

Contribuições para o conhecimento dos processos erosivos em Cabo Verde

Fernando L. COSTA

Centro de Geografia - Instituto de Investigação Científica Tropical (IICT)
R. Ricardo Espírito Santo, 7cv Esq. 1200-790 LISBOA (PORTUGAL)
Tel.: +351.213901978 Tel./Fax: +351.213956772 e-mail : cgeog@iict.pt

Resumo

A bibliografia sobre erosão e processos erosivos em Cabo Verde limita-se a cerca de três dezenas de títulos, se se considerarem as publicações que, embora dedicados a outros temas, acabam por abordar cientificamente esses fenómenos. Os trabalhos, em grande parte, encontram-se mais orientados para fins climáticos e agronómicos do que para a perspectiva geomorfológica que se pretende salientar.

Apresenta-se uma síntese da evolução dos conhecimentos sobre a erosividade das precipitações, a perda de solo, os processos erosivos e as formas de relevo, a erosão e as ações antrópicas. A maioria dos estudos centraram-se na Ilha de Santiago, onde a bacia da Ribeira Seca merece uma especial atenção.

Palavras-chave: processos erosivos, perda de solo, dinâmica de vertentes, conservação de solos e água, Arquipélago de Cabo Verde.

Abstract

The bibliography concerning erosion and erosion processes in Cape Verde reach only about thirteen titles, if we consider the studies dedicated to other subjects that include scientific notes about those phenomena. Many papers refer the erosion rather in a climatic or agronomic perspective than in a geomorphologic one, as we want to emphasize in this article.

We present a synthesis of the evolution of the knowledge about rain erosivity, soil loss, erosion processes and topographic forms and erosion and human activities. The great majority of the studies are generally centred at Santiago Island, and, particularly, at the Ribeira Seca basin.

Keywords: erosion processes, soil loss, slope evolution, soil and water conservation, Cape Verde archipelago.

Resumé

La bibliographie sur l'érosion et les processus érosifs au Cap Vert se limite a trois dizaines de titres, si on considère les publications sur autres thèmes qui abordent scientifiquement ces phénomènes. Beaucoup de travaux ont une perspective plus climatologique ou agronomique que géomorphologique, comme on veut marquer dans cet article.

On présente une synthèse de l'évolution des connaissances sur l'érosivité des précipitations, la perte de sol, les processus érosifs et les formes de relief, et érosion et activités humaines. Le grand majorité des études se centrent sur l'île de Santiago, et, en particulier, au bassin de la Ribeira Seca.

Mots-clés: processus érosifs, perte de sol, dynamique des versants, conservation du sol et de l'eau, Archipel du Cap Vert.

1. Introdução

Os fenómenos de evolução do relevo têm vindo a afectar cada vez mais o Homem, à medida que ele ocupa regiões sujeitas a uma dinâmica mais activa e, consequentemente, com maiores riscos naturais. Por seu turno, a ocupação excessiva ou o uso indevido do solo levam, frequentemente, ao desencadeamento e/ou aceleração de determinados processos de evolução, que podem comprometer o normal funcionamento dos ecossistemas, e conduzir a perdas irreversíveis de solos, frequentemente herdadas de climas passados, e a graves crises ambientais. A degradação dos solos, em particular a sua erosão, constitui um dos fenómenos naturais mais limitantes à ocupação do território, em geral, e ao desenvolvimento rural, em particular, por redução de espaço agrícola útil.

A quantificação das perdas de solo, a identificação dos factores naturais e antrópicos e dos processos da dinâmica actual do relevo que as provocam, constituem um conhecimento científico que pode contribuir para a implementação de práticas agrícolas que permitam a preservação e o uso sustentável do solo, como garantias de segurança alimentar.

Em Cabo Verde, a erodibilidade das vertentes constitui uma das principais preocupações da degradação ambiental, dada a conjugação de diversos factores limitantes naturais, entre os quais sobressaem, o declive acentuado das vertentes, a fraca cobertura vegetal e a ocorrência de chuvadas de elevada erosividade, durante um escasso número de dias dos três meses da estação húmida. Neste meio saheliano, de características semiáridas, o sobre-aproveitamento agro-silvo-pastoril pouco consentâneo com o uso sustentado, contribui também para acentuar a degradação do solo, bem como da cobertura vegetal.

Para minorar os efeitos da erosão hídrica e melhorar o aproveitamento das águas superficiais, foram tomadas medidas para a arborização e a protecção silvícola, ainda no Séc. XIX e efectuaram-se os primeiros estudos sobre estes temas. No século XX criaram-se os principais perímetros florestais em altitude em

Santiago, Fogo e Sto. Antão e arborizaram-se vastas áreas em todas as outras ilhas. Depois da Independência, no âmbito de vários planos de desenvolvimento nacionais, foram contempladas, como prioridades, a florestação e a reconstituição/conservação dos solos e de água (Barbosa & Cruz, 1990), que mobilizaram 45 a 50 % do investimento de projectos de desenvolvimento rural financiados pela cooperação internacional (Couto, 1997). Paralelamente, efectuaram-se avaliações de perda de solo, análises de intensidade e duração das precipitações e do seu potencial de erosividade e breves abordagens à topografia, como factor responsável pelo desencadeamento de processos erosivos, e às formas de relevo deles resultantes.

2. Estudos sobre perda de solo e erosividade das precipitações

As pesquisas sobre a perda de solo compreenderam simples constatações, avaliações empíricas, registos de caudal sólido de bacias hidrográficas e medições em parcelas experimentais.

A dinâmica particularmente activa dos cursos de água, a erosão e a perda de solo em Cabo Verde, podem ser evidenciadas pela mera constatação de que, na sequência de chuvadas, as linhas de água transportam um elevado caudal sólido e transformam-se em “verdadeiras torrentes impetuosas, densamente carregadas de materiais finos, arrastando grandes blocos pelo fundo, removendo os materiais dos depósitos” (Amaral, 1964: 149-150). Estes sedimentos atingem o mar e conferem-lhe uma tonalidade amarelo avermelhada, sobretudo nas proximidades das desembocaduras das ribeiras. Vários autores ao constatarem a elevada carga sólida que os cursos de água transportam em dias de chuva, admitem que se verificam perdas elevadas de solo em Cabo Verde. De entre eles salienta-se Silva (1990), que aponta, inclusivamente, uma erosão de cerca de 50 a 60 ton./ha/ano (quadro 1), sem que especifique a forma como obteve esses valores.

Uma grande maioria das aproximações empíricas foi feita para a bacia e sub-bacias da Ribeira Seca, que se localiza na vertente oriental de Santiago, a mais húmida e exposta aos ventos predominantes de nordeste, e cujas cabeceiras se centram no Maciço do Pico da Antónia (1394 m), o mais elevado da ilha.

Trata-se da bacia mais extensa de Santiago, uma das mais povoadas e com maior ocupação agrícola, pelo que é uma das mais importantes do ponto de vista económico e social. Estes aspectos fizeram desta bacia um alvo preferencial de projectos de investigação, no âmbito dos quais decorreram estudos de avaliação da perda de solo e se aplicaram várias medidas de engenharia rural e hidráulica, visando a conservação de solos e de água.

A maioria das avaliações empíricas de perda de solo data da década de oitenta do século passado e teve por base a Equação de Fournier e a Equação Universal da Perda de Solo (USLE – Wischmeier) aplicadas a bacias hidrográficas, ou resultaram de simples observações e constatações, sem recurso a modelos matemáticos.

Para as sub-bacias da Ribeira Seca (Marques, 1984) calculou-se a erosão específica do solo (E) pela equação de Fournier ($\log E = 2,65 \log p^2/P + 0,46 \log h \operatorname{tg} \alpha - 1,56$), tendo por base a precipitação total do mês mais chuvoso (p), o total

anual (P), a altura média da bacia (h) e o coeficiente de massividade do relevo (tg α). Para esta avaliação recorreu-se a dados de precipitação de 1955-64, de uma única estação meteorológica, S. Jorge dos Órgãos. Os resultados obtidos ficaram, assim, dependentes, exclusivamente, dos parâmetros fisiográficos de cada sub-bacia. Coube, assim, ao total da bacia uma erosão de 24,6 ton./ha/ano, e um máximo de 103,9 ton./ha/ano, para afluentes cujas cabeceiras se centram em áreas de declives mais acentuados e de maiores contrastes altitudinais como o Maciço do Pico da Antónia (quadro 1).

Quadro 1 - Taxas de erosão no arquipélago de Cabo Verde.

Autor	Local	Condições	Valores	Obs.
R. Silva, 1990	Cabo Verde	carga sólida de cursos de água	50 a 60 ton./ha/ano	
M.M.Marques, 1984	Bacia Rib. Seca Ilha de Santiago	Reg. Pluviom 1980-1985 S. Jorge dos Órgãos Coef. massividade bacias		24.6 ton./ha/ano (média da bacia) 43.4 a 103.9 ton/ha/ano
J.M.Faures & J.T.Morais, 1988	Bacia Rib. Longueira Ilha de Santiago	registos pluviométricos 1981-1987 S. Jorge dos Órgãos	275 ton./ha/ano	USLE - Wischemeier
C..Mannaerts, 1986 D. Norton, 1986	Bacias Rib. S. Filipe e Trindade Ilha de Santiago	registos pluviométricos 1980-1985 Trindade	50 a 200 ton./ha/ano	USLE - Wischemeier
J.M.Faures & J.T.Morais, 1988	Bacia Rib. Longueira Ilha de Santiago	carga sólida de c. água 1981-1987	100 ton./ha/ano	carga sólida de c. água
C..Mannaerts, 1986 D. Norton, 1986	Bacias Rib. S. Filipe e Trindade Ilha de Santiago	carga sólida de c. de água 1984-1985	2 a 40 ton./ha/ano	medições em bacias
J. C. Olivry, 1989	Bacias Rib. Grande e Brava Ilha de São Nicolau	carga sólida de c. de água 1978-1983	5.5 - 430 ton./ha/ano	medições em bacias
B. Haagsma, 1990	Planalto Leste Ilha de Sto. Antão	dimensão média e densidade de sulcos na sequência de chuvada	160 ton./ha/ano	medições de sulcos
A.A. Sabino, 1991 e 1992	Bacias da Ilha de Santiago	diques transversais de vales 1975-1989	7,5 ton./ha/ano	taxa de sedimentação
G. La Costa, 1993	S. Jorge dos Órgãos S. Domingos Ilha de Santiago	diferentes ocupações solos 1991-1992	1 a 1,5 ton./ha/ano	parcelas experimentais
B. Smolikowski e outros, 1998	Godim Ilha de Santiago	diferentes ocupações solos 1995-1996	37,7 ton./ha/ano	parcelas experimentais
E. Roose, 1994	Godim Ilha de Santiago	diferentes ocupações solos 1995-1996	30 a 100 ton./ha/ano	parcelas experimentais
A. Querido, 1999	Godim Ilha de Santiago	diferentes ocupações solos 1995 a 1997	4,2 a 107,7 ton./ha/ano 10,8 a 87,1 ton./ha/ano	parcelas experimentais solo a nu cultura milho / feijão

Como resultado da aplicação da Equação Universal da Perda de Solo (USLE – Wischemeier), para a Ribeira da Longueira, uma das sub-bacias afluente do sector das cabeceiras da Ribeira Seca (Faurès & Morais 1988), obteve-se uma erosão média de 275 ton./ha/ano (quadro 1) ou seja cerca de 200 ton./ha/ano mais em relação à alcançada pela equação de Fournier para a mesma bacia (Marques, 1984).

Medições de carga sólida realizadas naquele curso de água para um período de 7 anos, de 1981 a 1987 (Faurès & Morais, 1988), permitiram registar uma erosão de 100 ton./ha/ano (quadro 1), isto é, cerca de 175 ton./ha/ano menos que o valor obtido empiricamente para esta bacia e para o mesmo período.

Os valores calculados pela mesma equação (USLE – Wischmeier), para três pequenas bacias afluentes das ribeiras de S. Filipe e da Trindade em Santiago meridional, com base em dados pluviométricos anuais de 1980 a 1985, de S. Filipe (Mannaerts, 1986a, b e Norton, 1986), variaram entre 50 e 200 ton./ha/ano (quadro 1). Segundo os mesmos autores os registos de carga sólida efectuados naqueles cursos de água, para o período de 1984 e 1985, variaram entre 2 e 40 ton./ha/ano (quadro 1), ou seja, muito abaixo dos obtidos empiricamente, como se tinha verificado para o caso Ribeira da Longueira. A amplitude de variação dos valores obtidos empiricamente e dos medidos directamente reflecte sobretudo a grande variabilidade inter-anual da precipitação. Os valores medidos dizem respeito ao comportamento da erosão dos sectores superiores de vales onde foram obtidos e onde, de um modo geral, ocorrem um entalhe e uma dinâmica mais activos, não reflectindo o comportamento geral das bacias em que se integram.

Medições de carga sólida efectuadas no período de 1978 a 1983 em bacias da ilha de S. Nicolau (ribeiras Grande e Brava) revelaram igualmente uma grande variabilidade anual (Olivry, 1989), entre 5,5 e 430 ton./ha/ano (quadro 1).

Com base na “dimensão média e na densidade dos sulcos” observados no Planalto Leste (Sto. Antão), na sequência de uma chuvada, admitiram-se perdas de solo máximas da ordem de 160 ton./ha/ano (Haagsma, 1990).

Como resultado do volume de sedimentos retidos por diques transversais, instalados em 17 bacias da Ilha de Santiago (Sabino 1991 e 1992), calculou-se uma taxa de sedimentação de 7,5 ton./ha/ano (quadro 1), no período 1975 a 1989. Cerca de 12 das bacias utilizadas localizam-se no sector oriental da Ilha, onde a taxa média de sedimentação se eleva a 8,8 ton./ha/ano. Os vales das ribeiras com maior número de diques construídos, foram os que registaram as mais elevadas taxas de sedimentação, entre 13,9 a 16,4 ton./ha/ano. Nestas bacias a maioria dos diques têm um enchimento de aluviões até ao topo e alguns deles foram, inclusivamente, alteados para fazer face ao excessivo afluxo de sedimentos.

Medições efectuadas em parcelas experimentais em S. Jorge dos Órgãos (vertente exposta a norte da Ribeira da Longueira) e S. Domingos (vertente exposta a leste), na Ilha de Santiago, durante “um ano de pluviosidade média (1992)” (La Costa, 1993), deram resultados de erosão de 1 a 1,5 ton./ha/ano (quadro 1), conforme a ocupação dos solos.

Igualmente em parcelas experimentais, numa vertente exposta a norte do vale da Ribeira de Godim, com declives de 30 a 35 %, nos anos de 1995 a 1997 (Querido, 1999), no sector de solo a nu, registaram-se valores entre 4,2 e 107,7 ton./ha/ano. Para o sector com ocupação de milho e feijão, registaram-se valores entre 10,8 e 87,1 ton./ha/ano e para o ordenado com banquetas vegetalizadas e com igual ocupação, os valores variaram entre 0,3 e 28,8 ton./ha/ano (quadro 1).

Todas as parcelas se localizam em vertentes, próximo dos topos, como em Godim e S. Domingos, daí que os resultados obtidos não têm em conta a sedimentação de materiais finos que se verifica para a base das vertentes, testemunhada pela concavidade basal dos seus perfis. Na realidade a dinâmica da vertente é semelhante à referida em estudos levados a cabo no Baixo Alentejo, onde se concluiu que existe “uma gigantesca circulação de sedimentos ao longo das vertentes” (Roxo e Casimiro 1999), com uma diminuição da espessura e da

qualidade dos solos, sobretudo nos topos e sectores intermédios das vertentes, uma acumulação de sedimentos na base e uma colmatação dos fundos de vale.

Desta forma as medições a nível de parcelas, aliás comuns para registar perdas de solos, retractam o caso do sector de vertente onde se localizam e não de toda a sua extensão e muito menos de uma região. A propósito destes registos pode admitir-se, como Fournier (1966: 49), que eles traduzem o “resultado da luta entre a água e o solo em condições do meio muito precisas que resultam da associação de factores como o declive, o tipo de solo, a vegetação...”. Desta forma os volumes das aluviões depositadas em fundos de vales, constitui um indicador mais fidedigno das taxas de erosão à escala regional. Na realidade o fenómeno erosivo deve ser avaliado nas mais diferentes escalas e o conhecimento da sua repartição espacial pode constituir um contributo fundamental para o estudo da evolução do relevo.

Em síntese pode afirmar-se que os cálculos empíricos das perdas de solo permitiram obter valores demasiado elevados se comparados com os registos directos (Quadro 1). Os valores da erosão obtidos por medições locais de cargas sólidas transportadas pelos cursos de água são muito superiores aos definidos em função do volume de sedimentos retidos em diques transversais ou do total de detritos erodidos em bacias experimentais. Os registos de parcelas experimentais revelam uma grande variação em função dos anos e dos tipos de ocupação do solo, embora um pouco superiores aos observados em fundos de vale.

Estudos efectuados em ambiente de savana, na África Ocidental (Burkina-Faso), revelaram igualmente valores de perda de solos mais elevados a nível da parcela experimental (131,9 ton/ha/ano) do que os registados no caudal sólido dos cursos de água das sub-bacias (80 ton/ha/ano) e da bacia (1,6 ton/ha/ano) em que se integravam (Fournier, 1966: 52).

Muitos foram os autores que se dedicaram ao estudo das precipitações em Cabo Verde, no entanto, poucos trataram a erosividade, a intensidade e duração das precipitações e os seus impactos na erosão.

Partindo de registos do período 1938 a 1979, de estações meteorológicas de Santiago, efectuou-se um estudo de probabilidade estatística da precipitação atingir determinados patamares durante os meses do ano (Silva, 1981). Para o caso dos sectores mais húmidos da ilha, precipitações acima de 50 mm têm uma probabilidade de cerca 90 % de ocorrerem em Agosto e Setembro, e de 50 % em Outubro. Acima de 100 mm as possibilidades rondam os 70 % em Agosto e Setembro e 30 % em Outubro. Estes valores, no entanto, não reflectem as condições dos episódios chuvosos responsáveis pela erosão hídrica.

Com base em dados de 1949 a 1970, de várias estações meteorológicas de Santiago, estabeleceu-se um modelo de probabilidade de ocorrência de episódios chuvosos por classes de intensidades (Dittrich, 1982), de acordo com o qual um episódio chuvoso de 50 mm tem uma probabilidade de ocorrência inferior a um ano, nos locais mais pluviosos.

Segundo Ferreira (1986 e 1996), nas ilhas montanhosas de Cabo Verde são frequentes as chuvas de grande intensidade, devido à sua natureza convectiva, reforçada pela presença do relevo. Alguns dos episódios chuvosos que ocorrem durante o ano podem atingir os 50 mm/dia, como acontece em 7 % dos dias de chuva verificados em S. Jorge dos Órgãos. Considerou, também, que as primeiras

chuvas 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.

A aplicação da lei de Gumbel à distribuição das precipitações máximas diárias para a Ilha de Santiago, no período de 1941-1990, levou a concluir que chuvadas fortes, superiores a 50 mm, têm uma probabilidade de ocorrência de 50 %, para um período de retorno máximo de dois anos (Costa, 2002), nas regiões mais secas (Trindade e Chão Bom). Nos sectores mais pluviosos (S. Jorge dos Órgãos e Currallinho) podem ocorrer valores acima dos 100 mm, para a mesma probabilidade e período de retorno.

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

Segundo Mannaerts (1986a: 10) "para uma pluviosidade anual fraca, da ordem de 250-300 mm, média anual para as regiões mais áridas, está associado um índice de erosividade de Wischemeier de 200 ton./ha/ano. Este facto pode-se explicar pela estreita dependência que existe, em Cabo Verde, entre o total da precipitação anual e as chuvadas excepcionais, caracterizadas pela sua intensidade e duração, parâmetros muito diferentes do da precipitação média anual...".

De 1993 a 1996, a maioria das banquetas vegetalizadas, para a conservação de solos e água, implantadas na região de Godim, sofreram roturas, apesar da média das precipitações ser de 262 mm (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 375 mm em Godim, com quatro dias acima dos 40 mm e em dois deles registaram-se intensidades (I_{30}) consideradas muito elevadas para uma região saheliana, de 40 mm/h (Querido, 1995).

3. Abordagens às formas de relevo e processos erosivos

Poucos são os estudos onde foram abordadas as formas de relevo resultantes da dinâmica recente ou a topografia como factor responsável pelo desencadeamento de processos de evolução actual. No entanto, os existentes basearam-se em levantamentos detalhados de campo, que permitiram aos autores destacar, como mais activos e generalizados, os processos decorrentes da erosão hídrica, pelo que acentuaram as suas principais condicionantes.

Salientaram-se como processos geomórficos mais dinâmicos, a fragmentação das rochas e os decorrentes da acção do escoamento (Amaral, 1964). Admitiu-se que a fragmentação resulta das amplitudes térmicas elevadas que as rochas sofrem em face da sua coloração predominantemente negra. A escorrência foi considerada como o principal agente erosivo, em particular em materiais móveis, que, dada a escassez de cobertura vegetal e a ausência ou fraqueza dos solos, tem uma elevada intensidade de mobilização de detritos (Amaral, 1964). No caso da textura dos solos

ser fina e a permeabilidade fraca, origina-se “um modelado de dissecação de uma rede densa de ravinas” nas vertentes. O escoamento em toalha é ainda responsável pela erosão, na sequência de chuvadas intensas e em particular nos topos de Achadas, onde se conservam mantos de detritos de fragmentação *in situ*. Alertou-se também para o escavamento esporádico e localizado de alguns vales (Amaral, 1964).

Num estudo levado a cabo em sub-bacias das ribeiras de S. Filipe e da Trindade (Santiago), referiu-se que o tipo de erosão se encontrava relacionado com o declive e o perfil das vertentes e apresentou-se uma classificação dos processos de erosão hídrica em três tipos: em *lavagem superficial por toalha de água*, em *sulcos (rigoles)* e em *ravinas (ravines)* (Wit 1986). A formação de ravinas não ocorre em vertentes de declives mais suaves mas, em contrapartida, as que se desenvolvem em vertentes abruptas atingem alguns metros de largura. Salientou-se ainda que as vertentes com um perfil regular, pela variação progressiva do declive, eram menos afectadas pela erosão do que as complexas; no entanto, as convexas foram consideradas como particularmente sensíveis à formação de alguns sulcos e, sobretudo, à acção erosiva por toalha de água (Wit 1986).

No caso das complexas, a água de escoamento tende a concentrar-se, pontualmente, nos sectores côncavos, onde também se acumulam detritos. Nos convexas e com declives acentuados verificava-se erosão em sulcos com alguns decímetros de profundidade, entre os quais ocorria também lavagem superficial por toalha de água (Wit, 1986). Neste tipo de vertentes, a sulcagem e o ravinamento aumentavam com o declive e, a partir dos sectores convexas, desenvolviam-se ravinas profundas e de perfil acentuado.

Em trabalho sobre a conservação de solos em Sto. Antão, definiram-se, como tipos de erosão, a antrópica e a geológica (Haagsma 1990). Esta última relaciona-se quer com a acção eólica, quer com a actividade hídrica do escoamento em vertentes e em margens e leitos das ribeiras. Face aos declives acentuados verificados na Ilha, era a que desempenhava um papel mais importante no balanço final da erosão, embora fosse difícil estabelecer o peso relativo de cada tipo.

Assinalaram-se quatro tipos de erosão hídrica (Haagsma 1990), o impacto das gotas de chuva (*splash erosion*), a lavagem da superfície pelo escoamento em toalha (*interrill erosion* ou *sheet erosion*), a sulcagem (*rill erosion*) e o ravinamento (*gully erosion*). Admitiu-se, no entanto, a dificuldade em observar vestígios dos dois primeiros processos. A sulcagem e o ravinamento, registaram-se em áreas onde não tinham sido implantadas medidas de conservação dos solos, em vertentes extensas, com declive acentuado e onde era fácil a concentração da drenagem. Salientou-se que a sulcagem era mais frequente que o ravinamento, dado que este se confinava a canais que se reactivam em chuvadas sucessivas.

A fraca capacidade de infiltração das águas pluviais em Cabo Verde, foi considerado como o principal factor responsável pela elevada frequência com que se verificam os processos de erosão hídrica, nas regiões mais húmidas (Marques, 1994). Nas áreas mais áridas, predominam, no entanto, a fragmentação das rochas e os processos de vertente sob a acção da gravidade.

No âmbito de um estudo sobre a Ribeira Seca (Marques, 1984), apresentou-se um esboço geomorfológico na escala de 1:25.000, onde se cartografaram as formas de relevo, as formações superficiais e os processos da dinâmica actual. No

que diz respeito a estes processos, optou-se por reparti-los por quatro dos seis temas em que organizou a legenda (*dinâmica do escoamento superficial, dinâmica de meteorização, dinâmicas erosivas das encostas e formações superficiais*), o que dificulta a sua leitura no mapa. Por outro lado, no texto não se incluiu qualquer explicação sobre esses processos, apesar de alguns deles não se integrarem em nomenclaturas de geomorfologia conhecidas.

Não obstante essas limitações, pode-se concluir que se assinalaram a existência de processos decorrentes da acção da gravidade e outros de erosão hídrica. No primeiro caso, referiu-se a reptação e a “dinâmica física da gravidade”, que, pela sua distribuição, se deve tratar da formação de cascalheiras. No segundo caso, considerou-se o “abarrancamento”, a “incisão” e o “rasgão”, que, pela sua inclusão no âmbito dos processos relacionados com a dinâmica do escoamento superficial, se supõe tratar-se dos fenómenos de sulcagem ou de ravinamento.

Num outro artigo (Marques, 1992), de acordo com observações efectuadas na mesma bacia da Ribeira Seca, relacionou-se a formação de sulcos com “a escorrência desorganizada”, em sectores das vertentes sem vegetação. Admitiu-se que, para a base das vertentes, os sulcos por coalescência e organização da escorrência, formavam ravinas, que foram designadas por barrancos. Considerou-se ainda a ocorrência de desabamentos por sapamento lateral, em fundos de vale.

No âmbito de um projecto de ordenamento rural, apresentou-se “um diagnóstico sobre os tipos de erosão” hídrica (Roose, 1994), para a região de Godim (Ribeira Seca - Santiago). Como processo e forma mais elementar assinalou-se a existência de uma camada superficial compactada pelo impacto das gotas de chuva. Nas vertentes com declives superiores a 50% não se revelavam sinais da acção do escoamento. Para os topos das colinas e nas cristas, constatou-se a ocorrência de erosão sob a acção do escoamento em toalha que chegava a provocar decapagem do solo até ao horizonte de alteração da rocha. As formas resultantes da erosão linear foram consideradas particularmente marcantes e generalizadas devido à energia acentuada do escoamento, referindo a formação de sulcos (*rigoles*) e de ravinas (*ravines*). Os primeiros surgem em grande número em sectores das vertentes entre 45 a 25 % de declive, onde chegam a atingir mais 30 m de extensão em vertentes cultivadas. As segundas foram observadas em particular em vertentes côncavas com mais de 50 m, em sectores com declives inferiores a 30%, ou simplesmente por coalescência de sulcos, para a base das vertentes (Roose, 1994).

Constatou-se ainda a existência de erosão mecânica a seco, por pisoteio aquando das colheitas, em vertentes de declive acentuado e de movimentos de vertente, designados erradamente por “deslizamentos de terreno” (Roose, 1994), casos dos desabamentos por sapamento das margens das ribeiras ou por abertura de taludes de estradas.

Na sequência de estudos de campo realizados na mesma área (Bertrand, 1994), fez-se alusão à formação de *éboulis* que se acumulavam na base de vertentes escarpadas, talhadas em assentadas de basalto aflorantes nos sectores mais a montante; à “erosão ligada ao escoamento pluvial” mais intensa em vertentes de perfil rectilíneo, em particular, ao ravinamento; e à decapagem superficial, que se desenvolvia em vertentes talhadas em formações sedimentares mais friáveis, responsável por perdas de solos elevadas.

Ainda nesta mesma área (Barry e outros, 1995), definiram-se quatro unidades morfo-pedológicas e no contexto de cada uma apresentaram-se os processos erosivos predominantes. Nos “topos de interflúvio” totalmente desnudados, verificaram-se decapagem do solo e compactação por pisoteio ao longo dos múltiplos caminhos que, por sua vez, constituíam o ponto de partida para a erosão superficial das vertentes por toalha de água e linear. Nas “vertentes de declive médio a muito forte”, de 25 a 70 %, em particular nas rectilíneas, as mais representadas na área, observou-se “decapagem por acção antrópica”, na sequência do intenso aproveitamento agrícola e, também, por acção da escorrência difusa. As “vertentes de declive suave”, de 10 a 25%, eram o “alvo de uma erosão em sulcos e ravinas a proteger com prioridade” com medidas de conservação do solo. Admitiu-se uma erosão linear tão importante que os sulcos evoluíam rapidamente em ravinas. Concluiu-se que nos sectores das vertentes com declive mais acentuado a infiltração era mais elevada e, conseqüentemente, a erosão mais fraca, por contraste com o que se verificava nos troços mais suaves e mais próximos dos fundos de vale.

4. Tipologia de processos erosivos em Cabo Verde

Para a bacia da Ribeira Seca em Santiago oriental e tendo por base levantamentos exaustivos de campo, foi definida uma tipologia de processos erosivos (Costa 1996 e 2002). Seguiu-se a terminologia portuguesa mais recente, estabelecida em teses de doutoramento e mestrado em Geografia, desenvolvidas em várias regiões de Portugal. Recorreu-se ainda a algumas obras onde se definem tipologias em casos das regiões tropicais.

As referências terminológicas portuguesas mais desenvolvidas integram-se em estudos de regiões a norte de Lisboa, em áreas de calcários margosos e arenitos (Zêzere, 1988 e Machado, 1991), do Maciço Calcário Estremenho (Rodrigues, 1998) e de bacias hidrográficas do Ribatejo e Alentejo, talhadas em calcários margosos e rochas dos tipos xisto e granito (Ramos, 1994).

No âmbito desses trabalhos os processos e as formas foram divididos em dois grandes grupos, os devidos ao escoamento e os referentes aos movimentos de terreno. Os primeiros, podem resultar do escoamento sub-superficial, superficial líquido elementar, em toalha ou linear, ou superficial organizado, de regatos ou ribeiras (Ramos, 1994). Os segundos, compreendem os fenómenos como os desabamentos ou a reptação, que decorrem sob a acção da gravidade, a que se pode associar a presença de água, que permite desencadear processos como deslizamentos ou escoadas de detritos (Rodrigues, 1998).

Na tipologia definida para a bacia da Ribeira Seca (Costa, 1996 e 2002), adoptou-se igualmente esta divisão, apesar do seu contexto climático saheliano e das suas condições geológicas predominantes, de assentadas de lavas e piroclastos basálticos, serem diferentes daquelas onde a terminologia portuguesa foi estabelecida.

Os processos da dinâmica actual que ocorrem nas vertentes, foram, assim, incluídos nos movimentos de terreno e nos fenómenos de erosão hídrica (Costa, 2002: 177). Referiram-se ainda os que se verificam nas margens e fundos de vale na

dependência da acção do escoamento em regime torrencial, em condições de cheias rápidas.

A distribuição espacial dos diferentes tipos de processos relaciona-se, em grande parte, com as condições lito-estruturais e geomorfológicas regionais. Na realidade, para o caso da bacia da Ribeira Seca, varia entre as unidades de relevo definidas (figura 1), Maciço do Pico da Antónia, a oeste, Cutelos, no sector central e sudoeste, e Achadas, a nordeste (Costa 2002: 32). A repartição daqueles processos, que se apresenta em mapa da figura 1 resultou de levantamentos sistemáticos de campo, tendo como base o mapa topográfico na escala de 1:25.000 (1972), por vezes ampliado à escala 1:10.000, para registos mais detalhados. No que diz respeito à geologia utilizou-se a nomenclatura das formações atribuída por Serralheiro (1976), no mapa geológico na escala de 1:25.000 (1975).

No sector das cabeceiras da bacia, integrado na unidade de relevo do *Maciço do Pico da Antónia* alternam assentadas pouco espessas de basaltos com outras de piroclastos, do *Complexo Eruptivo do Pico da Antónia*, para os topos e, para a base das vertentes, afloram os conglomerados e brechas da *Formação dos Órgãos*. Neste sector, a partir de algumas cornijas vigorosas, verifica-se a queda de blocos e a formação de escombrelas, que são mais extensas na vertente oriental, mais vigorosa, do Maciço do Pico da Antónia (figura 1). Para a base das vertentes, onde afloram os materiais menos resistentes, predominam os processos de erosão hídrica que presidem à formação de sulcos e ravinas.

Nas regiões central e sudoeste, no contexto da unidade geomorfológica dos *Cutelos*, onde predominam sedimentos conglomerático-brechóides da *Formação dos Órgãos*, os processos mais dinâmicos e generalizados são os que ocorrem durante o curto período chuvoso. O escoamento difuso e, sobretudo, a escorrência concentrada em vertentes é responsável pela formação de sulcos e ravinas. A dinâmica, particularmente activa, destes processos deve-se, por um lado, à elevada erosividade das precipitações, que se verificam neste sector mais pluvioso da bacia, e, por outro, às condições de uma erodibilidade acentuada, associadas a declives acentuados e à friabilidade da cobertura arenosa.

Nesta unidade geomorfológica são comuns na estação seca os fluxos a seco que afectam o material granular da camada superficial do solo, resultantes da alteração do substrato (Costa, 2002: 179). Este fenómeno relaciona-se com as áreas de solo a nu após a colheita, em particular nas parcelas onde as práticas agrícolas provocaram um remeximento profundo do solo.

Nos topos planos das *Achadas*, no sector nordeste da bacia (figura 1), talhados em basaltos que se apresentam fragmentados e alterados, a escorrência difusa e em toalha de águas pluviais arrasta o material fino, dando origem a um solo esquelético de calhaus de cobertura (Costa, 2002: 179).

Esta unidade de relevo é talhada em lavas espessas de basaltos, que formam cornijas que bordejam os topos, e lavas em almofada a meia vertente e para a base, ambas do *Complexo Eruptivo do Pico da Antónia*. Estas assentadas geológicas encontram-se muito diaclasadas e fragmentadas pelo que se originam escombrelas que cobrem as vertentes em grandes extensões (figura 1). Nas vertentes a escorrência origina alguns sulcos e sobretudo ravinas, reactivadas em cada chuvada.

escombreyras, ou dos fluxos a seco de material granular da camada superficial do solo.

4.1. Processos sob a acção da gravidade

Os processos sob a acção da gravidade integram-se nos designados movimentos de vertente dos tipos “fluxos a seco” e “desabamentos”, definidos por Flageollet (1989). Os primeiros, compreendem os que afectam materiais granulares de cobertura e a reptação. Os segundos englobam as quedas de calhaus ou blocos isolados ou em grupo, que levam à formação de cascalheiras de vertente, e os desabamentos propriamente ditos, que afectam massas rochosas não coerentes de grandes dimensões (quadro 2). Os desabamentos dos tipos queda de blocos e formação de escombreyras envolvem os materiais de maior granularidade e são frequentes em vertentes de declives acentuados, encimadas por cornijas basálticas ou com rebordos rochosos a meia vertente (Costa, 2002: 181).

Quadro 2 - Movimentos de terreno no arquipélago de Cabo Verde

Movimentos de terreno	Condições de ocorrência	Formas
	Desabamento propriamente dito	por sapamento lateral nas margens de vales por abertura de taludes de estradas e caminhos
Desabamento (<i>fall</i>)	Queda de blocos	Cornijas de basalto do <i>Complexo Eruptivo Pico da Antónia</i>
	Queda de calhaus em grupo	Cornijas de basalto de mantos subaéreos e lavas em almofada fragmentadas do <i>Complexo Eruptivo Pico da Antónia</i>
Escoada (<i>flow</i>)	Fluxo a seco (<i>dry flow</i>)	Conglomerados e brechas sedimentares Piroclastos
	Reptação (<i>creep</i>)	Conglomerados e brechas sedimentares Piroclastos
	Escoada de detritos (<i>debris flow</i>)	Cascalheiras de vertente
Deslizamentos	Deslizamentos translaccionais	Piroclastos (zonas húmidas, R > 600 mm)

A queda de blocos é, de entre estes dois processos, o menos comum porque se relaciona com condições estruturais específicas. Este fenómeno verifica-se em alguns basaltos do *Complexo Eruptivo do Pico da Antónia* que, localmente, têm um hábito em prismas alongados e estreitos (com 2 a 3 m de altura média e com secções de cerca de 5 cm de apótoma), como na região de Robão Cal. Associa-se também a assentadas lávicas, espessas e compactas, sem estrutura bem definida, do mesmo complexo, como na região de Capela, na margem esquerda do vale da Ribeira de S. Cristóvão. Ocorre ainda, mais raramente, em níveis espessos e coesos de materiais conglomerático-brechóides da *Formação dos Órgãos*, como em Chaminé (fig. 1).

Os blocos que se formam a expensas de todos estes materiais atingem cerca de 2 a 3 m de diâmetro máximo e a sua forma varia em função da estrutura do material original. Os resultantes de basaltos com estrutura prismática são mais

alongados e os provenientes de outras estruturas e tipos de rochas são mais arredondados. Atingem, geralmente, uma distância inferior a 50 m na vertente subjacente à cornija que os originou, embora possam encontrar-se a distâncias maiores, quando ocupam os fundos de valeiros. Este processo não revela uma grande dinâmica actual e afecta áreas pouco extensas no seio da bacia, ocorrendo em sectores muito circunscritos e bem definidos.

A formação de escombrelas no sector das cabeceiras, ocorre nas vertentes abruptas orientais do Maciço do Pico da Antónia, onde, localmente, originam cones detríticos de grandes dimensões (Costa, 2002: 182). O fenómeno é, sobretudo, muito activo e generalizado e regulariza grandes extensões das vertentes mais abruptas do sector das *Achadas*, no troço terminal da bacia, a nordeste, como nas regiões vestibulares das ribeiras da Montanha e S. Cristóvão e da margem esquerda da Ribeira Seca, a sudeste da Achada Bargado (fig. 1).

O processo desenvolve-se, basicamente, a partir de cornijas vigorosas dos topos, constituídas por afloramentos basálticos do *Complexo Eruptivo do Pico da Antónia*, na maioria dos casos com uma acentuada fragmentação superficial. A estrutura destes basaltos, prismática sobretudo para a base, podendo passar, superiormente, a disjunção tabular, facilita a sua desagregação. Este fenómeno associa-se também com a fragmentação de lavas em almofada, cuja estrutura nodulosa, permite a formação imediata dos clastos angulosos e em forma de cunha que cobrem, de forma esparsa, algumas vertentes do sector terminal da bacia.

O processo de formação de escombrelas tem, no entanto, uma génese mista, pois, no período seco, podem formar-se cones detríticos, sob a acção da gravidade, que atapetam as vertentes a partir da base das cornijas que os alimentam. Durante a estação pluviosa, estes detritos podem ser retomados pela escorrência torrencial, na sequência de chuvadas, e vir a regularizar as vertentes. Podem ainda, concentrar-se, nos fundos de valeiros, colmatando-os e, num processo de escoada de detritos (*debris flow*), formar cones de dejectão, progressivamente mais espessos e perfeitos no sector terminal daqueles valeiros. Estes cones são compostos por detritos heterométricos, com muita matriz fina, silto-argilosa, de cor avermelhada, denotando assim uma acumulação em regime torrencial. Como melhores exemplos destas formas encontram-se as que afectam, frequentemente, os valeiros afluentes da Ribeira da Montanha (fig. 1).

Os desabamentos propriamente ditos são pouco frequentes e afectam sectores de vertentes instabilizados pela base (Costa, 2002: 183), como em taludes de estrada e, mais frequentemente, na sequência de sapamento lateral, nas margens côncavas dos vales dos cursos de água, em período de cheia. O sapamento lateral é, de um modo geral, acentuado pela grande capacidade erosiva dos cursos de água que lhe é conferida pela velocidade elevada do escoamento e pela excessiva carga sólida que transportam nas condições de drenagem desorganizada em regime torrencial. Associa-se a áreas de traçado mais sinuoso, de maior entalhe e de estrangulamento de vales do sector mais a montante da bacia, onde, em materiais mais friáveis, pode atingir várias centenas de metros de extensão. A construção de diques transversais tem permitido reduzir o processo a espaços circunscritos, pois o escoamento é canalizado, preferencialmente, para o sector central dos fundos dos vales e não para junto das margens.

O fluxo a seco de material granular relaciona-se com as vertentes talhadas em materiais conglomerático-brechóides da *Formação dos Órgãos* (Costa, 2002: 184), sobretudo da área interior centro e sudoeste (fig. 1). Neste sector os solos são pouco espessos, raramente com mais de 50 cm, e resultam, sobretudo, da alteração do substrato que origina, um material predominantemente arenoso (60 %), com raros calhaus esparsos, baixos teores de finos e pouco coeso quando seco. A probabilidade de ocorrência deste processo nesta área da bacia é elevada dado que são frequentes as vertentes com declives acentuados, superiores a 70 %, condições em que se verifica instabilidade do material granular, desagregado e seco. Afecta os solos superficialmente, por vezes atingindo o substrato, em geral, numa extensão com 2 a 3 m de largura por 5 a 10 m de comprimento.

O processo relaciona-se, sobretudo com os sectores das vertentes que foram mais mobilizados pelo seu aproveitamento agrícola durante o período das chuvas e que, entretanto, se encontram desprovidos de vegetação. O Homem tem vindo a alterar o perfil das vertentes, com a abertura de taludes e patamares ou a criação de rebordos e sectores de aclave o que leva a diminuição da coesão dos solos e ao aumento do declive e, conseqüentemente, ao aumento da susceptibilidade de ocorrência deste processo.

A reptação é o processo dependente da gravidade mais imperceptível de entre os que ocorrem na bacia, dado que se reflecte apenas na deformação de algumas árvores, nomeadamente da *Acácia holosericea* (Costa, 2002: 185). Traduz-se na nítida curvatura que os troncos apresentam e na deformação em ângulos rectos das raízes apumadas da planta, num período de um a dois anos após a plantação. Ocorre em sectores com declives superiores a 35 %, no contexto da unidade geomorfológica dos *Cutelos* e afecta o material granular de cobertura do substrato de sedimentos conglomerático-brechóides da *Formação dos Órgãos*.

4.2. Processos sob a acção do escoamento

Os processos de erosão hídrica, que se verificam em vertentes durante a curta estação das chuvas, são os mais generalizados e activos de entre os que dependem da acção do escoamento (Costa, 2002: 185). Relacionam-se com a erosividade das intensas chuvadas e da concentração dos episódios pluviosos e agravados pelas condições de uma erodibilidade elevada, em face da fraca cobertura vegetal, da topografia acentuada, dos solos pouco evoluídos e das acções de instabilização desencadeadas pelo Homem.

Os principais processos de erosão hídrica, que ocorrem na bacia da Ribeira Seca, dependem do escoamento elementar em toalha ou laminar difuso e, sobretudo, do escoamento concentrado em vertentes e fundos de vales (quadro 3).

Da acção do escoamento elementar subsistem vestígios pouco evidentes, dado que dele resulta o rebaixamento topográfico (Costa, 2002: 186), que se reflecte no desenraizamento das árvores mais antigas. É frequente em vertentes com declive superior a 30 %, em geral com um elevado teor de material granular de cobertura, e é pouco visível nas áreas cobertas por cascalheiras de vertentes. Testemunha-se também na cobertura de elementos grosseiros, que subsistem como resíduos da

lavagem do material de dimensão areno-argilosa, nos topos planos das Achadas do sector oriental (fig 1).

O escoamento concentrado é responsável pela formação de sulcos e ravinas nas vertentes, pelo entalhe activo de valeiros e por uma dinâmica intensa dos fundos de vale (Costa, 2002: 186).

Os sulcos (*rill*), resultam da organização do escoamento em canais, sensivelmente paralelos à linha de maior declive das vertentes, com um padrão de drenagem dendrítica ou paralela (Costa, 2002: 187). Afectam apenas a camada superficial do solo, numa profundidade entre 3 e 30 cm, embora em casos extremos registem 50 cm. A largura varia entre 5 e 15 cm, mas pode chegar a 30 cm, quando o entalhe atinge o substracto menos friável e a erosão aureolar passa a assumir um papel mais importante que a linear. Trata-se de canais efémeros que podem ser colmatados pelos trabalhos agrícolas, como acontece com a monda.

Quadro 3 - Formas e processos devidos ao escoamento superficial elementar e organizado e sub-superficial, no arquipélago de Cabo Verde

Escoamento líquido		Processo		Forma
SUPERFICIAL ELEMENTAR	EM TOALHA	de erosão	lavagem superficial de elementos finos	rebaixamento topográfico
	LINEAR	de erosão	sulcagem	Sulcos (declives > 20 %)
			ravinamento	Ravinas (declives < 20 %)
		de acumulação	aluvionamento	leques aluviais elementares
SUPERFICIAL ORGANIZADO	(Regatos)	de erosão linear	entalhe activo	valeiros elementares
		de erosão lateral	sapamento lateral	
		de acumulação	aluvionamento	leques aluviais elementares
	(Ribeiras)	de erosão linear		valeiros e vales
		de erosão lateral	sapamento lateral	
		de acumulação	aluvionamento	fundos aluviais
SUB-SUPERFICIAL	de erosão	tubulação		

São mais frequentes em áreas talhadas em sedimentos conglomerático-brechóides da *Formação dos Órgãos* da unidade geomorfológica dos *Cutelos* (fig. 1), no sector interior centro e sudoeste da bacia, e de um modo geral, em todas as vertentes talhadas em materiais friáveis, com texturas granulares a finas, como alguns piroclastos e depósitos fluviais. Formam-se, normalmente, em sectores das vertentes próximos dos topos convexos, onde os declives são superiores a 20 %. Ocorrem nas cabeceiras dos valeiros, em áreas de declives regulares e sem cobertura

vegetal e resultam da concentração do fluxo da escorrência elementar em toalha e laminar difusa sob condições de chuva intensa e concentrada.

Os sulcos desenvolvem-se facilmente em terrenos agrícolas trabalhados nos períodos de preparação das culturas, das mondas ou das colheitas porque, por um lado, o solo perde coesão e, por outro, encontra-se a nu ou com uma cobertura pouco densa. Salienta-se, em particular, a abertura de camalhões para a cultura do amendoim (mancarra), dado que está na origem do aumento da densidade e da acentuação das dimensões dos canais dos sulcos. Realça-se, também a implantação de caldeiras ou banquetas, onde a água se concentra na sequência de chuvadas e origina a formação de sulcos profundos e largos ou até ravinhas, como é frequente observar no vale da Ribeira de Godim.

As ravinhas encontram-se para a base das vertentes, mais frequentemente no contexto da mesma unidade geológica e de relevo dos sulcos, os *Cutelos* (Costa, 2002: 188). Ocorrem ainda na unidade *Achadas*, em particular relacionadas com vertentes onde afloram lavas em almofada, do *Complexo Eruptivo do Pico da Antónia*, e em sectores cobertos por cascalheiras de vertente ou de origem fluvial, com matriz fina intersticial. São os casos das que se formam no sector nordeste da bacia, na vertente sudeste da Achada Bargado (fig. 1) ou no vale da Ribeira de S. Cristóvão, a montante de Capela.

Desenvolvem-se, com maior frequência, em sectores das vertentes com declives abaixo dos 20%, a meia vertente e para a base, e podem resultar da coalescência de múltiplos sulcos. Atingem profundidades até 5 m, que podem afectar o substrato, e larguras de 1 a 2 m, não sendo fáceis de remover pelo labor agrícola comum. Resultam do escoamento concentrado em canais organizados, segundo a linha de maior declive, que se reactivam em cada chuvada.

Podem ser provocadas pelo Homem ao criar condições de drenagem deficiente que favorecem a concentração excessiva das águas de escorrência, como acontece frequentemente em troços ao longo de estradas e caminhos. A construção de algumas das estruturas para o ordenamento agrícola, como muretes, banquetas e caldeiras, leva, igualmente, à concentração das águas superficiais em certos sectores preferenciais e ao desenvolvimento de ravinhas, que na sequência de múltiplos episódios chuvosos, alargam e encaixam, acabando por destruir aquelas estruturas.

O entalhe activo de valeiros em leitos ocorre onde se verifica uma marcada concentração da drenagem ou onde os declives longitudinais são acentuados, criando assim, condições para uma elevada velocidade de escoamento e um forte poder erosivo do talvegue (Costa, 2002: 188). Relaciona-se com valeiros que entalham os conglomerados e brechas da *Formação dos Órgãos*, com uma bacia de recepção com declive acentuado, como alguns das cabeceiras e do sector central da bacia, caso de afluentes das Ribeiras do Pico da Antónia, Longueira, Grande dos Órgãos e Godim (fig. 1).

Determinados valeiros sofrem um alargamento do sector das cabeceiras por motivos estruturais (Costa, 2002: 189), como os que se desenvolvem em vertentes encimadas por uma cornija de basaltos e para a base talham mantos em almofada do *Complexo Eruptivo do Pico da Antónia*, na unidade de relevo das Achadas. Pode verificar-se, igualmente, a meia vertente quando aí se encontra um rebordo rochoso espesso. O sector destes valeiros, onde ocorre o referido alargamento, centra-se

imediatamente a jusante de uma cornija (fig. 1), que limita a incisão linear e permite o alargamento progressivo deste sector, por erosão aureolar. Ocorre em valeiros com declive acentuado cujas cabeceiras chegam a atingir cerca de 300 m de largura, manifestando uma tendência para afectar uma área cada vez mais extensa, por alargamento e alongamento, como nos casos da margem esquerda do vale da Ribeira da Montanha (fig. 1).

5. Outros processos erosivos

Outras formas e processos erosivos, nunca mencionados na bibliografia, foram observados em reconhecimentos de campo pessoais realizados nas várias ilhas de Cabo Verde. De entre os movimentos de terreno salienta-se os deslizamentos translaccionais que afectam espessuras métricas de cones de cinzas muito alteradas, que se encontram nos sectores mais húmidos das ilhas. São os casos dos que se observam na Ilha do Fogo na região de Atalaia e de S. Jorge.

O processo de tubulação (*piping*), resultante do escoamento sub-superficial, encontra-se relacionado com cones de escórias e piroclastos em assentadas alternadas de dimensões diferentes, da designada *Formação do Monte das Vacas*, datada do Pliocénico e que corresponde às últimas fases eruptivas. Observam-se em vários cones recentes que dominam as achadas meridionais de Santiago, na região de Monte Vermelho em S. Nicolau ou na região de Chão de Morossos no Planalto Leste em Santo Antão.

Este processo é responsável por múltiplas cavidades verticais que se desenvolvem na superfície de topo dos cones e que passam a sub-horizontais quando atingem em profundidade uma assentada mais impermeável. Na sequência desse fenómeno originam-se tubos internos que acabam por surgir à superfície a meia vertente desse cones. A partir daí desenvolvem-se ravinas profundas no enfriamento de cada tubo pelo que os cones de piroclastos se encontram completamente ravinados. Estes dois processos acabam por ser os principais responsáveis pela erosão desses cones.

6. Processos erosivos e acções do Homem

Cabo Verde tem uma pressão demográfica elevada para uma região de clima árido a semi-árido, de relevo acidentado e de solos pouco evoluídos. A partir dos anos 50 verificou-se um aumento acentuado da população, a tal ponto que a densidade populacional se encontra acima de 100 hab/km² (Recenseamento da População, 2000), incluindo nas regiões agrícolas (Costa, 2002). Considerando que a superfície cultivável ocupa apenas 10,8 % do território, em média cada km² dessa área cabe a 1039,2 habitantes e a 77,8 agricultores (Estatísticas Agrícolas, 1988). Este último valor eleva-se a 92 agricultores por km² para a ilha de Santiago, a mais importante do ponto de vista agrícola.

A estas condições demográficas associa-se o aumento do número de anos secos, agravado a partir dos anos 60, que no seu conjunto conduziram a uma

expansão da área agrícola e a uma sobre-exploração do solo e dos recursos agro-florestais, pondo em risco a sua conservação e manutenção. O Homem tornou-se igualmente um dos principais agentes responsáveis pelo desencadeamento de processos de dinâmica actual, particularmente em vertentes, onde processou as maiores transformações e criou condições para o desenvolvimento de uma nova dinâmica geomorfológica, com graus de perigosidade insuficientemente avaliados.

A estabilidade das vertentes encontra-se sobretudo afectada pela actividade agrícola, inclusivamente em sectores cujos declives são demasiado acentuados para esses fins. Grandes extensões das vertentes são ocupadas por culturas de sequeiro que exigem maior actividade agrícola na época das chuvas. Durante aquela época procede-se à preparação dos terrenos, à sementeira, a várias mondas, normalmente duas, mas que podem ser mais em anos chuvosos (Amaral, 1964: 274), e a algumas colheitas. Destas actividades resulta uma menor cobertura vegetal e protecção do solo que, assim, fica mais exposto e mais susceptível à erosão hídrica.

A agricultura tradicional adopta práticas que permitem uma remoção mínima dos solos que, assim, mantêm uma certa coesão, e adopta medidas que constituem verdadeiras formas de conservação dos solos das acções da erosão hídrica. Outros procedimentos são, no entanto, desaconselhados e acentuam e aceleram os processos de degradação.

Entre as práticas agrícolas tradicionais encontram-se, como medidas de conservação, a manutenção das cascalheiras *in situ*, ou das ervas mondas no campo acumuladas em montes, no espaço entre covachos para a cultura mista de milho-feijão, e a lavoura pouco profunda. Tais práticas obrigam ao escoamento das águas pluviais por múltiplos canais que circundam os montes de pedras e de ervas, o que provoca uma quebra da velocidade de escoamento e dificulta a concentração da drenagem. Proporcionam, assim, uma diminuição da capacidade erosiva, atenuando as condições de erosividade hídrica e o desenvolvimento de sulcagem intensa.

Em contrapartida, há uma coincidência temporal (4 a 5 meses) entre o ciclo vegetativo das culturas de sequeiro (em que o solo tem maior erodibilidade, devida aos trabalhos agrícolas) e a estação húmida (em que as chuvas e acção do escoamento têm uma erosividade mais acentuada). A prática de abertura de covachos, com um compasso de cerca de um metro e uma disposição irregular, permite a criação de micro-depressões, com cerca de 20 cm de diâmetro, que, por si, facilitam a concentração das águas pluviais. Esta permite um acréscimo do volume da água, que intensifica a velocidade do escoamento a partir de cada covacho e propicia a formação de sulcos mais profundos. A morfologia do próprio milho leva também à acumulação da água na cova, canalizada primeiro pelas folhas e depois pelo tronco até ao pé. As mondas aumentam a erodibilidade dos solos, com o arranque das ervas e o remeximento superficial do terreno.

Assim, em vertentes ocupadas pela cultura tradicional de milho-feijão ao covacho, o processo erosivo de sulcagem é o mais frequente, com uma intensidade que se atenua em sectores de declives suaves e nos de maior cobertura por cascalheiras. Para a base de vertentes, a drenagem concentra-se e formam-se, sobretudo, ravinas que se reactivam em cada chuvada e em anos sucessivos. Nas áreas planas, o escoamento elementar não concentrado provoca rebaixamento topográfico

A prática de abertura de camalhões, associada sobretudo às culturas de amendoim (mancarra – *Arachis hypogaea* L.), batata (batata inglesa) e batata doce obrigam ao remeximento de toda a camada superficial de solo, o que o torna pouco coeso e lhe confere maior erodibilidade. Destas culturas, a do amendoim é a mais comum, em vertentes com declive acentuado, mais próximo dos topos, em solos mais arenosos e com fraca densidade de calhaus.

Na fase de preparação do terreno procede-se à abertura de camalhões segundo as curvas de nível, de 0,5 a 1 m de largura, com canais intercalares de 20 a 30 cm de diâmetro médio, embora possam atingir 50 cm, e com comprimento variável. Estes canais permitem a concentração da drenagem e a consequente formação de sulcos profundos, alongados por todo o campo de cultivo, e vários intercalares de menor dimensão, que afectam alguns camalhões em toda a sua largura e espessura. O arranque das infestantes, durante as mondas, e o necessário desenraizamento da planta, na fase de colheita, provocam vários remeximentos do terreno que aumentam a susceptibilidade de ocorrência de sulcagem nos meses húmidos e de fluxos a seco nos outros meses do ano.

As medidas de desenvolvimento rural, como a construção de obras mecânicas de correcção torrencial e de retenção de sedimentos, em vertentes e em fundos de vales, a implantação de sebes de natureza biológica e a arborização, criaram novas formas de relevo de origem antrópica. Estas acções têm diferentes efeitos ao nível da retenção sedimentar e da eficácia no desencadeamento/retracção dos processos erosivos e consequentemente na evolução do relevo e conservação do solo.

A arborização de novas áreas, a recuperação de outras (recorrendo a técnicas biológicas de regeneração natural, sementeira ou plantação) e a conservação das bermas e dos taludes de estradas, com a implantação de sebes de babosa (*Aloe barbadensis*), em regiões áridas e semi-áridas, e de sisal (*Agave sisalana*) e carrapato (*Furcroya gigante*), em áreas húmidas, revelaram-se eficazes para a conservação de solos e a retracção de processos erosivos.

Outras acções nos domínios da *Conservação de Solos e Água*, foram realizadas em vertentes e nos fundos de vales, visando “impedir o escoamento das águas superficiais e dos materiais sólidos; reter a água das chuvas no próprio local em proveito das plantas, com a sua concentração nas covas de plantação; aumentar a infiltração e facilitar o arejamento do solo; e aprovisionar as águas subterrâneas” (Monteiro e outros, 1993). As medidas implementadas passaram pela construção de estruturas de tratamento mecânico de encostas, como muretes, banquetas e caldeiras, pela utilização de medidas biológicas, como as sebes de vegetação, e de infra-estruturas de engenharia hidráulica para a correcção de leitos, de que se salientam, pelo seu elevado número, os diques transversais.

Os muretes, localmente também designados por arretos, são muros de suporte de pedra solta de 0,50 a 1 m de altura, de secção trapezoidal, com a base mais larga do que o topo. São implantados em caboucos abertos abaixo da linha inicial do perfil transversal da vertente, para melhor sustentação e para suportarem as pressões da água e dos sedimentos que se irão acumular a montante (Monteiro e outros, 1993). Dispõem-se segundo as curvas de nível, com afastamento variável, mais para a base das vertentes e em sectores com declives inferiores a 20%, embora se tenham implantado para os topos e em sectores até 70 % de declive.

Trata-se de uma medida tradicional que foi melhorada pela engenharia rural e que, em geral, é aplicada nas áreas pedregosas, para permitir a sua fácil e menos onerosa execução e ao mesmo tempo “despedregar” o campo de cultivo. Por constituírem uma massa inerte, não contribuem para o enriquecimento do solo, nem para o aumento do rendimento dos agricultores (Monteiro e outros, 1993). Contudo, segundo Barbosa & Cruz (1990) os custos de construção e manutenção são dos mais avultados.

Constituem as medidas mais comuns no arquipélago de Cabo Verde, representando cerca de 25 % das áreas ordenadas. São construídos, frequentemente, em áreas de uso agrícola, embora, por vezes, possam ter fins silvícolas. A eles se podem associar sebes de *Aloe barbadensis* (babosa), de *Agave sisalana* (sisal) ou de *Furcroya gigante* (carrapato) ou de espécies arbóreas, como a *Prosopis juliflora* (acácia americana).

Observações sistemáticas efectuadas no campo em locais onde estas estruturas foram aplicadas nos anos 80 (Costa, 2002), revelaram que a sua eficácia na prevenção da erosão hídrica se manifesta antes do seu enchimento sedimentar. Intervêm atenuando a velocidade de escoamento das águas pluviais, o que permite uma diminuição da extensão, densidade, largura e profundidade de sulcos e ravinas, em particular a jusante.

Após a sua colmatação o declive entre muretes suaviza-se, em resultado da retenção de sedimentos numa extensão média de 2 m acima de cada um, o que permite uma redução da densidade de sulcos em todo o espaço ordenado. Em contrapartida cada murete passa a constituir uma rotura de declive, acima da qual se concentra a água de escorrência, durante os episódios chuvosos. Em caso de excesso transborda a estrutura e o escoamento passa a efectuar-se por ravinas que se alongam, aprofundam e alargam após cada chuvada (Costa, 2002). As ravinas desenvolvem-se a partir de sectores mais rebaixados do murete, de locais que servem de caminho pedonal e de contactos irregulares entre as pedras. As ravinas mais profundas originam-se a partir de sectores onde a estrutura sofreu roturas, durante as chuvadas mais intensas.

A água que se infiltra nos sedimentos acumulados acima do murete surge de novo, à superfície, na base, escavando-a e reduzindo a sua sustentação e estabilidade. A partir da base faz-se sentir a erosão em toalha, numa faixa de 1 m de largura, imediatamente abaixo da qual se desenvolvem sulcos.

As banquetas funcionam como canais de retenção de água de escorrência, abertos em série, segundo as curvas de nível, com um afastamento que varia na razão directa do declive, em média entre 5 a 9 m, podendo ser superior. Cada canal é geralmente ocupado por plantas e dispõe de uma inclinação do declive longitudinal interno de 1 a 2%, para as covas de plantação (Monteiro e outros, 1993). Esta forma resulta da abertura de um talude vertical na vertente, com cerca de 0,4 m de altura, e a construção de um patamar, bordejado externamente por um sector de aclave de 0,3 m de altura, que, no conjunto tem 0,9 m de largura.

A sua construção só é possível em vertentes com formas de relevo pouco acentuadas, regulares dos pontos de vista do solo e do declive, onde é possível uma melhor cobertura do espaço (Monteiro e outros, 1993). Para Cabo Verde, devido às condicionantes relevo e à recorrência de chuvadas excepcionais, recomenda-se a sua

aplicação em áreas de declives entre 2 e 25%, e em solos pouco vulneráveis ao ravinamento (Mannaerts, 1986a). Na prática, utilizaram-se em declives que variam entre 10 e 80 % e nos mais variados tipos de solos e de condições geomorfológicas, incluindo em áreas onde a sulcagem e o ravinamento são os processos mais comuns.

Esta técnica permite efectuar plantações mesmo em áreas com precipitações anuais muito reduzidas, embora a sua dimensão seja calculada para reter a escorrência resultante de uma precipitação diária de 100 mm, considerando uma taxa de evaporação e infiltração de 20% (Monteiro e outros, 1993). Contudo a maioria das banquetas foram implantadas nos sectores mais húmidos da ilha de Santiago, onde aquele valor de precipitação tem uma elevada probabilidade de ocorrência, o que justifica as suas frequentes roturas por sulcagem.

Estão associadas a áreas de florestação ou de agro-silvicultura, caso em que se continuam a praticar culturas de sequeiro no espaço intercalar (Barbosa & Cruz, 1990). A sua vida útil é de 5 anos; após o que as árvores devem passar a desempenhar o papel das estruturas físicas de retenção da água e do solo.

Em áreas agrícolas, ocupadas com a cultura tradicional de milho-feijão, foram implantadas banquetas na década de 90, com intervalos entre 7 e 10 m, vegetalizadas com *Leucaena leucocephala*, com um compasso de 50 a 75 cm. Os registos pessoais de campo permitem afirmar que o perfil actual da vertente, dez anos após esse ordenamento, é marcado por sectores planos de 50 cm de largura, resultantes da acumulação de materiais, numa espessura de 20 a 30 cm. Esta forma encontra-se muito destruída por sulcos que se desenvolvem na época das chuvas, quer a partir do pé de cada planta, quer no intervalo entre plantas, afectando várias banquetas e o seu espaço intercalar (Costa, 2002).

Estas estruturas levam a uma concentração do escoamento, de forma mais acentuada nas que se encontram bem conservadas, o que leva à sua rotura por sulcos e ravinas, em praticamente todas as estações chuvosas (Costa, 2002). Na realidade, a sua forma provoca erosão hídrica dos solos porque gera um verdadeiro desequilíbrio morfodinâmico, por alteração do perfil das vertentes, com declives que se acentuam ou reduzem bruscamente. Medições efectuadas em parcelas experimentais ordenadas com aquelas estruturas (com a cultura mista tradicional de milho-feijão ao covacho) revelaram, no entanto, uma redução das perdas de solo e da taxa de escoamento (Smolikowski e outros, 1998), mais notória em anos pouco chuvosos. Apesar destes resultados a sua implantação não permite obter um saldo muito animador, face ao investimento inicial necessário.

As caldeiras, também designadas de micro-bacias, meias-luas ou crescentes, têm a forma semi-circular, de 5 a 6 m de diâmetro e 1 m de fundo, para a plantação de uma árvore. Dispõem-se alinhadas segundo as curvas de nível, com os centros afastados 5 m entre si, em quincôncio, funcionando como micro-barragens (Barbosa & Cruz, 1990).

Podem ser construídas em terrenos rochosos e pedregosos, com diversos tipos de solos e com “fortes e constantes variações de declive” (Monteiro e outros, 1993), onde não há a possibilidade de abrir banquetas e de executar uma plantação regular. Pela sua dimensão e forma, adaptam-se a vertentes de perfil e traçado complexos, desde as áreas planas até aos sectores com 90 % de declive, e permitem ordenar e cobrir com facilidade todo o espaço. A sua implantação é recomendada em

áreas com as seguintes condições: precipitações muito irregulares (para favorecer a concentração da água); declives entre 10 e 50 %; solo com espessura superior a 30 cm; e plantação de fruteiras de alto valor económico (Sabino, 1992). Não obstante, estas estruturas aplicaram-se sobretudo em áreas de silvicultura e de pastorícia, em particular nas zonas húmidas e montanhosas (Monteiro e outros, 1993).

São concebidas para comportar a água de chuvadas até 80 mm, valor que tem uma probabilidade estatística de ocorrência com uma periodicidade inferior a 5 anos (Costa, 2002), nas áreas mais áridas de Santiago. Em observações de campo pessoais constatou-se a destruição sistemática das estruturas por uma ravina que se desenvolve a jusante, inclusivamente em anos pouco chuvosos.

A implantação de sebes de *Aloe barbadensis* (babosa) foi a técnica biológica de ordenamento de vertentes mais comum, em particular na década de 80. Observações de campo permitiram concluir que acima das sebes desenvolvem-se áreas planas relacionadas com a acumulação de sedimentos. A sua largura aumenta com a diminuição do declive, entre 0,5 e 2m e a sua espessura varia entre 60 e 90 cm. Abaixo observa-se uma pequena concavidade e um sector plano e inclinado com cerca de 0,2 m de largura, limitado por um pequeno rebordo de 3 cm de altura média, abaixo do qual se passam a formar sulcos (Costa, 2002). Admite-se que a sulcagem não ocorre naquele sector, pelo facto de não haver condições de concentração da drenagem neste espaço imediatamente abaixo das sebes, mas apenas escoamento em toalha.

Estas sebes formam uma barreira contínua e em permanente crescimento que permite a constante acumulação a montante e a redução da erosão hídrica a jusante. Tornam-se assim a medida que melhor atenua os processos de sulcagem e ravinamento e que mais facilita a retenção de sedimentos.

Os diques, em pedra solta, alvenaria argamassada ou gabionada ou mistos, ocupam a grande maioria dos fundos de vale mais importantes e também de vales afluentes, como medida de correcção de leitos e retenção sedimentar. São estruturas com uma disposição transversal a toda a largura do vale, submersíveis, em geral rebaixados no sector central, cuja dimensão varia em função da largura e do declive dos vales. A eles se podem associar muros longitudinais ou espigões transversais.

A construção de diques transversais favorece a acumulação de aluviões no fundo dos vales e acentua a sua aplanção num amplo sector a montante. Por outro lado, atenua o perfil das vertentes onde, como consequência, diminuem as condições de desencadeamento de processos de dinâmica actual tão acentuados, como os de erosão hídrica. Revelam-se assim como uma das medidas mais conservativas que para além de diminuírem as perdas de solo, nos fundos de vales e nas vertentes, alargam esses fundos e consequentemente o espaço para a agricultura de regadio que neles se pratica, a mais rentável economicamente.

7. Considerações finais

No caso concreto de Cabo Verde, as condições extremamente desfavoráveis, de ambiente semi-árido, de formas de relevo muito acentuadas, de características geológicas e pedológicas vulneráveis e de fraca densidade da cobertura vegetal

constituem factores naturais de fraca estabilidade do meio. A sobreocupação do solo, as técnicas de cultivo e as medidas de engenharia rural, face àquelas condições naturais, são os factores antrópicos com maior impacto na conservação do solo.

Sob aquelas condições naturais desencadeiam-se processos de dinâmica actual de que se salientam os de erosão, pelas repercussões que têm nas actividades humanas. Em Cabo Verde os processos erosivos mais generalizados e que afectam áreas mais extensas verificam-se em vertentes e denotam uma clara relação com os tipos de rochas. Em áreas onde afloram basaltos, por vezes, em cornijas espessas, formam-se escombrecas, que regularizam as vertentes. Nos sectores onde dominam materiais mais friáveis (assentadas pouco espessas de basalto onde se intercalam piroclastos, e conglomerados e brechas), os processos mais frequentes são a sulcagem, para os topos das vertentes, e o ravinamento, para as bases.

Os processos que se verificam em fundo de vale afectam os leitos de cheia e, pontualmente, as margens côncavas, onde ocorre sapamento lateral, na sequência do qual se dão, por vezes, desabamentos.

O contraste climático estacional está na origem de processos diferenciados, conforme a estação do ano. Os mais generalizados e intensos são os de erosão hídrica, apesar da curta duração do período húmido. Os mais circunscritos no espaço relacionam-se com a acção da gravidade e desencadeiam-se na longa estação seca.

As microformas de relevo criadas pelas práticas agrícolas tradicionais e pelas medidas de conservação dos solos e da água alteram as condições das vertentes, e o seu resultado efectivo, em termos de conservação, é muito diversificado.

A prática cultural de covachos, que ocupa grandes extensões em Cabo Verde, relacionada com a cultura de milho-feijão, tem consequências menos gravosas em termos de intensidade dos processos de erosão hídrica que a de camalhões, que acentua a extensão, a forma e a densidade de sulcos e os generaliza a todo o campo.

As estruturas, como muretes, banquetas ou caldeiras, alteram a forma e o perfil de equilíbrio de vertentes e as condições de drenagem. Permitem a diminuição da densidade dos sulcos, no entanto sempre que é ultrapassada a sua capacidade de retenção, agravam-se as condições de escoamento o que facilita a formação de ravinas, de grande dimensão e extensão. Na realidade, em meio saheliano, “os grandes ordenamentos de vertentes” destes tipos reduzem apenas o escoamento em 3 a 5 % (Roose, 1994) e degradam-se muito depressa, criando ravinas em caso de má conservação.

As sebes de *Aloe barbadensis* (babosa) são as medidas com maior capacidade de retenção do solo e regularização de vertentes, logo seguidas pelos muretes e em último lugar pelas banquetas vegetalizadas. Consideram-se igualmente como as medidas mais eficazes em áreas de erosão hídrica, em particular em sectores afectados por ravinamento, onde os muretes são facilmente destruídos.

O mesmo tipo de medida, em termos de estrutura e dimensionamento, aplicou-se em condições litológicas e geomorfológicas muito variáveis, o que leva a admitir não ter havido um estudo prévio do seu impacto, nomeadamente de susceptibilidade de ocorrência de processos erosivos. Na realidade nem sempre as estruturas criadas conduziram a resultados evidentes em termos de contenção de alguns processos de erosão hídrica e de redução evidente das perdas de solo.

Para suster o desencadeamento da erosão hídrica, devem criar-se condições para uma melhor cobertura do solo, sobretudo na época de chuvas, quando o solo se torna também mais vulnerável pela intensa actividade agrícola, de modo a atenuar a erodibilidade dos solos. As obras a implementar devem permitir, tanto quanto possível, que o declive se atenuar e que não se criem roturas nas vertentes ou depressões fechadas, como no caso das banquetas e das caldeiras, o que permite reduzir a erosividade por escoamento, principal responsável pela formação de sulcos e ravinas.

Se se seguirem estas recomendações evitar-se-á o agravamento das perdas de solo, recurso imprescindível à segurança alimentar e produção agrícola, bases da sobrevivência humana. Será também possível uma ocupação humana mais racional e compatível com um desenvolvimento sustentado, tendo em conta as necessidades sócio-culturais reconhecidas localmente.

Bibliografia

- AMARAL, I. (1964), *Santiago de Cabo Verde. A Terra e os Homens*. Memórias da Junta de Investigações do Ultramar, 48 (2ª Série) Lisboa,.
- BARBOSA, I. S. e CRUZ, O. (1990), *Cabo Verde: desertificação, reflexões. Uma abordagem participativa*. Encontro Nacional sobre a Gestão do Espaço Rural, Praia.
- BARRY, O.; SMOLIKOWSKI, B. & ROOSE, E. (1995), "Un projet de développement innovant au Cap Vert: le PRODAP". *Agriculture et Développement*, 5, p. 57-68, Montpellier,.
- BERTRAND, R. (1994), *Étude des sols dans les paysages du haut bassin versant de Ribeira Seca*. CIRAD / PRODAP-FIDA / MA INIDA, Montpellier.
- CORREIA, E. (2000), "A propósito da ideia de «anos bons» após as erupções na ilha do Fogo". *Garcia de Orta. Série de Geografia*, 17 (1-2), p. 47-60, Lisboa.
- COSTA, F. L. (1996), "Processos erosivos actuais na bacia da Ribeira Seca (Santiago oriental - Cabo Verde)". *Garcia de Orta. Série de Geografia*, 15 (1), p. 29-34, Lisboa.
- COSTA, F. L. (2002), *Evolução geomorfológica quaternária e dinâmica actual na bacia da Ribeira Seca (Santiago oriental - Cabo Verde)*. Dissertação apresentada ao Instituto de Investigação Científica Tropical para prestação de provas de acesso à categoria de Investigador Auxiliar, Lisboa.
- COUTO, C. (1997), *Contribuições para o estudo das estratégias familiares de subsistência rurais em Santiago de Cabo Verde: uma abordagem sócio-antropológica*. Dissertação de Mestrado em Estudos Africanos, Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, Lisboa.
- DITTRICH, I. (1982), *Une délimitation des composants du bilan hydrique pour Santiago. Un modèle sémi-déterministique*. Gabinete de Estudos e Planeamento do Ministério do Desenvolvimento Rural, Praia.
- FAURÈS, J. M. e MORAIS, J. T. (1988), "Aplicação da Equação Universal da Perda de Solo de Wischmeier (USLE) à bacia hidrográfica de S. Jorge". *Actas do 1º Seminário Nacional de Conservação de Solos e Água*, p. 103-114, Vila da Ribeira Grande.
- FERREIRA, D. B. (1986), *Étude de la secheresse dans l'île de Santiago (Cap Vert)*. Centro de Estudos Geográficos, Relatório da Linha de Acção de Geografia Física, 23, Lisboa.
- FERREIRA, D. B. (1987), "La crise climatique actuelle dans l'archipel du Cap Vert. Quelques aspects du problème dans l'île de Santiago". *Finisterra. Revista Portuguesa de Geografia*, XXII (43) p. 113-152, Lisboa.

- FERREIRA, D.B. (1996), "Water erosion in the Cape Verde Islands: factors, characteristics and methods of control". In: SLAMAYER, O. – *Geomorphic hazards*. John Wiley & Sons, 111-124, Chichester.
- FLAGEOLLET, J.-C. (1989), *Les mouvements de terrain et leur prévention*. Masson et Cie. Éditeurs, Col. Géographie, Paris.
- FOURNIER, M. F. (1966), "Utilisations des bassins-versants d'investigation hydrologique par l'étude de l'érosion du sol". *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, 348-349, p. 49-52, Paris.
- HAAGSMA, B. (1990), *Erosion and conservation on Santo Antão. No shortcuts to simple answers*. Ministério do Desenvolvimento Rural, Working Document of Santo Antão Rural Development Project, nº: 2, Ribeira Grande.
- LA COSTA, G. (1993), *Étude du ruissellement et de l'érosion au niveau de la parcelle*. Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário, INIDA, Praia.
- MACHADO, M. J. (1991), *Contribuição para o estudo da dinâmica da bacia-vertente do Rio Grande da Pipa*. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Faculdade de Letras de Lisboa, Lisboa.
- MANNAERTS, C. (1986a), *Contribution à l'évaluation de l'érosion des sols au Cap Vert. Influence des plantations forestières*. Réboisements, développement forestier Santiago – Maio. FAO, Praia.
- MANNAERTS, C. (1986b), *Rapport de fin de mission*. Réboisements, développement forestier Santiago – Maio. FAO, Praia.
- MARQUES, M. 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)*. Centro de Estudos de Pedologia, Lisboa.
- MARQUES, M. M. (1992), "Formas de degradação do solo". In *Agricultura e desertificação*. Fundação Calouste Gulbenkian, p. 31-48, Lisboa.
- MARQUES, M. M. (1994), "Alguns factores determinantes da erosão do solo em Cabo Verde". In *1ª Jornada sobre a Agricultura de Cabo Verde. Comunicações do Instituto de Investigação Científica Tropical. Série de Ciências Agrárias*, 8, p. 125-130, Lisboa.
- MONTEIRO, P.; BARBOSA, F.; MORAIS, L. e SOUSA, A. (1993), "Técnicas de preparação de terrenos e seus resultados na conservação do solo e água". *Primeiro Congresso Florestal de Cabo Verde*, Praia.
- NORTON, D. L. (1986), *Summary report: soil erosion modeling. Short-term assignment*. Cape Verde Watershed Development Project, S/ local.
- OLIVRY, J. C. (1989), *Hydrologie de l'Archipel du Cap Vert. Étude de l'île de São Nicolau*. Éditions de l'ORSTOM, Paris.
- QUERIDO, A. e outros (1995), *Un exemple de recherche-action. Étude de l'impact de techniques agronomiques et d'aménagement sur le ruissellement et l'érosion dans une zone semi-aride de Santiago (Cap Vert): conséquences sur l'atmosphère et l'eau des sols*. PRODAP / INIDA, Praia.
- QUERIDO, A. L. (1999), *Watershed system analysis for evaluating the efficiency of soil and water conservation works: a case study in Ribeira Seca, Santiago Island, Cape Verde*. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede.
- RAMOS, M. C. (1994), *Condições geomorfológicas e climáticas das cheias da Ribeira de Tera e do Rio Maior (Bacia hidrográfica do Tejo)*. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Lisboa.
- RODRIGUES, M. L. (1998), *Evolução geomorfológica quaternária e dinâmica actual. Aplicação ao ordenamento do território. Exemplos do Maciço Calcário Estremenho*. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Lisboa.

- ROOSE, E. (1994), *La gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES) une nouvelle méthode de lutte antiérosive testée par le projet PRODAP dans une zone semi aride montagneuse au Cap Vert (Godim, Ribeira Seca, île de Santiago)*. *Compte rendu de la mission du 17 au 29 mai 1994 en appui au PRODAP-FIDA*. S/ ed., S/ local.
- ROXO, M. J. e CASIMIRO, P. C. (1999), "MEDALUS. Mediterranean Desertification and Land Use. Estudos sobre desertificação no Baixo Alentejo interior. Concelho de Mértola". *Geoinova. Revista do Departamento de Geografia e Planeamento Regional*, 0, p. 6-29, Lisboa.
- SABINO, A. A. (1991), "O aproveitamento hidroagrícola e os impactos dos projectos de conservação do solo e água. Sugestões e alternativas de viabilização da agricultura de regadio em Cabo Verde". In: 3^{as}. Jornadas de Engenharia dos Países de Língua Portuguesa, *Comunicações do Instituto de Investigação Científica Tropical, Série de Ciências Agrárias*, 20, p. 55-79, Lisboa.
- SABINO, A. A. (1992), "As estruturas de conservação do solo e água em Cabo Verde e a quantificação dos impactos na área do Watershed Development Project (Ilha de Santiago)". In: 1^{as}. Jornadas sobre Agricultura de Cabo Verde, *Comunicações do Instituto de Investigação Científica Tropical, Série de Ciências Agrárias*, 8, p. 91-124, Lisboa.
- SERRALHEIRO, A. (1976), *A Geologia da Ilha de Santiago (Cabo Verde)*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- SILVA, R. (1981), *Analyse des précipitations mensuelles pour six stations pluviométriques de l'île de Santiago*. Ministério do Desenvolvimento Rural, Programa Agrhymet, N. T. 1, Praia
- SILVA, R. (1990), "O clima e o regime hidrológico de Cabo Verde". In: 1^{as}. Jornadas sobre Agricultura de Cabo Verde, *Comunicações do Instituto de Investigação Científica Tropical, Série de Ciências Agrárias*, 8, p. 29-35, Lisboa.
- SMOLIKOWSKI, B.; ROOSE, E.; LOPEZ, J.-M.; QUERBES, M.; QUERIDO, A. e BARRY, O. (1998), "Utilisation du paillage léger et de la haie vive dans la lutte contre l'érosion en zone semi-aride de montagne (Cap Vert)". *Sécheresse*, 4 (1) p. 13-21, Montrouge.
- WIT, P. (1986), *Étude pédologique de trois petits bassins-versants contigus de Fontes*. F.A.O., GCP/CVI/015/BEL, Praia.
- ZÊZERE, J. L. (1988), *As costeiras a norte de Lisboa. Dinâmica de vertentes e cartografia geomorfológica. Estudo de geomorfologia*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física e Regional, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Lisboa.