PRECIPITAÇÃO E EROSIVIDADE DAS CHUVAS DO ESTADO DA PARAIBA

IÊDE DE BRITO CHAVES[1], PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO[2],
MÔNICA LARISSA AIRES DE MACÊDO[3]

[1]Dr. em Agronomia, Ex-Prof. CCA, UFPB, Areia-PB, iedebchaves@hotmail.com
[2]Dr. em Engenharia Agrícola, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com
[3]Doutoranda em Geografia, CCEN, UFPB, João Pessoa-PB, aires.monica@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Este trabalho tem por base parte dos resultados das pesquisas do Projeto CCA/UFPB/SUDENE onde se analisa a relação da erosividade com a formação e distribuição das chuvas sobre o Estado da Paraíba. Foram utilizados dados de 125 postos pluviométricos (SUDENE), período 1940 a 1994. A erosividade (EI_{30}) foi estimada da precipitação diária (P) a partir de equações de 4 regiões geográficas. Os dados foram ordenados e processados em planilha EXCEL© e os mapas foram gerados utilizando-se interpolação por Krigagem. A erosividade específica das chuvas (verão-outono) do Sertão e Borborema, relacionadas à ZCIT (Alísios de Nordeste), foi o dobro das chuvas do terço Leste (outono-inverno) formadas pela ZCAS (Alísios de Sudeste). Em cada ambiente climático a erosividade média anual guarda uma relação diretamente proporcional à altura da precipitação.
PALAVRAS-CHAVE: Geotecnologias, erosão hídrica, conservação do solo, planejamento do uso da terra.

RAIN PRECIPITATION AND EROSIVITY OF THE STATES OF PARAIBA

ABSTRACT: This work is based on part of the research results of the CCA / UFPB / SUDENE Project, where the relationship between erosivity and the formation and distribution of rainfall over the State of Paraíba was analyzed. Data from 125 rainfall stations (SUDENE), from 1940 to 1994, were used. Erosivity (EI30) was estimated from daily precipitation (P) from equations in 4 geographic regions. The data were ordered and processed in an EXCEL © spreadsheet and the maps were generated using Krigagem interpolation. The specific erosivity of the rains (summer-autumn) of the Sertão and Borborema, related to the ZCIT (Alísios de Nordeste), was twice greater than that of the rain of the East third (autumn-winter) formed by ZCAS (Alísios de Sudeste). In each climatic environment the average annual erosivity is directly proportional to the height of precipitation.
KEYWORDS: Geotechnologies, water erosion, soil conservation, land use planning.

INTRODUÇÃO

A erosividade é o termo que expressa a capacidade potencial do agente erosivo, água ou vento, de causar erosão. Como expressão da capacidade erosiva da chuva, foi selecionado o parâmetro composto EI_{30} (energia cinética de impacto das gotas "E" pela intensidade máxima da chuva em 30 minutos "I_{30}"), propondo-o como índice de chuva, fator R da Equação Universal de Perdas de Solo (Wischmeier & Smith, 1978). Posteriormente, Foster et al. (1981) dimensionou este parâmetro, para o Sistema Internacional de Medidas expressando sua unidade em (megajoule.milímetro por hectare.hora.ano). A partir da correlação entre precipitação e erosividade (EI_{30}) pode se estimar o potencial erosivo das chuvas de localidades de mesmo tipo climático e que não disponha de registros pluviográficos (Oliveira et al., 2012; Trindade et al., 2016).

Com base nos trabalhos do Programa de Pós-Graduação do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal, na cidade de Areia, gerados a partir do Projeto sobre Conservação do Solo no Estado, convênio SUDENE/UFPB (1978) o presente trabalho tem por objetivo mapear, analisar e discutir a variabilidade espacial e temporal do potencial erosivo da chuva do Estado da Paraíba.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é o Estado da Paraíba com 56.372 km^2, situado na região Nordeste do Brasil, entre as latitudes de 06^{0}02'12" e 08^{0}19'18" S e longitudes de 34^{0}45'54" e 38^{0}45'45"W. Do ponto de vista climático este apresenta três espaços bem característicos (Figura 1A), que segundo a classificação de Köppen (Varejão-Silva, 1976), são assim descritos: **i)** ***As':*** *Clima Tropical Chuvoso, quente e úmido com chuva de outono-inverno* - no terço leste do Estado; **ii)** ***Bsh:*** *Clima Tropical Semiárido quente* e seco, com chuva de outono - no terço central do Estado, sobre o Planalto da Borborema, e na parte norte do Baixo Sertão do Piranhas, e **iii) Aw':** *Clima Tropical Chuvoso quente e seco, com chuvas de verão-outono* - no terço oeste do Estado, região do Planalto de Princesa e dos Sertões (Figura 1 D).

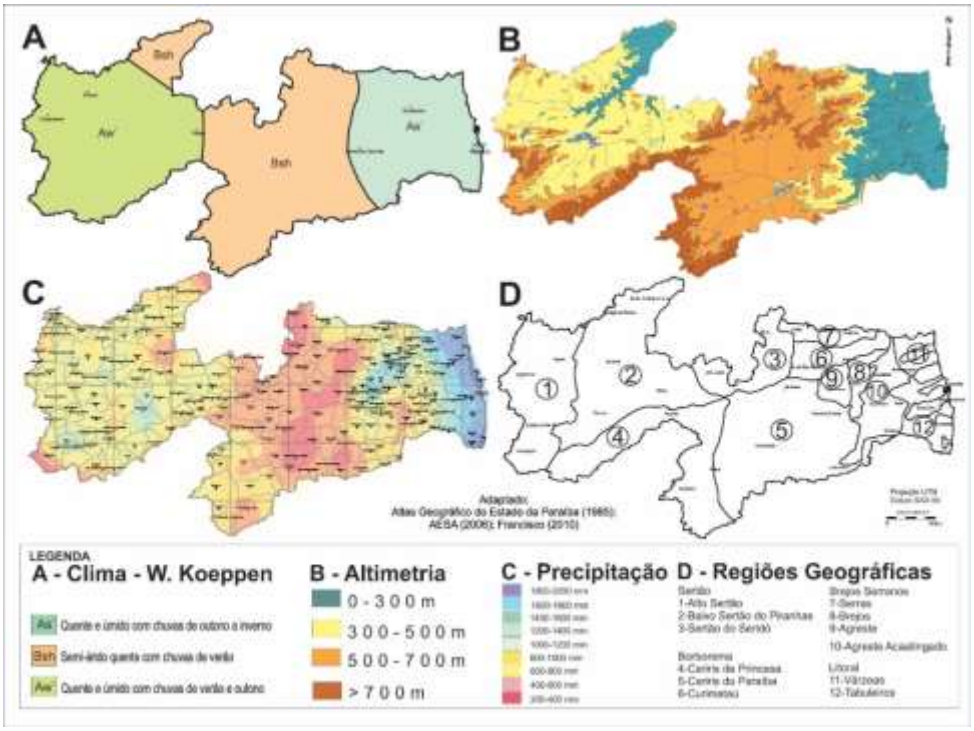

Figura 1. Mapas temáticos de clima (a), altimetria (b), precipitação (c) e regiões geográficas (d) do Estado da Paraíba. Fonte: Adaptado de BRASIL (1972); PARAÍBA (1985); AESA (2006); Francisco (2010).

Foram utilizados os registros pluviométricos de 125 postos do Estado, do período 1940 a 1994 (SUDENE), cedidos pelo Departamento de Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande. Para a maioria dos postos foram utilizadas séries contínuas de 30 anos de registro diário de precipitação. Considerando o que observou Coelho (1994), que uma chuva individual erosiva corresponde com frequência ao total diário da precipitação, sendo possível, utilizando as equações da Tabela 1, representativas de regiões climaticamente homogêneas do Estado, converter os valores da precipitação diária (P) em valores de erosividade (EI_{30}), utilizando-se a planilha de cálculo EXCEL©.

Tabela 1. Equações representativas de diferentes zonas climáticas da Paraíba

Região	Tipo de Clima	Período	Equação adotada	Referência
Litoral e Mata	Clima As'	-	$EI_{30} = 0{,}8522\ P^{1{,}461}$ ($r^2 = 0{,}743$)	Maia Neto (1996)
Cariri e Curimataú	Clima Bsh	-	$EI_{30} = 0{,}382\ P^{1{,}791}$ ($r^2 = 0{,}730$)	Leite Junior (1997)
Zona do Sertão	Clima Aw'	-	$EI_{30} = 0{,}327\ P^{1{,}860}$ ($r^2 = 0{,}750$)	Coelho (1994)
Zona do Brejo	Clima As'	Quente	$EI_{30} = 0{,}2629\ P^{1{,}907}$ ($r^2 = 0{,}780$)	Silva (1996)
		Frio	$EI_{30} = 0{,}2177\ P^{1{,}760}$ ($r^2 = 0{,}740$)	

Pela somatória dos valores diários da erosividade foram obtidos os dados mensais e anuais. Os valores médios mensais e o anual da erosividade representam as estimativas mensais e anual do Fator R da Equação Universal de Perdas, obtidos para cada um dos 125 postos de precipitação do Estado. Pelas coordenadas geográficas de cada posto, os dados médios mensais e anual de erosividade foram

espacializados e por interpolação por Krigagem (Landim, 2013), a partir do software SPRRING/INPE, foram gerados mapas mensais e anual de erosividade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorrência e distribuição da precipitação

Embora possam ser influenciadas por diferentes fenômenos atmosféricos, de origem e formação diversas, as chuvas no estado da Paraíba estão relacionadas com as Frentes de Umidade transportadas pelos ventos Alísios de Nordeste (ANE), e de Sudeste (ASE), com distribuição influenciada pelas variações termodinâmicas impostas pelo efeito da continentalidade e da ocorrência e disposição do relevo (Molion & Bernardo, 2002; Ferreira & Mello, 2005)

No terço oeste do Estado com clima Aw' (Tropical chuvoso quente) é no verão, com mais regularidade a partir de fevereiro até abril, que atua a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) com a penetração dos ventos Alísios de Nordeste (ANE). O forte aquecimento da depressão sertaneja, no interior da bacia do rio Piranhas-Açu, provoca convecção do ar arrastando as massas úmidas transportadas pelos ANE formando intensos aguaceiros. Tal fenômeno é reportado por Camelo e Leal Junior (2015) para explicar os Ventos Aracati, a brisa marinha que invade a bacia do vizinho rio Jaguaribe no Sertão Cearense. Apesar da alta precipitação, que ultrapassa 900 mm médio anual, a semiaridez é instalada diante das altas temperaturas e grande irregularidade espaço-temporal da precipitação (Figura 2A). Confrontando-se a distribuição da chuva com o relevo da região (Figura 1B) pode se afirmar que os contrafortes do Planalto de Princesa e da Serra Grande, pela disposição longitudinal que ocupam em relação aos ANE, exercem menor influência sobre os totais precipitados, do que o aquecimento da área da depressão.

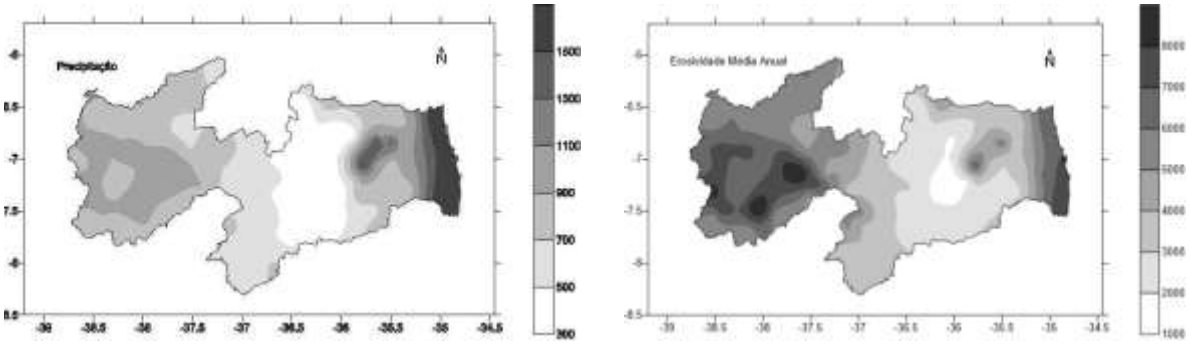

Figura 2. (A). Precipitação média anual (mm.ano^{-1}) e (B). Erosividade média anual (MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1} .ano^{-1}). Estado da Paraíba, séries entre 1940 a 1994.

O terço médio do Estado está sobre o Planalto da Borborema onde há o predomínio de clima do tipo Bsh (Tropical Semiárido quente e seco e chuva de outono) , sendo considerada a região com mais baixa precipitação. A média anual varia dos 350 aos 750mm, e a exemplo das chuvas do Sertão são irregulares e intempestivas (Figura 2A). A umidade transportada pelo ANE chega à região pelo Litoral, ou com maior intensidade e frequência, pelos contrafortes ocidentais do Planalto, a partir do arraste convectivo do aquecimento da região. Já a umidade do Atlântico trazida pelos ASE sofre depleção pelo efeito orográfico, tanto na região do Brejo Paraibano (Figura 1D-8) formando a sotavento as regiões semiáridas do Cariri Oriental e Curimataú, núcleos mais secos do Estado (Figura 1D-5 e 6), como na linha de serra que é fronteira com Pernambuco (divisor das bacias dos rios Capiberibe e Paraíba), formando as regiões do Agreste Acaatingado e do Cariri do Paraíba (Figura 1D-10 e 5), respectivamente.

No terço leste do Estado o clima é do tipo As' (Tropical Chuvoso quente e úmido, com chuvas de outono-inverno). O período chuvoso começa em março com a atuação da ZCIT, com chuvas intempestivas, e tem o seu máximo em junho e julho, com atuação de um ramo da Zona de Convergência do Alântico Sul (ZCAS) sobre a costa do Nordeste (Molion & Bernardo, 2002), com chuvas mais constantes, de menor intensidade e de longa duração. A precipitação média anual chega a alcançar os 1800mm, no Litoral Sul e decresce para o interior pelo efeito da depressão sublitorânea (região do Agreste Acaatingado), voltando a aumentar nos contraforetes do Planalto da Borborema, formando as regiões úmidas do Brejo e Serrana, Figuras 1D-8 e 7, respectivamente.

Distribuição espacial da erosividade da chuva

A região do Sertão, o terço oeste do Estado, é a que apresenta chuva com o maior potencial erosivo, em grande parte com um valor acima dos 5000 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}, para uma precipitação média anual acima de 700mm. Nos núcleos mais erosivos de Catingueira e o de Nova Olinda (Figura 2B), a erosividade chega a ultrapassar os 9000 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}, para uma precipitação em torno de 1000mm. Já a região do Litoral com o dobro de precipitação (1800mm anual), a erosividade não chega a atingir 8000 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}, fato que demonstra o forte contraste entre os regimes de chuva dos dois principais sistemas atmosféricos atuantes no Estado.

A região do terço médio do Estado, sobre o Planalto da Borborema, apresenta mais baixa precipitação e é também a de menor potencial erosivo. No Cariri Oriental, no núcleo na proximidade de Campina Grande (Figura 2B) a erosividade média anual está abaixo dos 2000 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}.

Para oeste, sobre o Planalto, a erosividade aumenta com a altitude e a precipitação, o limite de 3000 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1} está relacionado aos 500 mm.ano^{-1} de precipitação (Figuras 1B e 2A e B). Enquanto que para leste, com chuvas mais influenciadas pelo ZCAS este limite de erosividade adentra a região do Agreste Acaatingado em área com precipitação próxima aos 900 mm.ano^{-1} (Figura 2A). Cantalice et al. (2009) observaram que a erosividade das regiões semiáridas do Estado de Pernambuco são baixa e muito baixa, e que apenas o Litoral apresenta erosividade acima de 5500 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1} .ano^{-1}. Em núcleos costeiros da Zona da Mata, com precipitação anual acima de 2000mm, é que a erosividade chega aos 10000 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}. Nos trabalhos de mapeamentto da erosividade da chuva do Brasil, por limitação dos modelos de correlação e da base de dados (precipitação x erosividade), a erosividade registrada para a Paraíba não passa de 4000 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1} (Oliveira et al., 2015; Trindade et al., 2016). Utilizando a equação proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1990) para estimar a erosividade da chuva (EI_{30}) para o Estado da Paraíba, Amaral et al. (2014) não poderam observar as diferenças entre os dois regimes de chuva atuantes no Estado. A erosividade observada variou de 2000 a 10.000 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1} e teve distribuição proporcional a da precipitação.

Erosividade específica média anual

A erosividade específica é um parâmetro que expressa o potencial erosivo médio de uma unidade de precipitação. É uma forma de comparar a intempestividade das chuvas. Em grande parte da região do Sertão a erosividade específica média é maior que 7 MJ.mm^{-1}, chegando a ultrapassar a 8 MJ.mm^{-1}, em núcleos mais chuvosos (Figura 3).

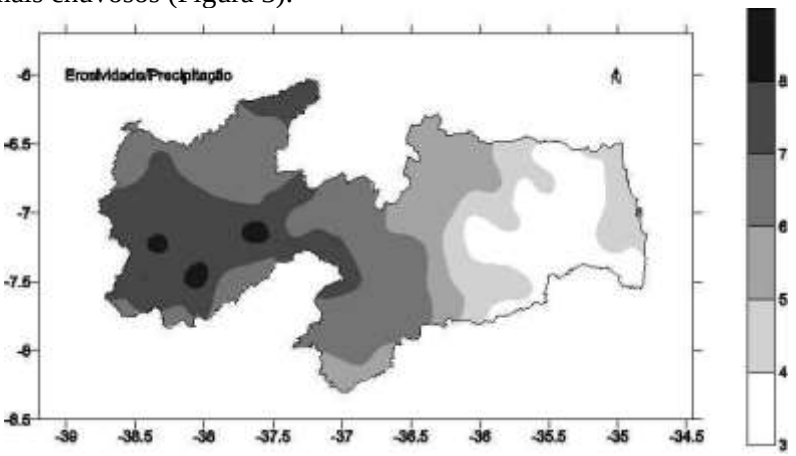

Figura 3. Relação erosividade e precipitação média anual das chuvas da Paraíba, expressa em MJ.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}.

A erosividade específica das chuvas sobre o Planalto da Borborema ultrapassa os 6 MJ.mm^{-1}, comparável a de áreas com mais alta erosividade e precipitição da região do Sertão. Mesmo para área mais seca da região, com precipitação abaixo de 500mm médio anual, a erosividade específica é maior que 5 MJ.mm^{-1}, o que demonstra a predominância do regime de chuvas intensivas de verão-outono influenciadas pela convergência dos ANE. Já no terço leste do Estado, com influência e predominância das chuvas de inverno da FCAS, transportadas pelos ASE, a erosividade específica são as mais baixa do Estado. Mesmo para a região do Brejo, que apresenta chuvas de outono mais intensas, influenciadas

pelo ZCIT (Chaves et al., 1992) o alto percentual das chuvas de inverno rebaixa a erosividade específica média anual da região.

CONCLUSÃO

A erosividade média anual das chuvas variou de 1000 a 10000 $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$; No Sertão com precipitações de 700 a 1100 $mm.ano^{-1}$, a erosividade das chuvas, as mais altas do Estado, variaram de 5000 a 10000 $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$; No Litoral com precipitações de 1500 a 2000 $mm.ano^{-1}$, as mais altas do Estado, a erosividade das chuvas não chegou a 8000 $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$; A área com mais baixa erosividade no Estado, menos de 2000 $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$, foi também a que apresentou a mais baixa precipitação, menos de 400 $mm.ano^{-1}$, e localiza-se sobre o Planalto da Borborema; A erosividade específica da chuva (EI_{30}/P) foi mais alta no Sertão, com variação 7 a 9 $MJ.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$, passando a diminuir nas áreas mais abertas e elevadas do Sertão e sobre a Borborema, no Terço Central do Estado. No Terço Leste do Estado, em regiões sobre influência das chuvas de outono-inverno dos Alísios de Sudeste (ZCAS), a erosividade específica foi mais baixa, variando de 3 a 5 $MJ.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$.

REFERÊNCIAS

Amaral, B. S. D.; Dantas, J. S.; Silva, R. M.; Carvalho Neto, J. F. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas Estado da Paraíba. Rev. Bras. Geografia Física, v.7, n.4, p.691-701, 2014.

Camelo, H. N.; Leal Junior, J. B. V. Estudo Numérico do Vento Aracati no Estado do Ceará-Brasil. Rev. Bras. de Geografia Física, v.8, n.2, p.334-351, 2015.

Cantalice, J. R. B.; Bezerra, S. A.; Figueira, S. B.; Inácio, E. S. B.; Silva, M. D. R. O. Linhas isoerosivas do Estado de Pernambuco. Revista Caatinga, v.22, p.75-80, 2009.

Chaves, I. B.; Negreiros Neto, J. V.; Souza, A. S. Características da precipitação e da erosividade das chuvas do Brejo Paraibano. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 1992, Jaboticabal. Anais...Jaboticabal, 1992.

Coelho, E. A. C. Estimativa da erosividade da chuva a partir da pluviometria diária: métodos e amostragem. 72f. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação de Solos). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 1994.

Ferreira, A. G.; Mello, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. Rev. Bras. de Climatologia, v.1, n.1, p.15-18, 2005.

Foster, G. R.; Mccool, D. K.; Renard, K. G.; Moldenhauer, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI units. Journal of Soil and Water Conservation, v.36, p.355-359, 1981.

Francisco, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba 122f. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

Molion, L. C. B.; Bernardo, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. Rev. Bras. de Meteorologia, v.17, n.1, p.1-10, 2002.

Oliveira, P. T. S.; Wendland, E.; Nearing, M. A. Rainfall erosivity in Brazil: A review. Rev. Catena, v.100, p.139-147, 2012.

Trindade, A. L. F.; Oliveira, P. T. S.; Aanche, J. A. A.; Wendland, E. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Brasil. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.51 n.12, p.1918-1928, 2016.

Varejão-Silva M. A.; Braga, C. C.; Aguiar M. J. N.; Nietzche M. H.; Silva, B. B. Atlas Climatológico do Estado da Paraíba. UFPB, Campina Grande, 1984.

Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, DC: USDA, 1978. 58p. Agriculture Handbook 537.