais para a formação de histograma de frequências relativas de uma amostra de dados hidrológicos (Naghetini & Pinto, 2007). Para este estudo foram calculadas as seguintes medidas de tendência central e de dispersão. Utilizando-se as medidas de tendência central e de dispersão podemos verificar analiticamente os parâmetros, e observar se as amostras são diferentes ou semelhantes.

## **3- Resultados e Discussão**

### *3.1 - Distribuições temporais 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 33 pluviométricas distribuídos na área de estudo, apresenta uma variação significativa da precipitação (Figura 2).

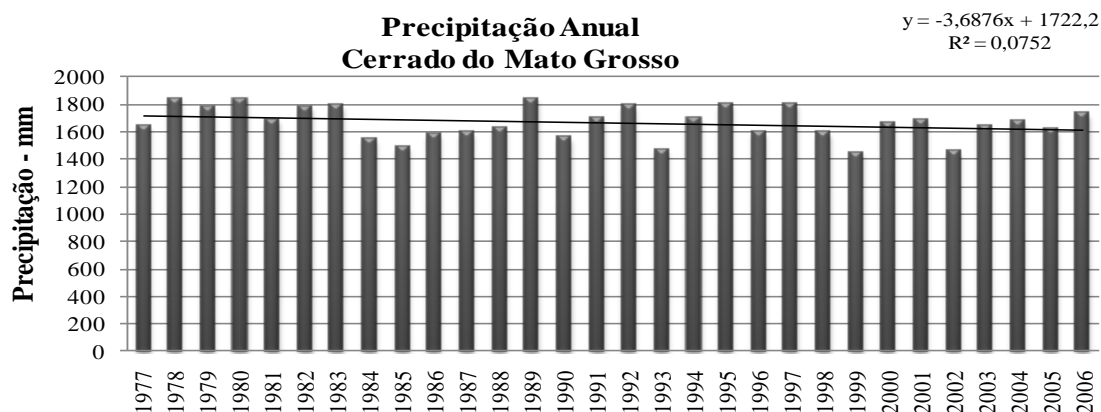


Figura 2. Distribuição temporal e análise de regressão linear da precipitação pluviométrica de 1977 a 2006, para o Cerrado Mato-Grossense.

A maior precipitação observada no bioma do Cerrado Mato-Grossense, para a soma histórica anual (Figura 2), foi de 1840,6mm no ano de 1980 e a menor foi de 1448,0mm no ano de 1999. Já a maior variação de precipitação anual, ocorreu no ano de 1992 (1785,4mm) para o ano de 1993 (1468,9mm). Nota-se que a partir de 1985 até 1989 a um acréscimo gradual da pluviosidade, em média na ordem de 5%. Observa-se também que as oscilações são pequenas, e as tendências de crescimento e decréscimo da pluviosidade fica em média, na ordem de 10%.

A maior precipitação observada no bioma do Cerrado Mato-Grossense, para o mês de janeiro Figura 3(a), foi de 443,6mm no ano de 2004 e a menor foi de 156,0mm no ano de 1993. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de janeiro, ocorreu do ano de 1984 (196,3mm) para o ano de 1985 (355,1mm). Nota-se que entre os anos de 2000 e 2005, houve uma tendência de crescimento gradual da pluviosidade do mês de janeiro, em média, na ordem de 29%. A maior precipitação observada no bioma do Cerrado Mato-Grossense, para o mês de fevereiro Figura 3(b), foi de 429,1mm no ano de 1980 e a menor foi de 154,7mm no ano de 2005. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de fevereiro, ocorreu do ano de 1980 (429,1mm) para o ano de 1981 (167,3mm). Verifica-se que entre os anos de 1981 e 1986, houve uma tendência de decréscimo gradual da pluviosidade do mês de fevereiro, em média, na ordem de 12%. A maior precipitação observada no bioma do Cerrado Mato-Grossense, para o mês de março Figura 3(c), foi de 323,6mm no ano de 1981 e a menor foi de 134,7mm no ano de 1993. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de março, ocorreu do ano de 1980 (163,3mm) para o ano de 1981 (323,6mm). Observa-se que entre os anos 1980 e 1985, houve uma tendência de decréscimo gradual da pluviosidade do mês de março, em média, na ordem de 11%, e entre os anos de 1985 e 1990, houve uma tendência de crescimento gradual da pluviosidade, na ordem de 10%.

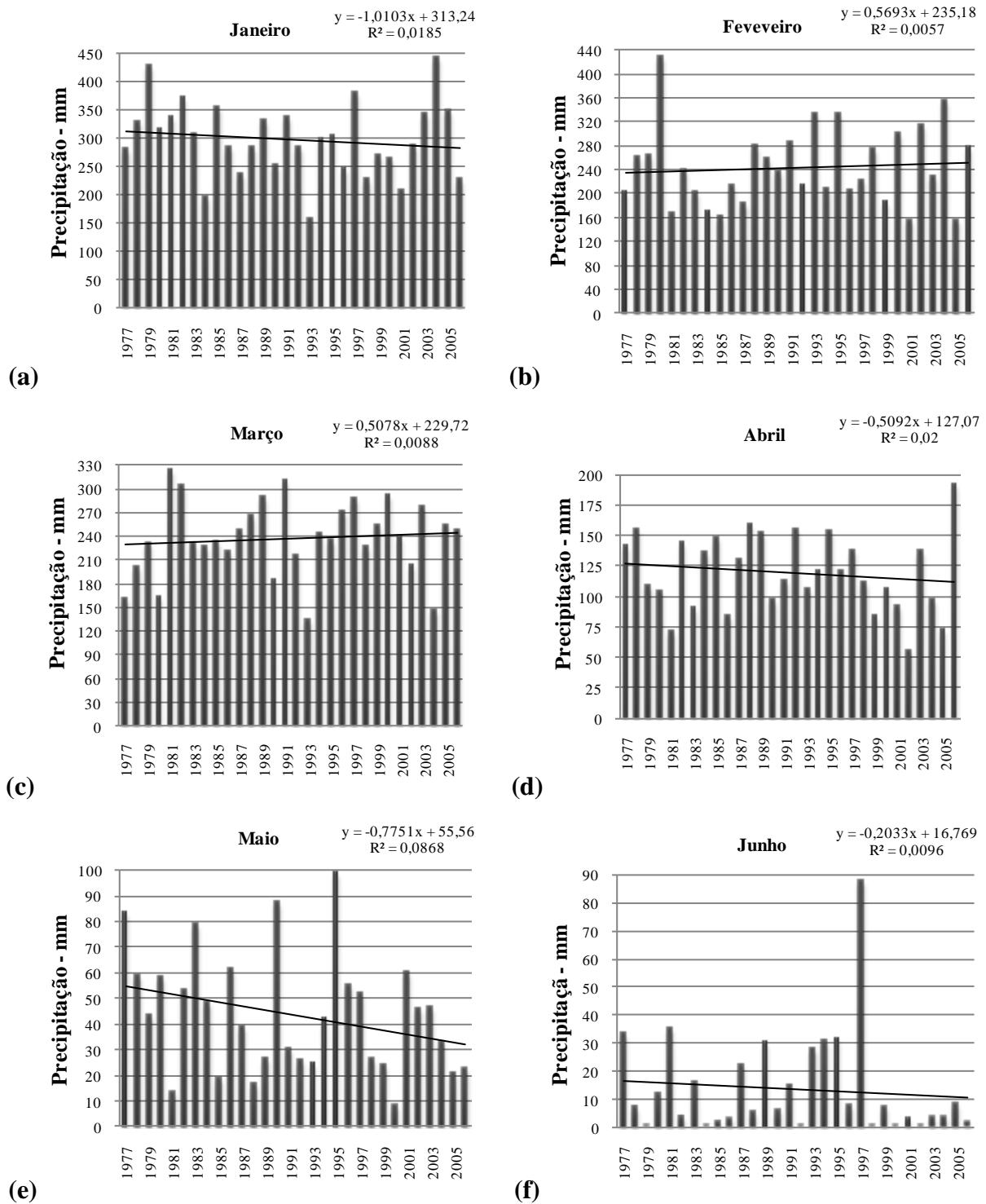


Figura 3. Distribuição temporal e regressão linear das chuvas dos meses de janeiro à junho, para o bioma do Cerrado Mato-Grossense.

A maior precipitação observada no bioma do Cerrado Mato-Grossense, para o mês abril Figura3(d), foi de 191,7mm no ano de 2006 e a menor foi de 54,9mm no ano de 2002. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de abril, ocorreu do ano de 2005 (72,9mm) para o ano de 2006 (191,7mm). Percebe-se que entre os anos 1977 e 1982, houve uma tendência de decréscimo gradual da pluviosidade do mês de abril, em média, na ordem de

22%. A maior precipitação observada no bioma do Cerrado Mato-Grossense, para o mês maio Figura3(e), foi de 98,9mm no ano de 1995 e a menor foi de 8,6mm no de 2000. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de maio, ocorreu do ano de 1994 (42,0mm) para o ano de 1995 (98,9mm). Nota-se que entre os anos 1995 e 2001, houve uma tendência de decréscimo gradual da pluviosidade do mês maio, em média, na ordem de 32%. A maior precipitação observada no bioma do Cerrado Mato-Grossense, para o mês junho Figura3(f), foi de 87,7mm no ano de 1997 e a menor foi de 0,2mm no de 1992. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de maio, ocorreu do ano de 1997 (87,7mm) para o ano de 1998 (0,3mm). Verifica-se 69% dos meses mostram a precipitação pluviométrica menor que 10,0mm.

A maior precipitação observada no bioma do Cerrado Mato-Grossense, para o mês de julho Figura 4(a), foi de 31,6mm no ano de 1978 e a menor foi de 0,1mm no ano de 1997. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de julho, ocorreu do ano de 1977 (1,5mm) para o ano de 1978 (31,6mm). Nota-se 77% dos meses mostram a precipitação pluviométrica menor que 12,0mm. A maior precipitação observada no bioma do Cerrado Mato-Grossense, para o mês de agosto Figura 4(b), foi de 61,8mm no ano de 1986 e a menor foi de 0,4mm no ano de 1978. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de agosto, ocorreu do ano de 1985 (3,0mm) para o ano de 1986 (61,8mm). Verifica-se 47% dos meses mostram a precipitação pluviométrica menor que 10,0mm. A maior precipitação observada no bioma do Cerrado Mato-Grossense, para o mês de setembro Figura 4(c), foi de 160,1mm no ano de 1992 e a menor foi de 17,2mm no ano de 1988. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de setembro, ocorreu do ano de 1991 (61,3mm) para o ano de 1992 (160,1mm). Observa-se que entre os anos 1993 e 1998, houve uma tendência de crescimento gradual da pluviosidade do mês de setembro, em média, na ordem de 27%. A maior precipitação observada no bioma do Cerrado Mato-Grossense, para o mês outubro Figura4(d), foi de 202,9mm no ano de 2006 e a menor foi de 70,0mm no ano de 1979. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de outubro, ocorreu do ano de 2005 (128,5mm) para o ano de 2006 (202,9mm). Percebe-se que entre os anos 1982 e 1987, houve uma tendência de decréscimo gradual da pluviosidade do mês de outubro, em média, na ordem de 14%. A maior precipitação observada no bioma do Cerrado Mato-Grossense, para o mês novembro Figura4(e), foi de 288,7mm no ano de 1983 e a menor foi de 141,9mm no de 2002. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de novembro, ocorreu do ano de 2001 (280,6mm) para o ano de 2002 (141,9mm). Nota-se que entre os anos 1986 e 1992, houve uma tendência de decréscimo gradual da pluviosidade do mês novembro, em média, na ordem de 9%.

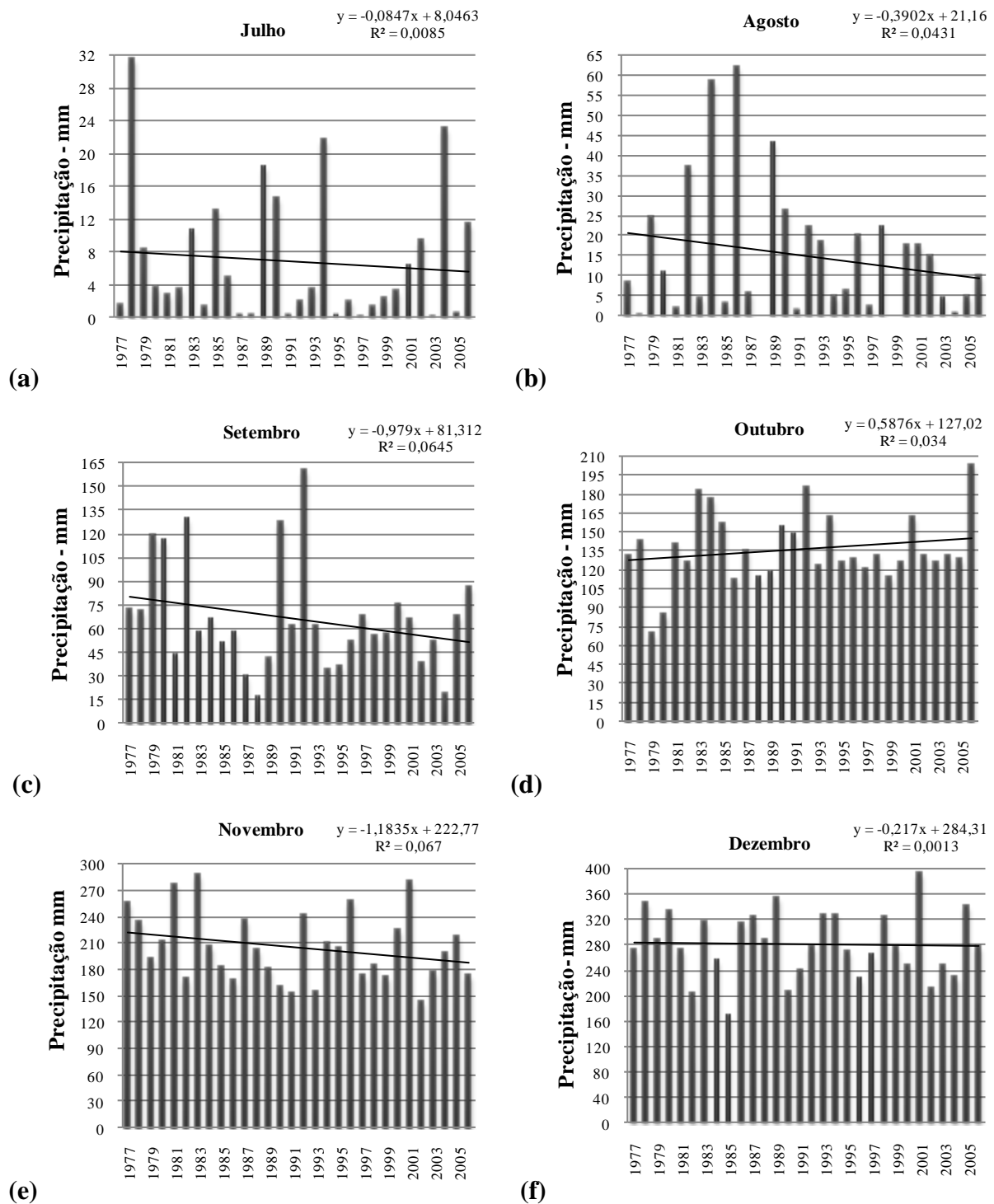


Figura 4. Distribuição temporal e regressão linear das chuvas dos meses de julho à dezembro, para o bioma do Cerrado Mato-Grossense.

A maior precipitação observada no bioma do Cerrado Mato-Grossense, para o mês dezembro Figura4(f), foi de 393,4mm no ano de 2001e a menor foi de 167,7mm no de 1985. Já a maior variação de precipitação anual para o mês de dezembro, ocorreu do ano de 2001 (393,4mm) para o ano de 2002 (212,3mm). Verifica-se que entre os anos 1989 e 1993, houve

uma tendência de crescimento gradual da pluviosidade do mês dezembro, em média, na ordem de 17%.

### 3.2 - Tendência futura mensal e anual

Na (Tabela 1) verifica-se que o melhor coeficiente de determinação da regressão ( $R^2=0,0868$ ) foi para o mês de maio e o pior foi para mês de dezembro ( $R^2=0,0013$ ). 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.

Tabela 1. Equação linear, coeficiente de determinação da regressão ( $R^2$ ) e total da precipitação mensal da média histórica de 1977 a 2006 no Cerrado do MT.

Mês	Equação Linear	$R^2$	Média de 1977 à 2006 -(mm)
Janeiro	$y = -1,0103x + 313,24$	0,0185	297,6
Fevereiro	$y = 0,5693x + 235,18$	0,0057	244,0
Março	$y = 0,5078x + 229,72$	0,0088	237,6
Abril	$y = -0,5092x + 127,07$	0,0200	119,2
Maio	$y = -0,7751x + 55,56$	0,0868	43,5
Junho	$y = -0,2033x + 16,769$	0,0096	13,6
Julho	$y = -0,0847x + 8,0463$	0,0085	6,7
Agosto	$y = -0,3902x + 21,16$	0,0431	15,1
Setembro	$y = -0,979x + 81,312$	0,0645	66,1
Outubro	$y = 0,5876x + 127,02$	0,0340	136,1
Novembro	$y = -1,1835x + 222,77$	0,0670	204,4
Dezembro	$y = -0,217x + 284,31$	0,0013	280,9
Soma Anual	$y = -3,6876x + 1722,2$	0,0752	1665,0

Na Figura 5, nota-se que os meses que sofreram decréscimos em sua precipitação pluviométrica foram: janeiro, abril, maio, junho, julho, agosto, setembro, novembro e dezembro.

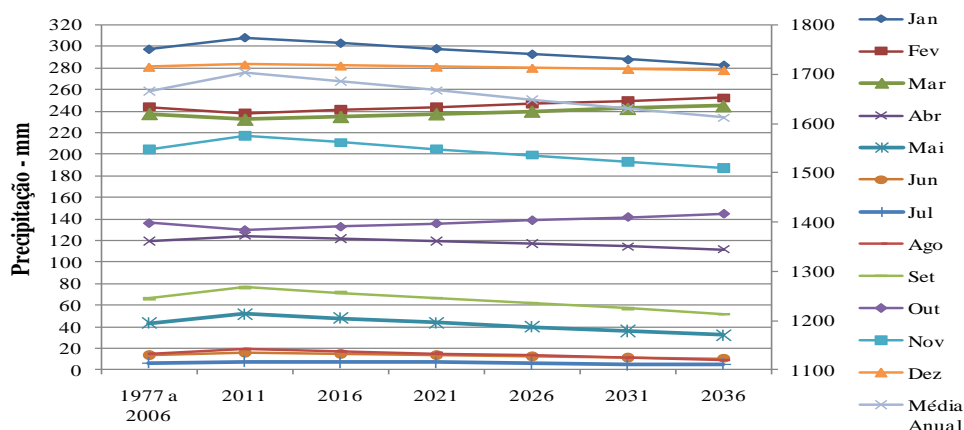


Figura 5. Distribuição temporal mensal da previsão de chuvas para o bioma do Cerrado Mato-Grossense.



Ficando os meses de fevereiro, março e outubro com crescimento da precipitação pluviométrica. No eixo secundário podemos verificar que a média anual teve um decréscimo, em toda sua extensão.

### 3.3 – Análise estatística

Na (Tabela 2) 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 (443,6mm), já a mínima acontecem nos meses de julho (0,1mm). 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 (8,1) e do maior desvio que aconteceu no mês de fevereiro (66,1), mostrando a dispersão contundente dos dados.

Tabela 2. Medidas de tendência central e de dispersão de para o bioma do Cerrado, segundo a análise estatística dos dados históricos de 1977 a 2006.

Medidas de Tendência Central e de Dispersão						
Mês	Mediana	Média	Máxima	Mínima	Variação (%)	Desvio Padrão
Janeiro	292,7	297,6	443,6	156,0	284,5	65,3
Fevereiro	232,1	244,0	429,1	154,7	277,4	66,1
Março	237,5	237,6	323,6	134,7	240,3	47,7
Abril	117,0	119,2	191,7	54,9	349,0	31,7
Maió	42,8	43,5	98,9	8,6	1154,6	23,2
Junho	6,6	13,6	87,7	0,2	49117,1	18,2
Julho	3,3	6,7	31,6	0,1	31564,0	8,1
Agosto	8,9	15,1	61,8	0,4	15446,1	16,5
Setembro	59,3	66,1	160,1	17,2	931,7	33,9
Outubro	130,7	136,1	202,9	70,0	289,8	28,0
Novembro	199,9	204,4	288,7	141,9	203,4	40,3
Dezembro	277,6	280,9	393,4	167,7	234,6	52,1
Média Anual	1673,2	1665,0	1840,6	1448,0	127,1	118,4

## 4 – Conclusões

Na análise das chuvas, em média a maior precipitação foi de 292,7mm no mês de janeiro e a menor foi de 6,7mm no mês de julho. Nota-se que os meses que sofreram decréscimos em sua precipitação pluviométrica foram: janeiro, abril, maio, junho, julho, agosto, setembro, novembro e dezembro. Ficando os meses de fevereiro, março 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.

Na análise estatística, percebe-se que o maior índice de chuva, ou seja, a máxima ocorre no mês de janeiro, já a mínima acontece no mês de junho, e nota-se que todos os meses tiveram uma variação maior que a média anual, indicando uma dispersão pluviométrica.

## 5- Agradecimentos

Os autores agradecem a CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil) pelo fomento que viabilizou o desenvolvimento do estudo.

## 6- Referências Bibliográficas

ANA - Agência Nacional de Águas. <http://www.ana.gov.br>: 11 dez. 2009.

COUTINHO, L. M., (2000), *O bioma do cerrado*, in: Klein, A. L. Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois.

GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G.A. (1998). *Hidrologia*. São Paulo, Edgard Blucher LTDA, 291p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística [homepage]. Contagem da População – População recenseada e estimada segundo os municípios – Mato Grosso do Sul 2007. Disponível: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem\\_final/tabela\\_1\\_1\\_24.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem_final/tabela_1_1_24.pdf).

IBGE – Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística [homepage]. Comunicação Social – Mapas de Biomas e de Vegetação, 2004 [citado em 20 de agosto 2010]. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_impressao.php?](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impressao.php?)

NIMER, E. 1989. *Clima*. In: IBGE. 1989. Geografia do Brasil – Região Centro-Oeste. Rio de Janeiro, IBGE. v. 1, p. 23-34.

NAGHETTINI & PINTO; *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552p. Secretaria de estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia - Superintendência de Planejamento [homepage]. Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 2009