

**Workshop Internacional sobre Clima e Recursos Naturais
nos Países de Língua Portuguesa: Parcerias na Área do Clima e Ambiente**

Cabo Verde, Ilha do Sal, 2 a 7 de Março de 2008

**A precipitação como factor de erosão hídrica
na bacia da Ribeira Seca, Santiago, Cabo Verde**

Fernando L. Costa & M. Carmo Nunes

Instituto de Investigação Científica Tropical (IICT)
Trav. Conde da Ribeira, 9-B, 1º, 1300-142 Lisboa, Portugal, Tel/Fax: (351) 213640046
E-mail: flcosta1955@gmail.com; mcarmonunes@hotmail.com



A precipitação como factor de erosão hídrica na bacia da Ribeira Seca, Santiago, Cabo Verde

Fernando L. Costa & M. Carmo Nunes
Instituto de Investigação Científica Tropical (IICT)
Trav. Conde da Ribeira, 9-B, 1º, 1300-142 Lisboa, Portugal, Tel/Fax: (351) 213640046
E-mail: flcosta1955@gmail.com; mcarmonunes@hotmail.com

Abstract

The precipitation as a factor of rain erosion in Ribeira Seca basin, Santiago, Cape Verde

The high intensity of the short rainfall events, during a few number of the ninety days of the rainy season at Cape Verde Islands, promote a very widespread rain erosion processes and forms, which affects extensive areas. To mitigate soil loss it's fundamental to evaluate the great spatial variability of the storm events and the high regional diversity of the rain erosivity conditions.

Most of the climatic studies developed out by several authors in Cape Verde analysed precipitations, however, only a few makes some approaches to the rainfall impacts in the soil erosion. Between them are pointed out the ones that had analysed the probabilities of the total monthly rainfall to reach some fixed values, the number of days in which can verify a specific amount or the occurrence of rainy episodes by classes of intensity, in some local udometric stations. A registration of the erosivity carried by rain events, during seven years, are done in the southern most arid region of Santiago and in the more humid sector of the Ribeira Seca basin. According these climatic results, the authors proposed some statistic equations of rain erosivity estimation, applicable to other regions of the Island.

In this study are applied several methods to evaluate the rainfall intensity, in the Ribeira Seca basin, based on equations proposed for Santiago Island as well as one other used for arid regions conditions. The dataset are referred to a period of twenty years of monthly and annual registrations from forty three udometric stations. A geostatistic interpolation method is applied to obtain maps of spatial distribution of the rain erosivity, integrated in a Geographical Information System.

The results show that the south-eastern regions of the basin, where the total values of the annual rainfall are concentrated in a shorter number of days, are the most susceptible to the rain erosivity.

Key words: rain erosivity, soil erosion, geostatistics, Santiago Island, Cape Verde.

Resumo

A ocorrência de aguaceiros intensos durante um escasso número de dias dos três meses da estação húmida, em Cabo Verde, promove uma erosão hídrica muito activa, que afecta áreas extensas. A grande variabilidade espacial das chuvadas leva a uma diversidade regional das condições de erosividade das precipitações que se torna importante avaliar, para mitigar as perdas de solo.

A maioria dos trabalhos de climatologia realizados por vários autores sobre Cabo Verde analisaram as precipitações, no entanto, poucos se dedicaram ao estudo do seu impacto na erosão dos solos. De entre eles salienta-se os que analisaram as probabilidades da precipitação mensal atingir determinados valores, do número de dias em que se pode verificar uma quantidade determinada, ou da ocorrência de episódios chuvosos por classes de intensidades, para alguns postos pluviométricos. Efectuaram-se registos da erosividade de aguaceiros, para períodos de 7 anos, em dois postos pluviométricos de Santiago, um no sector mais árido a sul, e outro no mais húmido nas cabeceiras da bacia da Ribeira Seca. Com base nos resultados obtidos propuseram-se equações que permitem vir a estimar a erosividade das precipitações para outros locais da ilha.

Neste estudo, a partir das equações propostas para Santiago, bem como de outras utilizadas em regiões áridas, testam-se vários métodos de análise da intensidade da precipitação para a bacia da Ribeira Seca. Utilizam-se dados mensais e anuais de um período de 20 anos, de 43 postos pluviométricos e recorre-se a um SIG e a métodos geoestatísticos de interpolação para gerar mapas da distribuição espacial de precipitações susceptíveis de provocarem erosão hídrica.

Verifica-se que, no sector sudeste da bacia, onde os quantitativos pluviométricos anuais se concentram num número mais reduzido de dias, são os que têm as condições mais favoráveis à ocorrência de precipitações de erosividade acentuada.

Palavras-chave: erosividade das precipitações, erosão dos solos, geoestatística, Ilha de Santiago, Cabo Verde.

1. INTRODUÇÃO

Muitos foram os autores que se dedicaram ao estudo da precipitação em Cabo Verde, no entanto, poucos trataram a sua erosividade, intensidade ou duração bem como os seus impactos na erosão hídrica. Na realidade trata-se do processo de dinâmica actual do relevo considerado como mais activo e generalizado (Costa, 2002 e 2004), que depende da concentração/dispersão dos episódios chuvosos e da ocorrência de valores extremos de precipitação.

Durante a curta estação húmida de três meses, que decorre apenas entre Agosto e Outubro, registam-se 90% das precipitações anuais em 10% dos dias, em particular nos meses de Agosto e Setembro nos quais ocorrem 75% dos dias de chuva do ano (Ferreira, 1986). O mês mais chuvoso varia entre Agosto e Setembro conforme os locais (Correia, 1998a). Nestes dois meses há uma maior probabilidade de ocorrência de condições de instabilidade, nomeadamente as relacionadas com a aproximação do Equador meteorológico e a conseqüente invasão de ar marítimo de monção de sudoeste, que por serem as mais pluviogénicas se designam localmente por *tempo de chuva*, com invasões de ar polar responsáveis por algumas chuvadas e com a passagem pontual de *depressões tropicais* (Amaral, 1964 e 1991).

A uma forte concentração sazonal das precipitações associa-se ainda uma outra diária, igualmente acentuada, pois, nas regiões mais secas do litoral meridional (Praia - 27m), o número de dias de chuva no ano não ultrapassa os 4%, o que representa 15 dias, segundo um estudo efectuado para um período de 40 anos (Ferreira, 1986). Nos sectores mais pluviosos, das montanhas centrais da ilha, corresponde a 9%, ou seja 40 a 50 dias do ano. Encontram-se nesta situação o Maciço do Pico da Antónia, onde se centram as cabeceiras da bacia da Ribeira Seca (S. Jorge dos Órgãos a 350m) ou os sectores mais elevados a norte da Ilha (Serra da Malagueta a 750m). Os dias mais chuvosos

comportam mais de 20 % do total da precipitação anual, sendo que em 30% dos dias do ano ocorrem entre 5 a 15mm e em cerca de 20% entre 15 e 30mm (Marzol et al (2006).

Com base em dados relativos ao período de 1965-1990 elaboraram-se gráficos do regime provável de postos pluviométricos de Santiago que possuem séries de dados mais longas (Correia, 1998a). A leitura comparada dos referentes a três postos da bacia da Ribeira Seca, Curralinho, S. Jorge dos Órgãos e Levada de Bom Pau, respectivamente de montante para jusante, comprova a diminuição das precipitações bem como da probabilidade de ocorrerem valores mensais mais elevados para o sector inferior da bacia (fig. 1). Precipitações totais mensais de 300mm têm uma maior susceptibilidade de ocorrerem no mês de Setembro em Curralinho, mais a montante, do que em S. Jorge e não é provável que se verifiquem em Levada, mais a jusante. Valores da ordem de 200mm mensais têm maiores probabilidades de se registarem nas estações mais a montante e num número mais elevado de meses que em Levada. Se se tomar o valor da mediana como referência das condições mais comuns, verifica-se que ele atinge os 100mm em 2 meses (Agosto e Setembro) em Curralinho nas cabeceiras, apenas um mês (Setembro) em S. Jorge e dificilmente esse valor se atingirá em Levada, no sector médio da bacia (fig. 1).

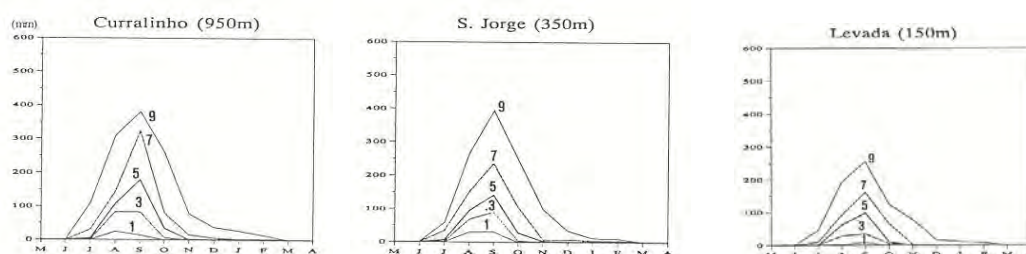


Fig. 1 – Regime provável de postos pluviométricos da bacia da Ribeira Seca (adap. Correia, 1998a).

No período 1938 a 1979 para as estações meteorológicas da bacia, Curralinho e S. Jorge dos Órgãos, precipitações mensais acima de 50mm têm cerca 90% de susceptibilidade de ocorrerem nos meses de Setembro e Outubro, e de 50% em Outubro (quadro I) (Silva, 1981). Acima de 100mm as possibilidades rondam os 70% nos meses de Agosto e Setembro e 30% em Outubro.

Quadro I – Ocorrência de determinados totais de precipitação mensais (%) em Curralinho e S. Jorge dos Órgãos – Ribeira Seca (seg. Silva, 1981).

Estações meteorológicas Rib. Seca (alt.- m)	Meses R (mm)	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.
		Curralinho (950 m)	> 5		5,6	75,0	100,0	100,0	88,9	61,1	30,6	25,0	22,2
	> 25			52,8	97,2	94,4	75,0	41,7	19,4	5,6	8,3		
	> 50			30,6	94,4	91,7	55,6	33,3	8,3	2,8	2,8		
	> 75			22,2	88,9	91,7	47,2	30,6	8,3	2,8	2,8		
	>100			13,9	77,8	86,1	33,3	19,4	5,6	2,8	2,8		
S. Jorge dos Órgãos (350 m)	> 5	2,4	7,3	68,3	100,0	100,0	82,9	58,5	34,1	24,4	17,1	2,4	
	> 25	2,4		51,2	95,1	95,1	70,7	34,1	19,5	4,9	7,3		
	> 50			22,0	87,8	87,8	51,2	29,3	7,3	2,4			
	> 75			7,3	68,3	82,9	41,5	24,4	4,9	2,4			
	>100			7,3	63,4	75,6	36,6	17,1	4,9	2,4			

As chuvas de grande intensidade são frequentes devido à sua natureza convectiva, a que se associa o vigor das formas de relevo, pois em 50% dos dias de chuva as precipitações atingem 4mm em S. Jorge dos Órgãos e em 7% excedem os 50 mm (quadro II). Em clima mediterrânico apenas 2% dos dias registam precipitação superior a este último valor (Ferreira, 1986 e 1987). Na mesma estação meteorológica nos meses de Julho a Novembro 56% do volume das precipitações têm intensidades

entre 20 e 100mm e 18% superiores a 100mm. No período entre 1963 e 1984, durante os meses de Setembro e Outubro, mais de 25% dos dias de chuva registaram um volume superior a 20mm. Para a estação de Curralinho, a 950m de altitude no limite sudoeste da bacia, em 50% dos dias dos meses de Setembro e Outubro as chuvas atingiram os 20 mm, em 20% são superiores a 50mm, em 14% ultrapassaram 100mm e os máximos absolutos excederam os 300mm.

Quadro II – Número de dias de chuva de intensidade determinada em S. Jorge dos Órgãos – Ribeira Seca (seg. Ferreira, 1987).

Intensidade (mm)	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Período
< 5	19	48	24	13	17	1963 - 1970
5,1 - 10	4	12	18	5	3	
10,1 - 20	2	12	16	4	1	
20,1 - 50	1	5	17	14	0	
50,1 - 100	1	7	11	5	0	
> 100	0	0	1	0	0	
< 5	14	40	22	8	4	1971 - 1978
5,1 - 10	2	16	13	2	1	
10,1 - 20	0	10	4	2	0	
20,1 - 50	0	10	6	0	0	
50,1 - 100	0	0	5	1	0	
> 100	0	1	2	0	0	

A aplicação da lei de Gumbel à distribuição das precipitações máximas diárias para a Ilha de Santiago, no período de 1941-1990, permite concluir que valores superiores a 100mm, têm uma probabilidade de ocorrência de 50%, para um período de retorno máximo de dois anos nas regiões mais húmidas da bacia da Ribeira Seca (Curralinho e S. Jorge dos Órgãos) (Costa, 2002) (fig. 2 a). Para as mesmas áreas valores acima dos 50mm, têm uma probabilidade de 75% para um período de retorno de 1.4 anos e superiores a 10mm uma probabilidade de 90% em 1.2 anos.

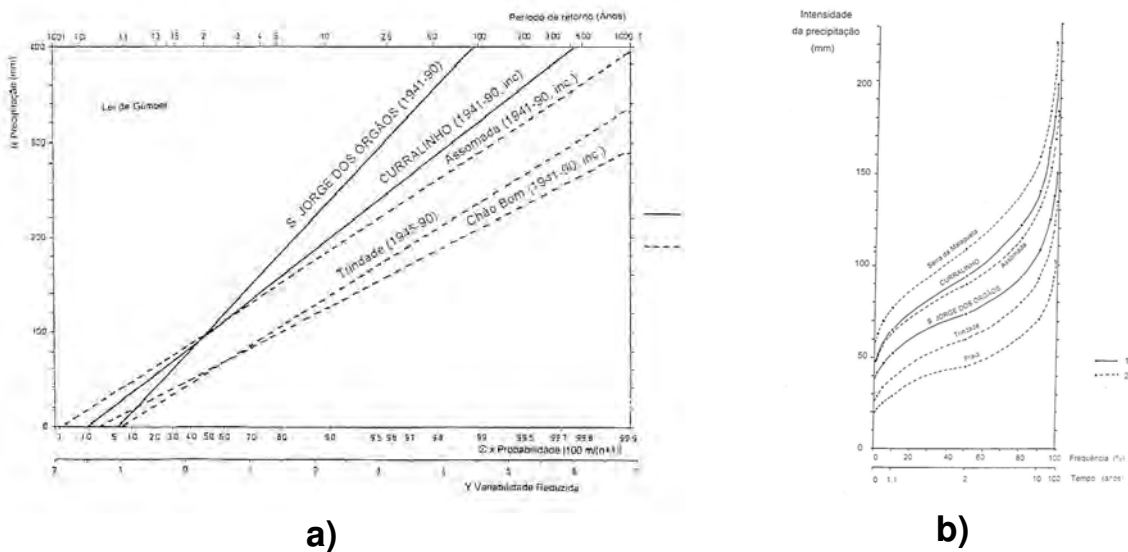


Fig. 2 – Probabilidade de ocorrência de precipitações, para estações meteorológicas de Santiago: a) precipitações máximas diárias (1941-1990); b) quantidade de precipitação durante os episódios chuvosos (1949-1970).

Com base em dados de 1949 a 1970, de várias estações meteorológicas de Santiago, estabeleceu-se um modelo teórico de probabilidade de ocorrência de episódios chuvosos por classes de intensidade (Dittrich, 1982) (fig. 2 b). Por leitura directa pode-se concluir que um episódio chuvoso de 50mm, nos locais mais pluviosos da bacia da Ribeira Seca, Curralinho e S. Jorge dos Órgãos, têm uma

probabilidade de ocorrência inferior a 1 ano e um de 100mm, respectivamente de 3 e 8 anos (fig. 2 b).

Os efeitos potenciais da precipitação diária intensa acentuam-se com o volume acumulado em dias sucessivos. Na Serra da Malagueta, região mais húmida da Ilha de Santiago, a duração modal de períodos pluviosos é de 3 dias, e nos meses de Setembro e Outubro acumulam-se frequentemente valores de 100mm (Ferreira, 1987).

Segundo Mannaerts (1986) em Cabo Verde existe uma “... estreita dependência entre o total da precipitação anual e as chuvadas excepcionais, caracterizadas pela sua intensidade e duração, parâmetros muito diferentes dos da precipitação média anual.... Para uma pluviosidade anual fraca, da ordem de 250-300mm, média anual para as regiões mais áridas da Ilha de Santiago, está associado um índice de erosividade de Wischemeier de 200 ton/ha/ano”.

A maioria das banquetas vegetalizadas para a conservação de solos e água, implantadas nos sectores mais a montante de afluentes do sudoeste da bacia da Ribeira Seca, sofreram roturas de 1993 a 1996, apesar da média das precipitações ser de 262mm (1980-1995). Na realidade na primeira metade da década de 90 apenas em 1994 se registaram precipitações muito inferiores à mediana (Correia, 2000). No ano de 1995 observaram-se 375mm naquele sector da bacia (Godim), com quatro dias acima dos 40mm e em dois deles registaram-se intensidades (I_{30}) consideradas muito elevadas para uma região saheliana, de 40mm/h (Querido, 1995).

As primeiras chuvas, de acordo com Ferreira (1996), provocam lavagem de material fino e as posteriores facilitam o desenvolvimento de sulcos e ravinas densos e pouco profundos em vertentes de declives suaves. As mais intensas originam rapidamente ravinas profundas, que se adensam e encaixam em cada estação das chuvas, em particular nas regiões orientais mais pluviosas.

Para a estação meteorológica de S. Jorge dos Órgãos, localizada no sector das cabeceiras da bacia da Ribeira Seca, foi avaliada a erosividade (R) dos 55 aguaceiros de mais de 10mm que ocorreram num período de 7 anos (1981-1987) (Faurés e Morais, 1988). Para uma média de 7.9 aguaceiros anuais, a erosividade média anual (Ran) foi de 331.5 MJ.cm/ha.ano, com uma variação entre 43.1 MJ.cm/ha.ano (1981) e 668,2 MJ.cm/ha.ano (1984). A razão da erosividade média com a precipitação média anual permitiu obter um valor de 0.71, muito acima do alcançado em países do continente africano, como Burkina Faso, Níger e Senegal, que se cifra apenas em 0,50, pelo que “as chuvas em S. Jorge dos Órgãos têm um carácter bastante erosivo” (Faurés e Morais, 1988). Definiram uma equação linear ($r=0,89$) entre a erosividade (Ran) e a precipitação (Pan) anuais que permite estimar a erosividade para regiões “similares do país”, a partir da precipitação total anual.

$$Ran=1.16 Pan-158.3 \quad (\text{eq. 1})$$

No contexto de estudos sobre a erosão dos solos, efectuados em áreas experimentais no sector meridional árido de Santiago (Mannaerts, 1986 e Norton, 1986), analisaram-se, durante um período de 7 anos (1980-1987), 63 episódios chuvosos de pelo menos 9 mm, que ocorreram em 15 minutos. Os registos efectuados permitiram concluir que a energia cinética das chuvadas se assemelha à de outras regiões tropicais (Zâmbia e Filipinas) (Mannaerts e Gabriels, 2000). Foi possível, a partir dos registos daqueles episódios chuvosos, propor uma equação que permite obter a erosividade da precipitação em $\text{kJm}^{-2}\text{mm.h}$, cujo coeficiente de correlação $r^2=0,90$ indica uma boa correlação entre o modelo proposto e os dados registados. Expressa a intensidade da precipitação em 30 minutos, definida com base no valor da precipitação diária (P_{24}).

$$EI_{30}=0.0723 (P_{24})^{0,85} \quad (\text{eq. 2})$$

A componente erosividade das precipitações da equação de Fournier utilizada por Marques (1984) para sub-bacias da Ribeira Seca, tem por base a precipitação total do mês mais chuvoso (p) e o total anual (P).

$$Rc = p^2/P \quad (\text{eq.3})$$

Em certa medida esta equação permite comparar a pluviosidade total anual com a do mês em que há maior probabilidade de ocorrer mais episódios chuvosos e conseqüentemente maior erosividade. Os meses mais pluviosos são o de Agosto em cerca de metade dos postos pluviométricos da bacia, em particular no seu sector norte e oriental, e o de Setembro, na outra metade, sobretudo no sector sul e ocidental mais húmido. Marques (1984) concluiu que as sub-bacias do sector mais pluvioso das cabeceiras são as mais susceptíveis à erosão hídrica.

Crepani et al. (2004), citando Buckman e Brady (1976), referiram que a pluviosidade total, a intensidade pluviométrica e a distribuição sazonal são as características das precipitações envolvidas nos processos de erosão hídrica. Consideraram, no entanto, que a intensidade pluviométrica exprime “a energia potencial disponível para se transformar em energia cinética responsável pela erosividade das precipitações” (Crepani et al., 2004). A intensidade pluviométrica (I_p), em mm/mês, representa a relação entre as outras duas características e exprime-se pela equação

$$I_p = P_{\text{anual}} / (N^\circ \text{ de dias com chuva}/30) \quad (\text{eq. 4})$$

2. METODOLOGIA E DADOS

Para avaliar a distribuição espacial da intensidade da precipitação na bacia da Ribeira Seca, utilizaram-se três equações que permitiram estimar a erosividade das precipitações para Santiago (Faurés e Morais, 1988 (eq. 1); Fournier utilizada por Marques (1984) (eq. 2); Mannaerts e Gabriels, 2000 (eq. 3)), bem como uma outra aplicada em regiões áridas do Brasil (Crepani et al., 2004 (eq.4)). Utilizaram-se dados médios e medianos mensais e anuais de um período de 20 anos (1977-97), de 43 postos pluviométricos.

As estimações foram feitas com base em métodos geoestatísticos de interpolação espacial, por krigagem simples, univariada. Esta metodologia tem em conta a correlação espacial das variáveis regionalizadas e é baseada na modelização de variogramas (Isaaks e Srivastava, 1989). Foram ajustados os variogramas de cada uma das variáveis que representam cada uma das quatro equações utilizadas (fig. 3).

Os variogramas com um efeito de pepita mais elevados são os relativos às equações 3 e 4, correspondendo respectivamente a 40% e 70% da variabilidade total (fig. 3 c e d). Estes resultados traduzem um carácter quase errático da informação, o que se deve à existência de eventuais erros ou à variabilidade inferior à escala de amostragem, principalmente no caso da eq. 4 (fig. 3 d).

A estimação foi obtida recorrendo a métodos geoestatísticos de interpolação, por krigagem simples, para gerar três mapas da distribuição espacial da erosividade e um da intensidade das precipitações, ou seja um por cada uma das equações utilizadas (figuras 4 a 7), em cinco classes de igual frequência de distribuição.

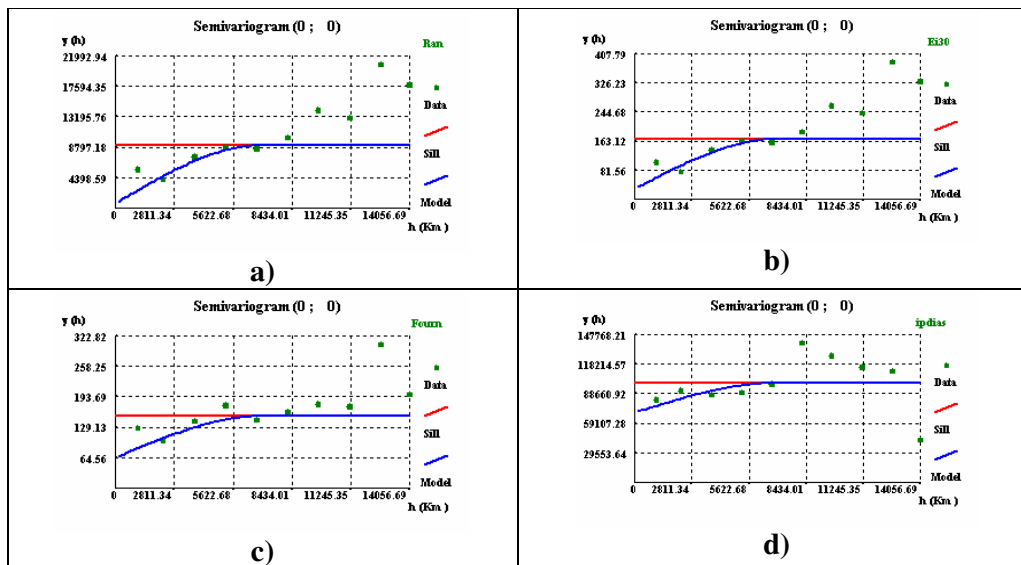


Fig. 3 - Variogramas simples das variáveis: a) erosividade anual da precipitação (Ran) (eq.1); b) erosividade dos episódios chuvosos (EI₃₀) (eq. 2); c) componente erosividade das precipitações Fournier (Four) (eq. 3); d) intensidade pluviométrica (IPdias) (eq. 4).

3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

A aplicação da equação (Ran) (eq. 1), proposta por Faurés e Morais (1988) para uma bacia afluenta da Ribeira Seca, permitiu obter um mapa da erosividade da precipitação anual (Ran) (fig. 4), obtido a partir dos valores de precipitação mediana anual. Os valores mais baixos ocorrem a nordeste, sector e menos pluvioso da bacia, e os mais elevados a sudoeste e sul, mais chuvoso, com um gradiente mais acentuado no sector mais próximo das cabeceiras.

A equação (EI₃₀) (eq. 2), proposta por Mannaerts e Gabriels (2000) para o sector meridional mais árido de Santiago, utiliza igualmente como variável de base a precipitação mediana anual. Com base nesta equação foi obtido um mapa de distribuição espacial muito semelhante ao anterior, embora os valores agora em causa sejam bem distintos, pois relacionam-se com a intensidade da precipitação a nível de episódios chuvosos. A erosividade destes episódios aumenta dos sectores mais a nordeste para os mais a sul e sudoeste (fig. 5).

A componente erosividade da precipitação da equação de Fournier (in Marques, 1984) (eq. 3) relaciona as variáveis precipitação mediana anual e precipitação mediana do mês mais chuvoso. Na realidade os resultados permitem ter uma melhor noção da concentração mensal da pluviosidade, do que nos casos das equações anteriores (fig. 6). A distribuição espacial da informação manifesta também algumas diferenças pois as áreas de maior concentração centram-se nos interflúvios que delimitam a bacia e, em particular os dos sectores sudoeste e sul (fig. 6). O vale do colector principal demarca-se pela sua fraca concentração pluviométrica, contrariamente ao que se verificava quando da aplicação das equações anteriores.

A equação de “intensidade pluviométrica” (IPdias) (eq. 4) relaciona as variáveis precipitação mediana anual e número de dias de chuva por mês, o que permite avaliar a concentração diária da precipitação. Contrariamente ao que se verificava pela aplicação das equações anteriores, a distribuição espacial dos resultados revela menor concentração da quantidade diária da precipitação

na região ocidental, mais húmida da bacia. As maiores concentrações temporais ocorrem no sector central e sudeste, onde se registam os totais mais baixos de precipitação anual (fig. 7).

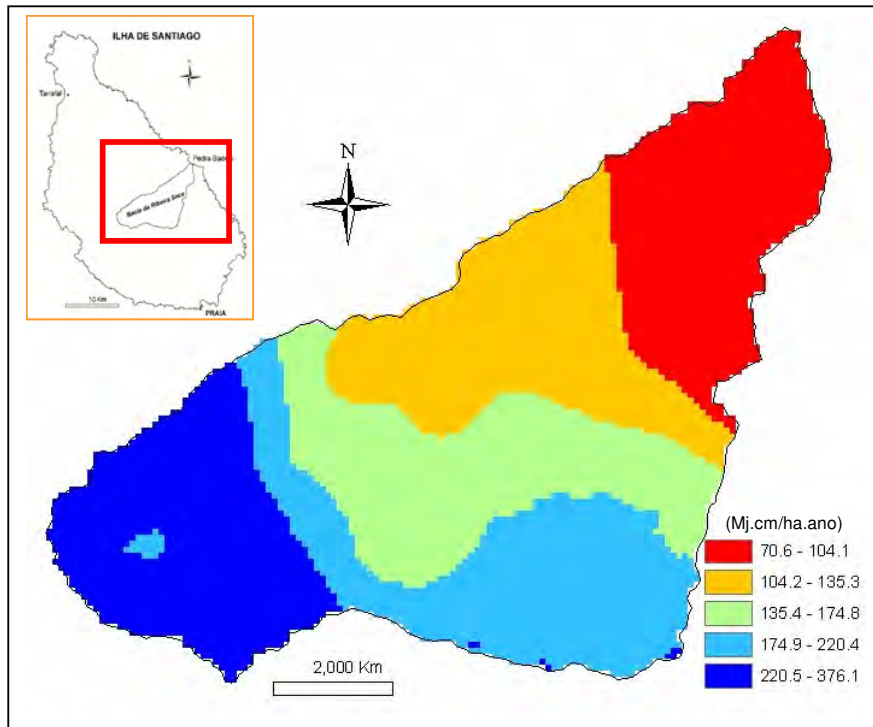


Fig. 4 - Erosividade anual da precipitação (Ran) na bacia da Ribeira Seca.

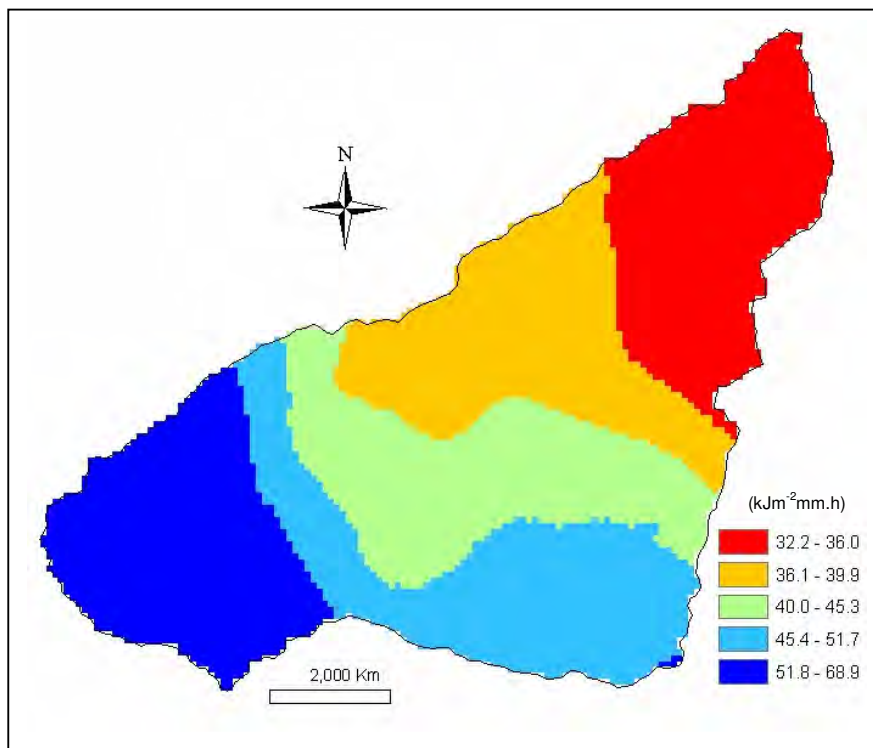


Fig. 5 – Erosividade da precipitação (EI₃₀₋) na bacia da Ribeira Seca.

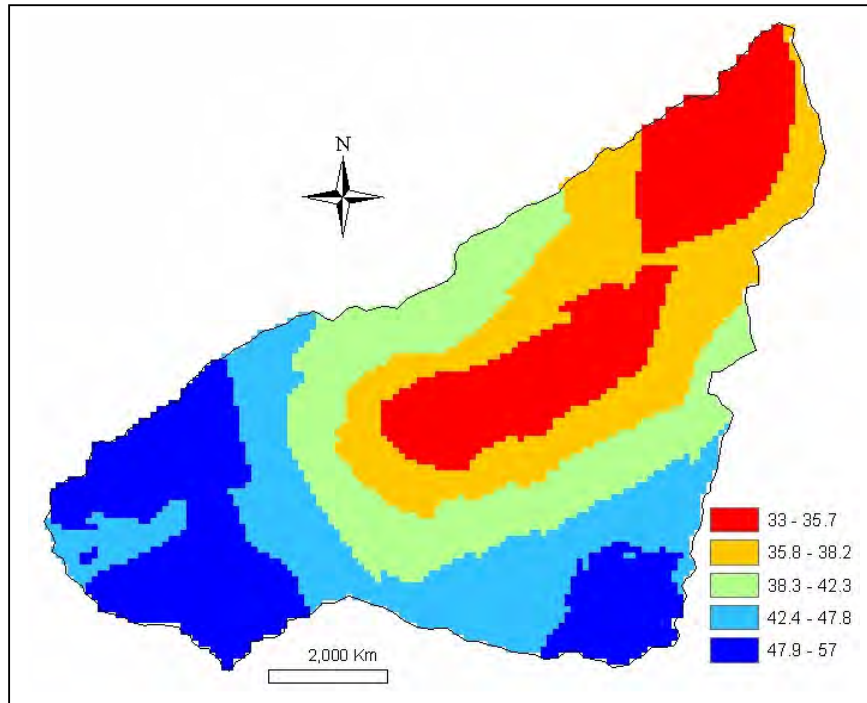


Fig. 6 - Erosividade da precipitação (Fournier) na bacia da Ribeira Seca.

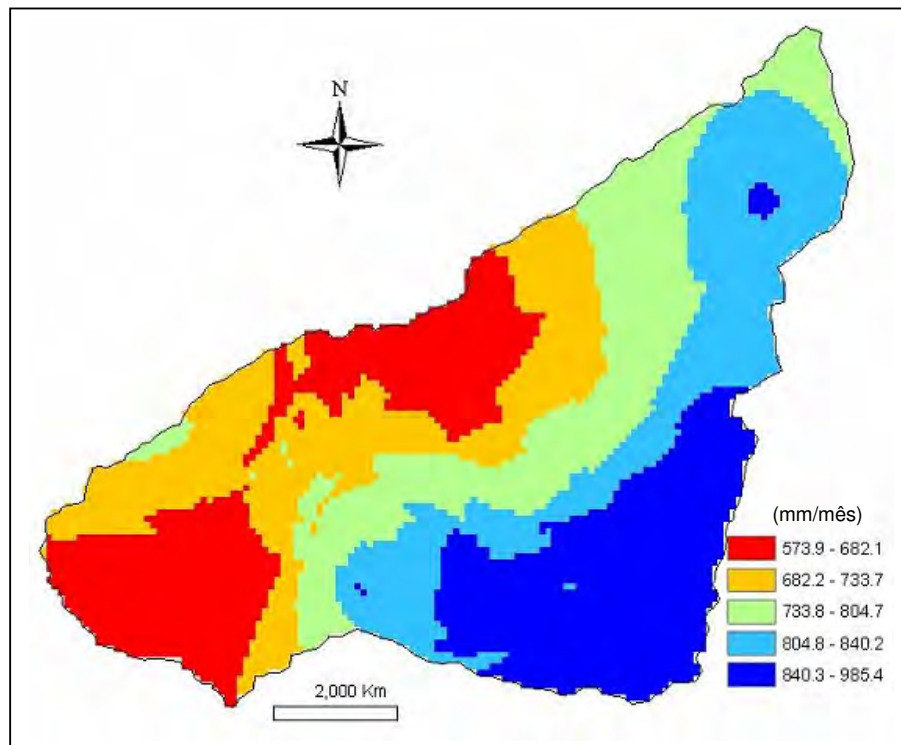


Fig. 7 - Intensidade pluviométrica (IPdias) na bacia da Ribeira Seca.

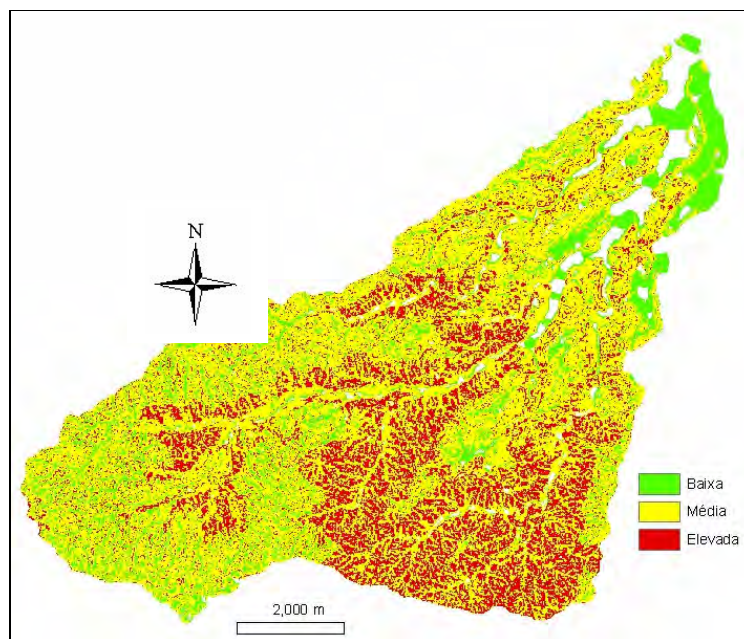


Fig. 8 – Susceptibilidade à erosão hídrica em função de variáveis geomorfológicas na bacia da Ribeira Seca (Costa e Nunes, 2007a).

Na realidade nesta região central e sudeste da bacia encontram-se os testemunhos mais marcantes de formas de erosão hídrica (Costa, 2002). De acordo com o modelo estabelecido por Costa e Nunes (2007a e b) estas são igualmente as áreas mais susceptíveis à erosão hídrica, em função de factores geomorfológicos (fig. 8). Neste sector da bacia as unidades geológicas têm uma elevada erodibilidade, a que se associam condicionantes morfométricas locais que facilitam a erosão, como sejam os declives acentuados e a grande representatividade dos sectores das vertentes com traçados côncavos e com perfis rectilíneos (Costa e Nunes, 1997b). Se a esta marcada erodibilidade local se juntarem as condições de uma mais acentuada erosividade das precipitações, conforme sugere a sua elevada concentração diária, de acordo com os resultados obtidos pela aplicação da equação de Crepani et al (2004) (eq. 4), este sector central e sudeste encontra-se entre os mais susceptíveis à erosão hídrica de toda a bacia. Torna-se assim o que merece uma particular atenção quanto às formas de ocupação e utilização do solo, nomeadamente ao tipo de práticas agrícolas, bem como às medidas de conservação de solos a implementar.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, A. 1964, *Santiago de Cabo Verde. A Terra e os Homens*. Lisboa, Memórias da Junta de Investigações do Ultramar, 48 (2ª Série), 444 p..
- Amaral, A. 1991 *Cabo Verde: Introdução geográfica*. In: *História geral de Cabo Verde*. Lisboa, Instituto de Investigação Científica Tropical, Direcção-Geral do Património Cultural de Cabo Verde: 1-22.
- Buckman, H. O. & Brady, N. C., 1976, *Natureza e propriedades dos solos*. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 4ª ed., 595 p..
- Correia, E. 1998a, *Condições pluviométricas para a cultura do milho na Ilha de Santiago (Cabo Verde)*. Lisboa, Instituto de Investigação Científica Tropical, 115 p..
- Correia, E 1998b, Sobre a variabilidade da precipitação e o «tempo das águas» em Cabo Verde. Lisboa, *Garcia de Orta. Série de Geografia*, 16 (1-2): 49-61.

- Correia, E., 2000, A propósito da ideia de «anos bons» após as erupções na Ilha do Fogo. Lisboa, *Garcia de Orta. Série de Geografia*, 17 (1-2), p. 47-60.
- Costa, F. L., 2002, *Evolução geomorfológica quaternária e dinâmica actual na bacia da Ribeira Seca (Santiago oriental - Cabo Verde)*. Lisboa, Dissertação equivalente a Doutoramento apresentada ao Instituto de Investigação Científica Tropical para prestação de provas de acesso à categoria de Investigador Auxiliar, 270 p..
- Costa, F. L., 2004, Contribuições para o conhecimento dos processos erosivos em Cabo Verde. Lisboa, *GeoInova. Revista do Departamento de Geografia e Planeamento Regional*, 15: 215-244.
- Costa, F. L. & Nunes, M.C., 2007a, Condicionantes geomorfológicas de erosão hídrica na bacia da Ribeira Seca (Santiago, Cabo Verde). Lisboa, *Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos*, 5: 107-120.
- Costa, F. L. & Nunes, M.C., 2007b, Contributos para o conhecimento da perda de solo na bacia da Ribeira Seca (Santiago, Cabo Verde). Angra do Heroísmo, *1ª Congresso Lusófono de Ciência Regional*, 16 p..
- Crepani, E.; Medeiros, J. & Palmeira, A., 2004. *Intensidade pluviométrica: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo*, São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 30 p..
- Dittrich, I., 1982, *Une délimitation des composants du bilan hydrique pour Santiago. Un modèle sémi-déterministique*. Praia, Gabinete de Estudos e Planeamento do Ministério do Desenvolvimento Rural, 25 p..
- Faurès, J. M. & Morais, J. T., 1988, Aplicação da Equação Universal da Perda de Solo de Wischmeier (USLE) à bacia hidrográfica de S. Jorge. Vila da Ribeira Grande, *Actas do 1º Seminário Nacional de Conservação de Solos e Água*, p. 103-114.
- Ferreira, D., 1986, *Étude de la secheresse dans l'île de Santiago (Cap Vert)*. Lisboa, Centro de Estudos Geográficos, Relatório da Linha de Acção de Geografia Física, 23, 112 p..
- Ferreira, D., 1987, La crise climatique actuelle dans l'archipel du Cap Vert. Quelques aspects du problème dans l'île de Santiago. Lisboa, *Finisterra. Revista Portuguesa de Geografia*, 22 (43): 113-152.
- Ferreira, D., 1996, *Water erosion in the Cape Verde Islands: factors, characteristics and methods of control*. In Slaymaker, O., *Geomorphic hazards*. Chichester, John Wiley & Sons: 111-124.
- Isaaks, E.H., e Srivastava, R.M., 1989. *An introduction to applied geostatistics*. New York, Oxford University Press, 561p.
- Mannaerts, C., 1986, *Contribution à l'évaluation de l'érosion des sols au Cap Vert. Influence des plantations forestières*. Praia, Réboisements, Développement Foréster Santiago-Maio. FAO, 43 p..
- Mannaerts, C., & Gabriels, D., 2000, Rainfall erosivity in Cape Verde. *Soil and Tillage Research*, 55: 207-212
- Marques, M., 1984, *Relatório técnico da missão de cooperação (5ª fase) realizada na República de Cabo Verde em Junho/Julho de 1983. 1. Ensaio de compartimentação da paisagem na bacia hidrográfica da Ribeira Seca (ilha de Santiago)*. Lisboa, Centro de Estudos de Pedologia, 50 p..
- Marzol, M. V.; Yanes, A.; Romero, C.; Azevedo, E.B.; Prada, S. & Martins, A., 2006, Los riesgos de las lluvias torrenciales en las islas de la Macaronesia (Azores, Madeira, Canarias y Cabo Verde). *Publicaciones de la Asociación Española de Climatología*, S.A, nº 5: 443-452.
- Norton, D., 1986, *Summary report: soil erosion modeling. Short-term assignment*. S/ local, Cape Verde Watershed Development Project, 13 p..
- Querido, A. et al., 1995, *Un exemple de recherche-action. Étude de l'impact de techniques agronomique et d'aménagement sur le ruissellement et l'érosion dans une zone semi-aride de Santiago (Cap Vert): conséquences sur la teneur en eau des sols*. PRODAP / INIDA, Praia, 10 p..
- Silva, R., 1981, *Analyse des précipitations mensuelles pour six stations pluviométriques de l'île de Santiago*. Praia, Ministério do Desenvolvimento Rural, Programa Agrhymet, N. T. 1, 21 p..