



Revista
Técnico-Científica



DETERMINAÇÃO DAS EQUAÇÕES DE INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO PARA CIDADES DO SUDESTE DO ESTADO DO CEARÁ

¹Daniel Lima Santos, ²Helba Araujo de Queiroz Palácio, ³Matheus Magalhães Silva Moura, ⁴Jacques Carvalho Ribeiro Filho, ⁵Geovane Barbosa Reinaldo Costa

^{1,5}Graduando em Tecnologia em Irrigação e Drenagem, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Iguatu, Iguatu – CE; ²Doutora em Engenharia Agrícola e Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará-IFCE, Campus Iguatu, Iguatu – CE.; ³Mestrando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará – Campus do Pici, Centro de Ciências Agrárias – CCA/UFC, Bloco 804, Fortaleza - CE.; ⁴Doutorando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará – Campus do Pici, Centro de Ciências Agrárias – CCA/UFC, Bloco 804, Fortaleza - CE.

RESUMO: O conhecimento de precipitações extremas máximas é requisito para projetos de drenagem, impermeabilização, barragens, bem como o desenvolvimento de técnicas de manejo para o controle da erosão. Os eventos extremos podem ser estudados através de técnicas de análise de frequência, entre as quais, a curva de intensidade, duração e frequência de chuvas. Objetivou-se neste trabalho calibrar os parâmetros da equação IDF para determinação de suas respectivas curvas, com base nos dados de precipitação pluviométrica dos municípios da região sudeste do estado do Ceará. Utilizou-se dados pluviométricos diários fornecidos pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) de (1974-2016) para os municípios Acopiara, Cariús, Cedro, Icó, Iguatu, Jaguaribe, Orós, Solonópole e Várzea Alegre do estado do Ceará. Através do emprego da metodologia de desagregação de chuvas diárias, seguindo da espacialização para cada parâmetro de ajuste empregando-se o método da Interpolação pela Ponderação do Inverso da Distância. O maior valor encontrado para o parâmetro (a) da equação IDF foi 498,58 para a cidade de Cedro, enquanto Acopiara possui o maior valor do parâmetro (b) sendo igual a 0,0765, o parâmetro (c) permaneceu com valores constantes para a maior parte das cidades, com exceção Jaguaribe que apresentou um valor de 0,6616.

Palavras-chave: Chuvas intensas, método probabilístico, semiárido.

DETERMINATION OF INTENSITY, DURATION AND FREQUENCY OF PRECIPITATION EQUATIONS FOR CITIES IN THE SOUTHEAST OF THE STATE OF CEARÁ

ABSTRACT: The knowledge of extreme precipitations is a requirement for drainage projects, waterproofing, dams, as well as the development of management techniques for erosion control. Extreme events can be studied through frequency analysis techniques, including the intensity curve, duration and frequency of rainfall. The objective of this work was to calibrate the parameters of the IDF equation to determine their respective curves, based on rainfall data from the municipalities of the southeastern region of the state of Ceará. We used daily rainfall data provided by the Cearense Foundation of Meteorology and Water Resources (funceme) of (1974-2016) for municipalities Acopiara, Cariús, Cedro, Icó, Iguatu, Jaguaribe, Orós, Solonópole and Várzea Alegre of the state of Ceará. Through the use of the methodology of disaggregation of daily rainfall, following the spatialization for each parameter of adjustment using the interpolation method by the inverse weighting of distance. The highest value found for the parameter (a) of the IDF equation was 498.58 for the city of Cedro, while Acopiara has the highest value of the parameter (b) being equal to 0.0765, the parameter (c) remained with constant values for most cities, except Jaguaribe that presented a value of 0.6616.

Keywords: Intense rains, probabilistic method, semi-arid

INTRODUÇÃO

A região semiárida tem como uma de suas características apresentar alto déficit hídrico, com altas taxas de evapotranspiração que superam as alturas pluviométricas anuais, além da variabilidade temporal e espacial das precipitações que dificultam os prognósticos quanto às quantidades e intensidades de precipitação para esta região. Aliado a essa má distribuição, as projeções através de modelos hidrológicos, alertam que as regiões semiáridas poderão enfrentar reduções nas precipitações e aumento nas temperaturas (Marengo et al., 2012; Pinheiro et al., 2016).

Estudos hidrológicos necessitam de dados precisos e que possam apresentar uma continuidade através de séries históricas. Tratando-se de precipitação pluviométrica, o ideal é que essa série seja a partir de registros pluviográficos, uma vez que esses dados permitem a compreensão da magnitude das precipitações extremas, o registro das distribuições espaciais e temporais das precipitações na região semiárida, gerando dados confiáveis para modelagem hidrológica (Medeiros et al., 2010; Fadhel et al., 2017; Şen et al., 2017).

As características das chuvas utilizadas pelas técnicas de análise de frequência, nas quais, a curva de intensidade, duração e frequência de chuvas (IDF), são necessárias para compreensão das características destas precipitações e seus efeitos nos processos hidrológicos (Shabri et al., 2011; Katebikord et al., 2017). Mesmo com dados escassos, podemos obter as curvas IDF através da distribuição teórica de probabilidade que mais se adequam para a referida região, como o método de Gumbel (Alves et al., 2013). Tendo em vista esses aspectos, objetivou-se neste trabalho calibrar os parâmetros da equação IDF para determinação de suas respectivas curvas, com base nos dados de precipitação pluviométrica dos municípios da região sudeste do estado do Ceará.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram utilizados dados pluviométricos coletados na área de estudo que compreende a região Sudeste do Ceará, do período de 1974 a 2016. Os dados são provenientes dos postos pluviométricos localizados nas cidades de Acopiara, Cariús, Cedro, Icó, Iguatu, Jaguaribe, Orós, Solonópole e Várzea Alegre (Figura 1), obtidos junto ao banco de dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme, 2018). Os postos selecionados para o estudo situam-se na região do sertão nordestino, cuja classificação climática de Köppen é do tipo BSw'h', clima quente e semiárido, caracterizado pela insuficiência das chuvas, com temperaturas elevadas acarretando numa forte evaporação, e tendo apenas duas estações climáticas (Silva et al., 2015).

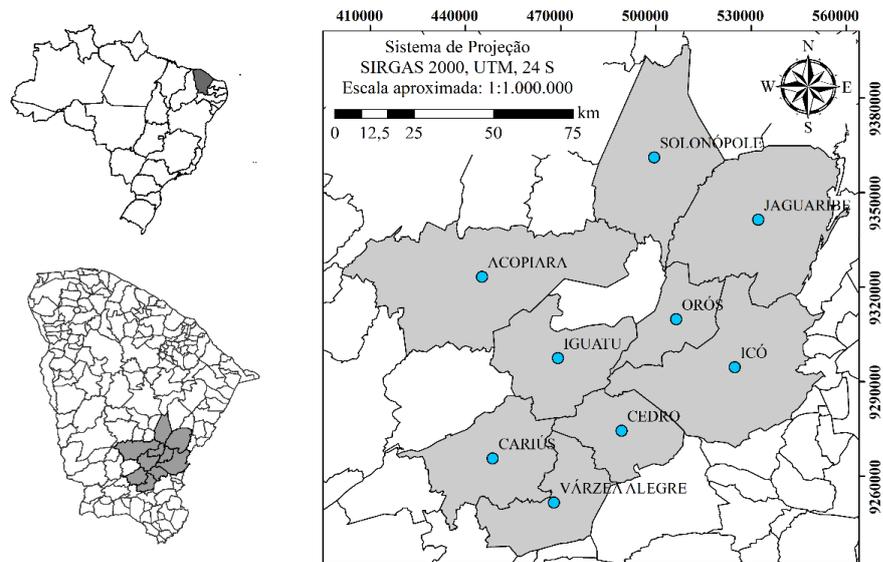


Figura 1 - Distribuição das estações pluviométricas na região sudeste do estado do Ceará, Brasil.

Figure 1 - Distribution of pluviometric stations in the southeast region of the state of Ceará, Brazil.

Inicialmente realizou-se uma análise de consistência das séries históricas para cada estação, sendo retiradas as que continham falhas e/ou apresentavam séries de dados menores que 40 anos. Após a análise de consistência, foi extraído o maior valor de altura pluviométrica (mm) anual para cada dia, por meio do emprego do método da desagregação das chuvas de um dia, foram geradas chuvas máximas para duração de 120, 180, 360, 480, 600, 720 e 1440 minutos, empregando os coeficientes propostos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb, 1979) descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Coeficientes para obtenção da chuva diária em horas.

Table 1. Coefficients to obtain daily rainfall in hours.

Duração (h)							
1	2	3	6	8	10	12	24
0,42	0,48	0,54	0,72	0,78	0,82	0,85	1,14

Após a separação das chuvas, foram estimados os eventos máximos para cada duração e período de retorno (TR) de 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 500 anos, por meio do modelo probabilístico Gumbel (Equação 1), modelo que se apresentou adequado para as estações em estudo conforme Silva et al. (2015).

$$F = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

F - frequência de ocorrência para dado evento;

e^{-e} - expressão matemática para que se possa obter a frequência de ocorrência através do expoente negativo da relação entre α , u e x entre parênteses;

α - parâmetro determinado pela relação entre desvio padrão das precipitações máximas;

u - parâmetro determinado pela relação entre desvio padrão das precipitações máximas e precipitações médias;

x - média das precipitações máximas.

Obtidos os valores de precipitações máximas para cada duração e período de retorno, realizou-se o ajuste dos parâmetros (a , b e c) da equação IDF (Equação 2) para cada estação, pelo método dos mínimos quadrados, segundo Bernard (1932).

$$I = \frac{a \cdot T_r^b}{t^c} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

I - Intensidade (mm h^{-1}).

t - Duração de uma chuva (min).

T_r - Tempo de Retorno (anos).

a , b e c - Parâmetros de ajuste.

Na sequência, foram calculados os logaritmos de intensidade máxima para cada duração ($\log i$), em cada período de retorno. O valor de (b) foi obtido por iteração, utilizando-se a análise e regressão aplicada aos valores dos logaritmos da intensidade ($\log i$) para um dado período de retorno, com relação aos logaritmos das durações ($\log t$) (Villela & Mattos, 1975). A partir dos valores de $\log i$ e $\log (t + b)$ foram gerados

gráficos de dispersão e, dessa forma, realizou-se o ajuste dos coeficientes angular (c), para cada período de retorno.

Após a determinação dos parâmetros, foram gerados mapas temáticos de espacialização para cada parâmetro de ajuste (Equação 2) elaborados com a ferramenta de Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando o software ArcMap 10.1, empregando o método da Interpolação pela Ponderação do Inverso da Distância (IDW).

RESULTADOS

A partir dos dados obtidos pelo teste de distribuição de frequência de Gumbel, que melhor representou a ocorrência das precipitações na região sudeste do estado do Ceará segundo Silva et al. (2015), obteve-se o ajuste empírico dos parâmetros (a, b e c) para as cidades da região em estudo (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros utilizados na equação de intensidade da chuva para as cidades da região sudeste do estado do Ceará, Brasil.

Table 2. Parameters used in the rainfall intensity equation for cities in the southeast region of the state of Ceará, Brazil.

Parâmetros utilizados na determinação da curva IDF			
Cidade	a	b	c
Acopiara	407,99	0,0765	0,6567
Cariús	464,89	0,0727	0,6567
Cedro	498,58	0,0705	0,6566
Icó	438,86	0,0743	0,6567
Iguatu	490,95	0,0710	0,6567
Jaguaribe	450,37	0,0745	0,6616
Orós	413,33	0,0762	0,6567
Solonópole	449,96	0,0699	0,6575
Várzea Alegre	457,58	0,0719	0,6573

Segundo Shabri et al. (2011) a aplicação do método probabilístico implica em uma interpretação específica dos dados de precipitação, obtendo uma homogeneidade regional dos dados de precipitação, sendo possível especializar estes parâmetros, como foi adotado em outros estados da região nordeste do Brasil (Aragão et al., 2013; Campos et al., 2015).

As características climáticas da região estudada condicionam a ocorrência das precipitações intensas, e a frequência destes eventos nas séries históricas de cada município influenciou na calibração dos parâmetros (a) e (b). Observa-se uma grande variabilidade destes parâmetros entre as estações, o que denota uma larga variabilidade das intensidades entre as estações, mesmo estando presentes na mesma região. Aragão et al. (2013) observaram este mesmo comportamento entre várias estações no estado de Sergipe.

A alta variabilidade espaço-temporal das chuvas e as temperaturas, são componentes hidrológicas responsáveis pelas precipitações em regiões de clima semiárido, causando diferentes respostas nos processos de escoamento e no armazenamento de água na superfície terrestre (Medeiros et al., 2010; Marengo et al., 2012; Alves et al., 2013).

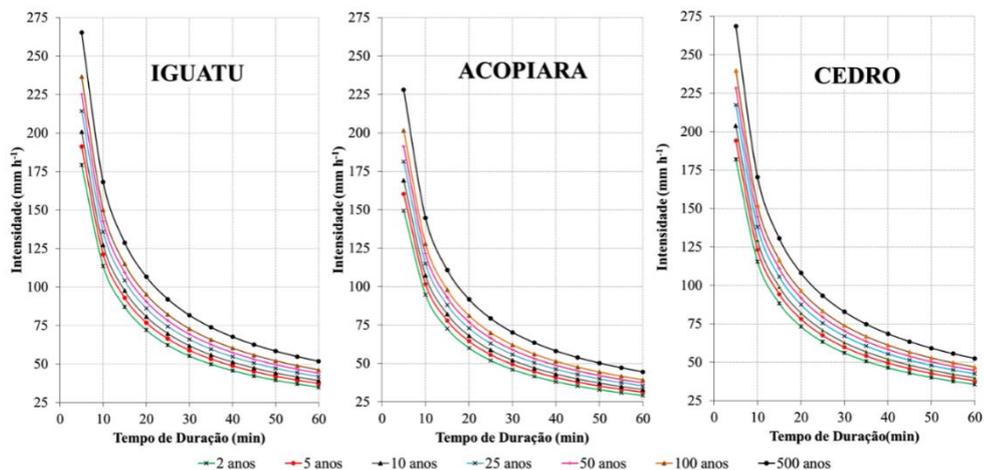


Figura 2. Curvas IDF para as cidades de Acopiara, Iguatu e Cedro, Ceará, Brasil.

Figure 2. IDF curves for the cities of Acopiara, Iguatu and Cedro, Ceará, Brazil.

Com o auxílio das curvas IDF constatou-se que os municípios poderão sofrer com as chuvas de altas intensidades, como é o caso dos municípios de Iguatu e Cedro, que apresentam grandes alturas pluviométricas em curto período. Nestas

condições de precipitação, que incidem em diferentes tipos de solos, os impactos das gotas da chuva desagregam o solo durante as chuvas com intensidades maiores que velocidade de infiltração dos solos, resultam no escoamento superficial e consequentemente perda de solo pela erosão.

Chuvas com maiores intensidades ocasionam gotas com maior energia cinética devido ao maior diâmetro desta resultando em um maior desprendimento das partículas do solo (Wang et al., 2014; Angulo-Martínez & Barros, 2015). Além disso, regiões semiáridas são caracterizadas por um regime de precipitação pluviométrica baixa e irregular, concentrada em apenas alguns meses do ano de forma intensa e de curta duração, o que ocasiona um elevado risco de perda dos solos (Sanchez-Moreno et al., 2014; Vrieling et al., 2014).

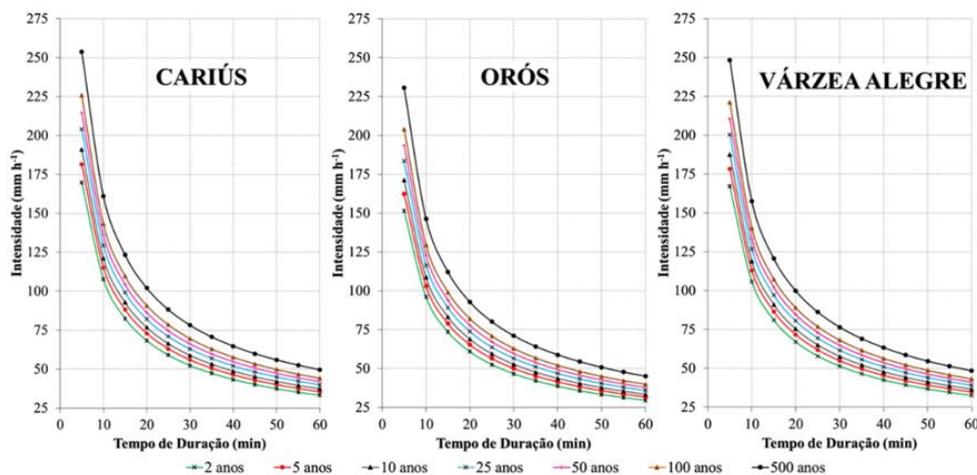


Figura 3. Curvas IDF para as cidades de Cariús, Várzea Alegre e Orós, Ceará, Brasil.

Figure 3. IDF curves for the cities of Cariús, Várzea Alegre and Orós, Ceará, Brazil.

A utilização da espacialização permite avaliar as características espaciais, frequência e as quantidades das precipitações intensas com base nas condições climáticas e nos históricos hidrológicos da região (Şen et al., 2017). Segundo Liuzzo et al. (2017) a espacialização dos parâmetros da curva IDF a partir da análise de séries históricas pode ser considerada como uma abordagem válida porque salienta as tendências pluviométricas da região em estudo podendo explicar a variabilidade da precipitação local.

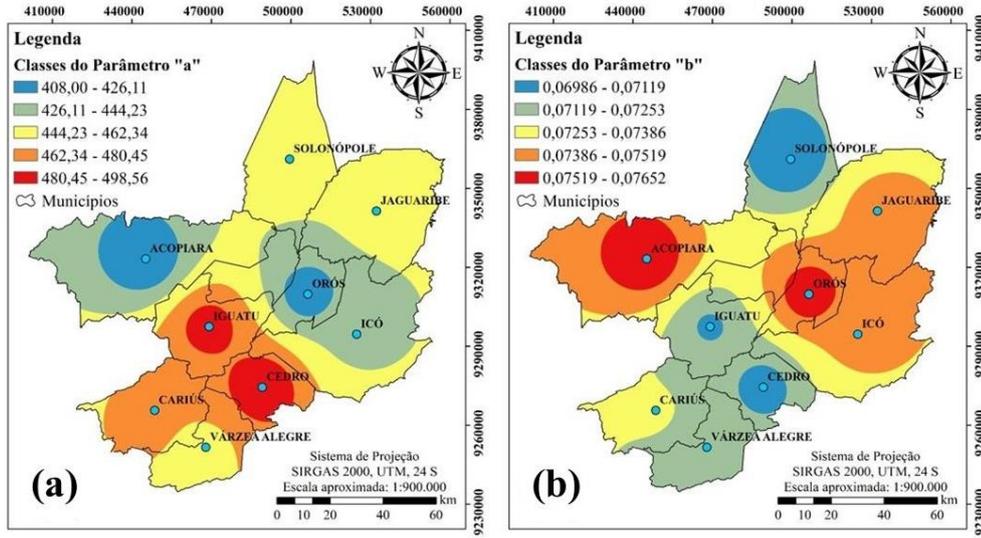


Figura 4. Espacialização dos parâmetros (a) e (b) da equação de intensidades para as cidades da região sudeste do estado do Ceará, Brasil.

Figure 4. Spatialization of the parameters (a) and (b) of the intensity equation for the cities of the southeast region of the state of Ceará, Brazil.

Com uma maior duração das precipitações, como foram apresentadas nas cidades de Jaguaribe e Icó (Figura 5), estas cidades apresentaram os maiores valores entre as classes do parâmetro (b) (Figura 4b). Ainda conforme a Figura 4b observou-se que Acopiara e Orós apresentaram os maiores valores, indicando que estas cidades possuem precipitações com uma baixa intensidade e alta duração, o que proporciona menores possibilidades de enchentes e de impactos erosivos, com um eventual custo benefício satisfatório para projetos de drenagem agrícola e urbano.

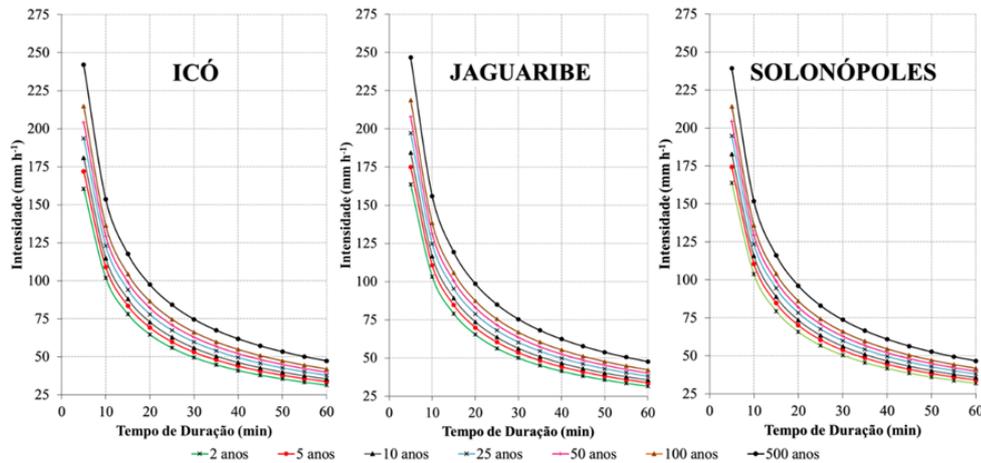


Figura 5. Curvas IDF para as cidades de Icó, Jaguaribe e Solonópoles, Ceará, Brasil.

Figure 5. IDF curves for the cities of Icó, Jaguaribe and Solonópoles, Ceará, Brazil.

O parâmetro (c) apresentou para Acopiara, Cedro, Cariús, Orós, Várzea Alegre e na maior parte de Icó e Solonópole valores a classe de até 0,65759, se distinguindo da região do município de Jaguaribe, com valores pertencentes a classe até 0,66159 contrastando com os demais municípios (Figura 6), esse fato não foi observado quando um maior número de cidades foram utilizados para outros estados, onde o valor deste parâmetro se manteve constante em estudos realizados para os estados do Sergipe, Maranhão e Rio Grande do Norte (Aragão et al. 2013; Campos et al. 2015; Santos et al. 2015).

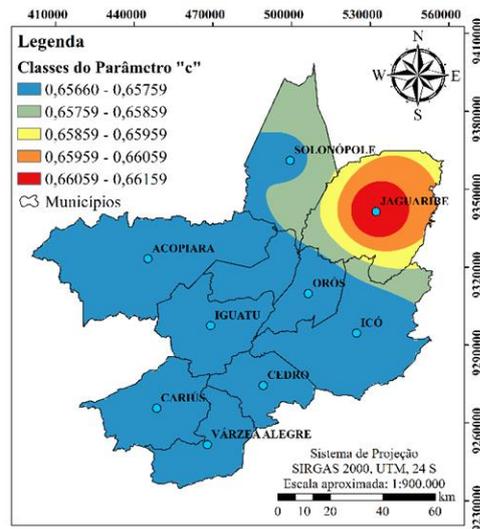


Figura 6. Espacialização do parâmetro (c) da equação de intensidades para as cidades da região sudeste do estado do Ceará, Brasil.

Figure 6. Spatialization of parameter (c) of the intensity equation for cities in the southeast region of the state of Ceará, Brazil.

DISCUSSÃO

Os parâmetros foram obtidos através das precipitações máximas de cada cidade, destacando-se o parâmetro (a), onde municípios que apresentaram chuvas mais intensas durante a série histórica obtiveram maiores valores para este parâmetro, como os casos dos municípios de Cedro e Iguatu (Tabela 2), contrastando com as cidades que tiveram séries menos intensas, como Acopiara e Orós, que mostraram os menores valores para o mesmo parâmetro. As cidades que apresentaram menores valores para o parâmetro (a) possuem maiores valores para o parâmetro (b) dentre os municípios em estudo.

A intercorrência das intensidades nos municípios de Iguatu e Cedro, que revelaram maiores valores para (a) e menores valores para (b), influenciou na calibração dos parâmetros, sendo que, este comportamento pode ser explicado através da espacialização das intensidades máximas para um TR de 10 anos conforme Campos et al. (2015).

Precipitações com intensidades de 100 mm h^{-1} em 20 min na cidade de Iguatu, ocorrem com um TR de 50 anos, enquanto no município de Acopiara só ocorrerá eventos com esta mesma intensidade em 500 anos (Figura 2). Nas curvas IDF para Acopiara observa-se que no período de 2 anos podem ser constadas precipitações com intensidade de 50 mm h^{-1} em 20 min de duração, caracterizando o predomínio de chuvas mais duradouras, representando a alta variabilidade espaço temporal em regiões semiáridas conforme foi evidenciado por Guerreiro et al. (2013) e Araújo et al. (2015).

Nas cidades de Óros e Várzea Alegre (Figura 3) as precipitações são menos intensas em relação a Acopiara e Iguatu possuindo valores elevados para o parâmetro (b) constatado através da espacialização do mesmo na Figura 4b. A espacialização dos parâmetros da equação IDF demonstra a distribuição espacial e temporal das precipitações e como estas possuem características distintas para cada município da região sudeste do estado do Ceará. Com a espacialização dos parâmetros (a) e (b) podemos constatar a variabilidade entre os municípios, e que a ocorrência de precipitações intensa esteve condicionada aos maiores valores do parâmetro (a) e os menores valores para o parâmetro (b) (Figura 4).

Segundo Gao et al. (2017), com a crescente expansão da agricultura, ocorrem nas áreas agrícolas uma diminuição da infiltração de água no solo, aumentando o transporte de nutrientes ocasionando a degradação da qualidade de água em detrimento da perda de solo. Portanto é necessário planejamento e adoção de práticas que visem diminuir as perdas de solo e água. Com o emprego de práticas conservacionista podemos obter um duplo benefício, tanto na redução significativa das perdas de nutrientes essenciais às plantas e matéria orgânica, como na redução das perdas de solos através da erosão hídrica (Goldstein et al., 2012; Harmáčková; Vačkář, 2015).

Segundo Ran et al. (2012) existem diferenças significativas nas quantidades precipitadas, que influenciam na produção de sedimentos, umidade do solo e profundidade de infiltração para diferentes durações de chuva, de modo que, com o aumento do pico de escoamento, o pico de produção de sedimento aumenta, conseqüentemente com a diminuição do escoamento ocorre uma redução no processo de erosão em detrimento do aumento da duração da chuva.

As durações das precipitações podem criar diferenças na quantidade de sedimentos transferidos, seja em uma escala reduzida como aponta Darvishan et al. (2015) ou a nível continental, tornando necessário o conhecimento dos parâmetros pluviométricos para o monitoramento da erosão. Vrieling et al. (2014) afirmaram que a erosão do solo requer análise conjunta de intervalos frequentes, tanto da erosividade das chuvas como da cobertura vegetal, pois estas são limitantes no processo em grandes áreas. A nível de bacia hidrográfica, as evoluções espaciotemporais da erosão do solo estão intimamente relacionadas com as distribuições temporais e espaciais da intensidade da chuva e duração desta, em detrimento dos manejos adotados na bacia hidrográfica (Wu et al., 2016). A cobertura vegetal no processo de erosão do solo é responsável pela dissipação da energia de precipitação e do escoamento superficial, proporcionando maior oportunidade de infiltração e reduzido o transporte de sedimentos (Vrieling et al., 2014; Taguas et al., 2015).

CONCLUSÕES

O maior valor encontrado para o parâmetro (a) foi 498,58 para a cidade de Cedro, enquanto Acopiara possui o maior valor do parâmetro (b) sendo igual a 0,0765, diferindo dos anteriores, o parâmetro (c) permaneceu com valores constantes para a maior parte das cidades, com exceção Jaguaribe que apresentou um valor de 0,6616, tornando-se necessário estudos específicos sobre o regime pluviométrico nesse município.

AGRADECIMENTOS

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo apoio financeiro, ao grupo que estuda o Manejo de Água e Solo no Semiárido (MASSA) pela colaboração ao longo da formulação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

Alves, A. V. P.; Silva Santos, G. B.; Menezes Filho, F. C. M.; Sanches, L. Análise dos métodos de estimação para os parâmetros das distribuições de Gumbel e GEV em eventos de precipitações máximas na cidade de Cuiabá-MT. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v. 6, n. 1, p. 32-43, 2013.

Angulo-Martínez, M. & Barros, A. P. Measurement uncertainty in rainfall kinetic energy and intensity relationships for soil erosion studies: An evaluation using PARSIVEL disdrometers in the Southern Appalachian Mountains. *Geomorphology*, v. 228, p. 28-40, 2015.

Aragão, R.; Santana, G. R.; Costa, C. E.; Cruz, M. A.; Figueiredo, E. E.; Srinivasan, V. S. Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 3, p. 243-252, 2013.

Araújo, C. B. C.; Neto, S. A. D.; Souza Filho, F. A. Previsão de vazões para o Açude Orós/CE a partir de dados hidrometeorológicos utilizando perceptrons. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 30, n. 1, p. 37-46. 2015.

Bernard, M. M. Formulas for rainfall intensities of long duration. *Transactions American Society of Civil Engineers*, v. 96, n. 1, p. 592-606, 1932.

Campos, A. R.; Santos, G. G.; Anjos, J. C. R.; Stefanoski, D. C.; Moraes, J. M. F. Equações de intensidade de chuvas para o estado do Maranhão. *Engenharia na Agricultura/Engineering in Agriculture*, v. 23, n. 5, p. 435-447, 2015.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Drenagem urbana: manual de projeto*, São Paulo: DAEE/CETESB, 1986. 466p.

Darvishan, A. K.; Banasik, K.; Sadeghi, S. H.; Gholami, L.; Hejduk, L. Effects of rain intensity and initial soil moisture on hydrological responses in laboratory conditions. *International Agrophysics*, v. 29, n. 2, p. 165-173, 2015.

Fadhel, S.; Rico-Ramirez, M. A.; Han, D. Uncertainty of Intensity–Duration–Frequency (IDF) curves due to varied climate baseline periods. *Journal of hydrology*, v. 547, p. 600-612, 2017.

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. *Séries históricas*. Disponível

em:<http://www.funceme.br/produtos/script/chuvas/Download_de_series_historicas/DownloadChuvasPublico.php>. Acesso em: 19 jan. 2018.

Gao, J.; Li, F.; Gao, H.; Zhou, C.; Zhang, X. The impact of land-use change on water-related ecosystem services: a study of the Guishui River Basin, Beijing, China. *Journal of Cleaner Production*, v. 163, p. S148-S155, 2017.

Goldstein, J. H.; Caldarone, G.; Duarte, T. K.; Ennaanay, D.; Hannahs, N.; Mendoza, G.; Polasky, S.; Wolny, S.; Daily, G. C. Integrating ecosystem-service tradeoffs into land-use decisions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 109, n. 19, p. 7565-7570, 2012.

Guerreiro, M. J. S.; Andrade, E. M.; Abreu, I.; Lajinha, T. Long-term variation of precipitation indices in Ceará State, Northeast Brazil. *International Journal of Climatology*, v. 33, p. 2929-2939, 2013.

Harmáčková, Z. V. & Vačkář, D. Modelling regulating ecosystem services trade-offs across landscape scenarios in Třeboňsko Wetlands Biosphere Reserve, Czech Republic. *Ecological Modelling*, v. 295, p. 207-215, 2015.

Katebikord, A.; Darvishan, A. K.; Alavi, S. J. Changeability of soil erosion variables in small field plots from different rainfall durations with constant intensity. *Journal of African Earth Sciences*, v. 129, p. 751-758, 2017.

Liuzzo, L.; Notaro, V.; Freni, G. Uncertainty related to climate change in the assessment of the DDF curve parameters. *Environmental Modelling & Software*, v. 96, p. 1-13, 2017.

Marengo, J. A.; Chou, S. C.; Kay, G.; Alves, L. M.; Pesquero, J. F.; Soares, W. R.; ... & Chagas, D. J. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTec/HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Paraná River basins. *Climate Dynamics*, v. 38, n. 9-10, p. 1829-1848, 2012.

Medeiros, P. H.; Güntner, A.; Francke, T.; Mamede, G. L.; Araújo, J. C. Modelling spatio-temporal patterns of sediment yield and connectivity in a semi-arid catchment with the WASA-SED model. *Hydrological Sciences Journal*, v. 55, n. 4, p. 636-648, 2010.

Pinheiro, E. A. R.; Metselaar, K.; Jong Van Lier, Q.; Araújo, J. C. Importance of soil-water to the Caatinga biome, Brazil. *Ecohydrology*, v. 9, n. 7, p. 1313-1327, 2016.

Ran, Q.; Su, D.; Li, P.; He, Z. Experimental study of the impact of rainfall characteristics on runoff generation and soil erosion. *Journal of Hydrology*, v. 424, p. 99-111, 2012.

Sanchez-Moreno, J. F.; Mannaerts, C. M.; Jetten V. Rainfall erosivity mapping for Santiago Island, Cape Verde. *Geoderma*, v. 217, p. 74-82, 2014.

Santos, W. O. Maximum intensity and rainfall erosivity indices for the Rio Grande do Norte. Mossoró: Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 2015. 142p. Tese Doutorado.

Şen, Z.; As-Sefry, S.; Al-Harithy, S. Probable maximum precipitation and flood calculations for Jeddah area, Kingdom of Saudi Arabia. *Environmental Earth Sciences*, v. 76, n. 1, p. 5, 2017.

Shabri, A. B.; Daud, Z. M.; Ariff, N. M. Regional analysis of annual maximum rainfall using TL-moments method. *Theoretical and applied climatology*, v. 104, n. 3-4, p. 561-570, 2011.

Silva, Í. N.; Oliveira, J. B.; Junior, E. G. C.; Arraes, F. D. D. Precipitação provável para a região centro-sul do Ceará, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, n. 3, p. 751-758, 2015.

Taguas, E. V.; Arroyo, C.; Lora, A.; Guzmán, G.; Vanderlinden, K.; Gómez, J. A. Exploring the linkage between spontaneous grass cover biodiversity and soil degradation in two olive orchard microcatchments with contrasting environmental and management conditions. *Soil*, v. 1, n. 2, p. 651-664, 2015.

Villela, S. M. & Mattos, A. *Hidrologia aplicada*. 1.ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 1975. 245p.

Vrieling, A.; Hoedjes, J. C. B.; Van Der Velde, M. Towards large-scale monitoring of soil erosion in Africa: Accounting for the dynamics of rainfall erosivity. *Global and Planetary Change*, v.115, p. 33–43, 2014.

Wang, L.; Shi, Z. H.; Wang, J.; Fang, N. F.; Wu, G. L.; Zhang, H. Y. Rainfall kinetic energy controlling erosion processes and sediment sorting on steep hillslopes: a case study of clay loam soil from the Loess Plateau, China. *Journal of hydrology*, v. 512, p. 168-176, 2014.

Wu, L.; Liu, X.; Ma, X. Application of a modified distributed-dynamic erosion and sediment yield model in a typical watershed of a hilly and gully region, Chinese Loess Plateau. *Solid Earth*, v. 7, n. 6, p. 1577-1590, 2016.