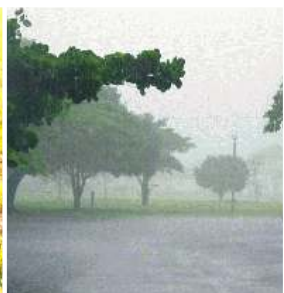
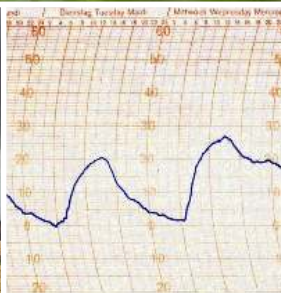


## Equação de Intensidade, Duração e Freqüência da Precipitação para a Região de Dourados, MS



ISSN 1679-0456

Dezembro, 2007

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Agropecuária Oeste  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

# **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 44**

## **Equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação para a Região de Dourados, MS**

Silvio Bueno Pereira  
Carlos Ricardo Fietz  
Paula Pinheiro Padovese Peixoto  
Teodorico Alves Sobrinho  
Fabrício de Moura Santos

Dourados, MS  
2007

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Agropecuária Oeste**

BR 163, km 253,6 -  
Trecho Dourados-Caarapó  
Caixa Postal 661  
79804-970 Dourados, MS  
Fone: (67) 3425-5122  
Fax: (67) 3425-0811  
www.cpa0.embrapa.br  
E-mail: sac@cpao.embrapa.br

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: *Carlos Hissao Kurihara*

Secretário-Executivo: *Claudio Lazzarotto*

Membros: *Augusto César Pereira Goulart, Carlos Lásaro Pereira de Melo, Euclides Maranhão, Fábio Martins Mercante, Guilherme Lafourcade Asmus, Hamilton Hisano, Júlio Cesar Salton e Sílvia Mara Belloni.*

Supervisão editorial, Revisão de texto e Editoração eletrônica:  
*Eliete do Nascimento Ferreira*

Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos*

Ilustrações da capa (em sentido horário):

**A** - Wikimedia Commons - " disponível em

[http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Rain\\_on\\_grass2.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Rain_on_grass2.jpg) - GNU Free Documentation license, Version 1.2 ([http://en.wikipedia.org/wiki/GNU\\_Free\\_Documentation\\_License](http://en.wikipedia.org/wiki/GNU_Free_Documentation_License)).

**B, D, F** -Nilton Pires de Araújo.

**C** – Wikimedia Commons - " disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Regnbyge.jpg> - GNU Free Documentation license, Version 1.2

([http://en.wikipedia.org/wiki/GNU\\_Free\\_Documentation\\_License](http://en.wikipedia.org/wiki/GNU_Free_Documentation_License)).

**E** - Modificado de arquivo Embrapa Agropecuária Oeste.

**1ª edição**

(2007): online

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei N° 9.610).

CIP-Catálogo-na-Publicação.  
*Embrapa Agropecuária Oeste.*

---

Equação de intensidade, duração e frequência da precipitação para a região de Dourados, MS / Silvio Bueno Pereira ... [et al.]. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007.  
18 p. ; 21 cm. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679 -0456 ; 44).

1. Precipitação pluvial - Brasil - Mato Grosso do Sul - Dourados. I. Pereira, Silvio Bueno. II. Embrapa Agropecuária Oeste. III. Série.

# Sumário

<b>Resumo</b> .....	5
<b>Abstract</b> .....	7
<b>Introdução</b> .....	9
<b>Material e Métodos</b> .....	10
<b>Resultados e Discussão</b> .....	12
<b>Conclusões</b> .....	15
<b>Referências</b> .....	17

# Equação de Intensidade, Duração e Freqüência da Precipitação para a Região de Dourados, MS

---

*Silvio Bueno Pereira*<sup>1</sup>  
*Carlos Ricardo Fietz*<sup>2</sup>  
*Paula Pinheiro Padovese Peixoto*<sup>3</sup>  
*Teodorico Alves Sobrinho*<sup>3</sup>  
*Fabrcício de Moura Santos*<sup>4</sup>

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi estabelecer a relação entre intensidade, duração e freqüência da precipitação para a região de Dourados, MS. As precipitações máximas anuais com duração de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240, 360, 720 e 1.440 minutos foram ajustadas à distribuição Gumbel. Os parâmetros da distribuição foram estimados pelo método de máxima verossimilhança. A equação de intensidade, duração e freqüência da precipitação foi ajustada utilizando-se a técnica de ajuste não linear. Houve ajuste de todas as séries de intensidade máxima anual à distribuição Gumbel, de acordo com o teste Kolmogorov-Smirnov. Através das distribuições ajustadas, calculou-se os valores de intensidade máxima anual de precipitação para períodos de retorno de 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 e 50 anos, que serviram de base para definir a equação de chuvas intensas. Essa equação pode ser utilizada no dimensionamento de projetos agrícolas e de obras hidráulicas implantados na região de Dourados.

Termos para indexação: chuvas intensas, precipitação máxima, distribuição Gumbel.

---

<sup>1</sup>Eng. Agrôn., Dr., UFGD/FCA; Bolsista da Fundect/CNPq, Caixa Postal 533, 79804-970 Dourados, MS. E-mail: sbueno@ufgd.edu.br.

<sup>2</sup>Eng. Agrôn., Dr., *Embrapa Agropecuária Oeste*, Caixa Postal 661, 79804-970 Dourados, MS. E-mail: fietz@cpao.embrapa.br.

<sup>3</sup>Eng. Agrôn., Dr., UFGD/FCA.

<sup>4</sup>Aluno de Agronomia da UFGD, Bolsista de Iniciação Científica do CNPq.



# **Intensity, Duration and Frequency of Rainfall for the Dourados Region, Mato Grosso do Sul State, Brazil**

---

## **Abstract**

The aim of this work was to establish the intensity, duration and frequency relationship of the rainfall for the Dourados region, Mato Grosso do Sul State, Brazil. The annual maximum rainfall with duration of 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240, 360, 720 and 1,440 minutes were adjusted to Gumbel distribution. The parameters of the Gumbel distribution were estimated by the maximum likelihood method. The intensity, duration and frequency equation were obtained using non linear estimation. The results showed a good fit for Gumbel distribution according to the results of Kolmogorov-Smirnov test. The values of annual maximum rainfall for periods of return of 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 and 50 years were calculated using the adjusted Gumbel distribution. These data were used to fit the intensity, duration and frequency equation. The intense rain equation determined can be used to design of agricultural projects and of hydraulic structures at Dourados region.

Index Terms: intense rainfall, maximum precipitation, Gumbel distribution.





## Introdução

Em estudos hidrológicos necessita-se, além do conhecimento das chuvas máximas observadas nas séries históricas, a previsão de precipitações máximas que possam vir a ocorrer com determinada freqüência (Villela & Mattos, 1975). Esta previsão pode ser obtida a partir da análise das observações das chuvas intensas durante um período de tempo suficientemente longo e representativo dos eventos extremos (Tucci, 2004).

Para o dimensionamento de drenos, vertedores, obras de proteção contra cheias e erosão hídrica é necessário o conhecimento das três grandezas que caracterizam uma precipitação: a intensidade, a duração e a freqüência. A equação de intensidade, duração e freqüência (IDF), também conhecida como equação de chuvas intensas, é a principal forma de caracterizar a relação dessas grandezas (Pruski et al., 2006).

Vários trabalhos foram desenvolvidos visando determinar equações IDF para diversos locais de Estados do Brasil, podendo-se citar: Minas Gerais (Pinto et al., 1996); Espírito Santo e Rio de Janeiro (Silva et al., 1999); Bahia (Silva et al., 2002); Tocantins (Silva et al., 2003); Paraná (Longo et al., 2006) e Goiás (Oliveira et al., 2000).

Devido à inexistência de equações IDF ajustadas para a região de Dourados, MS, atualmente, o dimensionamento de projetos agrícolas e de obras hidráulicas que necessitam de dados de chuvas intensas tem sido realizado com informações de outros locais, procedimento que pode resultar em estimativas pouco confiáveis.

As dificuldades para a obtenção das equações IDF decorrem de limitações de dados disponíveis, tanto em termos de densidade da rede pluviográfica, como em relação ao pequeno período de observação disponível; além disso, para a determinação dos parâmetros da equação IDF é necessário exaustivo trabalho de análise, interpretação e codificação de grande quantidade de dados (Hernandez, 1991).

Considerando a importância e a grande utilidade das equações IDF, elaborou-se este trabalho, cujo objetivo foi estabelecer a relação entre intensidade, duração e frequência da precipitação para a região de Dourados.

## Material e Métodos

Os dados de precipitação utilizados neste trabalho foram coletados nas estações meteorológicas da *Embrapa Agropecuária Oeste* e da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD (Tabela 1). O clima da região é do tipo Cwa (mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos), com a temperatura do mês mais frio inferior a 18°C e a do mês mais quente superior a 22°C (Fietz & Fisch, 2006).

**Tabela 1.** Localização geográfica das estações meteorológicas e período de coleta dos dados de precipitação.

Estação	Latitude	Longitude	Período
EMBRAPA	22° 16' S'	54° 49' W	1979 - 1990 1992 - 2004
UFGD	22° 11' S	54° 55' W	2004 - 2006

A fase de aquisição dos dados de precipitação iniciou com a seleção dos pluviogramas que continham as chuvas mais intensas de cada ano.

As precipitações máximas anuais foram determinadas para as durações 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240, 360, 720 e 1.440 minutos. Pela divisão das alturas pluviométricas máximas com a duração correspondente, obteve-se a intensidade máxima anual de precipitação.

As séries de intensidade máxima anual, para cada duração, foram ajustadas à distribuição de valores extremos, de Gumbel:

$$F(X) = \exp \left[ -\exp \left( \frac{X}{\dots} \right) \right] \dots \dots \dots (1)$$

em que  $F(X)$  é a distribuição acumulada Gumbel e  $\dots$  e  $\dots$  são, respectivamente, os parâmetros de posição e escala.

Os parâmetros da distribuição Gumbel foram estimados pelo método de máxima verossimilhança e a aderência dos dados à distribuição teórica foi avaliada pelo teste Kolmogorov-Smirnov (Assis et al., 1996). Neste teste, para que haja ajuste dos dados amostrais à distribuição teórica, os valores de máxima divergência das séries não devem superar o valor crítico, no nível de significância estabelecido.

A equação utilizada para relacionar intensidade, duração e frequência das precipitações apresentou a seguinte forma geral (Tucci, 2004):

$$i = \frac{aT^b}{(t+c)^d} \dots \dots \dots (2)$$

em que:  $i$  é a intensidade máxima de chuva ( $\text{mm h}^{-1}$ ),  $T$  é o período de retorno (anos),  $t$  é a duração da chuva (min) e  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$  são os parâmetros empíricos.

Utilizando-se a técnica de ajuste não linear e com base nos valores de intensidade máxima anual de precipitação, nos períodos de retorno de 2, 3, 4, 5, 10, 15 e 20 anos e durações de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 240, 360, 720 e 1.440 minutos, foram obtidos os parâmetros da equação (2).

## **Resultados e Discussão**

Na Tabela 2 são apresentados os valores de intensidade máxima anual de precipitação para as durações de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240, 360, 720 e 1.440 minutos. Analisando a tabela, observa-se que ocorreu decréscimo nos valores e, conseqüentemente, nas médias de intensidade máxima anual, com o aumento da duração das precipitações. Esse comportamento é característico das chuvas, pois a intensidade das precipitações tende a decrescer com o aumento da duração (Villela & Mattos, 1975). De maneira geral, houve aumento na variabilidade dos valores de intensidade máxima anual com o aumento da duração das chuvas, comportamento expresso pelos coeficientes de variação, que oscilaram de 22% a 41%, respectivamente, para as durações de 20 e 1.440 minutos (Tabela 2).

Houve ajuste de todas as séries de intensidade máxima anual, para cada duração, à distribuição Gumbel (Tabela 3). Esses resultados confirmam a observação de Nerilo et al. (2002) de que a distribuição Gumbel apresenta resultados eficazes e é a mais utilizada no Brasil e no mundo no ajuste de eventos meteorológicos extremos. Através das distribuições ajustadas foram calculados os valores de intensidade máxima anual, com duração de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240, 360, 720 e 1.440 minutos, para os períodos de retorno de 2, 3, 4, 5, 10, 20 e 50 anos (Tabela 3).

**Tabela 2.** Valores de intensidade máxima anual de precipitação ( $\text{mm h}^{-1}$ ) da região de Dourados, MS, com duração de 10 a 1.440 minutos.

Ano	Duração (min)													
	10	20	30	40	50	60	120	180	240	360	720	1440		
1979	78,0	67,8	56,4	49,8	40,0	33,4	20,0	16,7	13,3	8,9	4,7	2,3		
1980	111,6	85,8	75,2	59,7	49,7	42,0	23,4	19,1	15,8	12,8	6,7	4,2		
1981	117,6	86,4	64,0	52,2	45,1	41,0	21,7	15,3	11,6	7,7	4,4	2,2		
1982	132,0	102,0	88,4	79,5	75,8	65,8	37,7	25,1	18,9	14,3	9,9	5,2		
1983	96,0	76,8	60,0	47,4	38,5	36,1	19,4	14,4	11,9	8,8	4,6	2,3		
1984	168,0	102,6	72,4	56,7	45,7	38,2	20,4	13,8	10,4	7,4	3,7	1,9		
1985	81,6	78,0	56,8	49,8	42,5	38,6	25,9	23,7	23,1	18,0	9,0	4,7		
1986	100,8	87,6	78,0	67,5	63,6	58,2	41,3	27,6	20,8	13,9	7,0	3,5		
1987	116,4	97,2	100,8	78,6	72,0	62,4	33,6	22,6	17,2	11,5	5,8	2,9		
1988	110,4	88,2	72,8	60,0	51,1	43,6	21,9	21,1	16,8	11,4	5,7	2,8		
1989	105,0	83,1	55,8	43,5	35,4	31,6	18,8	12,5	10,6	7,6	3,8	1,9		
1990	66,0	53,4	38,0	32,7	27,4	23,4	17,8	14,1	11,7	8,7	5,5	3,4		
1992	100,8	65,4	49,6	37,5	30,1	25,1	12,6	8,4	6,3	4,2	2,1	1,1		
1993	91,2	67,2	56,4	50,1	43,6	37,4	25,3	16,9	12,7	8,4	4,2	2,1		
1994	109,2	69,6	57,2	49,5	43,7	37,0	25,3	16,9	12,7	8,4	4,2	2,1		
1995	93,6	67,8	73,2	61,5	49,4	41,6	22,3	16,1	12,5	8,3	4,9	2,9		
1996	66,0	60,0	44,0	35,4	30,0	25,8	13,8	9,2	6,9	4,6	2,3	1,2		
1997	79,2	75,0	66,8	62,1	51,6	44,6	24,2	16,1	12,1	8,1	4,0	2,0		
1998	120,0	78,6	70,0	53,9	43,8	39,4	23,5	17,7	15,3	11,4	5,7	2,9		
1999	138,0	114,0	112,0	90,6	97,2	93,2	53,3	36,3	27,2	18,1	9,1	4,5		
2000	90,0	84,0	76,0	72,0	69,6	58,4	35,0	23,8	17,9	11,9	6,0	3,0		
2001	150,0	120,0	100,0	84,0	73,7	69,6	40,5	27,5	20,6	13,8	6,9	3,4		
2002	120,0	90,0	84,0	78,0	84,0	80,0	51,2	35,1	26,3	17,5	8,8	4,4		
2003	63,6	53,4	52,8	48,6	39,4	33,2	17,6	11,8	8,9	5,9	3,0	1,5		
2004	162,0	115,8	97,6	85,8	72,0	60,0	20,0	15,0	10,0	10,0	5,0	2,8		
2005	96,1	82,3	71,6	68,6	57,0	50,6	28,1	19,2	14,4	9,6	5,8	3,4		
2006	118,9	114,3	86,4	72,8	67,7	60,7	49,4	37,1	32,1	21,7	11,5	5,8		
<b>Média</b>	106,7	83,9	71,0	60,3	53,3	47,1	27,9	19,9	15,6	10,9	5,7	3,0		
<b>CV (%)</b>	26	22	26	26	33	36	40	38	40	40	40	41		

**Tabela 3.** Valores de intensidade máxima anual de precipitação ( $\text{mm h}^{-1}$ ), com duração de 10 a 1.440 minutos, para períodos de retorno de 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20 e 50 anos.

Duração (min.)	Média	Período de Retorno (anos)										
		$\lambda^{(1)}$	$\lambda^{(1)}$	D <sup>(2)</sup>	2	3	4	5	10	15	20	50
10	106.7	93.9227	23.056	0.07	102.4	114.7	122.6	128.5	145.8	155.6	162.4	183.9
20	83.9	75.0989	15.950	0.07	80.9	89.5	95.0	99.0	111.0	117.7	122.5	137.3
30	71.0	62.3209	15.654	0.08	68.1	76.5	81.8	85.8	97.5	104.2	108.8	123.4
40	60.3	52.6337	13.935	0.07	57.7	65.2	70.0	73.5	84.0	89.9	94.0	107.0
50	53.3	45.1493	13.924	0.10	50.3	57.7	62.5	66.0	76.5	82.4	86.5	99.5
60	47.1	39.4191	12.809	0.07	44.1	51.0	55.4	58.6	68.2	73.7	77.5	89.4
120	27.9	22.9977	8.043	0.10	25.9	30.3	33.0	35.1	41.1	44.5	46.9	54.4
180	19.9	16.4909	5.870	0.05	18.6	21.8	23.8	25.3	29.7	32.2	33.9	39.4
240	15.7	12.9044	4.728	0.05	14.6	17.2	18.8	20.0	23.5	25.5	26.9	31.4
360	10.8	8.9019	3.360	0.05	10.1	11.0	13.1	13.9	16.5	17.9	18.9	22.0
720	5.7	4.6650	1.828	0.04	5.3	6.3	6.9	7.4	8.8	9.6	10.1	11.8
1440	3.0	2.4214	0.973	0.04	2.8	3.3	3.6	3.9	4.6	5.0	5.3	6.2

<sup>(1)</sup> Parâmetro da distribuição Gumbel.

<sup>(2)</sup> Valores de máxima divergência do teste Kolmogorov-Smirnov. O nível crítico em 20% de significância é 0,21.

A expressão (3), obtida a partir dos valores de intensidade máxima, duração e período de retorno contidos na Tabela 3, representa a equação IDF para a região de Dourados, MS, que relaciona a duração (t) e o período de retorno (T) com a intensidade máxima de precipitação esperada (i).

$$i = \frac{2668,7800T^{0,1771}}{(t + 28,0749)^{0,9213}} \quad (R^2 = 0,996) \dots \dots \dots (3)$$

A equação gerada permite o cálculo da intensidade máxima de chuvas com diferentes durações e períodos de retorno. Assim, por exemplo, em apenas um de cada quatro anos (T = 4) é esperado que a chuva máxima em 60 minutos (t = 60) exceda a 55,1 mm h<sup>-1</sup>. Também é esperado que somente em um de cada dez anos (T = 10) a precipitação máxima em 30 minutos (t = 30) seja superior a 95,1 mm h<sup>-1</sup>.

## Conclusões

Houve aumento na variabilidade dos valores de intensidade máxima anual com o aumento da duração das chuvas. A distribuição Gumbel foi adequada para ajustar todas as séries de intensidade máxima anual de precipitação. A equação IDF obtida pode ser utilizada para o dimensionamento de projetos agrícolas e obras hidráulicas implantados na região de Dourados.





## Referências

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia**. Pelotas: Editora Universitária, Universidade Federal de Pelotas, 1996. 161 p.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. **O clima na região de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 32 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 85). Disponível em: <<http://www.cpa0.embrapa.br/publicações>>. Acesso em: 25 out. 2007.

HERNANDEZ, V. Ainda as equações de chuvas intensas - pode-se generalizar? In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 9.: SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS, 5., 1991, Rio de Janeiro. **Anais...** Fortaleza: Associação Brasileira de Hidrologia e Recursos Hídricos, 1991. p. 193-202.

LONGO, A. J.; SAMPAIO, S. C.; SUSZEK, M. Equação de chuvas intensas e precipitação provável para o Município de Cascavel, PR. **Varia Scientia**, Cascavel, v. 6, n. 11, p. 119-127, ago. 2006.

NERILO, N.; MEDEIROS, P. A.; CORDERO, A. **Chuvas intensas no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Editora da UFSC; Blumenau: Editora da FURB, 2002. 156 p.

OLIVEIRA, L. F. C. de; CORTÊS, F. C.; BARBOSA, F. de O. A.; ROMÃO, P. de A.; CARVALHO, D. F. de. Estimativa das equações de chuvas intensas para algumas localidades no Estado de Goiás pelo método da desagregação de chuvas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, n. 1, p. 23-27, jan./jun. 2000.

PINTO, F. A.; FERREIRA, P. A.; PRUSKI, F. F.; ALVES, A. R.; CECON, P. R. Estimativa de chuvas intensas no Estado de Minas Gerais utilizando registros diários. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 16, n. 2, p. 8-21, dez. 1996.

PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. da; TEIXEIRA, A. de F.; CECÍLIO, R. A.; SILVA, J. M. A. da; GRIEBELER, N. P. **Hidros**: dimensionamento de sistemas hidroagrícolas. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 259 p.

SILVA, D. D. da; GOMES FILHO, R. R.; PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F. de. Chuvas intensas no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 362-367, 2002.

SILVA, D. D. da; PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; GOMES FILHO, R. R.; LANA, A. M. Q.; BAENA, L. G. N. Equações de intensidade-duração-freqüência da precipitação pluvial para o Estado de Tocantins. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 11, n. 1/4, p. 7-14, jan./dez. 2003.

SILVA, D. D. da; PINTO, F. R. L.; PRUSKI, F. F.; PINTO, F. A. Estimativa e espacialização dos parâmetros da equação de intensidade-duração-freqüência da precipitação para o Rio de Janeiro e o Espírito Santo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 3, p. 11-21, mar. 1999.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS: ABRH, 2004. 943 p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 4).

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 245 p.







---

***Agropecuária Oeste***

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

