

# **Dinâmicas geomorfológicas. Metodologias. Aplicação.**

## **Os travertinos de cascata do vale da Ribeira de Sta. Helena (Santiago Oriental, Cabo Verde).**

*Waterfall travertines of Ribeira de Sta Helena valley (Eastern Santiago, Cape Verde)*

**Fernando L. Costa**

*Dep. Ciências Naturais, Cartografia, Instituto de Investigação Científica Tropical (IICT) [flcosta1955@gmail.com](mailto:flcosta1955@gmail.com)*

**Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos,  
Volume V, APGeom, Lisboa, 2007, p. 201-209.**

## Os travertinos de cascata do vale da Ribeira de Sta. Helena (Santiago Oriental, Cabo Verde).

*Waterfall travertines of Ribeira de Sta. Helena valley (Eastern Santiago, Cape Verde).*

F. L. Costa

Dep. Ciências Naturais, Cartografia, Instituto de Investigação Científica Tropical (IICT), flcosta1955@gmail.com.

**Resumo:** Dão-se a conhecer as condições de génese de travertinos calcários da Ribeira de Sta. Helena cuja bacia se desenvolveu em rochas basálticas. Relacionam-se com uma rotura de declive estrutural do perfil longitudinal do vale, desenvolvida numa fase anterior de encaixe. Trata-se de formações de cascata referenciadas pela primeira vez em Cabo Verde, naquela tributária da margem direita da Ribeira Seca (Costa, 2002), no sector oriental e mais pluvioso de Santiago. Anteriormente tinham sido assinaladas umas formações semelhantes em nascente, designadas por tufo calcários, na Ilha Brava, que foram associadas com a dissolução de carbonatitos primários locais. Os travertinos de Sta Helena são predominantemente cristalinos, zonados e superficialmente nodulosos ou concrecionados e assentam sobre um depósito de vertente quaternário, que se encontra na base da rotura. As precipitações carbonatadas externas são comuns nos domínios mediterrânicos, semi-áridos e tropicais secos. Encontram-se, mais frequentemente, em regiões calcárias, mas também em áreas de rochas magmáticas, em particular vulcânicas básicas, sob condições mais húmidas com um período seco bem marcado. Admite-se a idade holocénica para os travertinos de Sta. Helena, período de maior humidade e de colmatação dos vales, anteriormente delineados no máximo de entalhe quaternário.

**Palavras-chave:** Travertinos de cascata, formações calcárias, regiões vulcânicas, Holocénico, Ilha de Santiago, Arquipélago de Cabo Verde.

**Abstract:** The genesis of the Ribeira de Sta. Helena calcareous travertines, where the main geologic units outcropping are basaltic rocks, are related with the quaternary evolution of the valley in specific geomorphological and morphoclimatic conditions. This waterfall formation was observed by the first time in Cape Verde in this tributary of the Ribeira Seca basin, in the oriental and the rainy sector of Santiago Island (Costa, 2002). Similar formations have been described at Brava Island, related with the dissolution of primary carbonates in spring conditions, with the designation of calcareous tufa. The Sta. Helena travertines are fundamentally crystalline, zoned and superficially nodulous. It overlays a slope heterometric deposit, developed at the waterfall bottom, related with the enclosing valley Quaternary period, when the structural break of the valley profile was defined. The external carbonaceous precipitations are common in the mediterranean domain, semi-arid, and tropical dry climates. Frequently related with calcareous terrains, it may occur in magmatic regions, particularly in volcanic basic rocks, in humid climatic conditions with a well defined dry season. Those Sta. Helena travertines may be considered as Holocene, a wetter period of alluvial sedimentation, after the valley formation during the maximum Quaternary regression.

**Keywords:** Waterfall travertines, calcareous formations, volcanic regions, Holocene, Santiago Island, Cape Verde archipelago.

### 1. INTRODUÇÃO

A Ribeira de Sta. Helena é uma das afluentes da margem direita da Ribeira Seca, com cerca de 3 km de comprimento, localizada no sector oriental e mais húmido de Santiago. A sua bacia enquadra-se

integralmente na unidade geomorfológica de planaltos sub-estruturais, as Achadas do sector oriental da ilha, onde predominam rochas basálticas.

Do ponto de vista morfológico, a bacia e o vale apresentam contrastes evidentes entre os sectores superior e médio, acima dos 240 m, e o inferior, abaixo dos 100 m, mais a leste (Fig. 1).

A passagem para o inferior é marcada por uma rotura de declive longitudinal, entre os 240 e os 190 m de altitude, a que se associa um estrangulamento do vale. Nos dois sectores das cabeceiras, os declives longitudinais são superiores a 80‰ e no inferior, em média de 40‰.

Nos sectores mais a montante, o vale é largo, em forma de U, e os topos são planos, bem delineados e, em média, dominam o fundo em cerca de 100 m. As vertentes são suaves, pontualmente regularizadas por cones de escombrelras, e encimadas por cornijas basálticas pouco espessas. Este sector da bacia é talhado em assentadas de mantos lávicos que alternam com assentadas menos espessas de piroclastos, ambos de basalto do *Complexo Eruptivo de Pico da Antónia (PA)* e, numa pequena extensão, conglomerados e brechas sedimentares da *Formação dos Órgãos (CB)* (JIU, 1975 e 1977), cujos elementos detríticos angulosos são predominantemente de natureza basáltica.

No sector inferior, as assentadas de basaltos tornam-se progressivamente mais extensas e espessas, em geral pouco inclinadas, intercaladas por níveis estreitos de piroclastos. Os topos encontram-se talhados em basalto de origem sub-aérea, que se comporta como rocha dura, apesar da sua densa fracturação e da sua disjunção prismática, e a meia vertente afloram lavas submarinas que se apresentam muito fragmentadas.

Os topos talhados nestes materiais tornam-se, conseqüentemente, mais largos e regulares, com uma inclinação para nordeste. Estes topos encontram-se delimitados por cornijas basálticas bem marcadas, em geral com mais de 10 m de altura, com altitudes acima dos 200 m (Fig. 1). Desenvolve-se, assim, um planalto com vertentes de declives acentuados e entalhado por um vale estreito, encaixado e de fundo plano bem demarcado. As vertentes são, frequentemente, rectilíneo-côncavas, em resultado da sua cobertura por escombrelras, formadas a partir dos basaltos das cornijas dos topos e dos afloramentos mais fragmentados das próprias vertentes.

O fundo do vale é largo e plano, em resultado da acumulação de carga sólida fornecida em excesso pelas vertentes, do regime torrencial que permite a existência de amplos leitos de cheia onde a drenagem é desorganizada e facilita a aplanção e o alargamento do fundo, e, ainda, da construção de diques transversais ao longo do vale que favorecem a sedimentação.

## **2. TRAVERTINOS DOS VALES DE STA. HELENA E DA FURNA**

À semelhança do que acontece no vale da Ribeira de Sta Helena, também no da Furna, outra das tributárias da margem direita da Ribeira Secã, tem um desnível longitudinal acentuado na passagem para o seu troço inferior, entre 150 e 70 m de altitude.

Em ambos os casos as roturas são condicionadas por afloramentos espessos, com cerca de 12 m, de assentadas de basalto do *Complexo Eruptivo do Pico da Antónia*, que delimitam o seu topo. No vale da Ribeira de Sta. Helena, estes basaltos assentam sobre um complexo conglomerático-brechóide da *Formação dos Órgãos*, que se encontra na base daquele desnível.

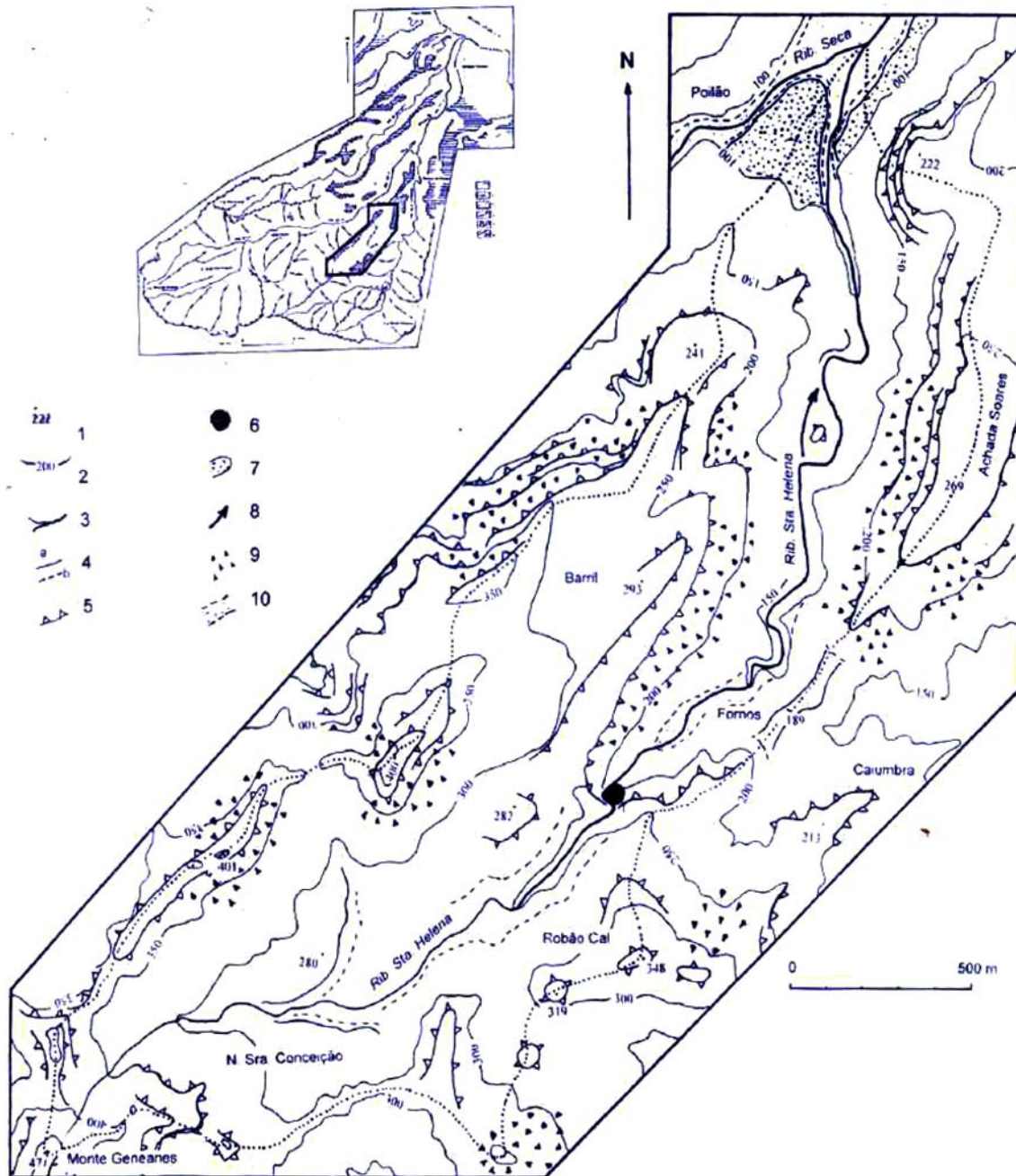


Figura 1 – Travertinos do vale da Ribeira de Sta Helena (adap. de Costa, 2002). Aspectos gerais do relevo: 1 – Ponto cotado (m); 2 – Curva de nível mestra (m); 3 – Curso de água; 4 – Cimo de vertente (a), base de vertente (b); 5 – Cornija basáltica. Formas quaternárias: 6 – Travertino; 7 – Terraço aluvial; 8 – Antiga direcção de drenagem; 9 – Cobertura de cascalheiras; 10 – Fundo aluvial.

Figure 1 – Travertine of Ribeira de Sta Helena valley (adapt. from Costa, 2002). Landforms: 1 – Altitude (m); 2 – Contour line (m); 3 – Water channel; 4 – Slope summit (a), slope base (b); 5 – Basaltic ledge. Quaternary landforms: 6 – Travertine; 7 – Alluvial terrace; 8 – Ancient flow direction; 9 – Slope detritic sedimentary deposits; 10 – Alluvial valley bottom.

Relacionados com essas roturas de declive formaram-se travertinos, ainda observáveis no vale da Ribeira de Sta. Helena, em toda a extensão do desnível (Fig. 1 e 2). É provável que se tenham igualmente desenvolvido no vale da Furna, mas foram integralmente explorados, pois, conforme informação de habitantes locais "aí se tirava cal". Dessas pedreiras ainda se encontram vestígios, embora sem a presença de travertinos.



Figura 2 – Rotura de declive em basaltos que marca a passagem para o sector inferior e posição dos travertinos do vale da Ribeira de Sta. Helena (adap. de Costa, 2002).

Figure 2 – Waterfall in a basaltic ledge related with the calcareous travertine formation of the Ribeira de Sta. Helena valley (adap. from Costa, 2002).

Trata-se de formações de cascata referenciadas pela primeira vez em Cabo Verde naquelas ribeiras (Costa, 2002). A única referência anterior a acumulações calcárias similares foi feita por Machado *et al* (1968) para “tufos calcários depositados por precipitação química” que se encontram próximos da nascente de Vinagre na Ilha Brava. Admitiram que se tinham originado a partir de águas das nascentes mineralizadas a expensas da solubilização de carbonatitos primários que afloram nas proximidades. Assinalaram que estas formações englobam restos de moluscos terrestres e impressões de folhas.

No mapa topográfico, no vale da Ribeira de Sta. Helena, encontram-se os topónimos locais de Robão Cal (designação local de Ribeirão de Cal) e Fornos (Fig. 1) que alertam para a presença de formações carbonatadas e a sua exploração para fabrico de cal. Na realidade, ainda é possível encontrar quem tenha estado ligado a essa actividade que cessou há cerca de duas décadas. Na cartografia geológica de Santiago (JIU, 1975 e 1977) estas formações não se encontram representadas.

No vale da Ribeira de Sta. Helena essas formações alongam-se por todo o desnível e têm a forma de um domo que atinge cerca de 50 m de diâmetro na base (Fig. 3). Em todo o seu comprimento encontra-se uma gruta estreita vertical, onde cabe um homem, e pela qual pode circular parte da água debitada pela ribeira em período de maior caudal. Este domo posiciona-se no sector sul da parede basáltica, obrigando o leito actual a descrever um ângulo vivo para norte, por onde se processa preferencialmente o escoamento. Ao longo de toda a rotura, o canal situa-se na área de contacto entre o travertino e a parede basáltica e tem a forma semicircular, com um perfil longitudinal quase vertical.

Estas formações assentam sobre um depósito de vertente, constituído por uma cascalheira heterométrica com elementos angulosos de basalto, envolvidos por uma matriz fina pouco abundante (Fig. 4). Este por sua vez cobre os conglomerados e brechas sedimentares.

Estas formações assentam sobre um depósito de vertente, constituído por uma cascalheira heterométrica com elementos angulosos de basalto, envolvidos por uma matriz fina pouco abundante (Fig. 4). Este por sua vez cobre os conglomerados e brechas sedimentares.



Figura 3 – Domo de travertinos de cascata do vale da Ribeira de Sta. Helena (adap. de Costa, 2002) (em cima).

*Figure 3 – Waterfall travertine formation of the Ribeira de Sta. Helena (adap. from Costa, 2002) (above).*



Figura 4 – Formações sobre as quais assentam os travertinos do vale da Ribeira de Sta. Helena. Da base para o topo: Complexo Conglomerático-brêchoide (Formação dos Órgãos) e depósito de cascalheira de vertente (adap. de Costa, 2002) (à direita)

*Figure 4 – Travertine formation of the Ribeira de Sta. Helena valley, overlaying a detritic slope deposit and an ancient type lahar geological unit (adap. from Costa, 2002) (right side).*

O travertino apresenta-se, predominantemente, muito compacto e duro e, apenas para o topo, mais poroso. Superficialmente tem, por vezes, uma estrutura nodulosa ou concrecionada (Fig. 5), com diâmetro médio de 20 mm, com um tom creme acastanhado e baço. Internamente tem uma textura cristalina e uma estrutura zonada, com leitos de cor creme e outros de tonalidade acastanhada, de 2 a 3 mm de espessura média, com uma forma planar ou pouco ondulada. Não se observaram quaisquer vestígios de plantas fossilizadas no seio destas formações.

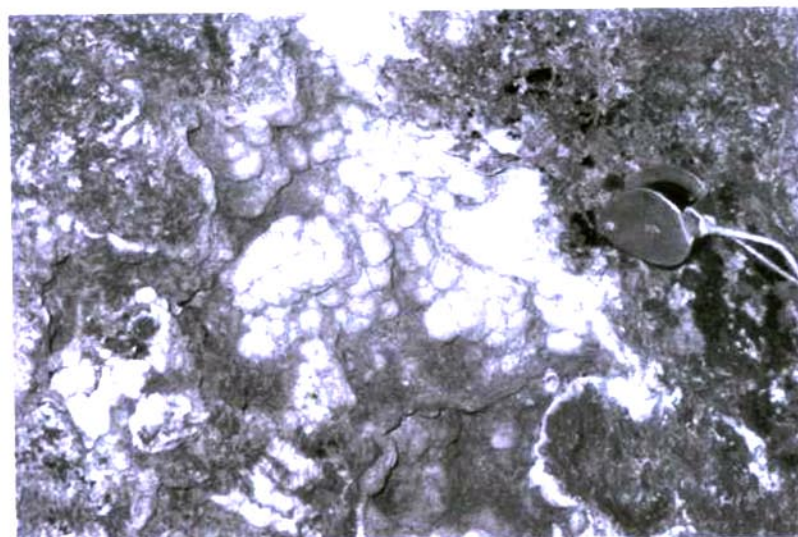


Figura 5 – Estrutura nodulosa superficial dos travertinos do vale da Ribeira de Sta. Helena (adap. de Costa, 2002).

*Figure 5 – Nodulous superficial structure of the travertine formation of the Ribeira de Sta. Helena valley (adap. from Costa, 2002).*

### 3. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO DE GÊNESE DE TRAVERTINOS

Optou-se pelo uso do termo travertino, em detrimento de tufo calcário, conforme o fizeram Fournier-Gasse *et al* (1966), para designar os calcários de precipitação formados em situações de nascente e de cascata em cursos de água de regiões vulcânicas, onde a designação de tufo se pode associar a piroclastos finos. Atendendo, também, ao carácter predominantemente zonado desta formação, à sua dureza e à sua cristalinidade, mais se justifica a opção pelo termo travertino, por oposição à fácies mais branda e porosa mais associada a tufos calcários (Gary *et al*, 1972; Fairbridge & Bourgeois, 1978).

Segundo Weisrock (1981), as formações relacionadas com cursos de água têm, em geral, uma localização pontual, com um desenvolvimento localizado, embora por vezes volumoso. Distinguiu, quanto à origem, três tipos de travertinos os *essencialmente construídos*, os *tipo aluvial* e os *complexos*.

Os primeiros encontram-se relacionados com roturas de declive de cursos de água, barragens e cascatas. As precipitações ocorrem nas áreas de declive acentuado e um pouco mais a jusante. Podem evoluir formando uma barreira vertical ou segundo o sentido de escoamento das água, originando formas alongadas. Estão, frequentemente, associados com as regiões áridas e mediterrânicas, onde as águas têm uma forte sobressaturação e uma actividade algal estacionais que facilitam a precipitação. Esta alternância sazonal está na origem de fácies estromatolíticas que permitem avaliar a idade das formações e as suas taxas de crescimento. Na Provence francesa e no Marrocos atlântico progridem à média de 2 a 5 mm por ano, pelo que foi possível atribuir-lhes a idade holocénica (Weisrock, 1981). Os travertinos da Ribeira de Sta. Helena incluem-se, com todas as suas características, neste tipo dos *essencialmente construídos*.

Os de *tipo aluvial* estão associados a depósitos de terraços aluviais ou surgem em meios palustres originando formas de incrustação de fácies oncolítica. Podem enquadrar-se neste tipo as concreções calcárias que se encontram em formações detriticas do nível de terraço médio da margem direita do vale da Ribeira Seca a jusante da confluência da Ribeira de Sta. Helena (Costa, 2002).

Os *complexos* têm géneses variadas ao longo da sua sequência sedimentar, podendo alternar leitões dos dois tipos anteriores.

O processo de formação de calcários de precipitação, de acordo com Muxart (1981), compreende três etapas: a alteração e dissolução do carbonato da rocha-mãe, o transporte e a precipitação. O cálcio pode provir da dissolução de várias rochas, entre as quais os calcários e as dolomites, mas também as vulcânicas básicas (Nicod, 1981). Pode ainda, conforme Clark & Fontes (1990) observaram numa região do sultanato de Oman, ter origem em rochas ultramáficas, de que resultam águas hiperalcalinas que permitem a formação de travertinos em condições de semi-aridez.

Estas formações carbonatadas desenvolvem-se onde há água corrente ou estagnada, pois é na fase aquosa que os vários elementos que entram na constituição dos diversos carbonatos são mobilizados (Adolphe, 1987).

De acordo com Couîteaux (1969) a formação de um "tufo calcário" num curso de água ocorre na sequência de desequilíbrios da equação  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ . A precipitação do  $\text{CaCO}_3$  que origina os travertinos, verifica-se, em geral, por perda de água ou de gás carbónico, que podem estar associadas a: a) mudanças de estado da água, para gelo ou vapor; b) fenómenos químicos resultantes da diminuição da pressão ou do aumento da temperatura; c) presença de outros sais dissolvidos na água e

de matéria orgânica; d) acção bioquímica de algas, bactérias e micro-organismos que mobilizam ou fixam directamente o  $\text{CaCO}_3$  ou modificam o pH das águas e das raízes que utilizam as soluções e a água dos solos. Estas modificações das condições físico-químicas ou biológicas das águas, são induzidas por condicionantes geoquímicas, geomorfológicas ou climáticas (Muxart, 1981).

A precipitação de sais relacionada com quedas de água, segundo Marker (1973), ocorre na sequência da variação brusca de altitude, que provoca a turbulência. Esta, por sua vez, promove a perda de gás carbónico, favorece a evaporação e o aumento da temperatura, criando condições de formação de travertinos. A estas condições deve associar-se uma concentração suficiente de carbonatos na água.

A sobressaturação da água, por si só, pode não conduzir à formação de travertinos (Viles & Goudie, 1990a), pois, na realidade, ela só acontece quando o gás carbónico é removido da solução. Essa remoção ocorre por várias razões, de entre as quais as mais comuns são a evaporação da água, a turbulência, a mistura de águas com diferentes temperaturas ou teores de  $\text{CaCO}_3$  ou a absorção biogénica do  $\text{CO}_2$  por fotossíntese. Em quedas de água o aumento da velocidade da água acima da rotura, permite um decréscimo da pressão interna que conduz à desgasificação e precipitação do carbonato de cálcio (Viles & Goudie, 1990a).

Estudos de travertinos formados em roturas de declives de cursos de água em regiões com estação seca prolongada (Marker, 1973; Viles & Goudie, 1990b) revelaram que existem limiares de totais anuais de chuvas para o desenvolvimento destas formações. Nos casos do Transval (África do Sul) e do noroeste da Austrália, a sua formação está relacionada com valores superiores a 750 mm, concentrados em cerca de 80 % na estação húmida, podendo a estação seca ser longa, superior a 6 meses. No entanto, as soluções carbonatadas que originam os travertinos, como admitiu Marker (1973), são afectadas pela duração da estação húmida, em termos de infiltração, actividade biótica e volume de água envolvido, para além da área da bacia de recepção e da sua litologia. A presença destas formações no noroeste da Austrália foi relacionada com elevados valores de evaporação, de 3 400 mm anuais, que decorrem das altas temperaturas locais (Viles & Goudie, 1990b).

#### **4. GÉNESE E IDADE DOS TRAVERTINOS DO VALE DE STA. HELENA**

Os limiares actuais de precipitação e de evaporação que se verificam actualmente na bacia da Ribeira de Sta. Helena encontram-se muito abaixo dos apontados por Marker (1973) e Viles & Goudie, (1990b) para o desenvolvimento de travertinos em regiões semi-áridas.

No caso da Ilha de Santiago, a precipitação mediana anual, no período de 1965-1990, não excedeu os 673 mm na Serra da Malagueta, onde se verificam os registos mais elevados (Correia, 1998). Concretamente para a bacia da Ribeira de Sta. Helena, podem calcular-se valores entre 250 a 350 mm (Correia, 1998). Os totais de evaporação, observados no período de 1941-1960 em estações meteorológicas da bacia da Ribeira Seca próximas, variaram entre os 497,0 mm (Currealinho) e os 1 129,8 mm (S. Jorge dos Órgãos).

A estrutura zonada e a textura cristalina que apresentam na ribeira de Sta. Helena leva a admitir tratar-se de formações herdadas de um clima, provavelmente, mais húmido, embora com uma estação seca. Esta alternância estacional permite o desenvolvimento da sua fácies estromatolítica.

Na África do Sul desenvolveram-se em períodos pluviais do Quaternário, quando a actividade cársica foi maior (Marker, 1973). Em grande parte do continente africano, formaram-se durante as fases húmidas do Quaternário (Adolphe, 1987), quando também se registaram condições para o desenvolvimento de depósitos calcários de carácter continental.

Nas ilhas orientais das Canárias ocorreu uma fase climática mais húmida, datada de 9,8 a 8,8 ka, a que se encontra associada a uma cimentação carbonatada de solos, formados sobre um substrato basáltico (Damnati *et al*, 1996).

Especificamente para o Sahel, as condições mais húmidas podem ter ocorrido entre 8 000 a 9 000 anos B.P., durante um período chuvoso, no início do Holocénico (Adolphe, 1987). Foi reconhecida a existência de pradarias e lagos no Saara e o Sahel continental, no Período Húmido Africano (AHP), durante Holocénico médio (11,5 a 5,5 kyr cal BP), que findou abruptamente, dando origem às condições de mais aridez actuais (Gasse, 2002; Ressen *et al*, 2006). Deve terminar com o Flandriano, quando se verificou uma transgressão que presidiu à colmatação dos fundos de vale até, praticamente, ao nível actual.

Este período afigura-se propício para a formação dos travertinos do vale da Ribeira de Sta. Helena, pois associar-se-iam a um episódio húmido necessário para a dissolução dos basaltos, para a existência de um escoamento mais regular ao longo do ano e para uma maior actividade biótica que facilitariam a precipitação dos carbonatos.

Seriam, assim contemporâneos da estabilização do mar a um nível próximo do actual, no Flandriano (Melahiano) que originou a colmatação de lagunas e estuários, em Cabo Verde (Lecointre, 1963). No caso concreto do sector vestibular da bacia da Ribeira Seca, as aluviões actuais atingem uma espessura de cerca de 35 m (Costa, 2002). Aquela datação foi-lhes atribuída pela semelhança paleofaunística destes sedimentos, como os de um leito argiloso do fundo do vale da Ribeira de S. Francisco em Santiago, com o mesmo tipo e posição dos observados no Senegal, onde é abundante *Tympanotonus fuscatus var. radula* (Lecointre, 1963).

Na fase imediatamente anterior à formação dos travertinos, o máximo encaixe quaternário teria atingido a cota de -38,5 m, a 500 m da foz da Ribeira Seca (Costa, 2002). Desenvolver-se-iam, assim, após este entalhe dos vales abaixo do nível actual, o que faria aumentar a rotura de declive onde se precipitaram.

## BIBLIOGRAFIA

- Adolphe, J.-P. (1987) – *Formations carbonatées continentales*. In Miskovski, J.-C. (Dir.) – *Géologie de la Préhistoire: méthodes, techniques, applications*. Paris, GéoPré, p. 197-224.
- Clark, I. & Fontes, J.-C. (1990) – Paleoclimatic reconstruction in northern Oman based on carbonates from hyperalkaline groundwaters. *Quaternary Research*, 33 (3): 320-336.
- Correia, E. (1998) – *Condições pluviométricas para a cultura do milho na Ilha de Santiago (Cabo Verde)*. Instituto de Investigação Científica Tropical, Lisboa, 115p.
- Costa, F. L. (2002) – *Evolução geomorfológica quaternária e dinâmica actual na bacia da Ribeira Seca (Santiago oriental – Cabo Verde)*. Provas para Investigador Auxiliar, Lisboa, 270p.
- Coûteaux, M. (1969) – Formation et chronologie palynologique des tufs calcaires du Luxembourg Belgo-Grand-Ducal Paris, *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude du Quaternaire*, 1969 (3): 179-206.
- Damnati, B.; Petit-Maire, N.; Fontugne, M.; Meco, J.; Williamson, D. (1996) – Quaternary palaeoclimates in the eastern Canary Islands. *Quaternary International*, 31: 37-46.

- Fairbridge, R. & Bourgeois, J. (Eds.) (1978) – The encyclopedia of sedimentology. Stroudsburg, Dowden, Hutchinson & Ross Inc., 901p.
- Fournier-Gasse F.; Causse, Ch.; Maraval, V.; Brousse, R. (1966) – Sur quelques travertins perivolcaniques et sur leur florule de diatomées. *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude du Quaternaire*, 1966 (3): 202-207.
- Gary, M.; McAfee Jr., R.; Wolf, C. L. (Eds.) (1972) – *Glossary of geology*. Washington D.C., American Geological Institut, 806 + 52p.
- Gasse, F. (2002) – Diatom-inferred salinity carbonate oxygen isotopes in Holocene waterbodies of the western Sahara and Sahel (Africa). *Quaternary Science Reviews*, 21: 737-767.
- JIU (1975) – *Carta Geológica de Cabo Verde. Ilha de Santiago. Na escala de 1:25 000*. Junta de Investigações do Ultramar/IICT (levantamentos de A. Serralheiro, 1970) (folhas 52, 54 e 55), Lisboa.
- JIU (1977) – *Carta Geológica de Cabo Verde. Ilha de Santiago. Na escala de 1:100 000*. Junta de Investigações Científicas do Ultramar/IICT (levantamentos de A. Serralheiro, J. Rocha de Macedo e L. Celestino Silva), Lisboa.
- Lecointre, G. (1963) – Sur les terrains sédimentaires de l'île de Sal. Avec remarques sur les îles de Santiago et Maio (archipel du Cap Vert). *Garcia de Orta*, 11 (2): 275-289.
- Machado, F.; Leme, J. A.; Monjardino, J.; Seita, M. F. (1968) – Carta geológica de Cabo Verde, notícia explicativa da folha da ilha Brava e dos ilhéus Secos (na escala 1:50 000). *Garcia de Orta*, 16 (1): 123-130.
- Marker, M. E. (1973) – Tufa formation in the Transvaal, South Africa. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 17 (4): 460-473.
- Muxart, T. (1981) – Formations carbonatées externes. Tufs et travertins. Processus de précipitation et mesures". *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, 479-480: 189-196.
- Nicod, J. (1981) – Formations carbonatées externes. Tufs et travertins. Répartition, classification, relation avec les milieux karstiques et karstification. *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, 479-480: 181-187.
- Ressen, H.; Brovkin, V.; Fichet, T.; Goosse, H. (2006) – Simulation of the Holocene climate evolution in northern Africa: the termination of African Humid Period. *Quaternary International*, 150: 95-102.
- Viles, H. A. & Goudie, A. S. (1990a) – Tufas, travertines and allied carbonate deposits. *Progress in Physical Geography*, 14 (1): 19-41.
- Viles, H. A. & Goudie, A. S. (1990b) – Reconnaissance studies of tufa deposits of the Napier Range, NW Australia. *Earth Surface Processes and Landforms*, 15 (5): 426-443.
- Weisrock, A. (1981) – Stratigraphie et pétrographie des formations travertineuses. *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 479-480: 197-202.

## AGRADECIMENTOS

Aos Drs. Fernando Ramalhal, Regina Ramalhal e M. Herminia Mendes, geólogos do Instituto de Investigação Científica Tropical, agradecem-se as amplas discussões de campo e de gabinete e a breve análise de laboratório de sedimentologia.