

AVALIAÇÃO DO REGIME DE CHUVAS E DO POTENCIAL DE EROSIVIDADE DA BACIA DO CARÃO, CEARÁ

Brennda Bezerra Braga^{1}; Thais Rodrigues Almeida²; Carlos Rodrigo Castro Schlaefli³; Keully Cristynne Aquino Diógenes⁴; Rodrigo Mendes Rodrigues⁵; Carlos Alexandre Gomes Costa⁶*

Resumo – A precipitação constitui-se de importante fator para o processo de erosão do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o regime pluviográfico da bacia do Carão, localizada Município Tamboril, Ceará, corrigindo possíveis falhas dos dados pluviográficos e calcular o fator erosividade da chuva da região. Para o cálculo das precipitações médias foram utilizados os dados médios diários de seis postos pluviométricos, conforme tabela 1, com o segmento temporal de 2003 a 2007, obtidos junto FUNCEME e ANA. Para cálculo da precipitação média mensal e anual da bacia foi adotado o método dos polígonos de Thiessen. Para a realização do cálculo do fator erosividade das chuvas (R) foi utilizada a equação adaptada de Silva (2001). O regime pluviográfico da bacia do Carão possui mesmo comportamento em comparação as demais microbacias do Estado, com chuvas intensas e irregulares acumuladas principalmente nos meses de fevereiro, março e abril. O fator de erosividade da chuva foi de 8109,3 MJ.mm.ha-1.hr-1 por ano. A erosividade da chuva da bacia é alta se comparada a outras bacias do sul do Estado, portanto é importante que se tenha um uso e manejo adequado do solo para que se possa mitigar o potencial erosivo da chuva.

Palavras-Chave – regime pluviométrico, fator de erosividade, bacias rurais.

EVALUATION OF THE RAIN REGIME AND THE EROSIIVITY POTENTIAL OF THE CARÃO BOWL, CEARÁ

Abstract – Precipitation is an important factor for the soil erosion process. The objective of this work was to evaluate the pluviographic regime of the Carão basin, located in the municipality of Tamboril, Ceará, correcting possible rainfall data and calculating rainfall erosivity in the region. For the calculation of the average rainfall, the daily average data of six pluviometric stations were used, according to table 1, with the temporal segment from 2003 to 2007, obtained from FUNCEME and ANA. For the calculation of the monthly and annual average precipitation of the basin, the Thiessen polygons method was adopted. For the calculation of rainfall erosivity factor (R), the equation adapted from Silva (2001) was used. The pluviographic regime of the Carão basin has a similar behavior in comparison to the other state basins, with intense and irregular rains mainly accumulated in the months of February, March and April. The rainfall erosivity factor was 8109.3 MJ.mm.ha-1.hr-1 per year. The rainfall erosivity of the basin is high compared to other basins in the south of the state, so it is important to have a proper use and management of the soil to mitigate the erosive potential of rainfall.

Keywords – Pluviometric regime, erosivity factor, rural basins.

1 Mestranda em Engenharia Agrícola (UFC). Email: brenndabraga94@gmail.com

2 Engenheira Ambiental e Sanitária (IFCE). Email: thaisrodriguesalmeida@hotmail.com

3 Doutorando em Ecologia e Recursos Naturais (UFC). Email: rodrigocastro@acaatinga.org.br

4 Professora Titular do IFCE – campus Camocim. Email: keully.aquino@gmail.com

5 Mestrando em Climatologia (UECE). Email: r.mennndhez@gmail.com

6 Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (UFC). Email: costaag@gmail.com

INTRODUÇÃO

A precipitação é o elemento alimentador da fase terrestre do ciclo hidrológico e constitui, portanto, fator importante para os processos de escoamento superficial direto, infiltração, evaporação e erosão do solo. Um dos principais fatores que afetam a erosão e a produção de sedimentos é o potencial de erosividade da chuva. O conhecimento dessa característica é de grande importância na orientação dos trabalhos de manejo de solo e controle da erosão, conforme destacam Bertoni e Lombardi Neto (1990) e Lepsch (1983).

A Equação Universal de Perda de Solo - USLE (Wischmeier; Smith, 1978) tem por objetivo prever a erosão, em $t\ ha^{-1}ano^{-1}$, que poderá ocorrer em determinada área agrícola, ou seja, é uma estimativa da taxa anual de erosão do solo causada pela chuva em determinada região. Esta equação relaciona, de forma combinada, todos os fatores que influenciam a erosão acelerada do solo, quais sejam: erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), comprimento e grau do declive (LS), cobertura e manejo do solo (C) e práticas conservacionistas de suporte (P). Dessa forma, sua utilização é de fundamental importância para o estabelecimento do uso e manejo corretos do solo e, conseqüentemente, para a seleção das práticas conservacionistas de maior eficácia na redução da erosão hídrica.

Diante do exposto, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar o regime pluviográfico da bacia do Carão, corrigindo possíveis falhas dos dados pluviográficos e calcular o fator erosividade da chuva da região, para fazer uma inferência quanto a vulnerabilidade a erosão da bacia.

METODOLOGIA

1. Área de estudo

A área investigada corresponde à bacia hidrográfica do açude Carão, localizada Município Tamboril, Ceará. A bacia está inserida entre as coordenadas $40^{\circ} 21' 47'' O$ longitude e latitude $4^{\circ} 49' 7'' S$ do exutório e longitude $40^{\circ} 7' 25'' O$ e latitude $4^{\circ} 47' 34'' S$, cobrindo uma área total de 309,55 km^2 . A bacia apresenta clima tropical quente semi-árido (IPECE, 2017), com temperatura variando de 26 a 28°C. Os solos predominantes da região são Solos Litólicos, Planossolo Solódico e Podzólico Vermelho-Amarelo (IPECE, 2017). A vegetação é do tipo Caatinga Arbustiva Aberta, Floresta Caducifolia Espinhosa e Floresta Subcaducifolia Tropical Pluvial (IPECE, 2017).

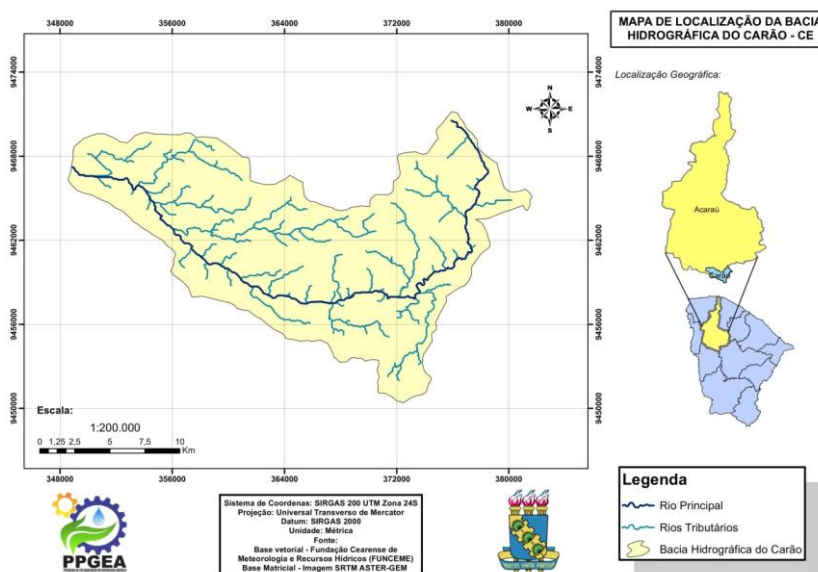


Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do Carão - CE.

2. Precipitação pluviométrica

2.1 Distribuição temporal da precipitação diária

Para o cálculo das precipitações médias foram utilizados os dados médios diários de seis postos pluviométricos, conforme tabela 1, com o segmento temporal de 2003 a 2007, obtidos junto a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) e da Agência Nacional de Águas (ANA). A escolha desses postos foi realizada após a aplicação do método dos polígonos de Thiessen, na bacia do Carão, utilizando a ferramenta *Vorigon Poligonos* do software de geoprocessamento, QuantumGis. Através dessa ferramenta, pode-se identificar quais postos pluviométricos possuíam influência sobre a precipitação média da bacia analisada.

Tabela 1. Postos pluviométricos com suas respectivas latitudes, longitudes e período de dados de precipitação diária.

| Código | Postos | Latitude | Longitude | Período inicial |
|--------|------------------|----------------|----------------|---------------------|
| 678 | São Monte Alegre | -4.92019444444 | -40.1428333333 | 09/out/2001 |
| 141 | Tamboril | -4.83441666667 | -40.3205833333 | 01/jan/1979 |
| 689 | Curatis | -5.07688333333 | -40.25875 | 11/dez/2000 |
| 93 | Monsenhor Tabosa | -4.79711111111 | -40.0636111111 | 01/jan/1974 |
| 688 | Poti | -5.06558333333 | -40.75775 | 11/dez/2000 |
| 646 | São Manoel | -4.867 | -40.1833 | 09/out/2001 |
| 601 | Açude Carão | -4.8 | -40.366666667 | Dez/1993 e dez 2008 |

Fonte: FUNCEME, 2017; ANA, 2017.

Posteriormente, tais dados foram tabulados em uma planilha do Microsoft Excel e submetidos a uma análise preliminar de cada posto. O objetivo da análise preliminar foi detectar a existência de falhas e ausência de dados de precipitação. Vale ressaltar que o posto 601, apesar de influenciar, não apresentou dados de precipitação válidos, portanto, sua área de influência foi descartada e adicionada aos demais postos. Através dessa análise também determinou-se o período (2003 a 2007) dos dados utilizados para os cálculos das precipitações médias.

2.2 Precipitação Acumulada das Estações Pluviométricas

A precipitação acumulada foi calculada com auxílio do software Microsoft Excel, onde acumulou-se os valores de precipitação diária de acordo com a escala escolhida para análise (mensal ou anual). Por exemplo, a precipitação acumulada mensal foi dada pela soma dos valores de precipitação diária de um determinado mês, enquanto a precipitação acumulada anual é dada pelo acúmulo dos valores de precipitação diária de um determinado ano. Tal análise foi realizada para cada posto pluviométrico. Pode-se observar que existiam falhas pontuais nestas estações, as quais apresentam inexistência de dados em alguns dias para determinados postos. Para preenchimento de falha, utilizou-se a climatologia (média da determinada data nos demais anos) do dado.

2.3 Análise de consistência dos dados pluviométricos

Para a análise de consistência dos dados dos postos pluviométricos listados na Tabela 3, foi aplicado o método da dupla massa. O método da dupla massa consiste em construir uma curva acumulativa, na qual são relacionados os totais anuais acumulados de um determinado posto e a média acumulada dos totais anuais de todos os postos da região (Villela & Matos, 1975). Esses gráficos foram feitos para cada posto da bacia do Carão. Segundo Bertoni e Tucci (2013), o método da dupla

massa visa comprovar o grau de conformidade dos dados disponíveis em um determinado posto com relação aos registros apresentados em postos vizinhos.

Sendo assim, para a operacionalização do método de dupla massa selecionou-se a precipitação acumulada anual do posto de interesse e comparou-se com a precipitação média acumulada dos demais. Por exemplo, os dados do Posto São Monte Alegre foram plotados em um gráfico nas ordenadas e as médias das precipitações anuais dos outros cinco postos nas abscissas. Neste método, ocorrerá consistência dos dados quando houver uma tendência linear em relação às estações vizinhas.

2.4 Precipitação média da bacia do Carão

Para cálculo da precipitação média mensal e anual da bacia foi adotado o método dos polígonos de Thiessen. Essa metodologia subdivide a área da bacia em áreas delimitadas por retas unindo os pontos das estações, dando origem a vários triângulos. Traçando perpendiculares aos lados de cada triângulo, obtêm-se vários polígonos que encerram, cada um, apenas um posto de observação. Admite-se que cada posto seja representativo daquela área onde a altura precipitada é tida como constante. Cada estação recebe um peso pela área que representa em relação à área total da bacia. Se os polígonos abrangem áreas externas à bacia, essas porções devem ser eliminadas no cálculo. O traçado desses polígonos e o cálculo de cada área de influência foi realizado com o auxílio do software QuantumGis e das ferramentas *Vorigon Poligonos* e *Clip*, conforme relatado anteriormente.

Após a análise dos postos de influência sobre a bacia, é calculada área de cada polígono. Com as áreas de influência (A_1, \dots, A_n), área total da bacia (A) e com as precipitações médias anuais de cada posto, é possível encontrar a precipitação média da bacia (P_m) pelo uso da equação abaixo:

$$P_m = \frac{(P_1 \times A_1) + (P_2 \times A_2) + (P_3 \times A_3) + (P_n \times A_n)}{A}$$

2.5 Fator “R”

Para a realização do cálculo do fator erosividade das chuvas (R) foram utilizadas as séries corrigidas dos postos pluviométricos no período de 2002 a 2016, tendo em vista que quanto maior mais correta será a informação. Os dados pluviométricos foram trabalhados no software Excel, onde os dados de cada mês puderam ser agrupados e somados para cálculo das médias para posteriormente ser aplicada a equação adaptada de Silva (2001):

$$R_x = 42.307((M_x^2)/P) + 69.763$$

Onde:

R_x = fator de erosividade mensal da chuva (MJ.mm.ha-1.hr-1 por mês)

M_x = chuva total mensal (mm)

P = é a média anual de chuvas da série histórica tomada (mm)

Para cada mês foi calculado um R_x . Posteriormente, calculou-se o total anual da série e tirada uma média, obtendo-se o fator R .

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos cálculos das precipitações médias mensais e anuais encontram-se na Tabela 2 e 3, respectivamente. Maiores valores foram encontrados quando se utilizou o método da média aritmética dos postos.

Tabela 2 – Precipitação média mensal de 2003 a 2007 da bacia do Carão

| Climatologia mensal | Média dos polígonos de Thiessen |
|---------------------|---------------------------------|
| jan | 129,9 |
| fev | 136,8 |
| mar | 131,4 |
| abr | 81,4 |
| mai | 58,6 |
| jun | 30,2 |
| jul | 4,0 |
| ago | 1,8 |
| set | 0,0 |
| out | 0,0 |
| nov | 0,0 |
| dez | 14,2 |
| média mensal | 49,0 |

Tabela 3 – Precipitação média mensal de 2003 a 2007 da bacia do Carão

| Precipitação anual | Média Aritmética | Média dos polígonos de Thiessen |
|--------------------|------------------|---------------------------------|
| 2003 | 601,1 | 530,3 |
| 2004 | 928,1 | 894,5 |
| 2005 | 667,5 | 746,7 |
| 2006 | 579,3 | 664,0 |
| 2007 | 529,0 | 616,4 |
| media anual | 661,0 | 690,4 |

De modo geral, os postos possuem mesmo comportamento, com picos de chuva na estação de verão (principalmente em março, abril e maio) e ausência de chuvas no inverno. Dentre o período de estudo, notou-se um claro ano de cheia (2004) e um ano de seca (2007). De um modo geral, todos os postos apresentaram alta consistência de dados pluviométricos. Os postos Poti e São Monte Alegre apresentaram a maior ($R^2 = 0,998$) e menor ($R^2 = 0,9953$) consistência de dados, respectivamente, de acordo com o coeficiente de correlação inseridos nos gráficos (Figura 2 a 6).

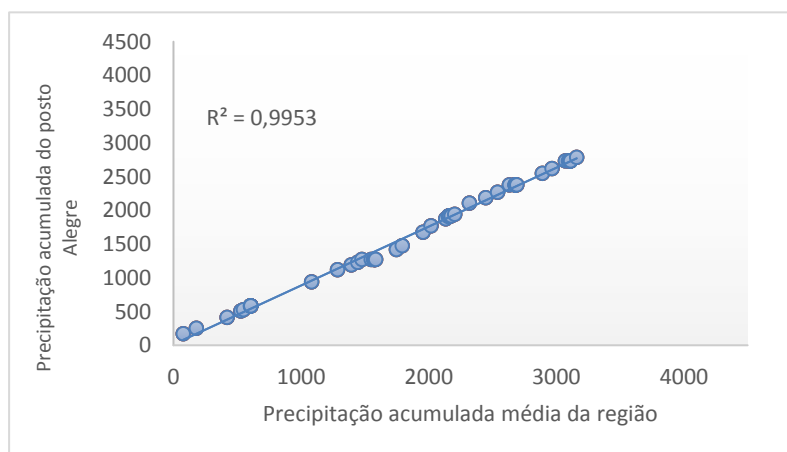


Figura 2 – Análise de consistência do Posto São Monte Alegre.

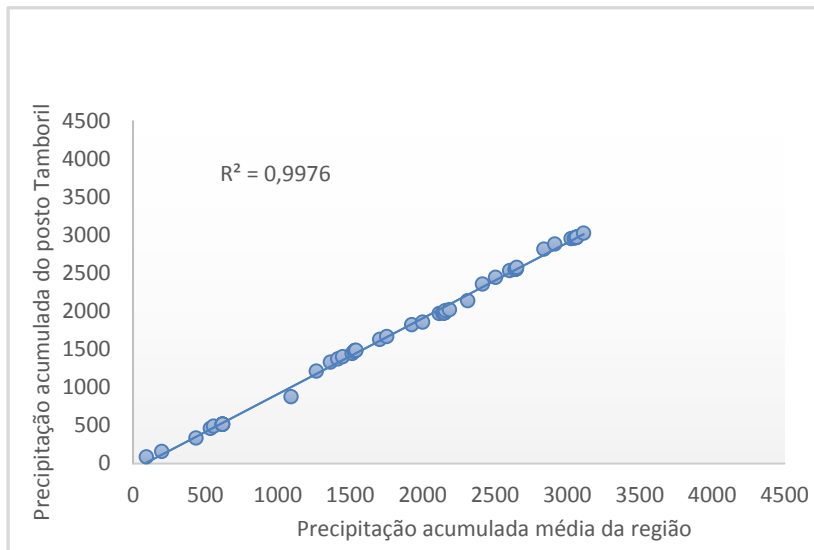


Figura 3 - Análise de consistência do Posto Tamboril

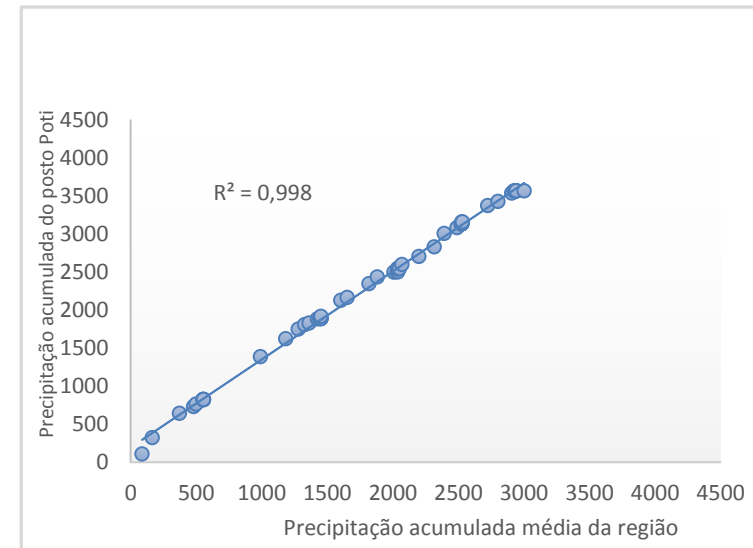


Figura 4 - Análise de consistência do Posto Poti

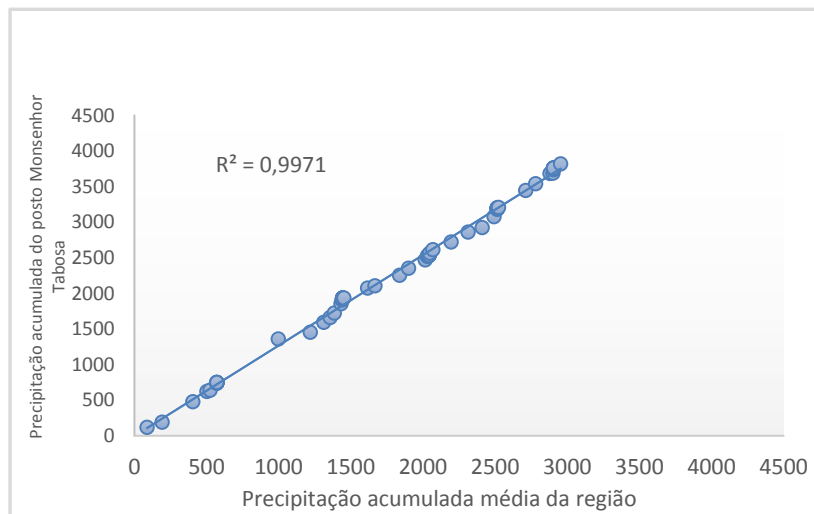


Figura 5 - Análise de consistência do Posto Monsenhor tabosa

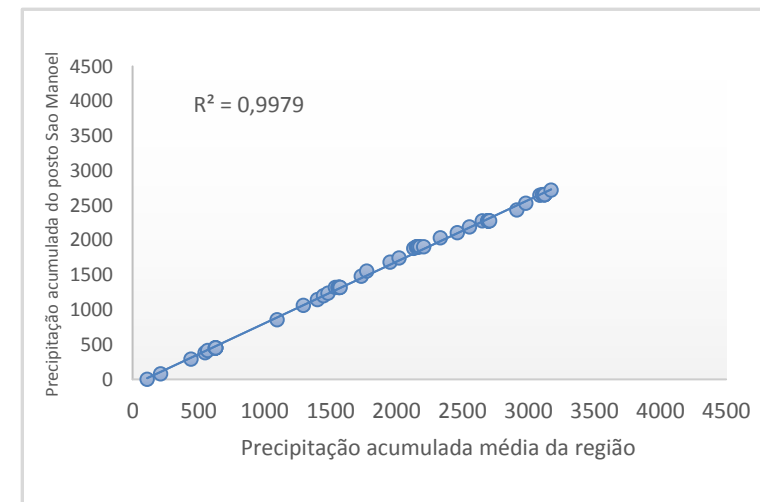


Figura 6 - Análise de consistência do Posto São Manoel

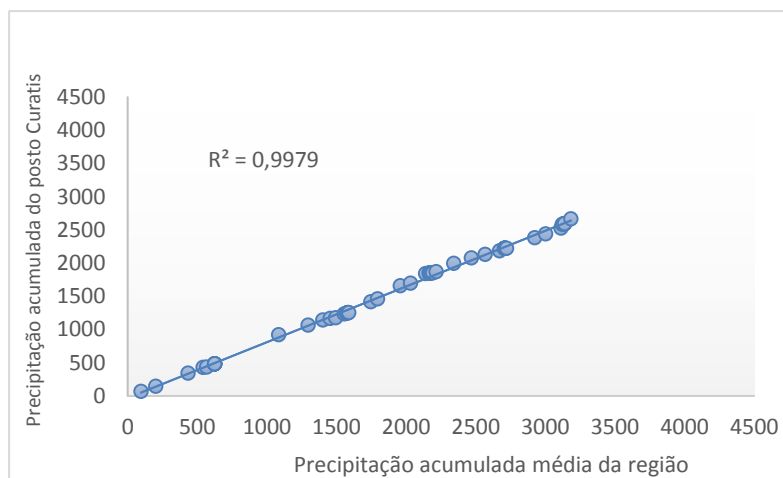


Figura 7 - Análise de consistência do Posto Curatis

Os resultados do fator de erosividade da chuva encontram-se dispostos na Tabela 4. Como dado final obteve-se o valor de $8109,3 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{hr}^{-1}$ por ano como constante para o valor R. Os resultados encontrados nesse estudo foram similares ao de Lopes *et al.* (2011) ao estudar a micro-bacia do riacho Varjota ($70,73 \text{ km}^2$), resultado esperado já que as micro-bacias dos dois estudos estão localizadas na mesma bacia hidrográfica (Bacia do Acaraú). O autor apresentou valor médio anual de erosividade da chuva de $6.328 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Costa *et al.* (2013), ao estudarem uma bacia Bacia Hidrográfica do São José, inserida na sub-bacia do Salgado, abrangendo uma área de aproximadamente 41 km^2 , encontrou uma erosividade anual (Figura 2) calculada em EP1 foi de $1.195 \text{ mm.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Acredita-se que tal divergência de resultados deve-se aos diferentes métodos de cálculo do fator R usados nos estudos, apesar das bacias possuírem mesmas características climáticas e ambientais.

Tabela 4 – Fator de erosividade médio da bacia do Carão de 2003 a 2007.

| | Ano 1 (2003) | | Ano 2 (2004) | | Ano 3 (2005) | | Ano 4 (2006) | | Ano 5 (2007) | |
|--------------|--------------|---------|--------------|----------|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|
| | P | R | P | R | P | R | P | R | P | R |
| Jan | 92,13 | 649,42 | 455,72 | 14251,53 | 160,68 | 1832,88 | 25,77 | 115,10 | 5,23 | 71,63 |
| fev | 99,50 | 745,83 | 200,62 | 2818,13 | 47,22 | 222,00 | 124,87 | 1134,48 | 196,57 | 2708,28 |
| mar | 226,42 | 3570,48 | 101,45 | 772,58 | 168,55 | 2009,75 | 120,27 | 1057,48 | 74,12 | 444,88 |
| abr | 104,68 | 818,10 | 49,05 | 234,06 | 67,92 | 384,75 | 91,10 | 636,49 | 106,28 | 841,15 |
| mai | 21,92 | 102,56 | 33,35 | 145,71 | 114,85 | 970,51 | 94,88 | 684,54 | 18,68 | 93,60 |
| jun | 55,10 | 277,08 | 60,95 | 323,44 | 21,40 | 101,04 | 34,57 | 151,36 | 11,47 | 78,74 |
| jul | 0,13 | 69,76 | 15,43 | 86,03 | 4,23 | 70,99 | 1,93 | 70,02 | 3,60 | 70,65 |
| ago | 1,17 | 69,86 | 8,07 | 74,21 | 6,47 | 72,62 | 1,87 | 70,00 | 0,00 | 69,76 |
| set | 0,00 | 69,76 | 0,00 | 69,76 | 0,00 | 69,76 | 0,00 | 69,76 | 0,00 | 69,76 |
| out | 0,00 | 69,76 | 0,00 | 69,76 | 0,00 | 69,76 | 0,00 | 69,76 | 0,00 | 69,76 |
| nov | 0,00 | 69,76 | 0,00 | 69,76 | 0,00 | 69,76 | 0,00 | 69,76 | 0,00 | 69,76 |
| dez | 0,00 | 69,76 | 5,82 | 72,07 | 10,20 | 76,87 | 3,67 | 70,68 | 49,83 | 239,35 |
| TOTAL | 601,05 | 6582,15 | 930,45 | 18987,05 | 601,52 | 5950,69 | 498,92 | 4199,44 | 465,78 | 4827,33 |

CONCLUSÃO

Para a realização dos estudos de precipitação em uma bacia hidrográfica é fundamental possuir dados válidos e que apresentem boas correlações com a estação a ser analisada, como verificado neste trabalho. O regime pluviográfico da bacia do Carão possui mesmo comportamento em comparação as demais microbacias do Estado, com chuvas intensas e irregulares acumuladas principalmente nos meses de fevereiro, março e abril. O fator de erosividade da chuva apresentou maiores resultados para o ano de 2004, devido as maiores alturas pluviográficas, e menores resultados para o ano de 2007, que foi o ano mais seco entre a série estudada. A erosividade da chuva da bacia é alta se comparada a outras bacias do sul do Estado, portanto é importante que se tenha um uso e manejo adequado do solo para que se possa mitigar o potencial erosivo da chuva.

REFERÊNCIAS

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3.ed. São Paulo: Ícone, 1990.
- BERTONI, J. C. & TUCCI, C. E. M. **Precipitação. In.: Hidrologia: ciência e aplicação**, Org. Carlos E. M. Tucci, 2^a ed., 2. reimpr., Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.
- COSTA, K. V. M.; BARRETO, A.C.; FONTENELE, S. DE B.; MENDONÇA, L. A. R. Estimativa de perda de solo distribuída em uma bacia hidrográfica de pequeno porte através de técnicas de geoprocessamento. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.
- FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em <http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorologico/572-postos-pluviometricos>. Acessado em março de 2017.
- IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Caracterização Territorial. Disponível em: http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/pdf/Tipos_Climaticos.pdf. Acessado em março de 2017.
- LEPSCH, I. F. (Coord.). **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983.
- LOPES, F. B., ANDRADE, E. D., TEIXEIRA, A. D. S., CAITANO, R. F., & CHAVES, L. C. G. (2011). Uso de geoprocessamento na estimativa da perda de solo em microbacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Agro@mbiente on-line**, v. 5, p. 88-96, 2011.
- SILVA, V. C. **Erosão atual, erosão potencial e aporte de sedimento na Bacia do Rio Paracatu (MG/GO/DF)**. Brasília, DF: UnB, 2001. 108 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade de Brasília, Brasília.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: USDA, 1978. (Agriculture handbook, 537).