

## PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA ANUAL NA BACIA DO RIO MANUEL ALVES DA NATIVIDADE

**Tamara Thalia Prolo<sup>1</sup>, Virgílio Lourenço da Silva Neto<sup>2</sup>, Pedro Henrique Haddad Araujo<sup>3</sup>, Pietro Lopes Rego<sup>4</sup>, Otacilio Silveira Júnior<sup>5</sup>, Ezequiel Lopes do Carmo<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Discente do curso de Bacharelado em Engenharia Agrônoma Campus Dianópolis/IFTO. Bolsista do PIBIC/IFTO e-mail: <thaliprolo5@gmail.com>

<sup>2</sup>MSc. em Ciências Florestais, professor do curso técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio/Bacharelado em Engenharia Agrônoma-IFTO. E-mail: <virgilio.neto@ifto.edu.br>

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo - IFTO. E-mail: <p-haddad@hotmail.com>

<sup>4</sup>MSc. em Ciências Florestais, professor do curso técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio/Bacharelado em Engenharia Agrônoma-IFTO. E-mail: <pietro.rego@ifto.edu.br>

<sup>5</sup>Dr. em Ciência Animal Tropical pela Universidade Federal do Tocantins, Técnico de Laboratório/Área do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins. E-mail: <otacilio.junior@ifto.edu.br>

<sup>6</sup> Dr. em Agronomia (Energia na Agricultura), professor do curso técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio/Bacharelado em Engenharia Agrônoma-IFTO. E-mail: <ezequiel.carmo@ifto.edu.br>

**Resumo:** Conhecer as características da precipitação e a relação com o ciclo hidrológico é importante para o planejamento e estudos estratégicos no manejo e conservação do solo, geração de energia e prática da agricultura. O presente estudo teve como objetivo promover o mapeamento da precipitação máxima diária anual para a Bacia do Rio Manuel Alves da Natividade. Foram aplicadas séries históricas de 25 postos pluviométricos localizados na Bacia do Rio Manuel Alves da Natividade e proximidades, com período padronizado de 1986 a 2016. Foi conduzido um estudo geoestatístico, avaliando-se os modelos de semivariograma esférico, exponencial e gaussiano, ajustados pelo método dos mínimos quadrados ponderados. A partir deste estudo, o modelo que apresentou o menor erro médio com base na validação cruzada foi aplicado ao processo de mapeamento por krigagem ordinária. Observou-se bom desempenho das técnicas geoestatísticas, podendo-se destacar o modelo exponencial para o mapeamento da precipitação máxima diária anual. A região Noroeste responde pela ocorrência crítica dos eventos extremos de precipitação na bacia do rio Manuel Alves da Natividade, reduzindo-se as intensidades no sentido Noroeste-Sudeste.

**Palavras-chave:** geoestatística, mapeamento, pluviosidade

### 1 INTRODUÇÃO

A caracterização de chuvas intensas é imprescindível à elaboração de projetos de estruturas de contenção de águas. A previsão da intensidade de precipitação extrema é essencial para o dimensionamento de estruturas, especialmente para obras de controle da erosão, de drenagem do solo e barragens (VIEIRA et al., 1991).

O rio Manuel Alves da Natividade é um afluente pela margem direita do rio Tocantins, com área de drenagem de 14.935 km<sup>2</sup>, contemplando 11 municípios tocantinenses. Esta bacia hidrográfica é de grande importância para o sudeste do estado do Tocantins, visto que nela está instalado o projeto de irrigação Manuel Alves, com área irrigável de 20 mil ha, no qual predominam plantios de abacaxi, banana, coco, mamão, maracujá, melancia, mandioca, milho, tomate, abóbora, cana-de-açúcar, goiaba e pupunha irrigada por microaspersão, gotejamento e aspersão convencional (TOCANTINS, 2012).

O presente trabalho justifica-se pela necessidade do levantamento dessas informações para dimensionamento e construções de estruturas que controlem ou minimizem os danos causados tanto no meio rural quanto no urbano por chuvas intensas.

Este trabalho teve como objetivo o mapeamento da precipitação máxima diária anual para a bacia do rio Manuel Alves da Natividade a partir de séries históricas de 25 postos pluviométricos localizados na Bacia do Rio Manuel Alves da Natividade e proximidades, com período padronizado de 1986 a 2016.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A precipitação pluvial constitui-se do principal componente do ciclo hidrológico, sendo responsável pela entrada de água na bacia hidrográfica. Em situações em que sua ocorrência é crítica, ou seja, altas intensidades em determinados períodos, são conhecidas como chuvas intensas (MELLO E VIOLA, 2013). O escoamento superficial e a desagregação de partículas do solo decorrentes desses eventos tornam a análise da precipitação pluvial um dos produtos mais importantes da engenharia de conservação do solo e da água (BESKOW et al., 2009).

No Brasil, os volumes precipitados são essencialmente quantificados pelas estações pluviométricas em registros denominados de chuvas diárias e, constituem as informações mais acessíveis, não somente pelo tamanho das séries, mas também pela densidade das redes (HERNANDEZ, 2008).

Os dados de precipitação máxima diária anual, oriundos de séries de precipitações diárias, por se tratar de um evento extremo, são utilizados no modelamento de equações de chuvas intensas, quando não se dispõem de estações com pluviogramas. A equação de chuvas intensas relaciona a intensidade máxima média de precipitação ao determinado tempo de retorno e a uma determinada duração de precipitação. A determinação dessas relações envolve o ajuste de uma distribuição probabilística aos valores máximos anuais com diferentes durações (CLARKE e SILVA, 2004).

Para Mello et al. (2008), a análise de chuvas intensas consiste em um dos produtos mais aplicados da hidrologia. Seu uso está associado ao dimensionamento de obras hidráulicas para controle de cheias, ao abastecimento e a condução de água para usos múltiplos, à drenagem urbana e do solo e à modelagem e controle da erosão do solo.

Mello et al. (2001) utilizou uma série de dados de precipitação máxima diária anual provenientes da Estação Meteorológica da Universidade Federal de Lavras, no período de 1914 a 1991, exceto os anos de 1944, 1945 e 1950, constituindo-se uma série com 75 valores de precipitação máxima diária para Lavras (MG) com o objetivo de comparar três modelos matemáticos para a previsão de chuvas intensas, tendo em vista a aplicação voltada para obras destinadas à conservação do solo. Silva et al. (2002) e Silva et al. (2003) realizaram estudos de chuvas intensas para o estado da Bahia e Tocantins respectivamente, utilizando os dados pluviográficos pertencentes à rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Energia Elétrica- ANEEL, perfazendo 19 estações pluviográficas selecionadas, com séries históricas de 10 a 24 anos de observações, abrangendo o

período de 1975 a 1999. Mello et al. (2013) mapeou as chuvas intensas do Estado de Minas Gerais e identificou as áreas mais vulneráveis no tocante à ocorrência dessas chuvas, a partir de dados pontuais de 177 estações meteorológicas e com a utilização de técnicas geoestatístico. Rodrigues et al. (2016) caracterizou o regime hidrológico da bacia hidrográfica do Rio Manuel Alves da Natividade, TO.

A importância do mapeamento das grandezas climáticas consiste tanto na busca por melhorias de aspectos metodológicos quanto na geração de mapas de uso e aplicação prática para o planejamento do meio físico, manejo de bacias hidrográficas e projetos de obras hidráulicas. Neste tipo de estudo, a utilização de técnicas geoestatísticas possibilita a redução de erros aleatórios, uma vez que a dependência espacial da precipitação é levada em consideração, o que permite o controle da parcela deste erro associada à dependência espacial (MELLO et al. 2003).

### 3 METODOLOGIA/MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados pluviométricos foram obtidos junto ao Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (Hidroweb-ANA ). Os postos pluviométricos trabalhados neste estudo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Postos pluviométricos utilizados neste estudo

Estações	Cód. da estação	Localização da estação		Altitude (m)
Almas	01147000	11,5789° S	47,1739° W	427
Aurora do Tocantins	1246001	12,7639° S	46,4086° W	464
Campos Belos	1346004	13,0767° S	46,7769° W	638
Colonha	01248001	12,3875° S	48,5442° W	264
Conceição do Tocantins	01247000	12,2325° S	47,3244° W	407
Dianópolis	01146000	11,6253° S	46,8106° W	679
Fatima	1048000	10,7636° S	48,9022° W	352
Faz. B. Jardim	1145004	10,9925° S	45,5267° W	451
Faz. Joah	1245014	12,1256° S	45,8108° W	725
Fazenda Lobeira	01148000	11,5314° S	48,2947° W	243
Faz. Redenção	1245004	12,1347° S	45,1042° W	490
Faz. Santa Rita	01247005	12,5850° S	47,4867° W	340
Gurupi	01149002	11,7372° S	49,1361° W	353
Nova Vida	01145014	11,8525° S	47,1222° W	458
Natividade	01147001	11,6969° S	47,7283° W	308
Nova Vida	1145014	11,8525° S	45,1222° W	458
Pindorama do Tocantins	01147002	11,1403° S	47,5767° W	444

Pium	1049001	10,4411° S	49,1792° W	280
Ponte Alta	1047004	10,7508° S	47,5361° W	300
Ponte Serafim	1145013	11,8961° S	45,6119° W	713
Porto Alegre	01147003	11,6100° S	47,0450° W	372
Porto Gilândia	1047002	10,7553° S	47,7647° W	220
Rio da Palma	01247002	12,4156° S	47,1997° W	322
F. do R. Preto	1145001	11,0478° S	45,2010° W	489
Roda Velha	1245015	12,7653° S	45,9439° W	761
Taquarussu	1048005	10,3133° S	48,1625° W	406

A utilização de séries hidrológicas das proximidades da bacia visa melhorar o mapeamento na região de contorno, e também, para a adequada representação da estrutura de dependência espacial da variável (ALVES et al., 2016).

A distribuição de probabilidades de valores extremos máximos Gumbel foi ajustada para modelar a frequência das chuvas intensas diárias na região da bacia do rio Manuel Alves da Natividade. Esta distribuição vem sendo bastante aplicada a séries de chuvas intensas, com bons resultados, podendo-se destacar os trabalhos desenvolvidos por Cardoso et al. (1998), Mello et al. (2001), Silva et al. (2002), Damé et al. (2006), Back (2009), Back et al. (2012), Damé et al. (2010), Caldeira et al. (2016), justificando a aplicação deste modelo probabilístico no presente estudo. Visando checar a adequabilidade da distribuição Gumbel, foi aplicado o teste Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de significância.

Na sequência apresenta-se a descrição da distribuição Gumbel de acordo com Mello e Silva (2013). A Função Densidade de Probabilidade (FDP) da distribuição Gumbel é dada por:

$$f(x) = \alpha \cdot e^{[-\alpha \cdot (x-\mu) - e^{-\alpha \cdot (x-\mu)}]} \quad (1)$$

Em que,  $x$  é a variável hidrológica em estudo,  $\alpha$  é o parâmetro de escala da distribuição e  $\mu$  é o parâmetro de localização da distribuição. O cálculo dos parâmetros está apresentado na sequência:

$$\alpha = \frac{1,2826}{s} \quad (2)$$

$$\mu = \bar{x} - 0,45 \cdot s \quad (3)$$

Em que  $\bar{x}$  e  $s$  correspondem à média e ao desvio padrão da série histórica, respectivamente.

A integração da FDP fornece a função cumulativa de probabilidade (FCP), que na forma de excedência ( $P(X \geq x)$ ), é dada por:

$$P(X \geq x) = 1 - e^{-e^{-\alpha(x-\mu)}} \quad (4)$$

A estimativa da variável hidrológica associada a uma dada recorrência ( $X_{TR}$ ) é dada por:

$$x_{TR} = \frac{-LN[-LN(1 - \frac{1}{TR})]}{\alpha} + \mu \quad (5)$$

Em que, TR é o tempo de retorno, em anos.

Serão aplicadas as constantes de desagregação de chuvas diárias obtidas por SILVA NETO et al., (2017) para o Estado do Tocantins e CETESB (1980).

Uma etapa essencial da análise geoestatística consiste no ajuste do modelo de semivariograma teórico, obtendo-se valores para os parâmetros que estruturam tais modelos (efeito pepita, contribuição e alcance). Neste estudo, foram avaliados os modelos de semivariograma esférico, exponencial e gaussiano, tendo sido aplicado o método de ajuste dos Mínimos Quadrados Ponderados (MQP). Nas Equações 6, 7 e 8 estão apresentados os modelos de semivariograma esférico, exponencial e gaussiano, respectivamente.

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \cdot \left( \frac{3}{2} \cdot \left( \frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right), \text{ se } 0 < h < a; \gamma(h) = C_0 + C_1; h \geq a \quad (6)$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \cdot \left( 1 - \exp\left(-\frac{3 \cdot h}{a}\right) \right), \text{ se } 0 < h < a; \gamma(h) = C_0 + C_1; h > a \quad (7)$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \cdot \left( 1 - \exp\left(-3 \cdot \left( \frac{h}{a} \right)^2\right) \right), \text{ se } 0 < h < a; \gamma(h) = C_0 + C_1; h > a \quad (8)$$

Sendo,  $\gamma(h)$  a semivariância,  $C_1$  a contribuição do semivariograma (diferença entre o patamar e o efeito pepita),  $a$  o alcance,  $C_0$  o efeito pepita e  $h$  a distância entre os pares de pontos.

Com o intuito de analisar a estrutura de dependência espacial dos modelos de semivariograma ajustados foi calculado o grau de dependência espacial (GD), sendo obtido conforme Cambardella et al. (1994) por:

$$GD = \left( \frac{C_1}{C_0 + C_1} \right) \cdot 100 \quad (9)$$

Considerando o GD, pode-se adotar a seguinte classificação:  $GD < 25\%$  (fraco), entre 25 e 75% (moderado) e  $> 75\%$  (forte) (Cambardella et al., 1994).

Visando verificar o modelo de semivariograma que se sobressaiu foi realizada a validação cruzada. Foi quantificado o Erro Médio Percentual Absoluto (EMPA), possibilitando a identificação do modelo que produziu o menor erro de estimativa, e que foi definido para o mapeamento de cada

evento em análise. Procedimento análogo foi adotado em diversos estudos de mesma natureza, com destaque para o trabalho desenvolvido por Mello et al., 2005. O EMPA, em %, será calculado utilizando a seguinte expressão:

$$EMPA = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^n \left( \frac{Obs_i - Est_i}{Obs_i} \right) \cdot 100 \quad (10)$$

Em que,  $n$  é o número de postos pluviométricos,  $Obs_i$  é a precipitação observada para o posto  $i$  e  $Est_i$  é a precipitação estimada por krigagem para a posição do posto  $i$ .

O viés estatístico (Bias) foi calculado pela média da diferença entre a série simulada e a observada, indicando o erro sistemático do interpolador (subestimativa ou superestimativa). O valor do Bias corresponde ao percentual de viés das variáveis estimadas com relação às variáveis observadas. O Bias, em %, foi obtido pela Equação 11, de acordo com Liew et al. (2007):

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (Obs_i - Est_i)}{\sum_{i=1}^n (Obs_i)} \cdot 100 \quad (11)$$

Os valores foram classificados da seguinte maneira:  $|Bias| < 10\%$ , considerado muito bom; entre  $10\%$  e  $<15\%$ , bom; entre  $15\%$  e  $<25\%$ , satisfatório e  $|Bias| \geq 25\%$ , o modelo é considerado inadequado (LIEW et al., 2007).

Através da aplicação da krigagem ordinária, foram gerados mapas da precipitação máxima diária anual e de chuvas intensas com durações de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240, 360, 720 e 1440 minutos, associadas aos tempos de retorno de 10, 50 e 100 anos, utilizando o software Arqgis®. Será adotado o sistema de Coordenadas SIRGAS 2000 para a elaboração dos mapas.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através do teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de significância e o teste do qui-quadrado é possível afirmar que o ajuste de distribuição de probabilidades Gumbel para as 25 séries de precipitação máxima diária anual foi adequado. O que justifica o emprego desta distribuição no estudo das chuvas intensas, em conformidade com os resultados encontrados por [Cardoso et al. \(1998\)](#), [Mello et al. \(2001\)](#), [Silva et al. \(2002\)](#), [Damé et al. \(2006\)](#), [Back \(2009\)](#), [Back et al. \(2012\)](#), [Damé et al. \(2010\)](#), [Caldeira et al. \(2016\)](#).

Na tabela 2 encontram-se os parâmetros dos modelos de semivariograma (efeito pepita, contribuição e alcance), o viés (ou tendência) estatístico, erro médio percentual absoluto e o grau de

dependência espacial obtido pelos modelos de semivariograma esférico, exponencial e gaussiano, para a precipitação máxima diária anual no Estado do Tocantins. Na figura 1 apresentam-se os modelos teóricos exponencial, esférico e gaussiano, ajustados ao semivariograma experimental.

Tabela 2 – Parâmetros dos modelos de semivariograma esférico, exponencial e gaussiano (efeito pepita ( $C_0$ ), alcance (A), contribuição (C1), erro médio percentual (EMPA), viés estatístico (BIAS) e grau de dependência (GD)).

Modelo	$C_0$	A (m)	C1	EMPA (%)	BIAS (%)	GD (%)
Esférico	0,00	124525,16	38,24	4,02	-0,13	100,00
<b>Exponencial*</b>	<b>0,00</b>	<b>157893,16</b>	<b>40,35</b>	<b>3,96</b>	<b>-0,08</b>	<b>100,00</b>
Gaussiano	3,06	107141,20	36,51	4,06	-0,12	92,27

\* Modelo que apresentou melhor ajuste.

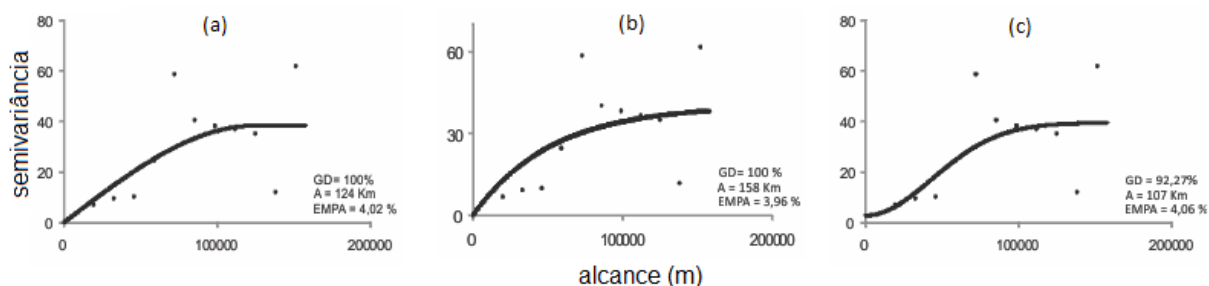


Figura 1 - Semivariogramas teóricos ajustados para o mapeamento da precipitação máxima diária anual no Tocantins. (a), Esférico, (b) Exponencial e (c) Gaussiano.

Os valores de EMPA revelaram menores erros produzidos pelo modelo exponencial (3,96%), seguido pelos modelos esférico e gaussiano, com 4,02% 4,06%, respectivamente. O menor viés estatístico foi apresentado pelo modelo esférico (-0,13%), seguido pelo modelo gaussiano (-0,12%) e exponencial (-0,08%). Silva Neto (2016) obteve melhor desempenho do modelo esférico em estudos de mapeamento de chuvas intensas no Tocantins. Mello et al. (2003), comparando interpoladores Krigagem e Inverso do Quadrado da Distância, também observaram bom ajuste do modelo esférico.

Os resultados demonstram GD equivalente a 100% para os modelos esférico e exponencial, que se sobressaíram em relação ao modelo gaussiano, demonstrando forte grau de dependência espaci-

al (> 75%) para os valores de precipitação máxima diária anual, para os três modelos testados (CAMBADELLA, 1994).

A região noroeste responde pela ocorrência crítica dos eventos extremos de precipitação na bacia do rio Manuel Alves da Natividade, variando as lâminas de precipitação entre 90 e 100 mm, reduzindo-se as intensidades no sentido Noroeste-Sudeste. Na porção centro-oeste da bacia, as lâminas variam entre 86 e 90 mm. A região central, a variação está entre 82 e 86 mm centro-leste e nordeste, as lâminas variam entre 79 e 82 mm. Por fim, a região da bacia com os menores valores de precipitação máxima diária anual é a região sudeste, com lâminas variando entre 72 a 79 mm (Figura 2).

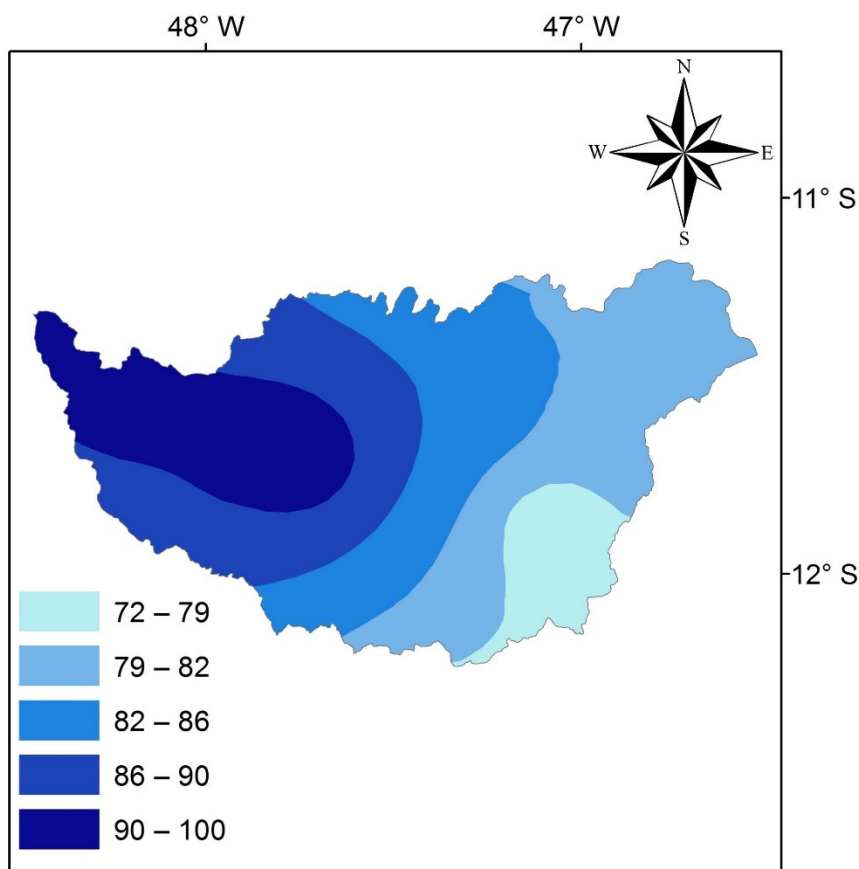


Figura 2 - Precipitação máxima diária anual (mm) para a bacia do Rio Manuel Alves de Natividade obtido por krigagem ordinária.

## 5 CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de semivariograma exponencial apresentou o melhor ajuste para o mapeamento da precipitação máxima diária anual na Bacia do Rio Manuel Alves da Natividade associadas a um fator de frequência pela distribuição Gumbel. A região Noroeste responde pela ocorrência crítica dos

eventos extremos de precipitação na bacia do rio Manuel Alves da Natividade, reduzindo-se as intensidades no sentido Noroeste-Sudeste.

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação do Tocantins, pela concessão de bolsa ao primeiro autor, por meio do Programa de Iniciação Científica – PIC-IFTO, via Edital nº 11/2017/REI/IFTO de 12 de abril de 2017.

## REFERÊNCIAS

ALVES, K. C. C. D. L. F. et al. Distribuição da precipitação mensal, anual e máxima diária anual na bacia hidrográfica do rio Formoso, Tocantins. **Ambiência**, v. 12, n. 1, p. 49-70, 2016. Disponível em: < <http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/3193/pdf> > .

ANA. Agência Nacional das Águas. Hidroweb. Sistema de informações hidrológicas. Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br> >. Acesso em: 10 de maio de 2017.

BACK, Á. J.; OLIVEIRA, J. L. R.; HENN, A. Relações entre precipitações intensas de diferentes durações para desagregação da chuva diária em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 391-398, 2012. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662012000400009&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662012000400009&nrm=iso) > .

BACK, A. Relações entre precipitações intensas de diferentes durações ocorridas no município de Urussanga, SC. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 170-175, 2009.

BESKOW, S. et al. Estimativa do escoamento superficial em uma bacia hidrográfica com base em modelagem dinâmica e distribuída. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 169-178, 2009. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000100018> > .

CALDEIRA, T. L. et al. Desagegação de chuva diária: uma análise para o Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Scientia Agraria (SA)**, v. 16, n. 3, 2016-04-122016. Disponível em: < <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/agraria/article/view/46320/27847> > .

CAMBARDELLA, C. et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil science society of America journal**, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994. ISSN 0361-5995.

CARDOSO, C. O.; ULLMANN, M. N.; BERTOL, I. Análise de chuvas intensas a partir da

desagregação das chuvas diárias de Lages e de Campos Novos (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 131-140, 1998.

CETESB. Drenagem Urbana: manual de projetos. São Paulo: DAEE/CETESB, 1980. 466 p.

CLARKE, R.; SILVA, B. C. Análise estatística de chuvas intensas na Bacia do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 3, p. 265-272, 2004.

DAMÉ, R. et al. Comparação entre curvas intensidade-duração-frequência de ocorrência de precipitação obtidas a partir de dados pluviográficos com aquelas estimadas por técnicas de desagregação de chuva diária. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 4, p. 505-509, 2006.

DAMÉ, R. D. C. et al. Hidrograma de projeto em função da metodologia utilizada na obtenção da precipitação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 46-54, 2010.

HERNANDEZ, V. Regionalização dos parâmetros de escala em chuvas intensas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 1, p. 91-98, 2008.

LIEW, M. W. et al. Suitability of SWAT for the conservation effects assessment project: Comparison on USDA agricultural research service watersheds. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 12, n. 2, p. 173-189, 2007.

MELLO, C. et al. 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.

MELLO, C. D. et al. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 925-933, 2003. ISSN 0100-0683.

MELLO, C. R. D. et al. Continuidade espacial de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 532-539, 2008.

MELLO, C. R. D.; VIOLA, M. R. Mapeamento de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 37-44, 2013.

MELLO, J. M. et al. Ajuste e seleção de modelos espaciais de semivariograma visando à estimativa volumétrica de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, n. 69, p. 25-37, 2005.

SILVA NETO, V. L. et al. Daily rainfall disaggregation for Tocantins State, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 4, p. 605-617, 2017. ISSN 1980-993X.

SILVA NETO, V. L. Chuvas Intensas no estado do Tocantins. 2016. 116 Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Tocantins - UFT, Gurupi, TO.

TOCANTINS. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública: subsídios ao planejamento da gestão territorial. Palmas: SEPLAN/DZE. Atlas do Tocantins, 2012. Disponível em: <  
[http://web.seplan.to.gov.br/Arquivos/Publicacoes/Atlas2012/z\\_Completo\\_Atlas\\_do\\_Tocantins\\_2012\\_portugues.pdf](http://web.seplan.to.gov.br/Arquivos/Publicacoes/Atlas2012/z_Completo_Atlas_do_Tocantins_2012_portugues.pdf)>.

VIEIRA, S.; LOMBARDI NETO, F.; BURROWS, I. Mapeamento da chuva diária máxima provável para o estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 1, p. 93-98, 1991. ISSN 0100-0683.