FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS E HUMANAS
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

História da Conservação dos Solos na Ilha de Porto Santo, Madeira

Cátia Vanessa Figueiredo Gil

Dissertação de Mestrado em Gestão do Território

Área de Especialização em Ambiente e Recursos Naturais

Setembro, 2015

Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão do Território, área de especialização em Ambiente e Recursos Naturais, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Maria José Roxo.

Declaro que esta Dissertação se encontra em condições de ser apreciada pelo júri a designar.

O candidato,

_____

Lisboa, 30 de Setembro de 2015

Declaro que esta Dissertação se encontra em condições de ser apreciada pelo júri a designar.

O orientador,

_____

Lisboa, 30 de Setembro de 2015

Aos meus pais e ao Mário

AGRADECIMENTOS

"A gratidão é o único tesouro dos humildes"
(William Shakespeare)

Após dois anos de aventura numa nova área que não a Biologia, mas ligada agora à Geografia, posso dizer que a essência do meu objectivo como profissional se manteve, a Conservação. Seja especificamente a conservação biológica, seja a conservação ou gestão do ambiente e dos seus recursos naturais, a meta será sempre a mesma, melhorar o mundo em nosso redor. Por isso, foram dois anos que muito contribuíram para o meu enriquecimento profissional e pessoal e dos quais me hei de sempre orgulhar de ter perseguido.

Começo assim por agradecer à minha orientadora, a Professora Doutora Maria José Roxo, primeiro por me ter ajudado a desenvolver o tema para este trabalho, que de uma ideia abstrata na minha cabeça se tornou em algo que me deu um grande gosto em perseguir. Segundo, por toda a confiança e apoio prestado no decorrer do trabalho, pois sem ela nunca teria chegado onde cheguei. Agradeço toda a paciência que teve comigo, a disponibilidade para responder às minhas dúvidas e a todas as sugestões dadas durante a sua orientação.

Em seguida agradeço aos meus pais por estarem sempre incondicionalmente presentes, por continuarem ainda hoje a ser o meu pilar mais forte, por terem aturado todas as minhas birras e stresses, por todo o carinho dado, por terem feito de mim o que sou hoje, me terem possibilitado chegar onde cheguei e continuo a chegar, pois sem eles não estaria agora a escrever estas palavras e, por demonstrarem sempre orgulho naquilo que vou conquistando. E claro, sem esquecer, que sem vocês a parte mais entusiasmante desta viagem não teria sido possível, a minha muito conseguida ida ao Porto Santo, ilha objecto do meu estudo.

Um dos maiores agradecimentos ao meu namorado, Mário Ornelas, a pessoa que mais esteve presente em todo o desenvolvimento deste trabalho, mais auxílio me prestou, quer nos diversos dias passados no meio do "mato" em trabalho de campo na

sua ilha natal, que sem ele teria sido quase impossível, quer na busca de bibliografia que teimava em parecer não existir, quer na interpretação da leitura dos diversos mapas dos ribeiros da ilha, entre outros, com que me ia deparando. Mas para além disto tudo, o meu maior obrigada por me ter acompanhado do princípio ao fim desta aventura, por todo o amor, toda a compreensão e apoio e por me aturar nos momentos de *stress*, que não foram poucos. Basicamente, obrigada por estares na minha vida!

Um grande obrigado aos Serviços Florestais do Porto Santo por tão prontamente se disponibilizarem para o empréstimo dos arquivos da correcção torrencial dos ribeiros da ilha. Ao Arquiteto Paulo Silva e à Engenheira Alexandra Gaspar, da Secretaria Regional do Ambiente, pela prontidão no fornecimento de bibliografia.

Um agradecimento especial aos meus sogros, Madalena e José Ornelas, por me terem recebido na sua casa com o maior carinho e atenção, sempre disponíveis para o que precisasse, fazendo-me sentir em casa. À minha cunhada Cátia, pelo carinho e pelo empréstimo de um livro (o qual me ajudou imenso) que ainda está para ser devolvido. Ao Nuno Spínola, por do seu tempo tirar espaço e recursos para auxiliar na passagem de bibliografia para as minhas mãos e de me proporcionar com fotos espectaculares para a plataforma interactiva. Foste um bom facilitador! Ao Daniel Simões e ao Gonçalo Antunes, pela ajuda nas questões técnicas relativas à construção da plataforma. E em geral um grande obrigado aos meus colegas de curso, particularmente a Ana Rita, o Bruno, a Catarina e o Hugo, por terem partilhado parte desta viagem comigo e a todos os meus amigos, que de uma forma ou outra sempre me deram o seu apoio.

Adoro-vos a todos e a todos o meu maior obrigado!

HISTÓRIA DA CONSERVAÇÃO DOS SOLOS NA ILHA DE PORTO SANTO, MADEIRA

CÁTIA VANESSA FIGUEIREDO GIL

RESUMO

PALAVRAS-CHAVE: Correcção torrencial, Erosão hídrica, Ilha de Porto Santo, Ribeiros, Torrentes.

Os solos são formados ao longo de extensos períodos de tempo, sendo entendidos como "…um dos recursos mais importantes da Biosfera e do Património Natural para toda a Humanidade…" (Meneses, 2011, p. 5). Apresentam funções diversas a nível ambiental, económico, social e cultural, essenciais para a vida. A erosão hídrica é um dos processos mais importantes de degradação do solo e um risco ambiental crítico na actualidade a nível mundial. O facto de em Portugal este processo ser muito visível nos finais do século XIX e início do século XX, fez com que, visando a recuperação dos solos, fossem levados a cabo uma série estudos e de trabalhos de correcção torrencial, com o objectivo de travar ou mitigar o fenómeno.

Na ilha de Porto Santo, o processo erosivo é bastante intenso, dado o reduzido número de áreas com vegetação autóctone e áreas reflorestadas, para além da aridez do seu clima e a própria natureza dos terrenos, factores responsáveis pela pobreza dos seus solos. A precipitação é directamente responsável pelo regime torrencial das linhas de água da ilha e, igualmente, pelos processos de erosão hídrica.

Por outro lado, desde que foi descoberta até meados do século XX foi-se assistindo a uma destruição progressiva do coberto vegetal das serras do Porto Santo, por ações antrópicas. Deste modo, a partir de 1952, a Circunscrição Florestal da Madeira desenvolveu um importante trabalho de promoção e defesa do património natural da ilha, com vários tipos de intervenção, entre os quais a reflorestação e a realização de obras de correcção torrencial e de defesa do solo contra a erosão.

As obras de correcção torrencial tiveram uma grande expressão na ilha, tendo sido efectuadas ao longo da maioria dos seus cursos de água. Foram intervencionados dezoito ribeiros com a construção de barragens (maioritariamente de alvenaria ou lajes), estacadas, motas, plantação de árvores, entre outros. Tendo em conta todo este trabalho, seria de esperar que quase meio século depois, essas obras continuassem a desempenhar a sua função, notando-se uma melhoria na regularização dos caudais

dos cursos de água e da morfologia das vertentes com a diminuição de formas resultantes da erosão.

A análise de fotografias do "antes" e do "depois" desses trabalhos, bem como da sua área envolvente revelaram que apesar de um bom número das barragens construídas se encontrarem ainda hoje em bom estado de conservação, muitas outras estão a precisar de manutenção, podendo a sua função estar em causa. A reflorestação, apesar de aparentemente bem-sucedida na maioria dos Picos, encontra-se ainda em falta noutros, entre os quais na encosta Oeste do Pico da Ana Ferreira, no Cabeço do Zimbralinho e na Portela, sendo nestes locais que se observam os melhores exemplos dos efeitos da erosão hídrica. Deste modo, sugere-se uma manutenção continuada a estas obras e a continuação do revestimento florestal das áreas mais susceptíveis ao fenómeno erosivo, para que os solos da ilha possam recuperar efectivamente.

HISTORY OF SOILS CONSERVATION ON THE ISLAND OF PORTO SANTO, MADEIRA

CÁTIA VANESSA FIGUEIREDO GIL

ABSTRACT

KEYWORDS: Porto Santo Island, Streams, Torrents, Torrent control, Water erosion.

Soils are formed through long periods of time, understood as “one of the most important resources of the Biosphere and the World’s Natural Heritage” (Meneses, 2011, p. 5). It has environmental, economic, social and cultural functions, vital for life. Erosion by water is one of the most important processes of soil degradation and a critical threat to the environment nowadays, worldwide. The great impact of this process in Portugal at the end of the Nineteenth century and the beginning of the Twentieth century led to the development of several studies and torrent control works, with the goal of stopping/mitigating the phenomenon.

In the Porto Santo Island the erosive process is very intense due to the reduced number of areas with native vegetation and reforested areas, besides the arity of its climate and the very nature of its land, responsible for the poverty of its soils. The rainfall is directly responsible for the torrential regime of the island's water lines and therefore, for the water erosion processes. On the other hand, since its discovery until the mid-twentieth century a progressive destruction of the vegetation cover of Porto Santo could be seen, by anthropogenic factors. For that reason, from 1952 the Circunscrição Florestal da Madeira developed an important work to promote and defend the natural heritage of the island, with various types of intervention, including reforestation and torrent control and soil defence against erosion works. Torrent control had a great expression on the Island, having been performed throughout the majority of its water courses. Within this, stand out eighteen intervened rivers by building dams (mostly of brick or flagstone), fences and tree planting, among others. Taking into account all this work, one would expect that almost half a century later, these works would continue to perform their function, noting an improvement of the system of the water courses and the morphology of the slopes with a decrease of the resulting forms of erosion. The analysis of current photographs and the comparison of photographs of the "before" and "after" of these works and its surroundings revealed that, although a good number of dams are still in good conditions nowadays, many others are in need of maintenance, with its function in risk of being affected.

Reforestation, despite apparently successful in most peaks, is still missing in others, including the West slope of Pico da Ana Ferreira, Cabeço do Zimbralinho and Portela, being these places the ones we can observe the best examples of the effects of water erosion. Thus, it is suggested a continued maintenance of these works and the continuation of the lining of the forest areas most susceptible to the erosion phenomenon, so that the quality of the island's soils can recover effectively.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO....1

i) DESCRIÇÃO DA PROBLEMÁTICA....1

ii) QUESTÕES DE PARTIDA....3

iii) OBJECTIVOS....4

iv) METODOLOGIA....5

v) ESTRUTURA....7

CAPÍTULO I: SOLO, A SUA DEGRAÇÃO E CONSERVAÇÃO....10

I.1. O SOLO....10

I.1.1. DEFINIÇÃO....10

I.1.2. FUNÇÕES....12

I.1.3. QUALIDADE....14

I.2. EROSÃO COMO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DO SOLO....15

I.2.1. EROSÃO HÍDRICA....19

I.2.2. FACTORES QUE INFLUENCIAM A EROSÃO....21

I.3. A CORRECÇÃO TORRENCIAL COMO MEDIDA DE REGULARIZAÇÃO DOS CURSOS DE ÁGUA E DE CONSERVAÇÃO DO SOLO EM PORTUGAL....25

I.3.1. TIPOS DE BARRAGENS MAIS UTILIZADOS NA CORRECÇÃO TORRENCIAL....29

CAPÍTULO II: A ILHA DE PORTO SANTO....35

II.1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA....35

II.2. CLIMA – REGIME DE PRECIPITAÇÕES....36

II.3. ASPECTOS FÍSICOS DO TERRITÓRIO....38

II.3.1. GEOLOGIA....38

II.3.2. GEOMORFOLOGIA....41

II.3.3. HIDROGRAFIA....44

II.3.4. SOLOS, BREVE CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA....47

II.4. A DEGRADAÇÃO DO SOLO E DA VEGETAÇÃO 48

II.4.1. EROSÃO HÍDRICA COMO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DO SOLO 50

CAPÍTULO III: CONSERVAÇÃO DOS SOLOS NA ILHA DE PORTO SANTO 53

III.1. CURSOS DE ÁGUA SUJEITOS À CORRECÇÃO TORRENCIAL 54

CAPÍTULO IV: AVALIAÇÃO DO ESTADO DAS OBRAS DE CORRECÇÃO TORRENCIAL 64

IV.1. AVALIAÇÃO DE FOTOGRAFIAS ACTUAIS 64

IV.2. COMPARAÇÃO DE FOTOGRAFIAS ACTUAIS COM FOTOGRAFIAS HISTÓRICAS 77

CAPÍTULO V: PLATAFORMA INTERACTIVA SOBRE AS MEDIDAS DE CORRECÇÃO TORRENCIAL NO PORTO SANTO 88

V.1. MAPA DO SÍTIO 88

V.2. SCREENSHOTS DA PLATAFORMA 89

CONSIDERAÇÕES FINAIS 93

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 96

LISTA DE FIGURAS 103

LISTA DE QUADROS 107

ANEXOS I

Anexo I: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro do Cabeço das Flores I

Anexo II: Planta do Ribeiro do Cabeço das Flores, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial II

Anexo III: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro das Canas III

Anexo IV: Planta do Ribeiro das Canas, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial IV

Anexo V: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro Cochino V

Anexo VI: Planta do Ribeiro Cochino, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial VI

Anexo VII: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro do Dragoal VII

Anexo VIII: Planta do Ribeiro do Dragoal, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial VIII

Anexo IX: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro das Esmoitadas IX

Anexo X: Planta do Ribeiro das Esmoitadas, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial.....X

Anexo XI: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro do Farrobo ..XI

Anexo XII: Planta do Ribeiro do Farrobo, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial.....XII

Anexo XIII: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro do Lombo XIII

Anexo XIV: Planta do Ribeiro do Lombo, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial..... XV

Anexo XV: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro do Luzirão XVI

Anexo XVI: Planta do Ribeiro do Luzirão, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial..... XVII

Anexo XVII: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro das Marinhas.....XVIII

Anexo XVIII: Planta do Ribeiro das Marinhas, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial.....XX

Anexo XIX: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro dos Salões XXI

Anexo XX: Planta do Ribeiro dos Salões, ilustrando a correcção de ravinas, com a enumeração dos locais de implementação das barragens XXIII

Anexo XXII: Planta do Ribeiro do Tanque, ilustrando a correcção de ravinas, com a enumeração dos locais de implementação das barragens XXV

Anexo XXIV: Planta do Ribeiro da Terra Branca, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial.....XXVIII

Anexo XXV: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro da Terra do Costa.....XXIX

Anexo XXVI: Planta do Ribeiro da Terra do Costa, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial.....XXX

Anexo XXVII: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro dos Torrados XXXI

Anexo XXVIII: Planta do Ribeiro dos Torrados, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial.....XXXII

Anexo XXIX: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro da Volta do Serrado XXXIII

Anexo XXX: Planta do Ribeiro da Volta do Serrado, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial..... XXXV

Anexo XXXI: Mapa da localização das barragens de correcção torrencial na ilha de Porto Santo XXXVI

Anexo XXXII: Pormenor A do mapa da localização das barragens de correcção torrencial na ilha de Porto Santo..... XXXVII

Anexo XXXIII: Pormenor B e D do mapa da localização das barragens de correcção torrencial na ilha de Porto Santo XXXVIII

Anexo XXXIV: Pormenor C do mapa da localização das barragens de correcção torrencial na ilha de Porto Santo..... XXXIX

INTRODUÇÃO

i) DESCRIÇÃO DA PROBLEMÁTICA

O solo é a base de todo o sistema agrícola mundial. No entanto, ele é responsável por muito mais do que providenciar a base para a agricultura e silvicultura, sendo também responsável pelo armazenamento de carbono, filtragem de água, transformação de nutrientes e manutenção da biodiversidade (Banwart, 2011; Heinrich Böll Foundation, 2015). De outro modo, este recurso providencia serviços do ecossistema essenciais para a vida. Num cenário de intensificação agrícola e de outras mudanças induzidas pelo ser humano é difícil prever como essas funções se continuarão a desempenhar (Banwart, 2011). Isto porque o solo apenas pode exercer as suas funções se a biodiversidade nele existente permanecer intacta, a camada de húmus for saudável e o direito à terra protegido. Apesar da vitalidade dessas funções, o ser humano tem falhado na protecção do solo, pois graças a usos indevidos perdem-se cerca de 24 mil milhões de toneladas de solo fértil por ano (Heinrich Böll Foundation, 2015).

Assim, devido ao facto do solo não só se tratar de um recurso finito e não renovável à escala de tempo humana e por providenciar serviços dos ecossistemas vitais para a vida e para o bem-estar humano, é de extrema importância a sua preservação. Além disso, constitui ainda um factor-chave dos ecossistemas terrestres nas regiões semiáridas e sub-húmidas secas (Kosmas *et al.*, 1999).

A degradação do solo consiste na sua modificação ao ponto deste se tornar pouco útil para o ser humano (Wasson, 1987). A destruição da sua qualidade por erosão tem constituído um problema em muitas civilizações passadas como indica McCraken (1987), citado por Lal (1998). Olson (1981) refere que a erosão do solo foi a causa da ruína de várias culturas e civilizações que outrora prosperavam. Mas este não é um problema somente do passado, a civilização global actual é também grandemente afectada por uma erosão acelerada do solo (Lal, 1998).

No decorrer do século XX, este recurso natural foi sofrendo diversas mudanças ao nível do seu uso (Roxo *et al.*, 1998), devido a novas oportunidades de mercado ou a

novas políticas agrícolas ou florestais, o que levou por vezes a transformações das áreas de modo drástico (Imeson, 2008). Maioritariamente para a satisfação das suas necessidades imediatas, mas por vezes também por simples ignorância, o ser humano desflorestou áreas sem se preocupar em reconstituí-las e desenvolveu actividades agrícolas em terrenos não adequados para tal, levando muitas regiões a serem arruinadas progressivamente pela erosão (Campos Andrada, 1982; Gallo, 1942).

A capacidade dos ecossistemas de resistir e regenerar tem sido ultrapassada pelo impacto que o ser humano exerce sobre os sistemas naturais, levando não só à degradação do recurso solo, como também do recurso água e à perda de biodiversidade (Roxo *et al.*, 1998), tão intimamente interligados, visto o solo ser a base de retenção e suporte dos dois últimos.

A desertificação surge então numa determinada área ou região quando o solo perde a capacidade de providenciar espaço, água e nutrientes à vegetação, ocorrendo uma situação irreversível a curto prazo quando a profundidade do solo não é capaz de manter um coberto vegetal mínimo (Kosmas *et al.*, 1999). Este fenómeno, devido ao grande número de impactes que provoca, tem imensas implicações sociais, com prejuízos muito elevados ao nível da ecologia e economia (Roxo *et al.*, 1998).

No contexto europeu, Portugal é um dos países que apresenta maior susceptibilidade face a fenómenos de erosão e de desertificação. "…*Cerca de 68% dos solos nacionais estão ameaçados pela erosão e 30% encontram-se em processo acelerado de desertificação, particularmente nas regiões do Alentejo, Algarve, Beira Interior e Trás-os-Montes…*" (Florestar – Sustentabilidade da Floresta, 2007, p. 18). Já em 1942, Gallo referia os grandes prejuízos causados pela erosão no País, e a sua tendência para se agravarem.

Surge assim a necessidade de se desenvolverem estratégias para mitigar a desertificação, evitando a degradação dos recursos naturais essenciais ao suporte da vida na Terra e básicos para a sobrevivência do ser humano, e para minimizar os efeitos negativos, cujas mudanças climáticas verificadas à escala global agravam (Roxo *et al.*, 1998). No combate a este fenómeno importa, de forma mais específica, ter como objectivos fundamentais a conservação do solo e a regularização dos cursos de

água, de modo a assegurar os meios de subsistência das populações (Campos Andrada, 1982).

Em Portugal, a preocupação com a defesa e a conservação dos solos já tem algum tempo, dado que os processos erosivos que se verificam actualmente têm sido objecto de estudo desde há já vários anos, quer por geógrafos, agrónomos ou mesmo engenheiros civis, entre outros. Apesar de tentarem encontrar soluções para situações concretas, a maioria dos trabalhos relativos à erosão e protecção dos solos não tem sido tratada nem recebido a merecida divulgação, refere Rebelo (1981), citado por Fernandes, Bernardino e Lourenço (2013).

Especificamente, foi aos Serviços Florestais, na década de 40 do século XX, que coube tratar de impedir a continuação de práticas desadequadas comprometedoras da preservação do solo. Para tal, deviam esclarecer as populações sobre como utilizarem o solo e a sua manta morta de modo correcto, quer a nível do aproveitamento da vegetação espontânea ou através da implantação e exploração dos seus povoamentos florestais (Campos Andrada, 1982). Para além desta reforma nas práticas, iniciou-se, no princípio do século, uma grande actividade de correcção torrencial de forma a minimizar os processos erosivos. Foram efectuadas obras de engenharia por todo o País, além da implementação de outras medidas preventivas e de defesa do solo face à erosão (Bernardino e Lourenço, 2013; Fernandes e Lourenço, 2013; Fernandes, Bernardino e Lourenço, 2013). Em Portugal continental, como exemplos de áreas submetidas a este tipo de intervenção encontram-se as bacias hidrográficas dos rios Lis e Mondego (com destaque para os seus afluentes, rios Pranto e Arunca). Ao nível das regiões autónomas, também a ilha de Porto Santo, no arquipélago da Madeira, foi sujeita a uma intensa actividade de correcção torrencial ao longo dos seus muitos ribeiros e a processos de arborização nos seus picos.

ii) QUESTÕES DE PARTIDA

Com base no descrito anteriormente, a problemática deste trabalho de dissertação assenta na necessidade de se relembrar e dar a conhecer toda a engenharia por detrás das obras de correcção torrencial, bem como as arborizações, e

a importância destas medidas para a preservação dos solos e regularização dos cursos de água na ilha de Porto Santo, Madeira.

Deste modo, as perguntas de partida a que se pretende responder no decorrer do trabalho são:

- Quais as técnicas, medidas e metodologias usadas no combate à degradação do solo na Ilha de Porto Santo durante o século passado, nomeadamente obras de correcção torrencial e arborizações?
- Qual a importância/benefícios das obras de correcção torrencial e arborizações na preservação da qualidade e funções do solo depois de quase meio século da sua implementação na ilha de Porto Santo?

iii) OBJECTIVOS

Os objectivos da presente dissertação estão então compreendidos em duas fases. Na primeira fase pretendeu-se identificar, na ilha do Porto Santo, Madeira, os factores naturais e antrópicos que conduziram à degradação dos solos; analisar as características físicas do território (clima, geologia, geomorfologia, caracterização físico-química e microbiológica do solo), de modo a perceber quais os aspectos que tornam a ilha mais susceptível aos processos erosivos; identificar as técnicas e medidas usadas para o combate a esses processos durante o século passado, nomeadamente obras de correcção torrencial e arborizações, bem como os locais da sua implementação, a metodologia utilizada na sua construção (técnicas e materiais usados). Na segunda fase, os objectivos consistiram em observar a evolução dos solos nos locais de implementação das obras/arborizações, verificando o estado actual das mesmas, de modo a avaliar os seus benefícios e verificar se as suas funções ainda se cumprem mais de 30 anos passados. Após a concretização destas duas fases, o objectivo final deste estudo consistiu em planear a construção de uma plataforma interactiva com a hidrografia da ilha de Porto Santo e a localização das infra-estruturas construídas e na qual constarão os factores que conduziram à degradação dos seus solos, as medidas tomadas para tentar corrigir os problemas que daí advieram, bem

como fotografias actuais e históricas de exemplos dessas medidas. A escolha da área de estudo deveu-se ao facto de, por um lado, ser uma das regiões dentro do território português cujas linhas de águas foram intervencionadas em termos de obras de correcção torrencial e, por outro lado, do solo se tratar já de si de um recurso finito. O facto de ser uma ilha relativamente pequena, o impacto da sua degradação ser muito mais grave, principalmente porque o Porto Santo é uma ilha não só maioritariamente residencial, mas também um destino turístico bastante procurado, durante os meses de Verão e, não apenas nas áreas de praia, mas também no interior, com diversas actividades em áreas mais sensíveis aos processos de erosão.

iv) METODOLOGIA

De acordo com as duas fases de objectivos definidas na presente dissertação, a abordagem metodológica adoptada para cumprir os mesmos apresenta uma componente descritiva e uma componente analítica, respectivamente.

Previamente a estas duas fases, no desenvolvimento do primeiro capítulo da dissertação, efectuou-se uma recolha indirecta de informação através de pesquisa bibliográfica de cariz geral sobre o tema principal do estudo, ou seja, o solo, suas funções e qualidade, a erosão como processo de degradação do solo, particularmente a erosão hídrica e sobre a correcção torrencial em Portugal.

Na primeira fase a recolha de informação envolveu pesquisa documental sobre a ilha de Porto Santo. Por um lado, foi efectuado um levantamento bibliográfico correspondente às características físicas do território, como sejam, a geologia, geomorfologia, hidrografia, caracterização físico-química e microbiológica do solo e o clima. Por outro lado, para além de consulta de bibliografia referente às práticas que levaram à degradação dos solos da ilha, foi consultada bibliografia específica, como sejam os arquivos correspondentes a projectos, registos fotográficos e cartografia da localização das obras de correcção torrencial e arborizações efectuadas, respectivamente, nas linhas de água e nos picos da ilha de Porto Santo, arquivados na Administração dos Serviços Florestais do Porto Santo. Para o tratamento da informação recolhida, a partir dos documentos relativos às obras de correcção

torrencial e arborizações efectuadas, foi criada uma base de dados na ferramenta Microsoft Excel, onde se foram incorporando, resumidamente, as obras projectadas.

Na segunda fase a recolha de informação já foi feita de forma directa, envolvendo, neste caso, trabalho de campo. Foi, portanto, efectuada uma saída de campo à ilha de Porto Santo, entre os dias 13 e 30 de Agosto de 2014, onde se procedeu à avaliação do estado das obras de correcção torrencial e das áreas sujeitas ao regime florestal e, consequentemente, da evolução dos solos nos locais de implementação e, se tiveram influência na estabilização do processo erosivo. Esta avaliação foi feita através de registo fotográfico (Figura 1), e do levantamento das respectivas coordenadas, com recurso a um equipamento GPS (Garmin GPSmap 60CSx). Relativamente ao tratamento da informação, foi efectuada uma comparação das fotografias obtidas no terreno numa perspectiva idêntica ou semelhante à de fotografias já existentes em trabalhos anteriores (Campos Andrada, 1982).



Figura 1 Barragem para correcção torrencial localizada no ribeiro do Tanque, no Dragoal.

Por último, após as duas fases estarem concluídas, através da união da informação recolhida em ambas procedeu-se então ao planeamento da construção de uma plataforma interactiva, com recurso à ferramenta de edição do Google Maps, contendo sobre um mapa da ilha de Porto Santo: os ribeiros intervencionados, as coordenadas geográficas das obras de correcção torrencial fotografadas, a fotografia histórica e a respectiva fotografia actual de locais intervencionados, e uma breve

descrição das técnicas aí implementadas, de modo a ficar disponível para consulta pública.

v) ESTRUTURA

A nível de estrutura, a dissertação iniciar-se-á com uma introdução, onde será feita uma descrição geral da problemática, construídas as questões de partida às quais se pretenderá responder no desenvolvimento do trabalho, elaborados os objectivos propostos para responder a essas mesmas perguntas e delineada a metodologia, onde serão descritos os métodos e as técnicas a serem utilizadas para o cumprimento dos objectivos. Em seguida terá início o Capítulo 1, respeitante ao solo, sua degradação e conservação, no qual serão apresentadas a definição, funções e modos de avaliação da qualidade do solo, será explicada a erosão como processo de degradação do solo e mais especificamente a erosão hídrica e os factores que influenciam a erosão, dando-se particular atenção à correcção torrencial como medida de regularização dos cursos de água em consonância com a conservação do solo nas vertentes, em Portugal.

O Capítulo 2 dirá respeito à ilha de Porto Santo, descrevendo a sua localização geográfica, os aspectos climáticos, nomeadamente a precipitação, os aspectos físicos do território, como sejam a geologia, geomorfologia, hidrografia, e a caracterização físico-química e microbiológica do solo, e a história da degradação do solo e vegetação, em particular sobre a erosão hídrica como processo de degradação do solo.

O Capítulo 3 corresponderá às medidas implementadas na ilha de Porto Santo, onde serão apresentadas as técnicas e acções realizadas na ilha para combater a erosão dos seus solos e regularizar os cursos de água, nomeadamente as obras de correcção torrencial e as arborizações. Será identificado o local de realização das mesmas e toda a metodologia por detrás delas, como sejam os materiais e as técnicas utilizadas na sua construção. Também neste capítulo, com recurso aos SIG, será feita uma representação espacial das linhas de água intervencionadas.

No Capítulo 4 será feita uma avaliação do estado das obras de correcção torrencial e conservação do solo através da comparação de fotografias actuais das

obras/arborizações com fotografias de igual ou semelhante perspectiva presentes em anteriores estudos.

No Capítulo 5 proceder-se-á à união da informação recolhida nos anteriores capítulos para o planeamento da construção de uma plataforma interactiva, onde constará um resumo dessa informação. Seguidamente serão apresentadas as considerações finais, onde serão sintetizados os elementos constantes no texto do trabalho, unindo ideias e fechando as questões apresentadas na introdução. Para concluir, serão então apresentadas as referências bibliográficas usadas na obtenção de informação para a realização do estudo. Esta mesma estrutura apresenta-se esquematizada na Figura 2.

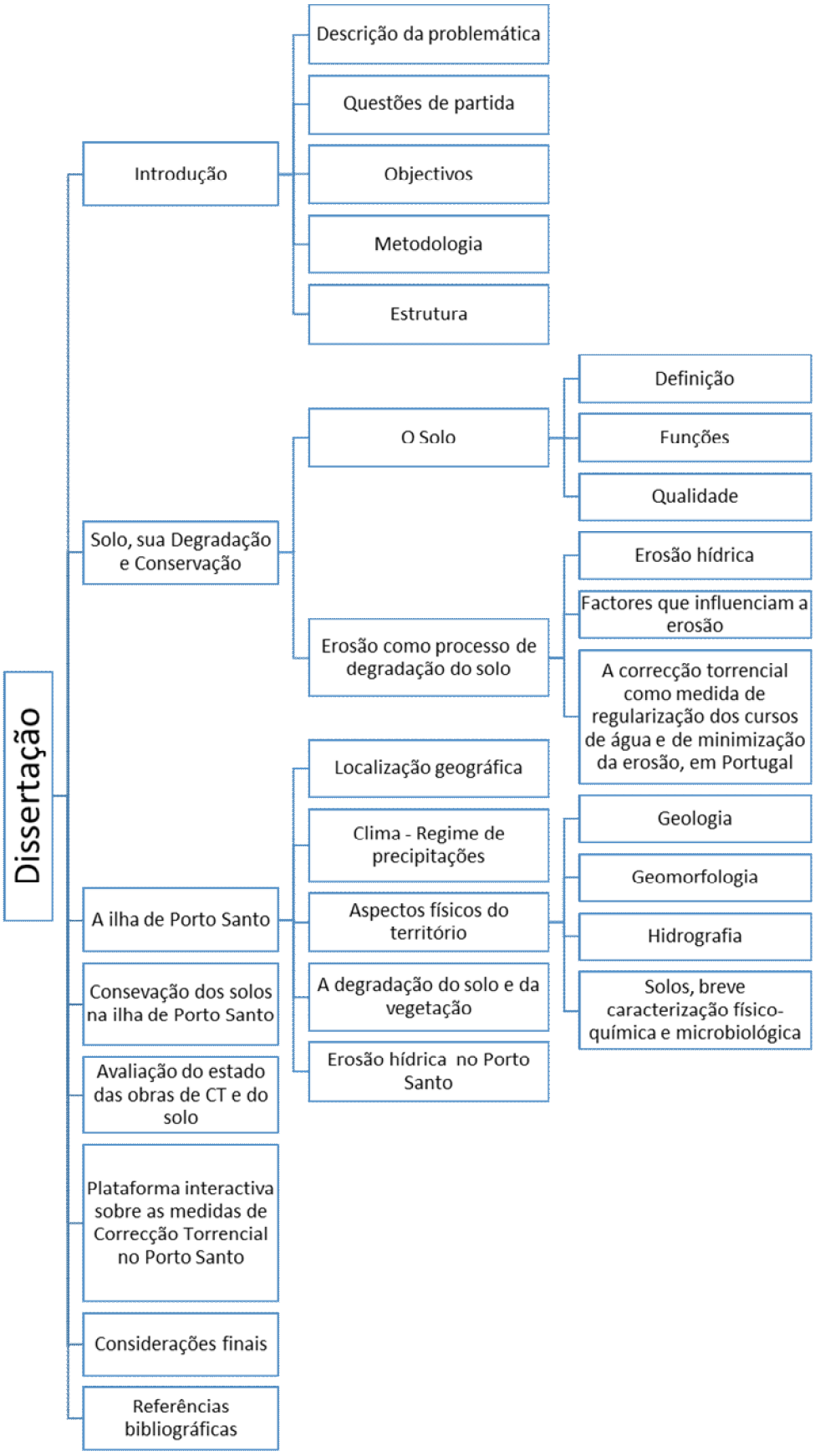


Figura 2 Esquema síntese da estrutura da dissertação.

CAPÍTULO I: SOLO, A SUA DEGRAÇÃO E CONSERVAÇÃO

I.1. O SOLO

I.1.1. DEFINIÇÃO

Os solos são formados ao longo de extensos períodos de tempo. São constituídos por diferentes proporções de rocha mãe, matéria vegetal e animal em decomposição e por uma diversidade de animais e plantas. Devido a diferenças locais na geologia, topografia, clima, vegetação e na gestão humana ao longo de milhares de anos, os solos são muito variáveis, quer em superfície, quer em profundidade. A diversidade e abundância de vida existente no solo são superiores à de qualquer outro ecossistema. Uma pequena quantidade de solo pode conter mil milhões de organismos, os quais desempenham um papel crítico na manutenção da estrutura e saúde do solo, permitindo o exercer das suas funções (Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2013; 2014).

De uma forma mais geral, o solo por ser entendido como "um dos recursos mais importantes da Biosfera e do Património Natural para toda a Humanidade" (Meneses, 2011, p. 5).

Deste modo, não existe uma definição única de solo concordada por todos os cientistas da área. De acordo com Imeson *et al.* (2011), o solo pode ser considerado como um meio que providencia diversos bens e serviços à sociedade, não sendo possível a existência de vida na Terra na sua ausência ou de tudo o que dele pode retirar. Aquilo que se bebe, come, respira ou veste é quase tudo providenciado pelo solo ou depende dele. A regulação dos ciclos hídrico e bio-geo-químico, essenciais para a manutenção de elementos fundamentais do clima e da biodiversidade, é da responsabilidade dos solos. A interferência nestes processos e na qualidade ecológica do solo, pode levar a mudanças climáticas e à perda de biodiversidade, além de grande parte do carbono antes existente no solo se encontrar agora ausente do mesmo. Os solos albergam uma vasta biodiversidade na Terra, existindo um grande número de organismos que vivem no solo, muitos dos quais pertencentes a espécies ainda por descrever e estudar. A quantidade de biomassa é maior no interior do solo do que

sobre ele. A falta de métodos para isolar de forma eficaz os diferentes organismos presentes nos solos de todo o Mundo é responsável pela falta de conhecimento, sobre este ecossistema. Apenas um número limitado de espécies foi já descrita e isolada, levando muitas vezes à descoberta de novas fontes de substâncias naturais farmacologicamente activas, como é o caso da penicilina.

A biodiversidade do solo é severamente ameaçada pelo rápido avanço da degradação do solo, levando à extinção de espécies ainda por descobrir e por estudar. O autor salienta ainda a necessidade de compreender as implicações da degradação do solo para a saúde humana. No que toca à sua estrutura, o mesmo autor refere que o solo consiste num meio complexo que muda de acordo com a sua localização. Esta variabilidade é tridimensional, uma vez que os solos desenvolvem diferentes propriedades na dimensão vertical, formando camadas ou horizontes. Estes resultam da expressão de factores de formação específicos. Também a dimensão horizontal apresenta uma grande variabilidade, com diferentes tipos de solo distribuídos sob diferentes condições locais. Para além disso, os solos também sofrem modificações ao longo do tempo, devido à influência de um ambiente e actividade humana em constante mudança.

Turner *et al.* (1990) entende que o solo não é apenas a camada produtiva da superfície terrestre, sendo sim um corpo "natural" com uma estrutura regular e características especializadas, um subsistema dentro do eco ou geossistema. A cobertura do solo, ou seja, a pedosfera, é uma zona de interacções no limite imaginário da bio e geosfera. Não é somente uma camada friável simples ou um armazém de nutrientes das plantas à superfície, mas também uma membrana específica, regularmente diferenciada no espaço e em profundidade, que regula as interacções biosfera-geosfera. A pedosfera é uma parte da litosfera e que pode ser penetrada e saturada por elementos das outras geosferas, ou seja, gases, água, soluções e micro e macrobiota. O solo como um corpo natural e a pedosfera como uma geomembrana superficial são sistemas com as suas próprias leis de desenvolvimento, evolução, estabilidade e comportamento, constituindo um conjunto

complicado de ligações directas e indirectas com os processos da superfície, tanto naturais como antropogénicos.

Sob o ponto de vista morfogenético, Lemonnier (1986, p. 59) considera que o solo pode ser entendido como "…a camada superficial do globo terrestre, é um sistema dinâmico, sede de fenómenos físico-químicos e biológicos estreitamente interligados. Meio vivo, um solo evolui, sofre modificações lentas mas contínuas, devido a dois processos complementares. Por um lado, a rocha mãe, a partir da qual ele se formou, sofre transformações físicas e químicas sob acção dos agentes climáticos e dos organismos vivos; a sua desagregação física e a sua alteração conduzem à formação de partículas de pequena dimensão e à simplificação da composição química dos elementos minerais. O outro processo de evolução do complexo edáfico é o fornecimento regular de elementos orgânicos, que voltam ao solo quando se efectua a decomposição da matéria viva, animal ou vegetal…".

I.1.2. FUNÇÕES

O solo apresenta funções diversas a nível ambiental, económico, social e cultural, as quais são essenciais para a vida. De acordo com Commission of the Commission of the European Communities (2002), Dorren *et al.* (2004), FAO Land and Water Bulletin 2 (1995) e Imeson *et al.* (2011), são elas:

- A função de produção (alimento e biomassa)

  Os alimentos e outros produtos agrícolas essenciais para a sobrevivência humana, e a silvicultura dependem completamente do solo. Quase toda a vegetação, incluindo as pastagens, culturas aráveis e arbóreas, depende do solo para o fornecimento de água e nutrientes e para a fixação das suas raízes.

- A função de armazenamento, filtragem e transformação

  Os minerais, a matéria orgânica, a água, a energia e diversas substâncias químicas são armazenados e parcialmente transportados pelo solo. Ele

funciona como um filtro natural para as águas subterrâneas, a principal fonte de água potável, e liberta CO_2, metano e outros gases na atmosfera.

- A função de habitat e pool genético

O solo é o habitat de uma grande quantidade e variedade de organismos que vivem no e sobre o solo, todos eles contendo padrões genéticos únicos. Desempenha, portanto, funções ecológicas essenciais.

- A função de ambiente físico e cultural para a Humanidade

O solo consiste na plataforma para as actividades humanas, sendo também um elemento da paisagem e do património cultural.

- A função de fonte de matérias-primas

Os solos providenciam matérias-primas, tais como argila, areias, minerais e turfa.

- A função de conectividade

O solo providencia o espaço para o transporte de pessoas, insumos e produtos, e para o movimento de plantas e animais entre áreas distintas de ecossistemas naturais.

- A função de estética e científica

O solo contém tesouros paleontológicos e arqueológicos, permitindo à Humanidade entender melhor sua história e desenvolvimento.

A adequabilidade do solo para estas funções varia muito entre as várias regiões do Planeta. As unidades de paisagem, como unidades de recursos naturais, possuem um dinamismo próprio, mas a influência humana tem um grande efeito nesta dinâmica, no espaço e no tempo. A qualidade do solo para uma ou mais funções pode ser melhorada, por exemplo através de medidas de controlo da erosão, no entanto, frequentemente o solo tem sido e continua ser degradado pela acção humana (FAO Land and Water Bulletin 2, 1995; Turner *et al.*, 1990).

I.1.3. QUALIDADE

O conceito de qualidade do solo usou-se por muito tempo como a percepção do quão bem um solo exerce a sua função de produção, maioritariamente em termos da sua capacidade de produção agrícola e silvícola (Dorren *et al.*, 2004; Imeson *et al.*, 2011). No entanto, outras funções começaram a ser tidas em conta em definições mais recentes. A definição de qualidade do solo segundo Doran (2002) refere-se à capacidade que o solo tem para exercer as suas funções dentro de limites naturais ou sob gestão do ecossistema, à sua capacidade para manter a produtividade vegetal e animal, manter ou melhorar a qualidade do ar e da água e promover a saúde dos animais e plantas. Já de acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OECD) (2001), este conceito refere-se, por um lado, à qualidade inerente resultante das características inatas dos solos, determinadas pelos factores conducentes à formação do solo, e por outro lado, à qualidade dinâmica resultante da variação na saúde ou na condição das características do solo, influenciada pelo uso agrícola, florestal e outras práticas de gestão.

Uma vez que a qualidade do solo não pode ser medida de forma directa, podem ser usados indicadores, ou seja, propriedades mensuráveis do solo ou das plantas que fornecem indicações sobre a forma como o solo consegue exercer as suas funções. Cada indicador deve ser de fácil medição, ser capaz de avaliar variações nas funções do solo, englobar propriedades químicas, físicas e biológicas, ser acessível a muitos utilizadores e aplicável às condições de campo e ser sensível a variações no clima e na gestão (Dorren *et al.*, 2004).

Existem indicadores gerais que têm sido usados de modo a providenciar uma imagem global da qualidade do solo. Um exemplo é o conteúdo em matéria orgânica do solo (Imeson *et al.*, 2011). Esta é composta por matéria orgânica (restos de raízes de plantas, folhas excrementos), organismos vivos (bactérias, fungos, minhocas e outra fauna do solo) e húmus, isto é, o produto final da decomposição da matéria orgânica no solo pela acção lenta de microorganismos. Como tal, está em constante formação e decomposição, libertando-se carbono na atmosfera sob a forma de CO_2, sendo depois recapturado através da fotossíntese. A matéria orgânica desempenha um papel central

na manutenção das principais funções do solo e é um determinante essencial da resistência à erosão (Commission of the European Communities, 2002). Um valor elevado do conteúdo em matéria orgânica do solo sugere que este é fértil, ou seja, possui uma boa capacidade tampão, elevada biodiversidade, boa estrutura, um sequestro de carbono efectivo, entre outros. Os solos que apresentam um conteúdo em carbono orgânico abaixo de 1% na sua camada superficial podem considerar-se degradados. Pelo contrário, os solos com um elevado conteúdo em carbono orgânico (acima dos 20%) podem ser considerados turfas ou solos turfados. O que é, no entanto, importante é a dinâmica da matéria orgânica e o seu efeito na fertilidade do solo, podendo, por vezes, solos muito ricos em matéria orgânica, ser sensíveis à degradação (Imeson *et al.*, 2011).

I.2. EROSÃO COMO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DO SOLO

De acordo com a FAO e a Commission of the European Communities (2002), a degradação do solo consiste numa mudança na sua qualidade, levando à diminuição da capacidade do ecossistema em providenciar os bens e serviços para os seus beneficiários. No entanto, outras definições podem ser encontradas no que toca aos processos envolvidos. Lal (1997) e Oldeman (1988) consideram a degradação do solo como o declínio a longo prazo da produtividade actual ou futura do solo e da capacidade moderadora do ambiente. Já Bone *et al.* (2010) e Lal (2009) acrescentam que a degradação do solo consiste numa perturbação na qualidade do solo, implicando um declínio na qualidade e nas capacidades do solo através de factores naturais ou antropogénicos.

Blum (1998) e Bone *et al.* (2010) referem que dos principais processos de degradação do solo fazem parte a erosão pelo vento e pela água, a acidificação e a salinização, a degradação física (destruição estrutural, compactação e regime de humidade extrema), a degradação biológica, mudanças não favoráveis no regime de nutrientes, a diminuição da capacidade de tamponamento, ou seja, da sua capacidade de resistir às variações de pH e, a contaminação por fontes naturais ou antropogénicas.

Na União Europeia, um valor estimado de 52 milhões de hectares, os quais representam mais de 16% área total de terra, é afectado por um qualquer tipo de processo de degradação (Commission of the European Communities, 2002).

A erosão do solo, normalmente confundida com a degradação do solo, diz respeito apenas às perdas absolutas de solo em termos de solo superficial e de nutrientes, sendo o processo de degradação do solo com maior visibilidade (FAO Soils Portal). Segundo Zachar (1982), a erosão do solo consiste na disrupção da pedosfera ou da litosfera pela acção de agentes exógenos, ou seja, factores geomorfológicos externos. Estes factores incluem a água, a neve, o gelo, o vento, os detritos alterados pelo tempo, a gravidade, os organismos (animais e plantas) e o ser humano. Podem ser classificados como bióticos e abióticos, sendo que os factores abióticos são responsáveis por erosão do tipo mecânico e químico e os factores bióticos responsáveis por erosão do tipo fitogénico, zoogénico e antropogénico, embora existam ainda outros tipos intermediários de erosão.

É um processo que envolve três fases, a desagregação, o transporte e a deposição, sendo que o solo desagregado, uma vez fragmentado, é transportado e depois depositado, resultando na sedimentação de partículas (Carvalho *et al.*, 2000; CT DEP, 2002).

A erosão natural ou geológica ocorre desde há 450 milhões de anos, quando as primeiras plantas terrestres formaram o primeiro solo. Mesmo antes disso, processos naturais faziam mover rochas soltas, ou rególitos, da superfície terrestre. Ocorre, portanto, ao longo do tempo geológico, num ritmo muito lento, levando ao desgaste de montanhas e à formação de depressões, planícies costeiras, deltas, entre outras formas de relevo, de maneira a criar a topografia actual. Normalmente, este tipo de erosão remove solo mais ou menos ao mesmo ritmo a que ele se forma, mas a erosão acelerada, ou seja, a perda de solo a um ritmo superior ao que é formado, é um problema bem mais recente. Resulta das más práticas de uso da terra, tais como o sobrepastoreio ou práticas de cultivo inadequadas, que quanto maiores os seus efeitos e mais extremas as condições climáticas, mais graves serão as consequências da erosão, deixando a terra desprotegida e vulnerável (Connecticut Department of

Environmental Protection, 2001; Jain *et al.*, 2010; Soil Erosion Site; Turner *et al.*, 1990; Zachar, 1982). Esta erosão acelerada pode afectar tanto áreas de cultivo como ambientes naturais e é um dos mais graves problemas ambientais da actualidade. Tem impactos tanto nos locais onde o solo se desagrega como naqueles onde ele se deposita (Soil Erosion Site).

A Europa é um continente que apresenta uma produção agrícola intensiva e com condições relativamente favoráveis. No entanto, uma extensa área de solo agrícola e algum solo florestal são afectados pela erosão, não havendo perspectivas desta ser reduzida a níveis não prejudiciais num futuro próximo (Zachar, 1982). Em algumas partes do Mundo as perdas de solo excedem em 50 toneladas por hectare em apenas um ano, ou seja, até 100 vezes mais rápido do que o ritmo de formação do solo, indicando que, em certos locais, se está a perder cerca de meio centímetro por ano da camada de solo (Banwart, 2011). Na Figura 3 é possível observar o nível de degradação dos solos nos vários continentes, sendo que os solos da Europa se apresentam maioritariamente degradados e em certas áreas mesmo muito degradados.

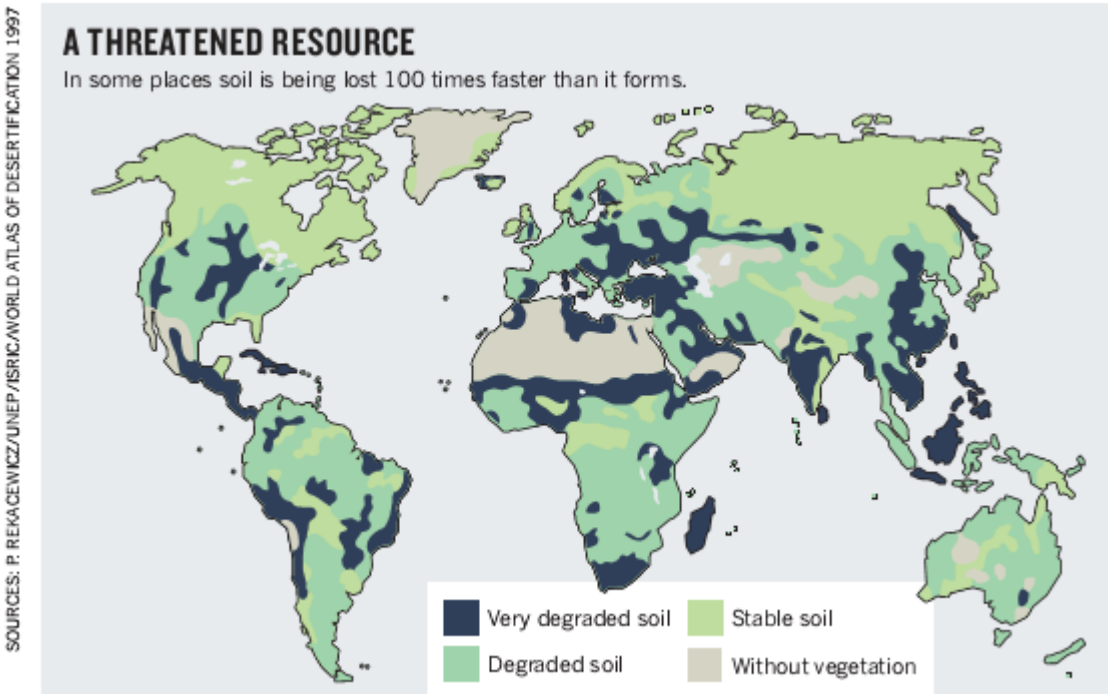


Figura 3 Atlas ilustrativo da qualidade do solo a nível mundial (extraído de Banwart, 2011).

A nível europeu, a taxa de erosão é bastante significativa, atingindo cerca de 14% do território (Figura 4), sendo a erosão hídrica um grave problema em determinadas partes da Europa. A taxa média de erosão hídrica ao nível dos 28 Estados Membros atinge as 2,76 toneladas por hectare por ano, deixando de fora o Chipre, a Grécia e Malta. Enquanto alguns países europeus parecem não ser afectados pela erosão a um nível significativo, os países a Sul da Europa são particularmente susceptíveis ao fenómeno, apresentando uma taxa de erosão muito superior à média europeia (Bosco *et al.*, 2015).

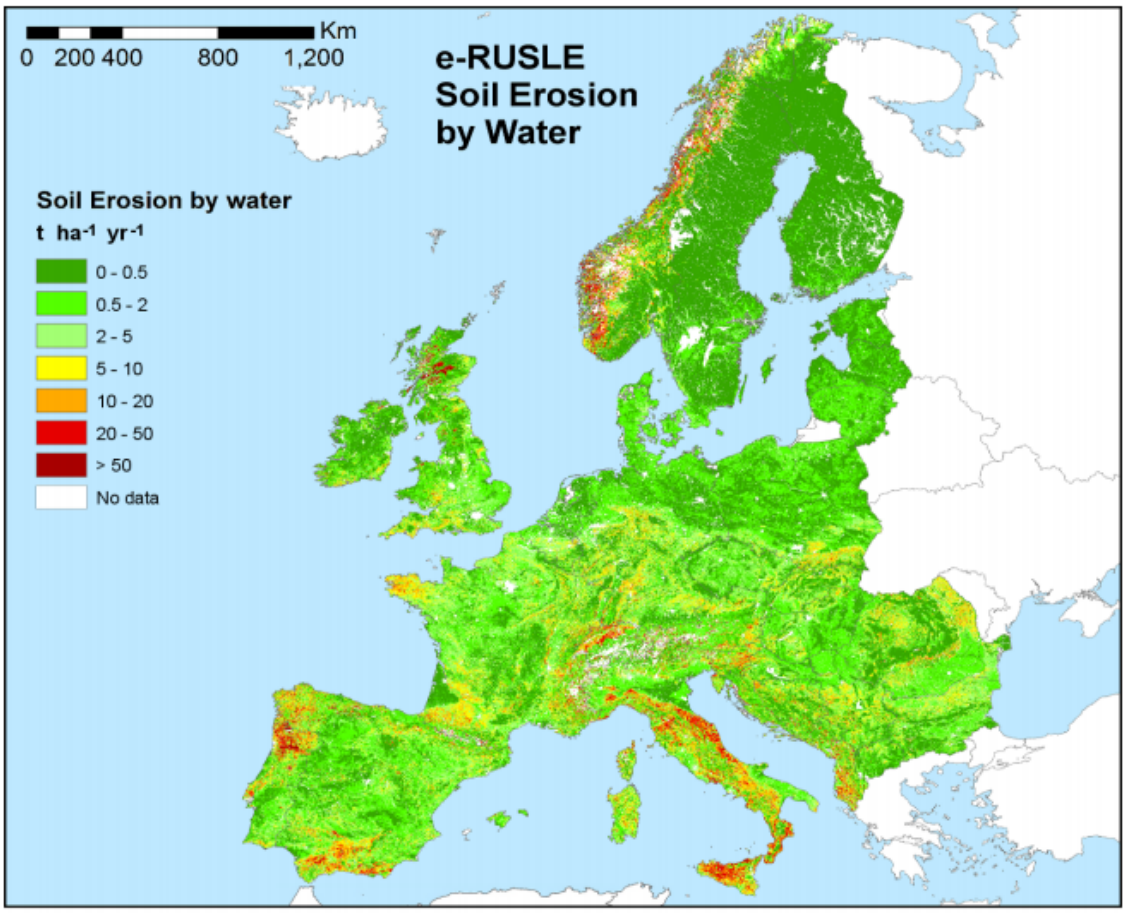


Figura 4 Taxa de erosão hídrica média a nível europeu, em 2006 (extraído de Basco *et al.*, 2015).

I.2.1. EROSÃO HÍDRICA

A erosão hídrica é um dos processos mais importantes de degradação do solo e um risco ambiental crítico na actualidade a nível mundial (Jain *et al.*, 2010). A aceleração por factores antropogénicos tem levado a um grande aumento da actividade dos processos geomorfológicos e dos fluxos sedimentares em muitas partes do Planeta (Turner *et al.*, 1990).

Existem diversos tipos de erosão hídrica (Figura 5), entre os quais se destacam a erosão pelas gostas da chuva ou erosão de *splash* e pela escorrência pluvial nas vertentes, as quais estão relacionadas com o agente erosivo precipitação, considerado o mais relevante dentro dos processos de erosão hídrica (Roxo, 1994).

A erosão de *splash* (*raindrop erosion*) é responsável pelo início do processo erosivo uma vez que o impacto das gotas de chuva no solo provoca a desagregação e transporte de partículas individuais e de pequenos agregados de solo. Apesar do impacto dificilmente mover areias ou outros materiais mais grosseiros para muito longe, partículas muito finas podem ser suspensas em água, as quais ficam depois susceptíveis à erosão laminar, para além de contribuírem para a mesma. A escorrência pluvial nas vertentes pode ser dividida entre escorrência elementar ou não organizada e escoamento organizado. No primeiro caso, a escorrência pode ser laminar ou em toalha, resultando na erosão laminar (*sheet erosion*), que consiste na remoção de uma camada fina e relativamente homogénea de solo da superfície terrestre pela escorrência superficial em vertentes. Esta água de escorrência constitui normalmente o agente erosivo, mas as partículas de solo transportadas na corrente são inicialmente desagregadas graças ao impacto das gotas da chuva e do seu efeito de *splash*. Ainda no caso da escorrência não organizada, esta pode ser também linear ou concentrada, dando origem, por um lado, a sulcos (*rill erosion*), ou seja, numerosos canais aleatórios com apenas alguns centímetros de profundidade, e por outro, a barrancos (*gully erosion*), isto é, canais estreitos, formados por curtos períodos de tempo, que removem o solo até profundidades máximas de 30 metros. A escorrência superficial raramente ocorre de forma uniforme para além de alguns metros, acabando por se concentrar nas irregularidades da superfície (Connecticut Department of Environmental Protection, 2001; Imeson e Curfs, 2008; Jain *et al.*, 2010; Meneses, 2011). Essas irregularidades podem consistir em vegetação, rochas, construções, entre outras.

A vegetação existente nas vertentes funciona como obstáculo, interceptando a água das gotas da chuva. Contudo, ela pode contribuir para o aumento do processo erosivo devido à maior quantidade de água que é interceptada pelas folhas, sendo aqui relevante a forma e o tamanho das mesmas. Enquanto que parte da água interceptada, ao escorrer pelo tronco, se vai infiltrar, outra acaba por escorrer ao longo da vertente (Meneses, 2011).

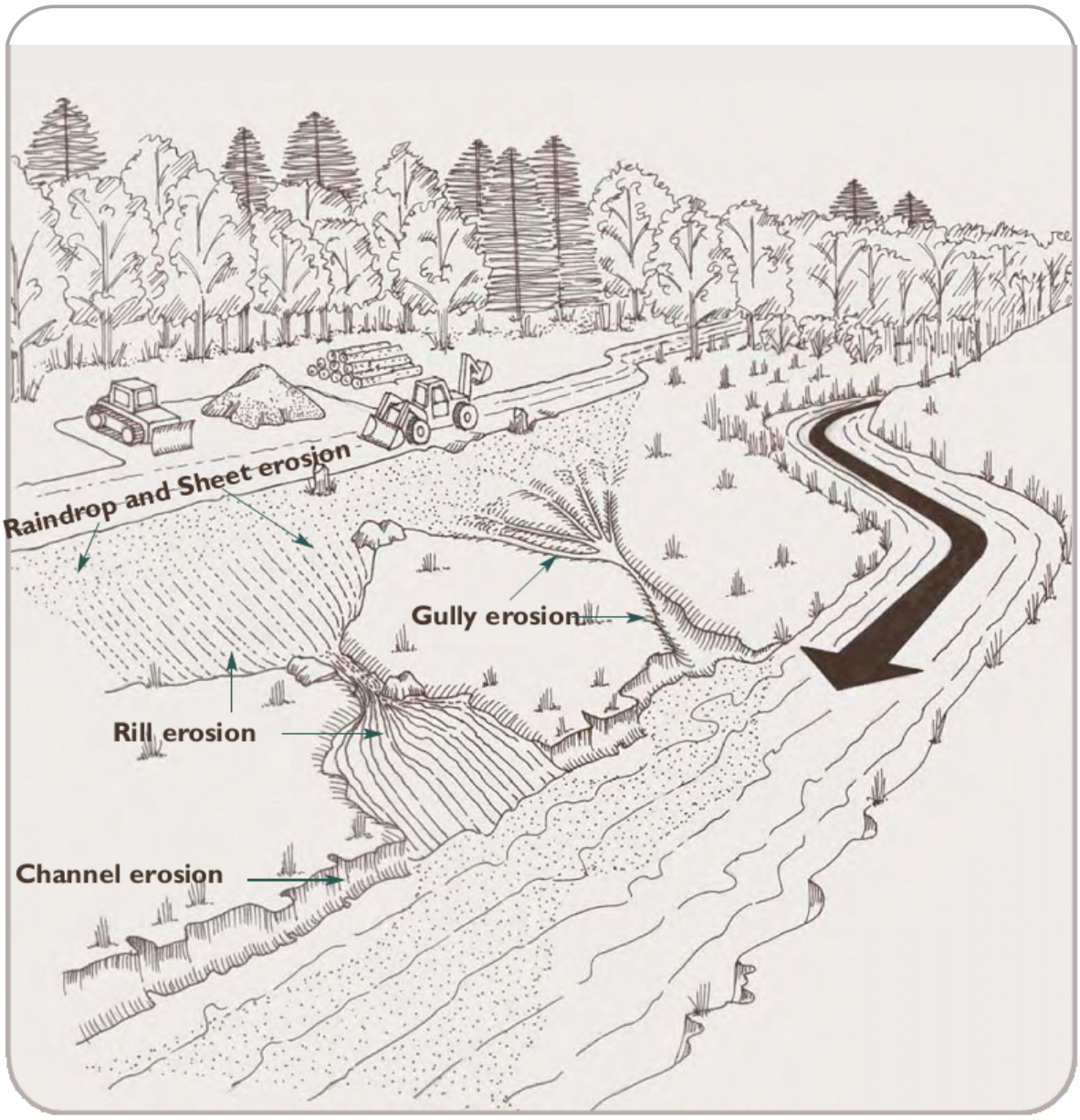


Figura 5 Tipos de erosão hídrica (extraído de Connecticut Department of Environmental Protection, 2001).

I.2.2. FACTORES QUE INFLUENCIAM A EROSÃO

A erosão hídrica é directamente controlada por quatro factores principais: o clima, a vegetação, as propriedades do solo e a topografia. Apesar de cada um destes factores ser complexo por si só, é a interacção entre eles que determina o potencial de erosão (Connecticut Department of Environmental Protection, 2001; Gallo, 1942; Kosmas *et al.*, 1999).

O clima corresponde à soma de todas as influências atmosféricas, como sejam a humidade, a precipitação, a temperatura, o vento, a pressão e a evaporação. O clima determina a frequência, a intensidade e a duração da precipitação, a qual, por sua vez, determina a quantidade de água de escorrência produzida numa determinada área. À medida que o volume e a velocidade da escorrência aumentam, a sua capacidade para desagregar e transportar partículas de solo também aumenta. Nos locais onde as tempestades têm grande frequência, intensidade e duração o risco de erosão é mais elevado. A nível europeu, a erosividade, ou seja, o impacto da precipitação no solo, é maior no Sul da Europa, o que é visível nas áreas a azul-escuro da Figura 6. Também mudanças sazonais e regionais na temperatura, e variações na precipitação, aumentam o risco de erosão em certos períodos do ano.

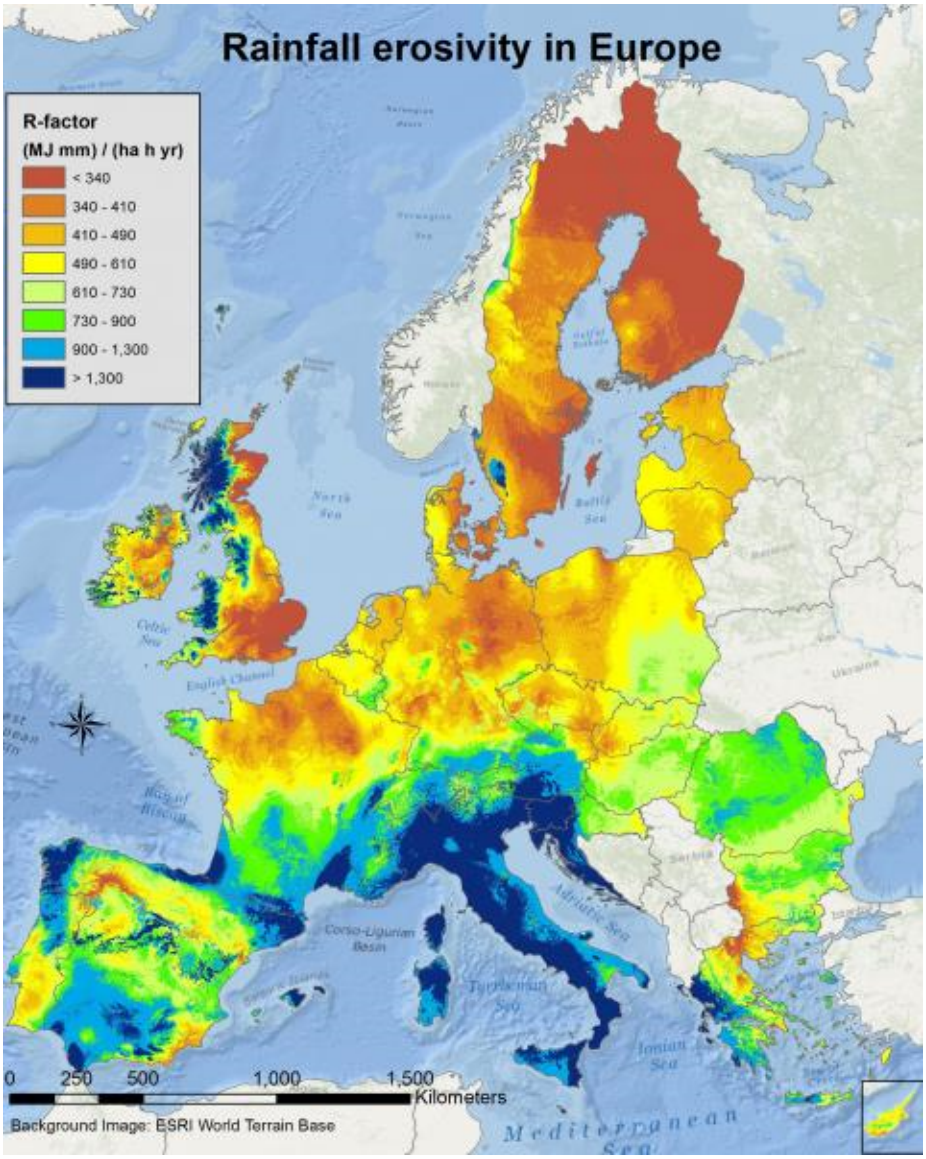


Figura 6 Mapa ilustrativo da erosividade a nível europeu. (Fonte de dados: European Commission, https://ec.europa.eu/jrc/en/news/rainfall-one-of-the-main-drivers-of-soil-erosion).

Potencialmente, o vento é capaz de remover mais sedimentos do que a precipitação, no entanto, o seu papel é relativamente menor na erosão do solo. O seu impacto está normalmente limitado a áreas extensas não protegidas por vegetação durante grandes períodos de tempo. Além disso, o vento pode agitar corpos de água com força suficiente para induzir a erosão por acção das ondas ou causar re-suspensão de sedimentos depositados, por exemplo em lagos e albufeiras.

A vegetação pode controlar a erosão do solo protegendo a sua superfície da água da chuva, mantendo as partículas de solo no seu lugar, melhorando a capacidade do solo para absorver água, diminuindo a velocidade da escorrência superficial, removendo a água da sub-superfície nos períodos entre precipitações através da evapotranspiração e, melhorando as taxas de infiltração. A erosão do solo e a sedimentação podem ser significativamente reduzidas ao limitar-se a remoção da vegetação existente e, consequentemente, diminuindo a área e a duração da exposição do solo. Em áreas com um potencial de erosão elevado, tais como solos erodíveis, encostas íngremes, valas, e margens dos cursos de água, é necessário prestar mais atenção à manutenção do coberto vegetal existente.

As propriedades do solo que têm influência na erosão causada pela precipitação e pela escorrência superficial são aquelas que afectam a capacidade de infiltração do solo e a resistência deste à desagregação e transporte pela água precipitada. São elas, a textura (tamanho da partícula e gradação), o conteúdo em matéria orgânica, a estrutura e a permeabilidade. Os solos que apresentam normalmente maior erodibilidade são aqueles que contém grandes percentagens de areias finas e de silte. À medida que o conteúdo em argila e matéria orgânica no solo aumentam, a erodibilidade diminui, uma vez que a argila funciona como um ligante das partículas de solo. Contudo, apesar das argilas resistirem bem ao processo erosivo, uma vez erodidas são facilmente transportadas pela água, permanecendo estas partículas em suspensão por mais tempo. Os solos pedregosos são normalmente os menos erodíveis. Os solos ricos em matéria orgânica possuem uma estrutura mais estável, melhorando a sua permeabilidade, o que faz com que resistam à desagregação pelas gotas da chuva e infiltrem mais água. Este tipo de solos previne ou atrasa e diminui a quantidade de água de escorrência.

A topografia diz respeito à configuração da superfície terrestre. O tamanho, forma e declive de uma bacia hidrográfica têm influência na quantidade e na taxa de escoamento. Quando o comprimento e o gradiente do declive aumentam, a taxa de escoamento também aumenta e o potencial erosivo é ampliado (Connecticut Department of Environmental Protection, 2001; Kosmas *et al.*, 1999).

O conhecimento sobre estes factores vai ajudar na selecção das medidas de controlo de erosão mais apropriadas. O planeamento para a conservação do solo e para a gestão hídrica requer conhecimento sobre a relação entre os quatro factores e do modo como eles podem ser influenciados de forma a reduzir as perdas de solo (Connecticut Department of Environmental Protection, 2001).

I.3. A CORRECÇÃO TORRENCIAL COMO MEDIDA DE REGULARIZAÇÃO DOS CURSOS DE ÁGUA E DE CONSERVAÇÃO DO SOLO EM PORTUGAL

O facto de em Portugal o processo de erosão hídrica ser muito visível nos finais do século XIX e início do século XX, fez com que, visando a recuperação dos solos, fossem levados a cabo uma série estudos e de trabalhos de correcção torrencial, cujo objectivo consistia em travar ou mitigar o fenómeno da erosão hídrica dos solos e suas repercussões, ao mesmo tempo que se regularizava os canais dos cursos de água (Bernardino e Lourenço, 2013; Fernandes, Bernardino e Lourenço, 2013).

Assim sendo, a nível legislativo, para dar fim aos enormes prejuízos económicos e sociais resultantes do processo de erosão hídrica no País, criaram-se os Serviços de Hidráulica Florestal, pelo Decreto de 24 de dezembro de 1901, com a responsabilidade de efectuarem " [...] o revestimento e as obras de arte dos perímetros demarcados com o fim de corrigir ou regularizar o regime dos cursos de água e a conservação e a policia das obras de arte, sementeiras e plantações, enquanto não forem entregues ao serviço de exploração..." (Gallo, 1960 citado por Bernardino e Lourenço, 2013).

Em 1930 foi criada a Junta Autónoma de Obras de Hidráulica Agrícola, cujo objectivo consistiu no planeamento e construção de obras de fomento hidroagrícola, nomeadamente barragens, sistemas de regularização fluvial e perímetros de rega (Bernardino e Lourenço, 2013; Fernandes, Bernardino e Lourenço, 2013). Já em 1950 esta Junta foi integrada na Direcção Geral dos Serviços Hidráulicos (INAG, 2002, citado em Bernardino e Lourenço, 2013). Em 1941 iniciou-se uma fase na qual se construíram grandes obras de engenharia florestal no País, sob a dupla responsabilidade da então Direcção dos Serviços Florestais e Aquícolas, criados em 1919, sob a tutela governativa do Ministério da Agricultura e do Gabinete de Estudos e Obras de Correcção

Torrencial, cuja missão consistia na Defesa, Conservação e Valorização do Solo Nacional (Bernardino e Lourenço, 2013; Fernandes, Bernardino e Lourenço, 2013).

Deste modo, as obras de correcção torrencial tiveram o seu início na Bacia Hidrográfica do rio Lis, resultando num rebaixamento do leito do rio e na diminuição das cheias. Posteriormente foi a Bacia Hidrográfica do rio Ceira, afluente do rio Mondego, a intervencionada. Algum tempo depois já era possível observarem-se melhorias no regime dos rios (Gallo, 1942).

Com estes trabalhos pretendia-se principalmente que a velocidade de escoamento das águas superficiais fosse reduzida, levando à redução da quantidade de materiais nela transportados ao longo das vertentes e/ou dos cursos de água (Fernandes, Bernardino e Lourenço, 2013; Gallo, 1942). O objectivo era, portanto, regularizar os cursos de água com regime torrencial, reduzindo-se o declive do talvegue de modo a evitar a continuidade da erosão de fundo e o posterior desmoronamento dos taludes das margens. Tentou corrigir-se o "perfil natural" da torrente[1] através do estabelecimento de um perfil de compensação que permitisse, numa primeira fase, o "estado de equilíbrio" entre o volume dos materiais soltos pela torrente e o daqueles que iam sendo depositados – barragens de consolidação. Numa segunda fase, tentou atingir-se o perfil de equilíbrio, o qual viria possibilitar a que a água corresse clara, devido à ausência de material transportado. Esse perfil seria conseguido pela construção de barragens mais pequenas, as quais facilitavam a deposição da maioria dos materiais sólidos, deixando passar o caudal líquido – barragens de retenção (Campos Andrada, 1982; Gallo, 1942).

Para além destes dois tipos de barragem procedeu-se também à construção de valas de escoamento e de canaletes (Figura 7), com o fim de concentrar as águas de escoamento, à aplicação de faxinagens (isto é, revestimentos, muros) e de sebes vivas

[1] Entenda-se por torrente "…um curso de água de pequeno desenvolvimento, mais ou menos rápido, que durante a maior parte do ano tem um caudal nulo, ou quási nulo, sendo porém as suas cheias rápidas, quantiosas e de pequena duração (…) todos ou quási todos os autores lhes consideram três partes distintas: a parte superior, denominada *bacia de recepção*; a parte média, chamada *canal colector* ou *abdutor*; e a parte inferior, que é o *leito* ou *cone de dejecção*…" (Gallo, 1942, p. 34-35).

ou mortas, e à reflorestação dos cursos de água e das áreas de margem mais atingidas pelo fenómeno (Figuras 8 e 9) (Fernandes, Bernardino e Lourenço, 2013).



Figura 7 Canalete para condução das águas (extraído de Bernardino e Lourenço, 2013).



Figura 8 Reflorestação dos aterros atingidos pelo processo de erosão hídrica extraído de Bernardino e Lourenço, 2013).

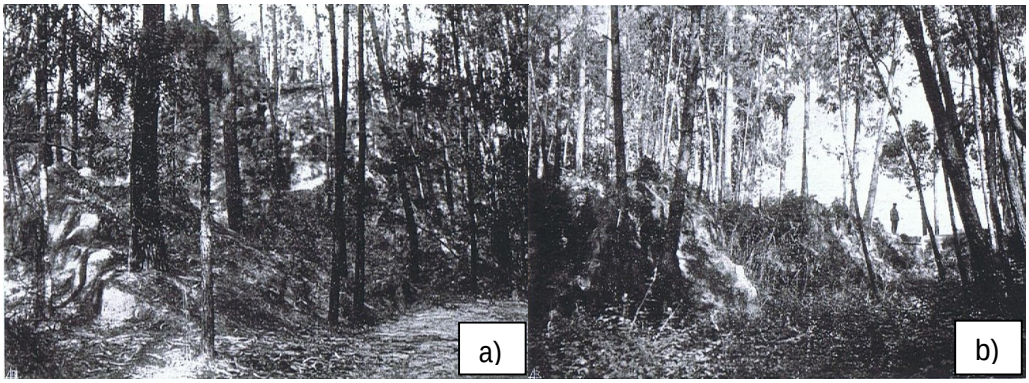


Figura 9. a) Rearborização do ribeiro dos Marrazes, afluente do rio Lis, acabando por extinguir totalmente o seu regime torrencial; b) outro aspecto do ribeiro dos Marrazes totalmente fixado pela vegetação (extraído de Gallo, 1942).

Na implementação destes trabalhos foi necessário seguir uma lógica de organização, a qual dependeu do tipo de torrentes existentes, o qual condicionou a sequência dos mesmos. Seguiu-se então a classificação do tipo de torrentes proposta por Louis Prosper Demontzey (sem data), que considerava a existência de três tipos de torrentes, a de transporte, a de escavação e uma mista. No caso de torrentes de transporte os trabalhos eram compostos por duas fases onde, em primeiro lugar, deveria estudar-se e demarcar os perímetros a arborizar ou a manter arborizados na bacia da linha de água e, em segundo lugar, repovoar todos os terrenos providos de instabilidade incorporados no perímetro. Relativamente a torrentes de escavação, com os trabalhos também divididos em duas fases, em primeiro lugar deviam ser fixados os terrenos com instabilidade através de trabalhos de correcção, como barragens, estacadas e motas e, em segundo lugar proceder-se ao repovoamento desses terrenos ao mesmo tempo que se iam realizando os trabalhos de engenharia no canal. No caso de torrentes mistas, ou seja, torrentes de transporte e de escavação a ocorrer em simultâneo, os trabalhos deveriam ser efectuados tanto na bacia de recepção como no canal de escoamento, envolvendo aqui as quatro fases referidas e na mesma ordem de execução (Bernardino e Lourenço, 2013; Fernandes, Bernardino e Lourenço, 2013).

Todos os trabalhos de correcção torrencial basearam-se na utilização de vegetação, uma vez que o coberto vegetal é um importante factor para travar o processo erosivo provocado pelas águas correntes. Era, no entanto, necessário fixar

previamente o solo (com recurso às obras de engenharia, como sejam as barragens de correcção torrencial) antes de trazer a vegetação, consolidando-o através quer da conversão das torrentes em ribeiros, ou seja, fazendo com que os fluxos de água perdessem rapidamente a sua energia ao se definir os leitos nos cones de dejecção, quer da regularização do regime dos rios, evitando danos materiais causados pelas inundações (Mota, 1973, citado em Bernardino e Lourenço, 2013; Gallo, 1942).

No entanto, as antigas florestas nem sempre puderam ser reconstituídas na sua plenitude, uma vez que muitos dos terrenos foram convertidos em sistemas agrícolas, onde em alguns o processo erosivo foi tão intenso que levou à redução ou mesmo eliminação da camada arável, expondo a rocha. Sendo assim, era necessário fixar o restante solo através de práticas de lavoura e outros métodos de fixação dos terrenos agrícolas e através de condicionamentos à exploração nos terrenos florestais, impedindo cortes abusivos, desenvolvendo o sub-bosque e aumentando a espessura da manta morta (Gallo, 1942).

I.3.1. TIPOS DE BARRAGENS MAIS UTILIZADOS NA CORRECÇÃO TORRENCIAL

Existem diversos tipos de barragem utilizados para a correcção torrencial, entre eles, barragens de madeira, de terra, de alvenaria, mistas de madeira e alvenaria, de cimentos armado, de gabião, de lajes, sebes vivas, etc.

As barragens de madeira são bastante económicas em locais onde exista muita vegetação arbórea. Contudo, têm duração limitada em cursos de água onde ocorram períodos de secura e exigem constante vigilância e reparações em cursos com regime permanente, acabando por não compensar o custo inicial reduzido.

As barragens de terra necessitam de terrenos com certas percentagens de argila e com materiais com um certo grau de humidade. Isto nem sempre se verifica, tendo que se proceder à calibração e mistura das terras de modo a obter-se um material suficientemente compacto para a construção da barragem. Apesar de serem económicas, não podem ser construídas em qualquer local, constituindo locais mais apropriados aqueles que apresentem uma boa largura, onde o perigo de corrosão das

asas seja inexistente e onde seja possível fixar-se bem o leito da torrente, ou então, aqueles cuja largura seja menor, mas bem protegidos a montante. Tal como as barragens de madeira, as de terra também requerem vigilância constante, uma construção das bocas cuidadosa, conferindo-lhes uma boa protecção (para uma melhor percepção dos constituintes de uma barragem ver Figura 14a).

As barragens de alvenaria são as mais tipicamente usadas na correcção torrencial, apresentando-se mesmo como as mais eficazes. As pedras usadas na sua construção podem ser assentes em seco ou com recurso a argamassa e apresentam uma duração quase ilimitada (Figura 10). Em locais onde abunde este recurso elas são económicas, caso contrário podem tornar-se dispendiosas.



Figura 10 Barragem de alvenaria construída no ribeiro dos Picotos II, afluente do rio Pranto, em 1968 (extraído de Bernardino e Lourenço, 2013).

As barragens de cimento armado podem ser económicas em certas situações, no entanto, é necessária uma montagem de armaduras e cofragens cuidada para serem construídas, além de pessoal especializado, o que, em meados do século XX, nem sempre era fácil de se encontrar.

Os gabiões, oriundos da Itália, são constituídos por caixas de rede de arame de ferro galvanizado enchidas com pedras provenientes do leito das torrentes, as quais vão depois ser usadas na construção dos muros das barragens. Podem também ser utilizados na protecção das margens dos rios. São relativamente económicos, mas o

arame, ao entrar em contacto com a água, vai sendo destruído com o tempo. Apesar de tudo, quando esse contacto surge as pedras já se encontram cimentadas, apresentando uma consistência capaz de resistir ao processo erosivo, a não ser que a rede seja destruída antes de a coesão ser atingida ou não ser suficiente. Neste caso, é necessário fazer reparações imediatas, que podem tornar o processo mais dispendioso.

As barragens de lajes baseiam-se na utilização de lajes independentes, de dimensões reduzidas, não havendo a necessidade de contratação de tanto pessoal. Essas lajes têm a possibilidade de moldarem-se junto ao local de construção das barragens, utilizando os mesmos moldes para um grande número de peças. Elas constituem o corpo da barragem quando agrupadas em fiadas transversais, podendo aumentar-se o número de fiadas quando a superior for colocada fora do limite do ângulo de talude natural do terreno, uma vez que a função de cada uma é unicamente suportar a impulsão das terras que equivalha à sua altura. As lajes são ancoradas ao terreno por peças de cimentos armado – barragens de lajes ancoradas (Figura 11). Neste tipo de barragem o descarregador corresponde ao comprimento da mesma. Comparativamente às barragens de alvenaria mais frequentemente usadas na correcção torrencial, este tipo de barragens mostrou ser 60% mais económico.



Figura 11 Barragem de lajes ancoradas (extraído de Gallo, 1942).

Devido à ausência de um verdadeiro descarregador, entre outras limitações, as barragens de lajes ancoradas passaram a ser escoradas. Neste tipo de lajes já é possível ter um descarregador definido, devido à redução para metade da altura das lajes na primeira fiada (Figura 12).

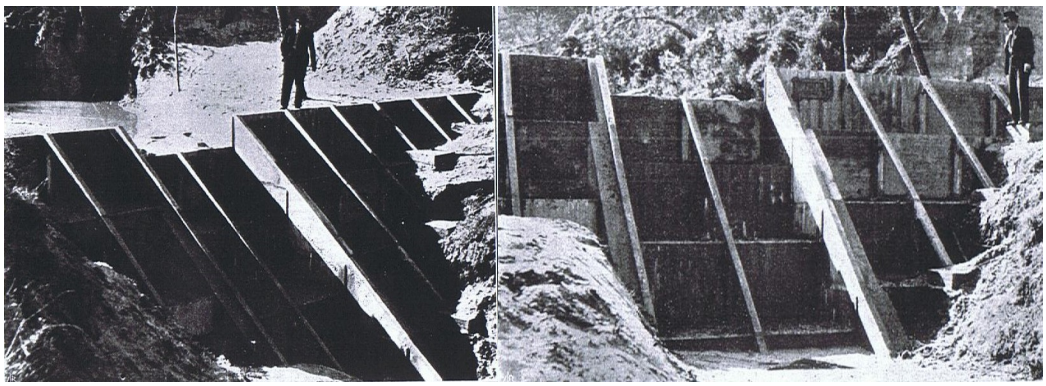


Figura 12 Barragens de lajes escoradas (extraído de Gallo, 1942).

As escoras constituintes das lajes, inicialmente constituídas por esquadros de betão armado, apoiados no terreno por um maciço de alvenaria, requerem a construção de pequenos muros de alvenaria, de modo a proteger lateralmente as bocas. Assim, de modo a reduzir ao mínimo necessário o uso de alvenaria e dada a dificuldade na obtenção de varão de ferro para a armadura dos esquadros, as escoras passaram a ser construídas em placas de betão, armadas também com metal distendido (Figura 13).

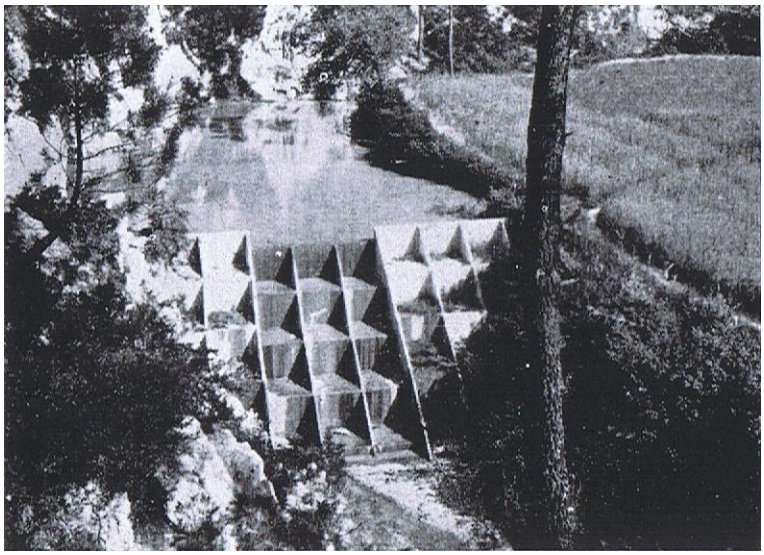


Figura 13 Último modelo de barragem de lajes escoradas utilizado (extraído de Gallo, 1942).

As sebes vivas, muito úteis na protecção das margens e taludes, contrariamente aos anteriores tipos de barragem, estão constantemente a ser renovadas, além de serem muito mais económicas. Em contrapartida, existem limitações à sua utilização, sendo esta mesmo impossível quando o talvegue apresente um certo declive e haja um grande volume de água, levando à sua destruição e arrastamento.

No que diz respeito à estrutura das barragens, elas são constituídas essencialmente por três componentes: o corpo da barragem, o qual funciona como muro de suporte; a boca ou descarregador, cujas dimensões devem permitir a passagem ao maior volume de água que possa passar pelo local onde se encontra a barragem; e a soleira, a qual deve evitar a corrosão do talvegue a jusante da barragem pela queda de água, levando à sua destruição (Figura 14a).

As dimensões do descarregador podem variar em altura ou em largura num mesmo caudal, sendo preferível o aumento em largura desde que não expondo as margens à corrosão das águas. A soleira deve resistir à queda de água e de materiais sólidos e apresentar comprimento suficiente para que o material mais afastado caia sempre sobre a mesma, sendo a distância percorrida por esse material função da

altura da barragem, da altura da água sobre o descarregador e da velocidade de chegada.

Quando as barragens atingem uma determinada altura é necessária a construção de uma contra-barragem, a qual deve criar um lençol de água sobre a soleira, amortecendo a potência da queda (Figura 14b).

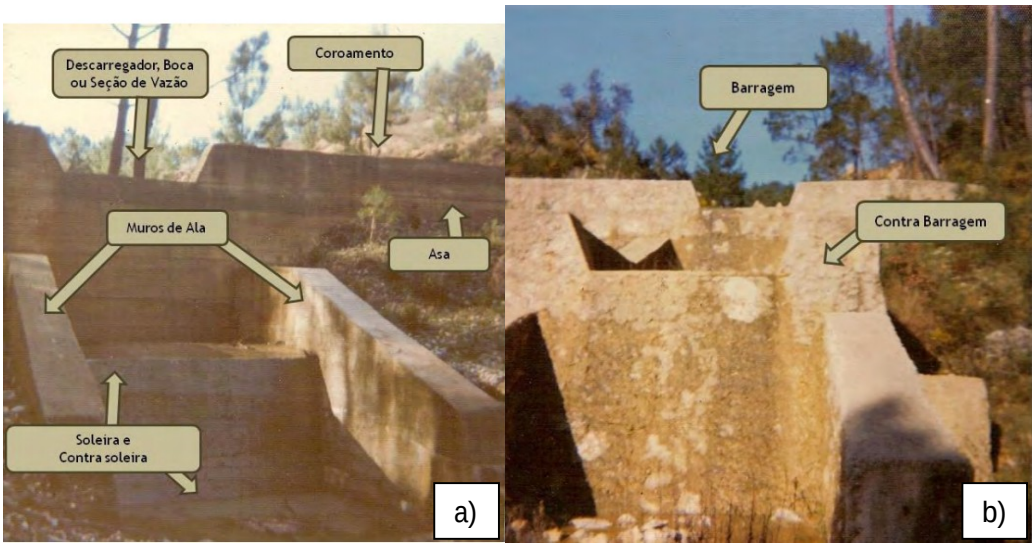


Figura 14 a) Constituintes principais de uma barragem de correcção torrencial e b) pormenor de barragem e contra-barragem de correcção torrencial (extraído de Bernardino e Lourenço, 2013).

Nos trabalhos de correcção torrencial é de extrema importância a escolha dos locais de construção das barragens e a altura das mesmas. Assim, caso não haja perigo da água escavar os taludes, comprometendo a segurança das barragens, elas devem ser construídas nos locais mais estreitos das torrentes. Por outro lado, é preferível aumentar a altura das barragens, reduzindo-as em número, sempre que as condições do local o permitam e dentro de certos limites. Isto faz aumentar a superfície de protecção dos taludes laterais e o volume de materiais sólidos retidos, reduzindo a quantidade de fundações (Gallo, 1942).

CAPÍTULO II: A ILHA DE PORTO SANTO

II.1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A área de estudo corresponde à ilha de Porto Santo, a qual se localiza no Atlântico Norte, cerca de 550 milhas a sudoeste de Portugal Continental (Figura 15). Em conjunto com a ilha da Madeira e dois grupos de ilhas desabitadas, as Desertas e as Selvagens, integra o Arquipélago da Madeira, situado aproximadamente entre as latitudes 32º 31' e 33º 31' Norte e as longitudes 16º 30' e 17º 30' Oeste. O arquipélago, ocupa uma posição central no Atlântico oriental, e forma, em conjunto com os arquipélagos dos Açores, das Canárias e de Cabo Verde, a região biogeográfica da Macaronésia (Silva, 2003).

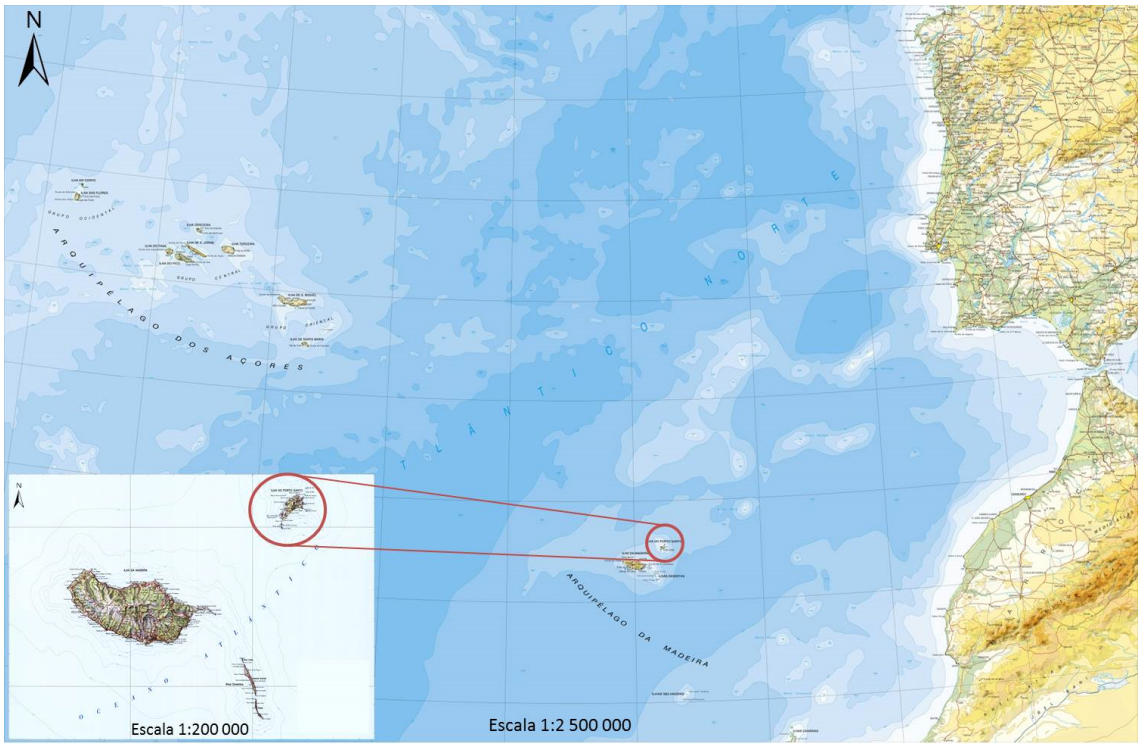


Figura 15 Localização geográfica da ilha de Porto Santo, arquipélago da Madeira no Atlântico Central. (Fonte de dados: Atlas de Portugal)

Situada a cerca de 44 km a nordeste da Madeira, a ilha de Porto Santo apresenta uma área de 42,26 km^2, com um comprimento máximo de aproximadamente 11 km, desde a Ponta do Nordeste até à Ponta do Focinho do Urso, e uma largura máxima de aproximadamente 5 km, desde o Focinho do Forte até à Ponta do Incão, num desenvolvimento preferencial no sentido Nordeste-Sudoeste. Juntamente com os seus ilhéus adjacentes, encontra-se compreendida entre os paralelos 32º 59' 40'' N e 33º 07' 35'' N e os meridianos 16º 16' 35'' O e 16º 24' 35'' O. Engloba um conjunto de seis ilhéus correspondentes a prolongamentos das suas maiores saliências e duas baixas, com uma área total de 2,1 km^2, destacando-se devido às suas dimensões, o ilhéu de Baixo ou da Cal, com 1,30 km^2 a Sul da Ponta da Calheta e o ilhéu de Cima ou do Farol, com 0,32 km^2, a Sudeste da Ponta da Galé, mas também o ilhéu do Ferro, com 0,25 km^2, a Oeste, o ilhéu da Fonte da Areia, a Noroeste, o ilhéu das Cenouras, o ilhéu de Fora, a baixa do Meio e a baixa dos Barbeiros, situados a Nordeste (Andrade *et al.*, 2008; Drumond, 2009; Pereira, 1989; Pestana, 1987; Silva, 2003).

II.2. CLIMA – REGIME DE PRECIPITAÇÕES

Na ilha de Porto Santo, as características do clima dependem de factores que actuam de modo integrado, como a localização, a reduzida dimensão da ilha, o relevo, a altitude e a exposição (Silva, 2003).

Por se localizar na zona subtropical de altas pressões do Atlântico Norte, a ilha está sujeita à acção dos ventos alíseos de Nordeste durante a maior parte do ano. A posição, o desenvolvimento e a orientação do anticiclone dos Açores, para além da frente polar do Atlântico e dos anticiclones que se estabelecem sobre todo o Noroeste de África e no ocidente da Europa durante parte do ano, condicionam o estado do tempo na ilha. Sofre igualmente a influência tanto das depressões térmicas que se podem estabelecer sobre a Península Ibérica ou mesmo sobre o Noroeste de África, durante os meses de Verão, como da acção de depressões que se podem formar perto e a Oeste do Arquipélago dos Açores ou numa posição central entre a Península Ibérica e o Arquipélago, principalmente nos meses de Outono e Primavera. As variações da

temperatura, humidade relativa, vento, precipitação e nebulosidade durante o dia relacionam-se com a reduzida dimensão da ilha (Silva, 2003).

A precipitação é directamente responsável pelo regime torrencial das linhas de água da ilha e, consequentemente, pelos processos de erosão hídrica, sendo registada na estação meteorológica do Aeroporto do Porto Santo, a única existente, cujas coordenadas geográficas são as seguintes: latitude de 33º 04' N, longitude de 16º 21' O e altitude de 78 metros.

Os dados referentes à precipitação foram disponibilizados pelo Instituto de Meteorologia, Delegação Regional da Madeira, e dizem respeito ao período de 1961 a 1990, normal climatológica com uma média de 30 anos.

A precipitação anual média no Porto Santo é da ordem dos 386,4 mm, o que caracteriza a ilha como uma região de fraca precipitação, o que é comum em zonas de anticiclones, onde há predominância de estabilidade atmosférica e dos processos de evaporação e de transporte face ao da precipitação. Esta é muito variável ao longo do ano, com 80% a ocorrer entre os meses de Outubro e Março e o máximo de precipitação em Dezembro, com 59,4 mm. O mínimo de precipitação verifica-se no mês de Julho, com 3,1 mm.

No Quadro 1 encontram-se apresentados os valores médios mensais e anuais de precipitação (mm), os quais foram registados no udógrafo instalado na estação meteorológica do Aeroporto do Porto Santo.

Quadro 1 Valores médios mensais e anuais de precipitação (mm) registados para o período 1961-1990 (adaptado de Silva, 2003).

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
58,6	45,1	45,3	24,1	11,9	8,5	3,1	4,6	23,1	48,2	54,5	59,4	386,4

Em média, a precipitação encontra-se distribuída por 194 dias no ano. Dentro destes, 120 dias apresentam precipitação ligeira, inferior a 0,1 mm, 65 dias

apresentam precipitação moderada, superior a 1 mm e apenas 9 dias apresentam precipitação elevada, superior a 10 mm. No mês de Outubro observou-se a precipitação máxima diária, com um total de 78,5 mm, para o período 1961-90. A grande intensidade destas precipitações torna a ilha mais susceptível ao processo erosivo, principalmente pelo facto de o solo não apresentar coberto vegetal, podendo observar-se ravinamentos resultantes de intensas chuvadas (Andrade *et al.*, 2008).

Apesar de rara, a queda de granizo ocorre, em média, 0,4 dias por ano na ilha, cobrindo a praia de branco (Andrade *et al.*, 2008).

II.3. ASPECTOS FÍSICOS DO TERRITÓRIO

II.3.1. GEOLOGIA

A ilha de Porto Santo é constituída pelo edifício vulcânico mais antigo do Arquipélago da Madeira, apresentando uma estrutura complexa e altamente erodida, sendo possível observar rochas expostas, as quais são testemunho das fases de construção submarina, de transição e subaérea (Cachão *et al.*, 2001). Actualmente, apresenta apenas um quinto da sua superfície emersa, visto que sondagens realizadas no mar em torno da ilha permitiram concluir que era muito mais extensa anteriormente ao Pliocénio, ou pelo menos no ante-Quaternário (Pestana, 1987).

Os tipos petrográficos aflorantes da ilha do Porto Santo (Figura 16) variam desde litótipos básicos (basanitóides, basaltos e hawaiitos) até intermédio-ácidos (traquitos e riolitos) (Cachão *et al.*, 1998). Os afloramentos rochosos correspondem maioritariamente a vulcanitos efusivos, tendo todos os episódios vulcânicos origem no Miocénio. Uma cobertura sedimentar, constituída maioritariamente por areias e arenitos calcários, encontra-se acima, ocupando uma grande extensão no centro da ilha e são datados do Quaternário (Andrade *et al.*, 2008).

Escoadas de hialoclastitos e depósitos vulcanoclastíticos submarinos constituem as formações mais antigas, intercalando-se com escoadas submarinas de basaltos e hawaitos e, por vezes, de traquitos. Na transição do vulcanismo submarino para o vulcanismo subaéreo encontram-se níveis de conglomerados, tufitos e alguns

calcários paracifais, tendo estes acontecimentos ocorrido em ambiente submarino, desde o Miocénio Inferior até ao Miocénio Médio (Ferreira, 1985).

Novos episódios vulcânicos com actividade subaérea ocorreram até ao final do Miocénio. Produziram-se maioritariamente escoadas efusivas de basaltos, mugearitos, hawaitos, traquitos e riólitos, mas também escoadas de clastolavas e de escórias, basálticas. Escoadas de pequena dimensão conservadas nos Picos de Bárbara Gomes, do Facho e de Juliana encontram-se associadas a algumas chaminés (Pico da Ana Ferreira), que representam manifestações vulcânicas mais recentes (Andrade *et al.*, 2008).

Seguiu-se então um largo período de tempo sem evidências de actividade geológica, após o qual, no Quaternário, um conjunto de depósitos sedimentares se terá formado, consolidando a actual morfologia da ilha do Porto Santo. O maior depósito encontra-se na região Centro-Oeste da ilha, tem origem eólica e é composto por arenitos calcários, constituídos não só por areias maioritariamente calcárias originalmente marinhas e muitas vezes consolidadas por cimento calcário e outras vezes com níveis intercalados de paleosolos argilo-arenosos, com abundância de helicídeos, mas também por clastos de rochas vulcânicas. Um nível do mar bastante abaixo do actual parece ter estado relacionado com a mobilização das areias, pondo a descoberto uma plataforma arenosa extensa, susceptível a ventos fortes num regime diferente do actual. Os afloramentos actuais desta formação evidenciam o restante de uma cobertura original, a qual terá revestido quase toda a ilha no passado (Andrade *et al.*, 2008).

Num clima semiárido, perto do extremo Norte da pista do aeroporto e da povoação da Camacha até próximo da Estação, encontram-se também finas cristas calcárias, que resultaram da alteração dos piroclastos no Quaternário, para além de rizoconcreções e outras formas de re-precipitação de carbonatos, associadas à modificação dos eolianitos. Afloramentos de paleosolos silto-argilosos, associados a algumas linhas de água completam as formações recentes a sudoeste da ilha. Depósitos de praia e duna, de natureza detrítica, encontram-se superficialmente ao longo do litoral sul da ilha (Andrade *et al.*, 2008).

O interior da ilha é caracterizado por calcoarenitos com cerca de 50 metros de espessura. Além destes, existem também branqueiros das encostas, isto é, camadas pouco espessas, de pequena dimensão e irregulares. Estas perderam o seu aspecto regular de estratos, parecendo folhas de uma pasta irregular, pouco comprimida, desfazendo-se. Podem também formar o cimento que une os grãos ou blocos rochosos escuros, que também se desfazem. Estes calcários encontram-se disseminados pelas cinzas de cor amarelada, formando uma massa que se desagrega na parte que estiver exposta ao tempo. Essa massa, denominada *salão*, e cuja cor pode ir desde o branco até ao amarelo mais ou menos escuro, quando exposta por muito tempo vai secando e acaba por estalar até bastante profundidade, acabando por se soltar. É depois arrastada pelos cursos de água, levando à destruição das terras e à abertura de ravinas/barrancos profundos, os quais caracterizam a paisagem da ilha (Pereira, 1989).

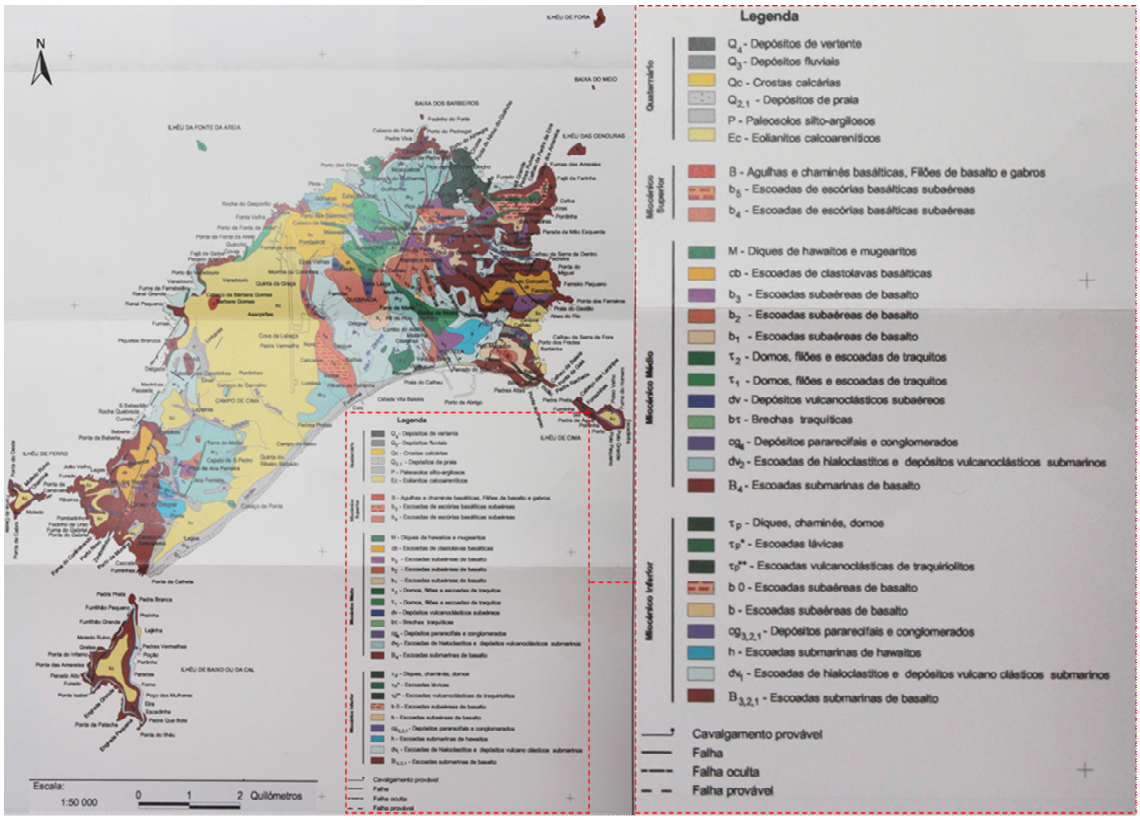


Figura 16 Extracto da Carta Geológica da Ilha do Porto Santo (adaptado de Portugal Ferreira & Neiva, 1996).

II.3.2. GEOMORFOLOGIA

A morfologia da Ilha de Porto Santo é resultado do clima e da sua geologia (tectónica e litologia). Caracteriza-se por extensas superfícies planas arrasadas, apresentando as cotas máximas nos "Picos", constituindo proeminentes relevos. Uma linha de cumeada de primeira ordem, com arqueamento e concavidade para sudeste, é definida pelos Picos do Espigão (270 m), de Eiras (176 m), de Bárbara Gomes (227 m), do Castelo (437 m), do Facho (517 m) e de Juliana (447 m). O terço Nordeste do Porto Santo apresenta grande relevo, devido à abundância destes picos, também existentes no extremo Oeste, apesar de estarem localizados e apresentarem menor expressão superficial (Figura 17). Uma região central, caracterizada por formas e declives suaves, localiza-se entre os dois sistemas orográficos, atribuindo uma morfologia assimétrica à ilha (Silva, 2003; Andrade *et al.*, 2008).

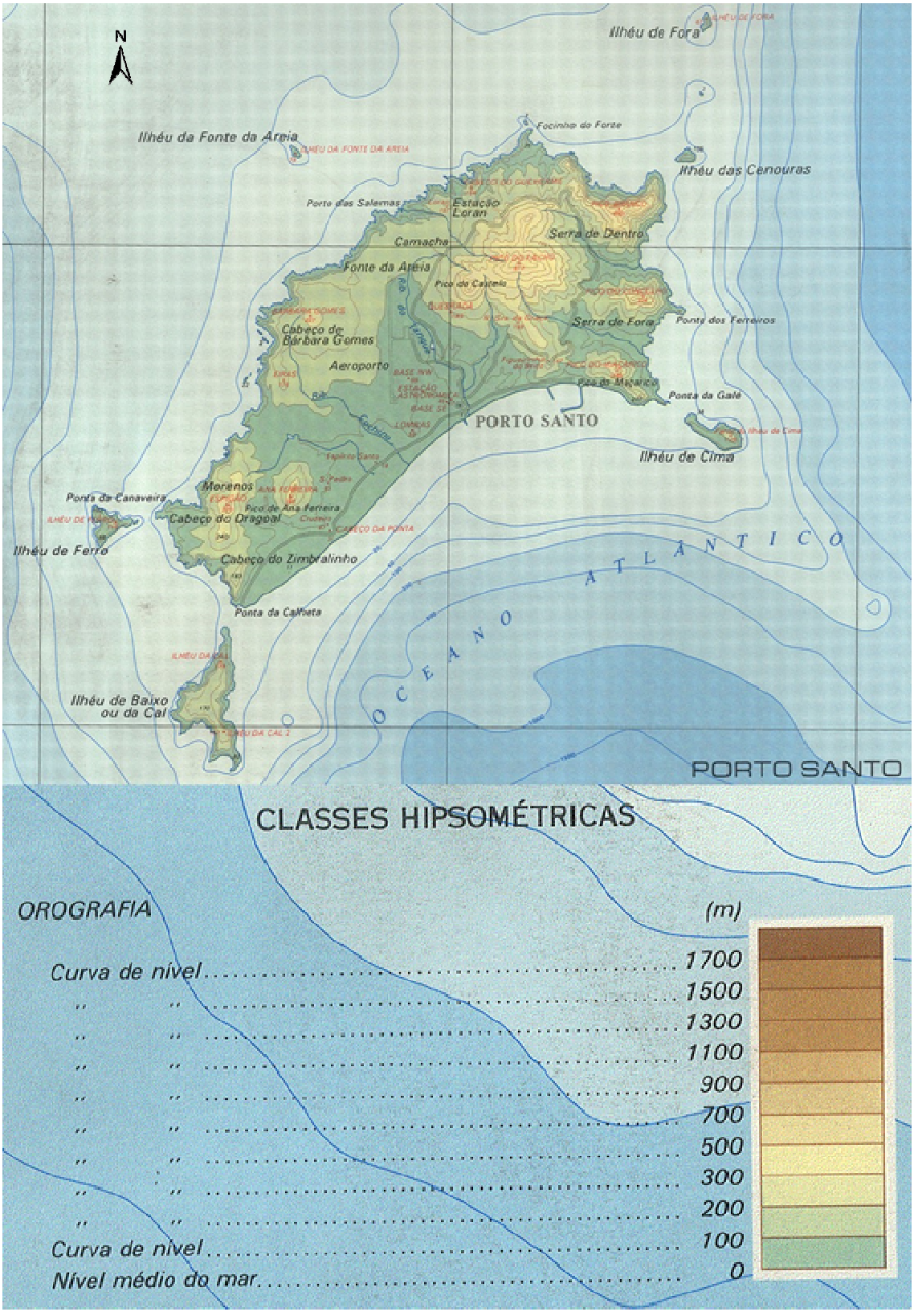


Figura 17 Extrato da Carta Hipsométrica do Arquipélago da Madeira com destaque para a ilha de Porto Santo (Escala 1:50 000) (Fonte de dados: Direcção-Geral dos Recursos Naturais, 1991).

O sistema de picos do sector Nordeste é constituído por quatro formas de relevos independentes, os quais se encontram nitidamente separados para lá dos 150 m de altitude. Estes são o Pico do Castelo, com 437 m, constituindo a principal forma de relevo, o Pico da Juliana, com 447 m, o Pico da Gandaia, com 499 m e o Pico do Facho, com 517 m. Entre este sistema e a costa oriental encontram-se o Pico do Maçarico, com 285 m, o Pico do Concelho, com 324 m e o Pico Branco, com 450 m. O sistema de picos do sector Sudoeste é constituído pelo Pico de Ana Ferreira, com 283 m, o Pico do Espigão, com 270 m e o Cabeço do Zimbralinho, com 183 m. O sector Oeste-Noroeste é, por fim, constituído pelo Cabeço de Bárbara Gomes, com 227 m e pelo Cabeço das Canelinhas ou Eiras, com 176 m (Figura 18) (Silva, 2003).



Figura 18 Localização e cotas dos relevos mais importantes da Ilha do Porto Santo (extraído de Galopim de Carvalho & Brandão, 1991 *In* Andrade *et al.*, 2008).

Estes picos estão definidos em unidades vulcano-estratigráficas distintas e são coincidentes com afloramentos rochosos pouco meteorizados, muito escarpados, com escoamento difuso no cume e nas vertentes mais declivosas, graças à inexistência ou incipiência de uma cobertura de alteração. Na base dos picos existe uma rede de drenagem de grande densidade, que quando estruturada é consequente e radial, e que incorpora uma rede desorganizada, consequente e de barrancos nos tributários de primeira ordem. Esta rede apresenta morfologia de *badlands* a nível local (Andrade *et al.*, 2008).

Na sua região central, a ilha encontra-se desenvolvida sobre materiais vulcânicos não consolidados, muitas vezes modificados para massas de argila, e também sobre areias e arenitos calcários. O relevo é reduzido e a cobertura arenosa muito permeável, conferindo um padrão de escoamento superficial dendrítico, com fraca densidade. As linhas de água são temporárias e caracterizam-se por um regime de escoamento torrencial bastante intenso. Os leitos destas linhas de água são grandes, sendo o fundo composto por areias ou cascalhos e as vertentes marginais são abruptas ou escarpadas (Andrade *et al.*, 2008).

Assim, a ilha do Porto Santo possui uma morfologia assimétrica marcada do litoral, sendo que a Este, Norte e Oeste a linha de costa se apresenta bastante recortada e alcantilada, possuindo arribas talhadas em rochas vulcânicas na sua maior extensão, e raramente praias encaixadas, enquanto que a Sudeste é baixa e arenosa, com uma grande baía formada por praias de areia fina, com aproximadamente de 9 km de comprimento, definindo a baía do Porto Santo e, o campo dunar associado (Silva, 2003; Andrade *et al.*, 2008).

II.3.3. HIDROGRAFIA

Existe uma grande diferença na rede de drenagem de superfície dos sistemas montanhosos da ilha de Porto Santo, os quais apresentam natureza vulcânica relativamente à rede de drenagem de cotas inferiores e relevo suave, cuja natureza é

sedimentar. Enquanto a primeira se assemelha ao tipo radial com grande densidade, integrando sulcos, ravinas, barrancos, vales de erosão e sectores de deposição, o que provoca uma modelação activa do terreno, a segunda é semelhante ao tipo dendrítico e de densidade muito reduzida, apresentando, apesar de tudo, alguns cursos de água leitos profundos e margens abruptas e abarrancadas, sendo a sua acção morfogenética, neste caso, muito mais localizada. Em ambos os tipos, são os fluxos torrenciais, os quais ocorrem no Inverno, que ditam a morfologia das linhas de água, sendo que durante o resto do ano os leitos se apresentam secos ou quase secos (Pereira, 1989; Silva, 2003). Esses fluxos torrenciais, condicionando o escoamento das linhas de água, promovem a erosão lateral das margens, as quais vão recuando paralelamente a si próprias, mantendo contudo o vigor abrupto (Drumond, 2009).

A Ribeira do Perril e os seus afluentes, Ribeira da Carochas e Ribeira das Esmeraldas, a Ribeira do Pedregal, a Ribeira da Serra de Dentro e o seu afluente Ribeiro da Areia, a Ribeira do Calhau, a Ribeira do Atalho e o Ribeiro do Tanque e o seu afluente Ribeira do Zimbral nascem e apresentam as suas bacias hidrográficas no sector Nordeste da ilha. O Ribeiro Salgado, o Ribeiro do Lombo e o Ribeiro da Volta do Serrado nascem e apresentam parte das suas bacias hidrográficas no sector Sudoeste. O Ribeiro Cochino nasce no Cabeço de Bárbara Gomes e a maior parte do seu curso apresenta-se em terrenos sedimentares, nos quais também se podem encontrar pequenas linhas de água com drenagem endorreica. Enquanto que os ribeiros Salgado, Cochino do Tanque e as ribeiras da Fontinha e do Atalho desaguam na costa sul da ilha, as ribeiras do Calhau e da Serra de Dentro desaguam na costa leste. As ribeiras do Pedregal e do Perril desaguam na costa voltada a Norte e Noroeste, a qual é também drenada por imensos vales de erosão. O Ribeiro da Água tem a sua foz na costa ocidental. Na costa Sul apenas surgem algumas linhas de água mais pequenas, não atingindo, no entanto, o litoral devido à topografia naquela parte da ilha, onde o declive é praticamente nulo (Silva, 2003).

Para além destes sistemas naturais, existem ainda algumas obras hidráulicas, nomeadamente, valas de captação de águas da chuva, barragens e levadas de distribuição de água para rega.

Das valas de maior importância destacam-se: vala do Pico do castelo, vala do Dragoal, vala das Casinhas, Vala do Aeroporto, Vala do Pedregal, Vala do Cabeço do Dragoal, Vala do Cabeço de Bárbara Gomes e a Vala dos Morenos. Relativamente às barragens destacam-se: Ponta, Lapeira, Tanque, Serra de Dentro, Serra de Fora, Pedregal e Camacha.

Quanto às levadas encontram-se quatro conjuntos de levadas principais: Levada da Ponta com 2,5 km de comprimento, Levada do Ribeiro Salgado com 2,3 km, a Levada das Matas e da Língua de Vaca com 1,2 km e a levada do Tanque com 3,9 km (Drumond, 2009) (Figura 19).

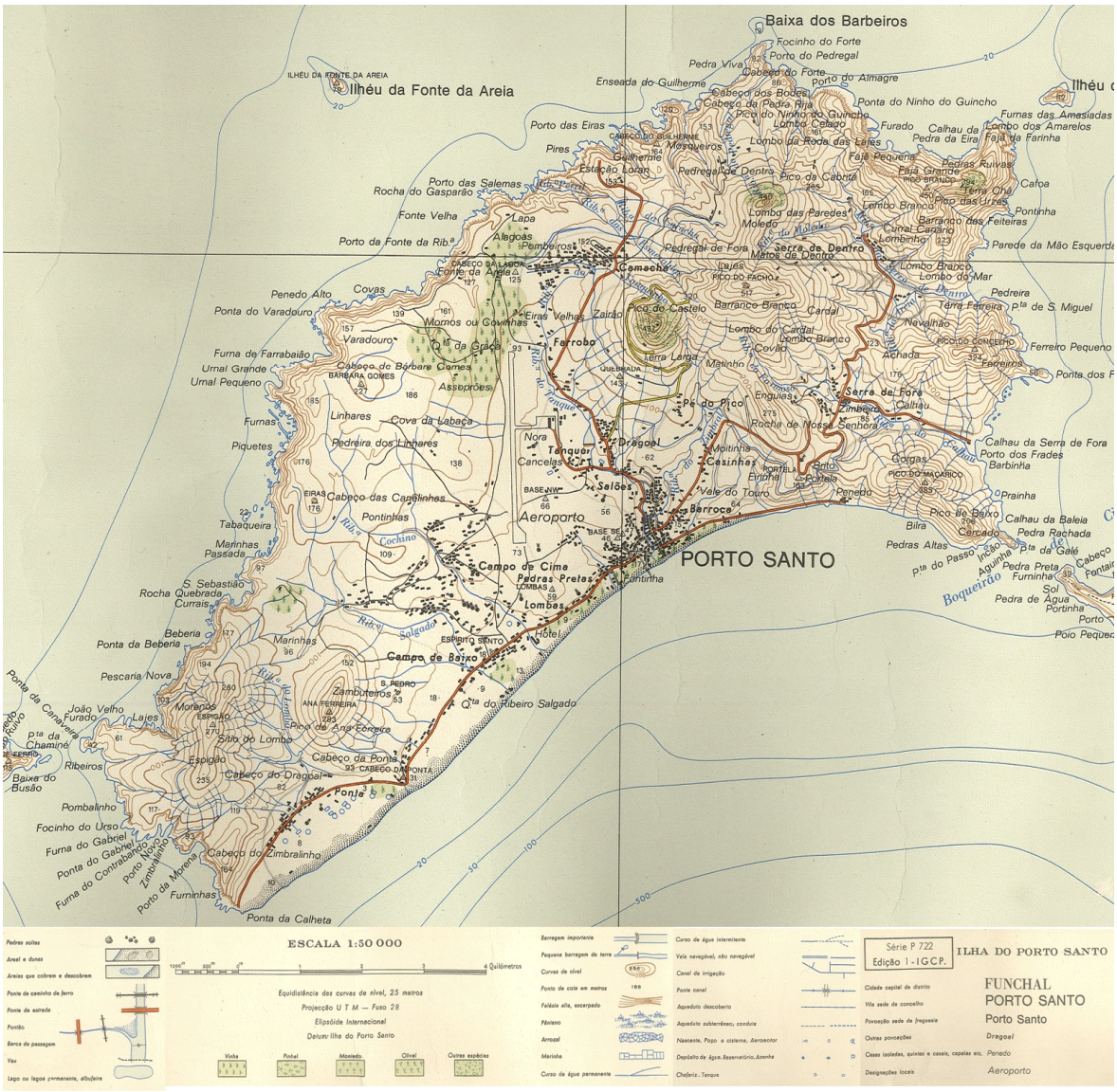


Figura 19 Extrato da Carta Militar do Arquipélago da Madeira mostrando, entre outros, a hidrografia da ilha de Porto Santo (extraída da Planta Cadastral da Ilha do Porto Santo na escala 1:2000) (Fonte de dados: Instituto Geográfico e Cadastral, 1970).

II.3.4. SOLOS, BREVE CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA

Segundo um estudo realizado por Moreira (2006), os solos da ilha de Porto Santo apresentam uma textura quase toda ela, franco-arenosa, indicando a sua grande susceptibilidade face ao processo de erosão. São bastante permeáveis, dando origem a problemas de lixiviação de nutrientes e, consequentemente, ao seu empobrecimento em relação às necessidades nutricionais da vegetação. Tal como é típico de solos calcários, o seu carácter químico é alcalino, para além da sua composição em calcário

ser heterogénea, o que está relacionado com a formação da ilha. O conteúdo em matéria orgânica é muito baixo, o que pode ser devido ao pouco coberto vegetal actual. A lixiviação e o reduzido conteúdo em nutrientes do solo também são provocados pelos seus baixos teores em fósforo e potássio, enquanto outros nutrientes se encontram dentro de valores normais.

No que diz respeito à componente microbiológica, os solos da ilha apresentam uma quantidade reduzida de fungos e bactérias relativamente à que se encontra normalmente em solos férteis, para além de a biodiversidade ser pequena.

No entanto, a amostragem do estudo de Moreira (2006) foi efectuada em Abril de 2003, e visto algumas das características referidas dependerem em certa parte da pluviosidade e do regime de ventos, que apresentam oscilações anuais, os dados representam apenas o estado dos solos da ilha naquele momento.

II.4. A DEGRADAÇÃO DO SOLO E DA VEGETAÇÃO

A ilha de Porto Santo, por se tratar de uma região insular de pequena dimensão, é muito vulnerável ao nível dos seus ecossistemas. Fora o impacto humano, a aridez do seu clima e a própria natureza dos terrenos eram já factores responsáveis pela pobreza dos seus solos (Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, 1960).

Na época em que foi descoberta já a vegetação arbórea era escassa. Em 1590 parecia mesmo não haver água, graças a ser tão seca e de arvoredo reduzido, destacando-se o zimbro e a urze, para além dos dragoeiros. Estes últimos foram intensamente utilizados como recurso para diversas finalidades, o que levou posteriormente à sua escassez. Em 1967 já só existia um exemplar de zimbros, na rocha do Pico Branco (Pereira, 1989). Por outro lado, era também possível encontrarem-se vestígios de desflorestação resultante, em parte, da ocupação humana, das tentativas de utilização agrícola (cereais: trigo e cevada) e do uso de madeiras como fonte de energia e para construção, considerando-se também os incêndios, o gado (pastoreio excessivo) e a praga de coelhos que assolou a ilha desde que foi colonizada (Pestana, 1987; Silva e Valente, 1986). Tal levou a que os poderes

instituídos tomassem especial atenção com a preservação das florestas, havendo já no século XVI necessidade de se implementarem medidas legislativas, como o "Regimento das Madeiras", com o objectivo de proteger as florestas da agora Região Autónoma da Madeira (Direcção Regional de Florestas e Conservação da Natureza). O Pico Castelo, outrora coberto de zimbros, é actualmente a mancha silvícola mais repovoada com lauráceas e outras espécies endógenas do arquipélago da Madeira. Assim, apesar da eliminação do coberto vegetal inicial, as rearborizações no Porto Santo foram sendo constantes ao longo dos séculos, havendo uma luta contra a Natureza por parte da população. Deste modo, é de notar que a necessidade de rearborizar o Porto Santo não é actual e que as medidas de coerção adoptadas em instrumentos oficiais de fomento e protecção à silvicultura se mostraram acertadas e legítimas (Pereira, 1989).

No entanto, havia ainda a necessidade de terras serem libertadas para cultivo, havendo uma má exploração agropecuária (monocultura cerealífera – preferencialmente de cevada) nas encostas e pastagens desordenadas de gado caprino (Silva Delgado e Campos Andrada, 1953, citado em Campos Andrada, 1982), de madeiras a serem usadas para a construção de habitações e para exportação, de lenhas para uso doméstico e industrial. Isto levou a que se obtivessem poucos resultados, mesmo com a existência das medidas legislativas e correspondentes sanções. Até meados do século XX continuou ainda a assistir-se a uma destruição progressiva do coberto vegetal das serras do Porto Santo (Direcção Regional de Florestas e Conservação da Natureza).

Em 1951, o Plano de Fomento Hidroagrícola e Florestal da Madeira foi estendido a esta ilha, recebendo ela o maior "socorro" oficial verificado em toda a sua história, o qual foi comparticipado pelo Estado e dotado pela Administração Distrital. Em 1952 deu-se início à aplicação dessa dotação sob a orientação técnica da Comissão Administrativa dos Aproveitamentos Hidráulicos da Madeira, iniciando-se as obras baseadas em «…sondagens hidrológicas para utilização dos recursos hídricos subterrâneos e seu enriquecimento por novo revestimento florestal…» (Pereira, 1989, p. 334), abertura de valas de modo a reter as águas da chuva, mobilização de solo,

abastecimento de água potável e de irrigação, fontes de energia eléctrica, melhoria das vias públicas (Pereira, 1989; Silva e Valente, 1986).

Tornou-se fundamental a criação da Circunscrição Florestal da Madeira em 1952, em que as atribuições e competências fazem hoje parte da Direcção Regional de Florestas (Direcção Regional de Florestas e Conservação da Natureza). Em 1954, a Circunscrição Florestal iniciou o revestimento florestal da ilha, tendo sido plantados, em 1953, as primeiras árvores na encosta do Pico Castelo. Também nesse ano, ordenou-se à Junta Geral que fosse feita uma revisão do Plano de Melhoramentos da ilha, tendo sido fornecido novo financiamento para trabalhos de correcção torrencial em 1955. A Circunscrição Florestal deu início a estes trabalhos nos sectores de base das vertentes do Pico Castelo e no Dragoal, visando um melhor aproveitamento das águas da chuva e o combate à erosão nos terrenos de lavoura (Campos Andrada, 1990; Pereira, 1989).

II.4.1. EROSÃO HÍDRICA COMO PROCESSO DE DEGRADAÇÃO DO SOLO

Na ilha de Porto Santo, o processo erosivo é bastante intenso, abrangendo quase toda a ilha, dado o reduzido número de áreas com vegetação autóctone e de áreas reflorestadas (Lobo Ferreira e Veiga da Cunha, 1982).

A colmatação rápida das pequenas albufeiras que se têm construído prova a intensidade do processo, sendo as áreas de praia continuamente alimentadas pelos sedimentos que são arrastados ao longo das principais linhas de água, ou seja, dá-se erosão laminar nas vertentes. Esta ocorre principalmente nas regiões localizadas entre o Pico Branco e o ribeiro da Serra de Dentro e entre os picos do Maçarico e do Concelho. Além desta, também ocorrem na ilha a erosão por sulcos, sendo as áreas mais afectadas as cabeceiras das bacias hidrográficas, como o cabeço de Bárbara Gomes e as encostas litorais da área da Ponta da Calheta e a erosão em ravina, destacando-se as ravinas dos ribeiros da Água, Terra do Costa, Cabeço das Flores, Volta do Serrado, Lombo, Terra Branca, Marinhas, Cochino, Tanque, Luzirão, Farrobo, Torrados, Canas, Dragoal e João Lopes (Andrade *et al.*, 2008; Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1982; Silva e Valente, 1986).

A erosão (Figuras 20 e 21) dá-se com maior intensidade nas áreas de arriba a Norte, depois na continuação das mesmas e seus limites e finalmente nas áreas junto aos Picos Espigão, Cabeço do Zimbralinho, Ana Ferreira, Castelo e Facho, Serrado da Eira, e arribas entre o porto e toda a área Este da ilha e a Serra de Dentro. O sector da Ponta, do lado Este da ilha, apresenta risco de erosão médio, a parte central, principalmente a central Norte, apresenta erosão bastante acentuada (Carta de Risco de Erosão Hídrica dos Solos[2], citada por PRAM, 2003).

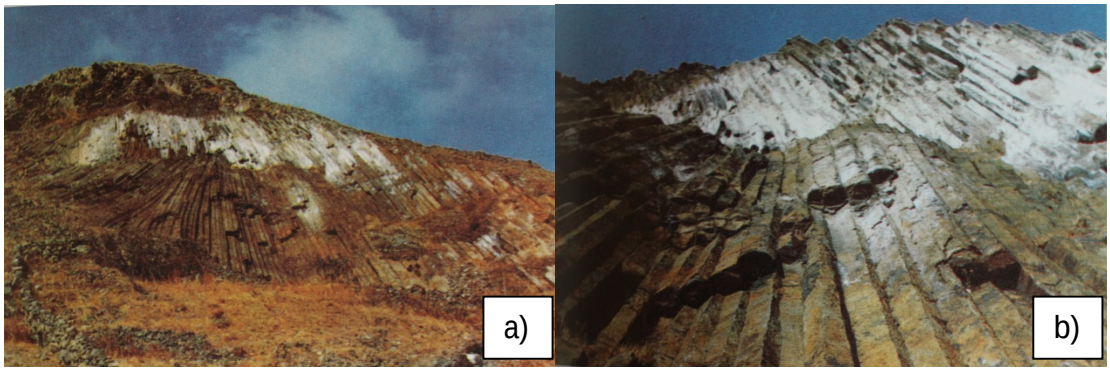


Figura 20 a) Lavas basálticas de forma colunar típica postas a descoberto pela acção combinada da erosão eólica e pluvial no Pico da Ana Ferreira, b) pormenor do mesmo aspecto, visto de outro ângulo (extraído de Campos Andrada, 1982).



Figura 21 Aspecto característico de erosão superficial que foi arrastando para o sopé do cabeço a terra arável das elevações, sendo depois esses depósitos coluviais

[2] Não foi possível encontrar a mesma.

rasgados pelas águas de escorrência que a encosta já não sustém, no Ribeiro da Volta do Serrado (extraído de Campos Andrada, 1982).

A erosão laminar, em particular nos terrenos agrícolas, a erosão por sulcos, originados a partir de incisões que foram deixadas no terreno, provenientes da acção das águas de escorrência, e a erosão em ravinas, devido à concentração do escoamento superficial, dão origem aos sedimentos que afluem às ribeiras (Lobo Ferreira e Veiga da Cunha, 1982). Os seus efeitos são aumentados devido a condições climáticas adversas, isto é, por chuvadas de grande intensidade (Andrade *et al.*, 2008).

O último tipo de erosão hídrica referido é o que tem maior impacto na ilha, produzindo um grande número de sedimentos e ocorrendo maioritariamente em terrenos sedimentares, com vegetação reduzida (Andrade *et al.*, 2008).

CAPÍTULO III: CONSERVAÇÃO DOS SOLOS NA ILHA DE PORTO SANTO

A partir de 1952, a Circunscrição Florestal da Madeira desenvolveu um importante trabalho de promoção e defesa do património natural da ilha de Porto Santo, com vários tipos de intervenção. Estes incluem a instalação de viveiros florestais de forma a serem produzidas plantas cuja finalidade é a reflorestação, a implementação de medidas com vista a protecção dos arvoredos, a construção de caminhos e postos florestais, a organização do regime de silvo pastorícia, o repovoamento piscícola, o fomento da actividade cinegética e a realização de obras de correcção torrencial e de defesa do solo contra a erosão (Direcção Regional de Florestas e Conservação da Natureza).

A reflorestação constitui a melhor técnica de combate à erosão laminar, pois a implantação de cobertura vegetal na superfície do solo vai permitir diminuir significativamente a energia cinética das gotas da chuva e aumentar o coeficiente de infiltração, diminuindo, em consequência, o coeficiente de escorrência superficial. Devido à escassez de recursos hídricos na ilha, esta técnica viria a ser muito favorável na redistribuição e armazenamento de água no subsolo. Além disso, a mesma viria também a aumentar a coesão do solo graças à existência de raízes vegetais que dificultam a sua desagregação e arrastamento devido à ecorrência superficial. As espécies a serem reflorestadas, verificadas como as mais favoráveis às condições locais, foram os pinheiros, os cedros, as acácias, e os tabaibeiros e os chorões nas áreas de maior inacessibilidade e exposição ao vento.

Outras técnicas de combate à erosão laminar implementadas foram uma adequada gestão agrícola, indicando a necessidade de cultivo de acordo com as curvas de nível nas vertentes, e a aplicação de terraços, os quais permitiram a suavização da inclinação natural do terreno, favorecendo a infiltração e reduzindo o fluxo de água superficial sendo, no entanto, observado já desde a década de 80 o abandono progressivo deste tipo de estrutura (Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1982).

As obras de correcção torrencial, como técnicas para minimizar a erosão, em particular a erosão em ravina, tiveram uma grande expressão na ilha, tendo sido efectuadas ao longo da maioria dos seus cursos de água.

III.1. CURSOS DE ÁGUA SUJEITOS À CORRECÇÃO TORRENCIAL

De entre as imensas de linhas de água presentes na ilha de Porto Santo foram sujeitas a obras de correcção torrencial o Ribeiro da Água, Ribeiro do Cabeço das Flores, o Ribeiro das Canas, o Ribeiro do Cochino, Ribeiro do Dragoal, Ribeiro das Esmoitadas, Ribeiro do Farrobo, Ribeiro da Fontinha, Ribeira de João Lopes, Ribeiro do Lombo, Ribeiro do Luzirão, Ribeiro das Marinhas, Ribeiro dos Salões, Ribeiro do Tanque, Ribeiro da Terra Branca, Ribeiro da Terra do Costa, Ribeiro dos Torrados, Ribeiro da Volta do Serrado, entre outros, por constituírem ravinas onde a acção dos processos erosivos era muito expressiva.

A ribeira de João Lopes, situada na base da encosta Sul do Pico do Castelo, foi o primeiro curso de água da ilha de Porto Santo a ser submetido à correcção torrencial, juntamente com os seus 11 efluentes principais e 45 secundários, os quais se apresentavam em estado de intensa erosão progressiva. Ao mesmo tempo que o ribeiro foi sendo corrigido, também as encostas do Pico do Castelo foram sendo arborizadas acima de determinada cota e onde o declive fosse mais acentuado, de modo a que o problema fosse combatido na sua origem. Esta seria a única forma de travar a forte erosão laminar lá verificada. Todo o projecto por detrás desta correcção foi aprovado pelo Governo, em Conselho de Ministros de 20/11/54, com um orçamento de aproximadamente 1.884 contos (escudo), tendo os trabalhos começado nesse mesmo ano. A correcção das ravinas envolveu assim a construção de 7 barragens de alvenaria, 3 barragens de lajes escoradas, 18 barragens de pedra seca e cerca de mil muretes de suporte de terras (Figura 22), com o objectivo de transformar os leitos dessas linhas de água em troços relativamente horizontais, evitando-se assim o seu aprofundamento e o desprendimento de terras nas margens.

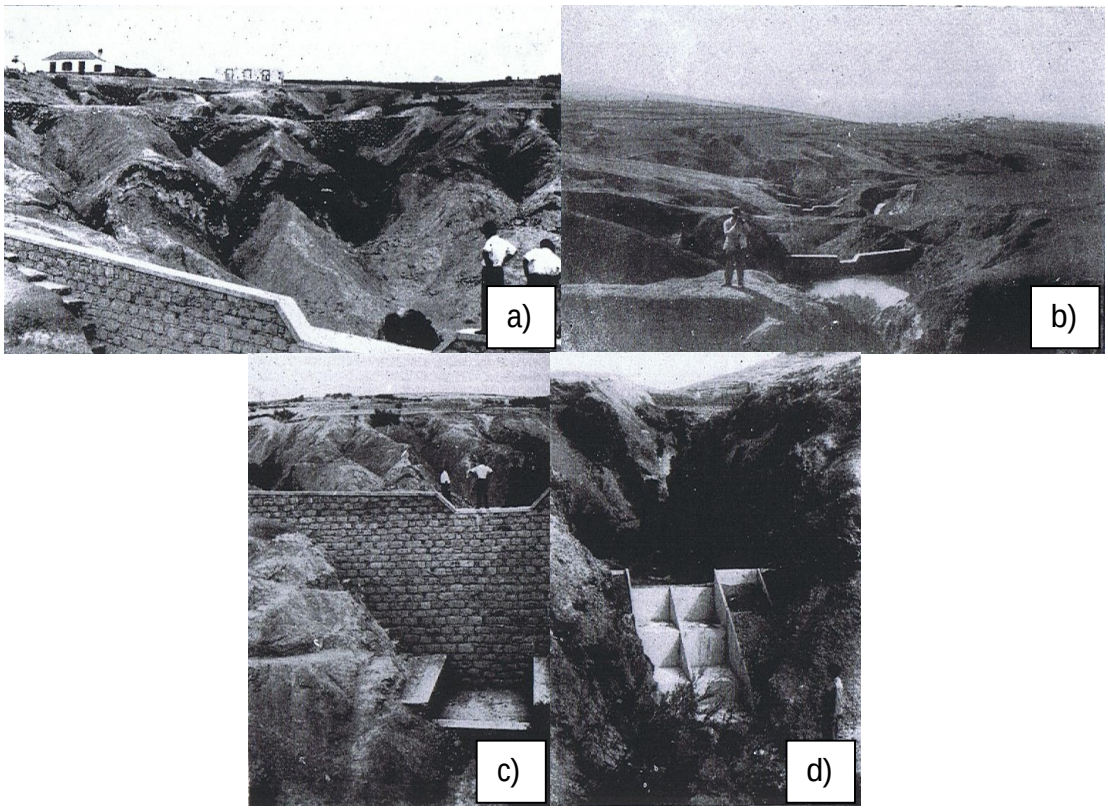


Figura 22 a) A correcção das ravinas da Ribeira de João Lopes teve início com a construção de barragens e muretes de alvenaria; b) o fenómeno erosivo já parcialmente corrigido por essas barragens; c) barragem de alvenaria do tipo mas comum (12 metros de altura); d) barragem de lajes escoradas (extraído de Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, 1960).

Uma vez a maioria das barragens ou muretes aterrados, os proprietários passaram a dispor de pequenos socalcos que era possível aproveitarem para cultivo. Para a arborização das encostas, numa área de cerca de 60 hectares, o solo teve que ser intensamente preparado, por se encontrar esquelético ou muito sulcado (Figura 23).

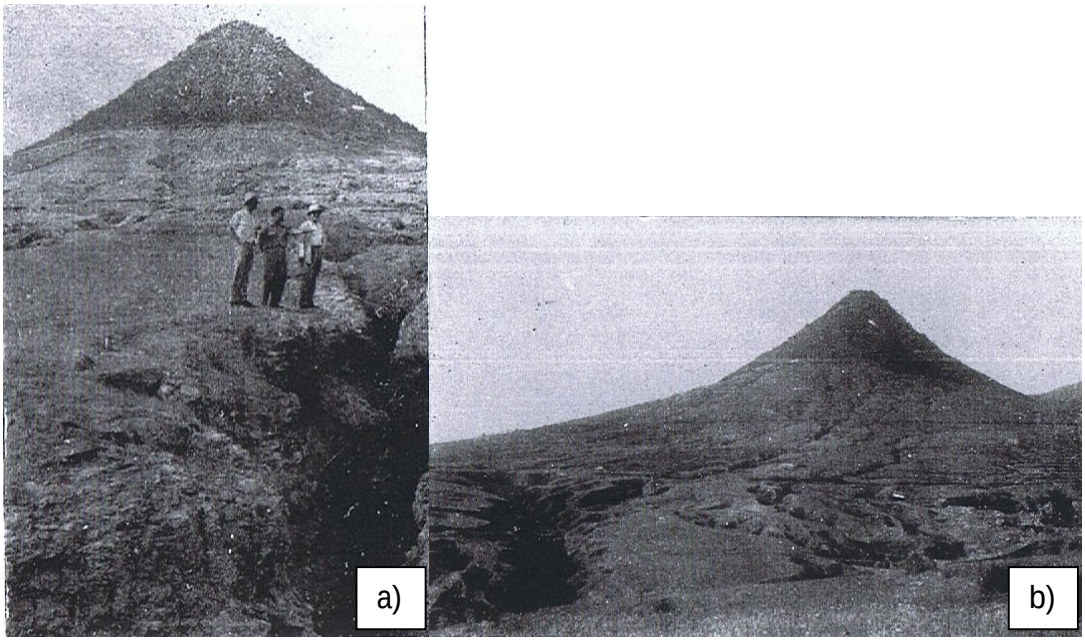


Figura 23 a) Sulcos profundos na encosta do Pico do Castelo, cavados pelas águas; b) um aspecto da erosão nas encostas do Pico do Castelo (extraído de Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, 1960).

Essa preparação incluiu a abertura de covas ou valas, algumas vezes na própria rocha, visando criar condições para o desenvolvimento arbóreo e armar o terreno em pequenos socalcos, de acordo com as curvas de nível (Figura 24), promovendo o aumento da infiltração da água das chuvas e, consequentemente, contrariando a escorrência superficial, a qual promovia a erosão laminar (Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, 1960; Silva e Valente, 1986).

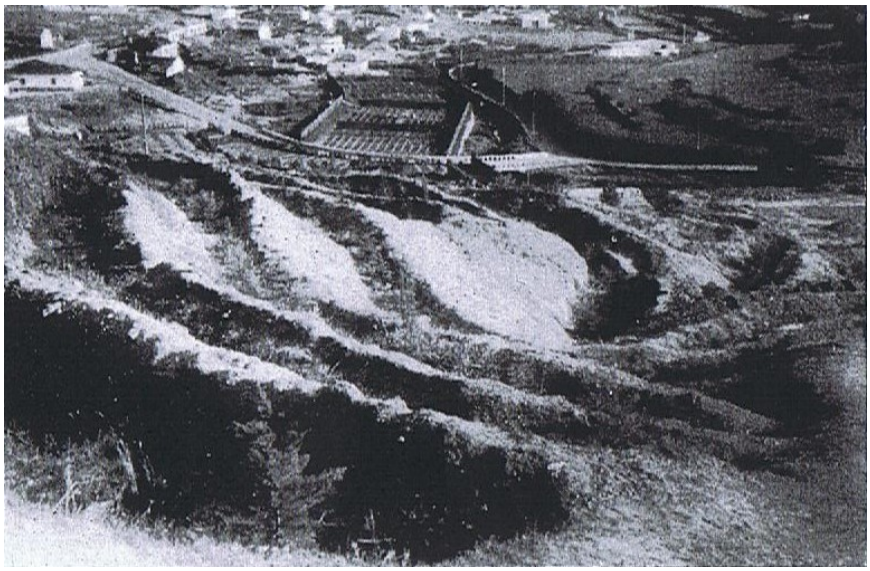


Figura 24 Plantação de árvores em valas abertas de acordo com as curvas de nível (extraído de Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, 1960).

À excepção da Ribeira de João Lopes, para cada um dos restantes ribeiros mencionados foi possível encontrar, no Posto da Guarda-florestal do Porto Santo, arquivos correspondes aos projectos de correcção torrencial efectuados nesses cursos de água. A partir da informação contida em cada um desses arquivos, nomeadamente o tipo de construções efectuado, a quantidade dessas construções em cada ribeiro e a sua localização no mesmo, foi possível a elaboração do Quadro 2. Respeitante a cada um destes ribeiros é possível encontrar, do ANEXO I ao XXX, fichas informativas com informação mais detalhada sobre as obras de correcção efetuadas.

Do ANEXO XXXI ao XXXIV encontra-se um mapa geral da ilha de Porto Santo e três mapas de pormenor da localização das barragens de correcção torrencial, extraídos de Laboratório Nacional de Engenharia Civil (1982).

Quadro 2 Resumo dos projectos dos trabalhos de correcção torrencial, sua quantidade e localização, efectuados nos vários cursos de água da ilha de Porto Santo.

Tipo	Quantidade	Localização
Ribeiro do Cabeço das Flores (Ficha Informativa 1)		
Construção de motas	25	A montante das barragens
Plantação de árvores	-	Nos taludes e aterros
Construção de barragens de alvenaria	5	Em diferentes perfis da linha de água
Construção de barragens de lajes	20	Em diferentes perfis da linha de água
Ribeiro das Canas (Ficha Informativa 2)		
Construção de motas	16	A montante das barragens
Construção de estacadas	-	-
Plantação de árvores	-	Nos taludes e aterros
Construção de barragens de alvenaria	1	A 102 metros da confluência com o ribeiro do Tanque
Construção de barragens de lajes	18	Em diferentes perfis da linha de água
Ribeiro do Cochino (Ficha Informativa 3)		
Construção de motas	26	A montante das barragens
Plantação de árvores		Nos taludes e faixas marginais
Construção de barragens de alvenaria	26	Em diferentes perfis da linha de água
Construção de entradas de água	1	-
Ribeiro do Dragoal (Ficha Informativa 4)		
Construção de motas	3	A montante das barragens
Construção de estacadas	-	Em vários locais
Abertura de valas de esgoto	-	Em vários locais
Plantação de árvores	-	Nos taludes e aterros
Construção de muretes de pedra seca	-	A montante das barragens

Construção de barragens de alvenaria	1	Junto da confluência com o ribeiro do Tanque
Construção de barragens de lajes	12	Em diferentes perfis da linha de água
Ribeiro das Esmoitadas (Ficha Informativa 5)		
Construção de motas	21	A montante das barragens
Plantação de árvores	-	-
Construção de barragens de alvenaria	8	Em diferentes perfis da linha de água
Construção de barragens de lajes	13	Em diferentes perfis da linha de água
Ribeiro do Farrobo (Ficha Informativa 6)		
Construção de motas	23	A montante das barragens
Plantação de árvores	-	Nos taludes e aterros
Construção de barragens de alvenaria	2	Em diferentes perfis da linha de água
Construção de barragens de lajes	22	Em diferentes perfis da linha de água
Ribeiro do Lombo (Ficha Informativa 7)		
Construção de motas	5	A montante das barragens
Construção de estacadas	-	Em vários locais
Abertura de valas de esgoto	-	Em vários locais
Plantação de árvores	-	Nos taludes e aterros
Construção de muretes de pedra seca	-	A montante das barragens
Construção de barragens de alvenaria	3	Em diferentes perfis da linha de água
Construção de barragens de lajes	33	Em diferentes perfis da linha de água
Ribeiro do Luzirão (Ficha Informativa 8)		
Construção de motas	10	A montante das barragens
Construção de estacadas	-	Em vários locais
Plantação de árvores	-	Nos taludes e aterros
Construção de barragens de alvenaria	1	12 Metros a montante da estrada de ligação da Vila de Porto Santo à Camacha
Construção de barragens de lajes	10	Em diferentes perfis da linha de água

Ribeiro das Marinhas (Ficha Informativa 9)		
Construção de motas	6	A montante das barragens
Construção de estacadas	-	Em vários locais
Abertura de valas de esgoto	-	Em vários locais
Plantação de árvores	-	Nos taludes e aterros
Construção de barragens de alvenaria	2	Em diferentes perfis da linha de água
Construção de barragens de lajes	17	Em diferentes perfis da linha de água
Ribeiro dos Salões (Ficha Informativa 10)		
Construção de barragens	22	Em diferentes perfis da linha de água
Ribeiro do Tanque (Ficha Informativa 11)		
Construção de motas	15	A montante das barragens
Plantação de árvores	-	Nos taludes e faixas marginais
Construção de barragens de alvenaria	26	Em diferentes perfis da linha de água
Calcetamento do leito do ribeiro	-	Entre determinados perfis
Ribeiro da Terra Branca (Ficha Informativa 12)		
Construção de motas	12	A montante das barragens
Construção de estacadas	-	Em vários locais
Plantação de árvores	-	Nos taludes e aterros
Abertura de valas de esgoto	-	Nas encostas marginais
Construção de barragens de alvenaria	3	Em diferentes perfis da linha de água
Construção de barragens de lajes	13	Em diferentes perfis da linha de água
Construção de entradas de água	1	Num dos perfis (nº 12A)
Construção de canaletes	-	Em vários locais
Ribeiro da Terra do Costa (Ficha Informativa 13)		
Construção de motas	14	A montante das barragens
Plantação de árvores	-	Nos taludes e aterros

Construção de barragens de alvenaria	1	-
Construção de barragens de lajes	14	Em diferentes perfis da linha de água
Ribeiro dos Torrados (Ficha Informativa 14)		
Construção de motas	23	A montante das barragens
Construção de estacadas	-	Em vários locais
Plantação de árvores	-	Nos taludes e aterros
Construção de barragens de alvenaria	2	Em diferentes perfis da linha de água
Construção de barragens de lajes	22	Em diferentes perfis da linha de água
Construção de uma soleira e muros laterais de um aqueduto	1	Aqueduto nº 1
Construção da placa de um aqueduto	1	Aqueduto nº 1
Ribeiro da Volta do Serrado (Ficha Informativa 15)		
Construção de motas	27	A montante das barragens
Construção de estacadas	-	Em vários locais
Abertura de valas de esgoto	-	Na encosta
Plantação de árvores	-	Nos taludes e aterros
Construção de barragens de alvenaria	1	40 Metros a montante da barragem de terra do ribeiro da Ponta
Construção de barragens de lajes	27	Em diferentes perfis da linha de água
Construção de muretes de pedra seca	-	Em vários locais
Construção de canaletes	1	Na parte terminal da linha de água principal

Em todos os ribeiros referidos, após a fase de construção das obras de engenharia, a colocação de estacadas para proteger os taludes laterais com maior instabilidade, permitiu assegurar a sua fixação definitiva. Os taludes, em conjunto com os aterros das barragens (à excepção da área de alinhamento das bocas, de modo a não se impedir o livre escoamento das águas), foram depois arborizados com plantas produzidas no viveiro dos Salões, o qual foi construído para o efeito.

Para essas arborizações contribuíram as espécies arbóreas: *Pinus halapensis*, Mill (Pinheiro do Alepo), *Cupressus macrocarpa*, Hartw. (Cipreste de Monterey), *Populus alba*, L. (Choupo branco), *Acacia spp.* (Acácia); e as espécies arbustivas: *Myoporum acuminatum*, R. Br. (Mióporo), *Hakea sericea*, Schard. (Haquea acutifólia), *Ulex sp.* (Tojo), *Spartium junceum*, L. (Giesta), entre outras, por se considerarem as mais adequadas para o efeito.

Apesar da informação acima mencionada, relativamente às barragens a serem construídas, verificou-se uma diferença entre o número de barragens previstas em cada um dos projectos de cada ribeiro e o número de barragens efectivamente construídas, diferença essa apresentada no Quadro 3. Por comparação dos dois quadros, é possível perceber que o Quadro 2 apresenta maioritariamente o número de barragens correspondente às previstas, uma vez que se tratam de projectos e não de uma avaliação *a posteriori*. No entanto, em cinco dos ribeiros, o número de barragens constante no Quadro 2 não corresponde nem às previstas nem às executadas (Ribeiros da Terra Branca, do Dragoal, do Luzirão, das Canas e do Tanque), ficando, de qualquer forma, sempre abaixo do número previsto.

Além disso, embora nestes ribeiros a erosão em ravina seja muito expressiva, eles não são os únicos a terem sido afectados pelo fenómeno. No entanto, os trabalhos de correcção torrencial nas restantes ravinas mostrou-se muito deficiente, não apresentando sequer as mesmas projectos de correcção (Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1982).

Quadro 3 Cursos de água submetidos a correcção torrencial, ano de aprovação de cada projecto e o número de barragens previstas e executadas em cada um (adaptado de Campos Andrada, 1990).

Ano	Curso de água a que respeitam os projectos	Número de barragens	
		Previstas	Executadas
1953	Ribeiro de João Lopes	?	17
1956 1964	Ribeiro dos Salões Idem – projecto suplementar	22	9
1961	Ribeiro da Terra Branca	67	17
1962	Ribeiro do Lombo	36	9
1962	Ribeiro da Volta do Serrado	28	6
1962	Ribeiro das Marinhas	19	9
1962 1972	Ribeiro do Dragoal Idem – projecto suplementar	26	12
1962	Ribeiro do Luzirão Idem – projecto suplementar	16	6
1963	Ribeiro das Canas	33	7
1963	Ribeiro dos Torrados	24	5
1966	Ribeiro do Farrobo	24	4
1966	Ribeiro do Tanque	27	9
1966	Ribeiro do Cabeço das Flores	25	3
1966	Ribeiro da Terra do Costa	15	8
1967	Ribeiro Cochino	26	3

CAPÍTULO IV: AVALIAÇÃO DO ESTADO DAS OBRAS DE CORRECÇÃO TORRENCIAL

Tendo em conta o enorme esforço da Circunscrição Florestal da Madeira na realização das obras de correcção torrencial referidas no capítulo anterior, as quais visam atenuar os efeitos da forte actividade erosiva nas linhas de água com regime torrencial na ilha de Porto Santo, é de esperar que actualmente, quase meio século depois, essas obras continuem a desempenhar a função para que foram desenhadas, notando-se uma melhoria ao nível da morfologia das vertentes com a diminuição de formas resultantes da erosão, do regime dos cursos de água, de toda a sua área marginal e dos sectores a jusante e, consequentemente, do solo.

Deste modo, no presente capítulo pretende-se avaliar o estado das respectivas obras e das paisagens em geral que beneficiaram das mesmas, através da avaliação de fotografias actuais, da comparação de fotografias do "antes", quando as obras iam sendo completadas, no século passado, com o "depois", já nos dias de hoje, mais de 30 anos depois.

As fotografias com exemplos de obras de correcção torrencial que foram sendo efectuadas na ilha de Porto Santo entre as décadas de 50 e 80 do século XX, extraídas da obra de Campos Andrada (1982), e as fotografias quer dos mesmos locais ou não, em 2014, produto do trabalho de campo, vão ser objecto de análise.

IV.1. AVALIAÇÃO DE FOTOGRAFIAS ACTUAIS

As figuras seguintes, por inexistência de imagens histórias dos mesmos locais com as quais poderiam ser comparadas, avaliando assim a diferença na obra devido ao factor tempo, serão avaliadas por si mesmas.

A primeira imagem da Figura 25 mostra uma parte da encosta virada a Sul do Pico do Castelo, toda ela arborizada até ao seu sopé, onde é possível observarem-se diversos muretes de pedra paralelos numa área de declive mais reduzido. Por um lado, é de notar que mais de meio século depois a arborização do Pico ainda se mantém, a qual é responsável pela grande redução dos efeitos negativos das torrentes. Por outro

lado, apesar dos muretes também ainda hoje persistirem, não se encontram mais no estado de conservação que terão tido aquando da sua construção. Por este motivo, seria aconselhável que neles se executassem obras de manutenção. No entanto, o reduzido declive neste local não torna premente o seu arranjo, podendo os muretes, no estado em que se encontram actualmente, ter ainda alguma capacidade para reduzir a velocidade das águas de escorrência, também ela já reduzida pela presença da vegetação. A segunda imagem da Figura 25 evidencia agora a encosta virada a Sudeste do mesmo Pico, na qual é também possível observar a sua arborização e, neste caso, a presença de uma barragem de alvenaria, ainda em bom estado de conservação, numa pequena linha de água que percorre a encosta. Isto indica que, ao longo das vertentes do Pico, não só se procedeu à arborização do mesmo, como também as pequenas linhas de água que o percorrem foram sujeitas à construção de pequenas barragens para em conjunto, travarem os efeitos nefastos das torrentes.

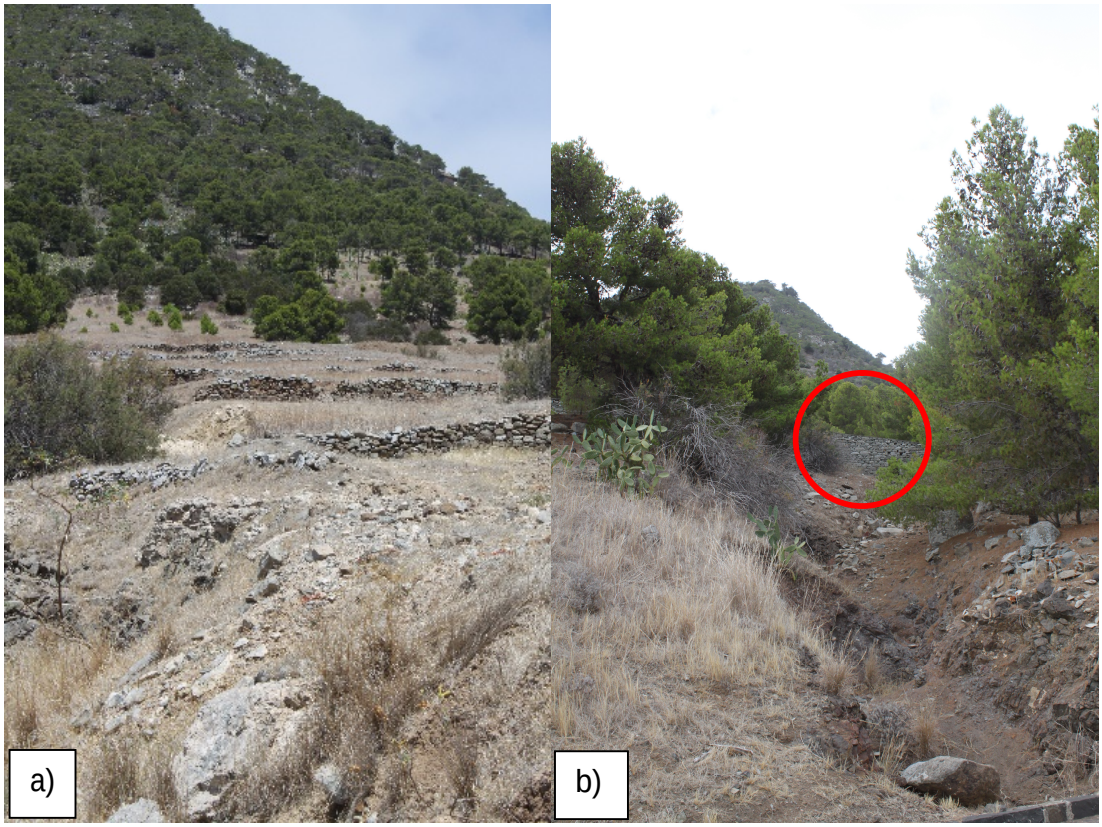


Figura 25 a) Encosta Sul do Pico do Castelo, de encontro ao ribeiro do Dragoal, evidenciando diversas barragens de alvenaria; b) encosta Sudeste do Pico do Castelo,

evidenciando uma pequena linha de água com uma barragem de alvenaria (círculo vermelho).

Na Figura 26 observam-se diversos trabalhos de correcção torrencial no ribeiro das Canas, nomeadamente barragens de lajes escoradas em primeiro plano na primeira imagem, seguidas de barragens de betão armado a montante (indicadas pelas setas a vermelho), as quais é possível observarem-se com maior precisão na segunda imagem. Enquanto as barragens de betão aparentam estar ainda em bom estado de conservação, podendo dar continuidade ao exercer da sua função, a barragem de lajes em primeiro plano parece estar já a ser vítima do factor tempo, estando colmatada de sedimentos. Verifica-se assim a necessidade de algumas obras de manutenção na mesma e em outras que se encontrem em igual estado, de forma a assegurar que as mesmas continuam a exercer o seu papel na sua plenitude.

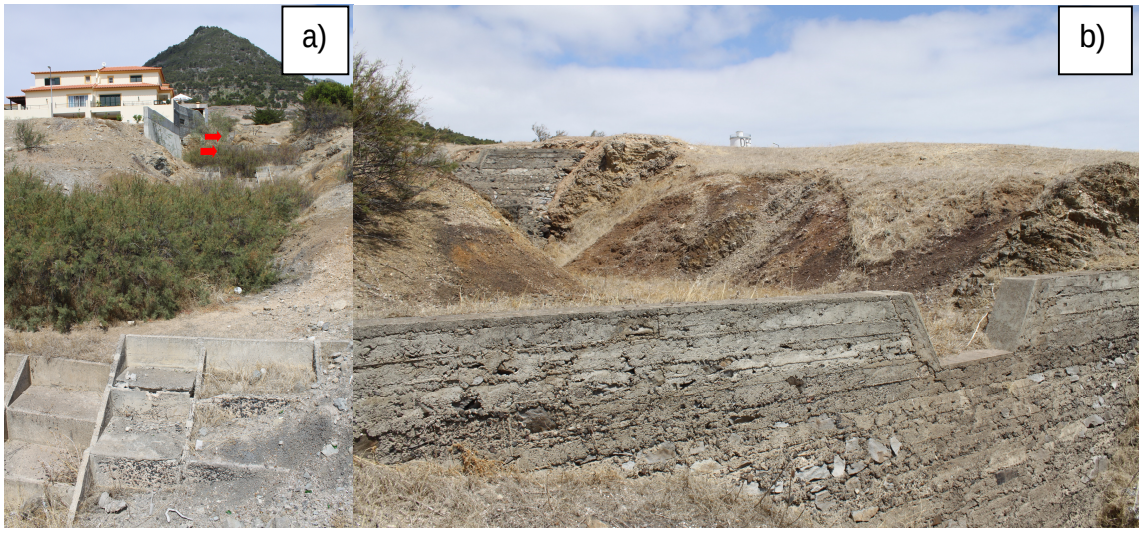


Figura 26 Trabalhos de correcção torrencial no Ribeiro das Canas.

Na Figura 27 é possível observar-se uma barragem de alvenaria na primeira imagem e uma barragem de betão armado na segunda, ao longo do ribeiro do Cochino. Além do bom estado de conservação em que aparentam estar ambas as barragens é também de notar a imensa vegetação em todo o seu leito, a qual se

desenvolveu aquando da arborização das margens deste ribeiro e que ainda hoje em dia se mantém com relativa densidade. Estes dois factos aliados fazem com que o impacto da erosão continue a ser muito menor do que seria antes da sua implantação. Sobretudo por se tratar de um ribeiro que atravessa a Vila de Porto Santo, estando hoje em dia rodeado por imensas habitações e sendo atravessado por uma estrada regional, o controlo das torrentes no mesmo é de extrema importância, prevenindo eventuais prejuízos de elevado custo.

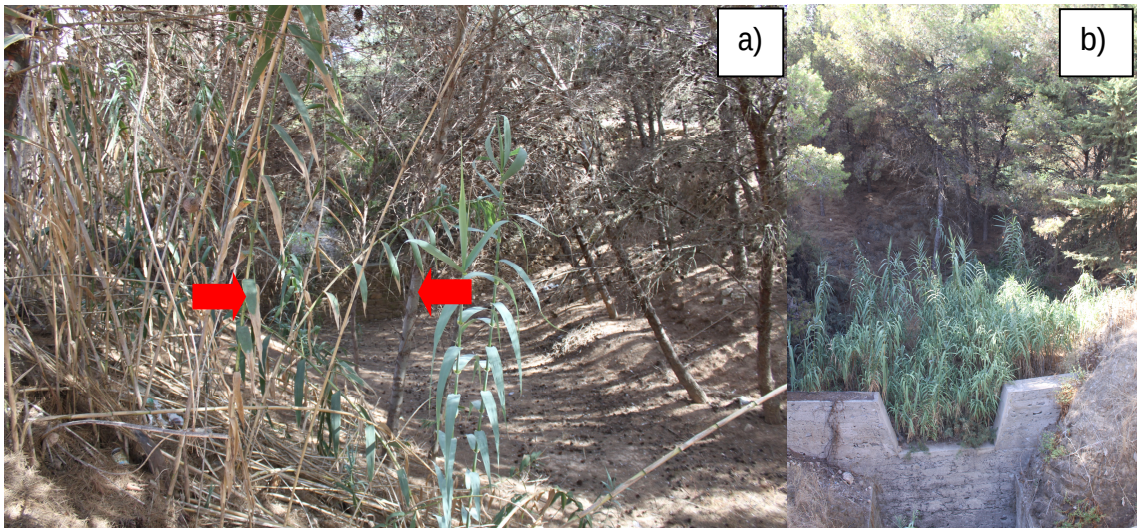


Figura 27 Barragens de alvenaria e de betão para correcção torrencial do Ribeiro Cochino.

A Figura 28 evidencia uma barragem de alvenaria no ribeiro Salgado. É possível verificar que a mesma se encontra parcialmente destruída, o que indica a necessidade de manutenção desta e de outras possíveis barragens em condições semelhantes ao longo do ribeiro. Tal como no caso anterior, este ribeiro atravessa a Vila de Porto Santo, aumentando a importância da conservação destas obras de engenharia, cujo ribeiro, apesar de tudo, permanece ainda hoje com o seu leito e margens revestidos com vegetação. Tendo esta, no entanto, por si só, alguma capacidade para mitigar o efeito das torrentes, o qual também não é tão agravado pelo facto de o declive neste local ser reduzido.



Figura 28 Barragem de alvenaria para correcção torrencial do Ribeiro Salgado.

Na Figura 29, a primeira imagem realça (seta a vermelho) uma barragem de betão no ribeiro das Marinhas, o qual, ainda em aparentemente boas condições, em conjunto com a densa vegetação que é possível verificar-se ao longo do seu leito, tanto nesta como, em especial destaque, na segunda imagem, parece ter ainda intacta a sua capacidade para controlar o efeito da erosão. Ao fundo, na primeira imagem, observa-se o actual campo de golfe, o qual veio interromper a natural confluência do ribeiro da Terra Branca com este ribeiro e o ribeiro principal, o Salgado. O facto da bacia de recepção do ribeiro da Terra Branca se localizar numa área com declive significativo (até às proximidades do Pico da Ana Ferreira e do pico adjacente ao Pico Espigão), torna bastante necessária a existência das obras de correcção torrencial lá existentes. Com a interrupção do seu curso com esta obra de grande porte, como é o campo de golfe, é possível que esta área se torne bastante mais susceptível ao fenómeno erosivo.

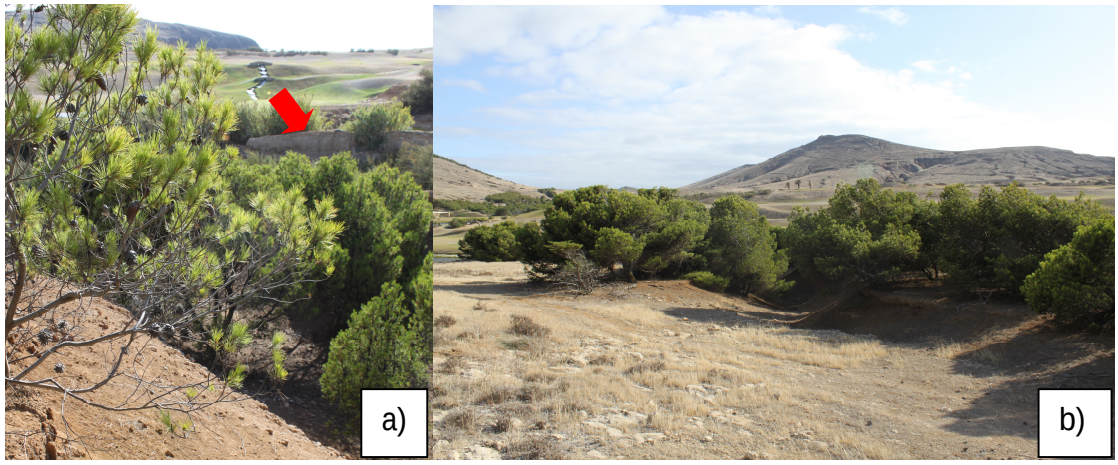


Figura 29 a) Barragem de betão para correcção torrencial do ribeiro das Marinhas; b) margem esquerda do ribeiro das Marinhas, envolvido por vegetação.

Na Figura 30 observam-se três barragens para correcção torrencial do ribeiro do Tanque, uma em betão armado (primeiro plano) e as restantes em alvenaria. Enquanto a primeira barragem aparenta estar em bom estado de conservação, as barragens de alvenaria mostram já a marca do tempo. Além disso, é de notar que, apesar de apresentar ainda algum revestimento vegetal, o qual provém já da encosta do Pico do Castelo, nesta área, o ribeiro apresenta no seu leito peças diversas de betão, as quais terão sido para lá atiradas ou poderão mesmo fazer parte de antigas barragens. Por outro lado, por observação directa durante o trabalho de campo, também se verificou a existência de pequenas casas em madeira (barracas) nas margens ou mesmo nos locais onde o leito é menos profundo. Tudo isto demonstra a falta de manutenção das obras pelo menos nesta área, levando a que as habitações circundantes, incluindo as referidas casas, fiquem mais vulneráveis ao efeito das torrentes, as quais são agravadas ao encontrarem material depositado que pode ele próprio vir a ser por elas arrastado.



Figura 30 Trabalhos de correcção torrencial do ribeiro do Tanque, na Camacha.

A Figura 31 mostra diversas barragens de betão armado ao longo do ribeiro da Água, as quais se apresentam em bom estado conservação, diversos anos após a sua construção. No entanto, verifica-se que só a área mais a jusante dessas barragens se encontra densamente arborizada, havendo muita vegetação morta na envolvente das mesmas. Uma vez que este ribeiro se estende até à proximidade do Cabeço das Flores, também ele não arborizado e onde o declive é bem mais acentuado, torna esta área mais susceptível ao efeito das torrentes, uma vez que as barragens, por si só, não têm a capacidade total para contrariar este efeito. Dada a grande importância da vegetação na complementação das barragens para o efeito minimizador da erosão hídrica seria recomendável a arborização do Cabeço.



Figura 31 Barragens de betão para correcção torrencial do ribeiro da Água.

Na Figura 32 observam-se duas barragens de alvenaria ao longo do ribeiro da Terra do Costa, uma em primeiro plano e outra indicada pela seta a vermelho, ambas em bom estado de conservação. Este ribeiro desenvolve-se na encosta Este do Cabeço do Zimbralinho, com declive relativamente acentuado, a qual se encontra apenas parcialmente arborizada. Isto torna toda a sua área envolvente susceptível à erosão hídrica, uma vez que, já como mencionado anteriormente, as barragens por si só não têm capacidade para minimizar o efeito das torrentes, sendo essa função principalmente da responsabilidade da vegetação. Por este motivo seria também aconselhável o total revestimento florestal deste Cabeço.



Figura 32 Barragens de alvenaria para correcção torrencial do ribeiro da Terra do Costa.

A Figura 33 reflete a reflorestação efectuada à encosta virada a Oeste do Pico da Ana Ferreira. Dado o elevado declive desta vertente, torna-se necessário a sua protecção com vegetação, minimizando assim o efeito das águas de escorrência, e anos após o seu revestimento, é uma mais-valia a vegetação permanecer hoje em dia. No entanto, durante o trabalho de campo, verificou-se que apenas cerca de metade da vertente se encontra arborizada, estando a outra metade susceptível a eventuais efeitos das torrentes. Deste modo, torna-se necessário que os trabalhos de reflorestação do Pico outrora efectuados possam ser hoje concluídos na sua plenitude.



Figura 33 Arborização na encosta Oeste do Pico da Ana Ferreira.

A Figura 34 revela alguns dos trabalhos de correcção torrencial efectuados no ribeiro a Norte do ribeiro da Água, localizado nos Morenos, cujo nome é desconhecido. Entre esses trabalhos encontra-se a arborização ao longo das margens do leito do ribeiro na primeira imagem, a qual parece ter vingado e persistido até hoje e, barragens de betão e de alvenaria na segunda e terceira imagens, respectivamente, as quais se encontram em bom estado de conservação. Isto, aliado ao facto de toda a área envolvente ao ribeiro se encontrar também ela arborizada, faz com que toda ela seja mais resistente ao efeito das torrentes, uma vez que estes trabalhos parecem ter ainda a capacidade para exercer a função para que foram projectados. Por outro lado, tal como acontece com o ribeiro da Água, a bacia de recepção deste ribeiro estende-se até às proximidades do Cabeço do Dragoal, adjacente ao Cabeço das Flores, que, tal como este último, não apresenta coberto vegetal ou em certas partes apenas vegetação rasteira. Isto pode tornar-se grave uma vez que neste local existe uma área para merendas (Figura 35), a qual pode ficar sujeita aos efeitos dos processos erosivos, neste caso com a presença de deslizamentos de terras. Assim sendo, seria aconselhável também a arborização deste Cabeço.

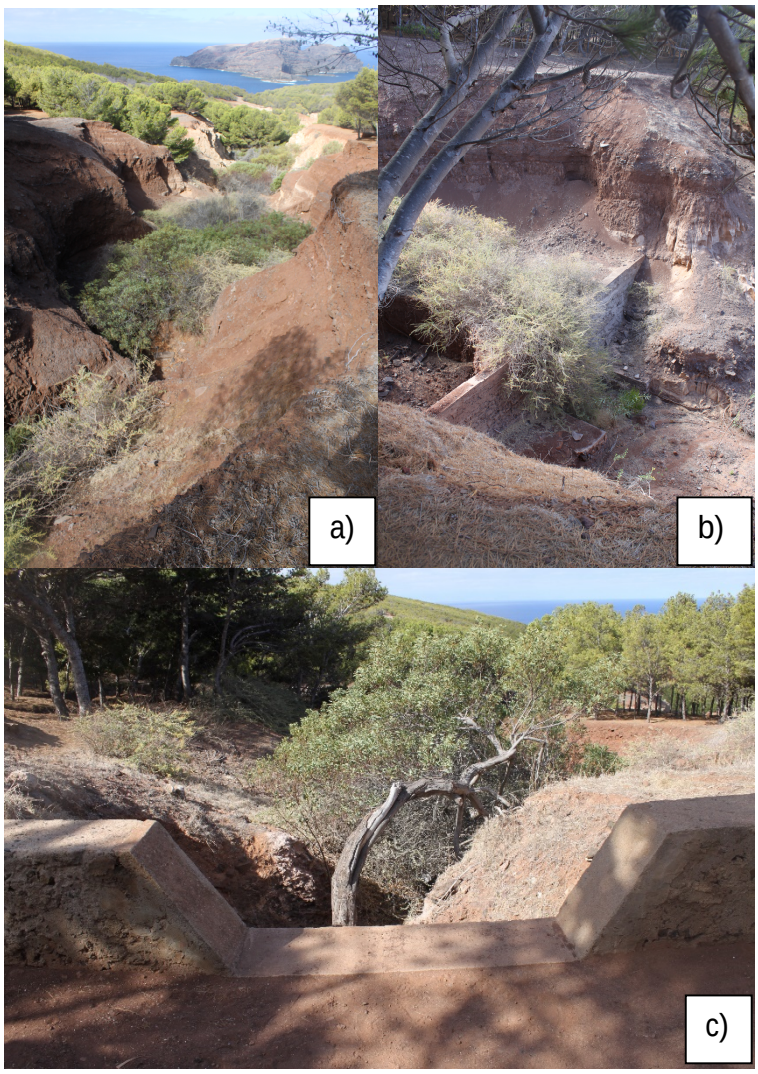


Figura 34 Trabalhos de correcção torrencial ao longo do ribeiro localizado a Norte do ribeiro da Água (nome desconhecido), nos Morenos, a) arborização do leito do ribeiro, b) barragem de betão, c) barragem de alvenaria.



Figura 35 Parque de merendas dos Morenos, Porto Santo.

Na Figura 36 é possível observarem-se, em diferentes pontos, diversas ravinas cavadas nas vertentes rumo ao leito do ribeiro da Vigia, localizado na Portela. Estas ravinas reflectem a erosão intensa verificada neste pequeno sistema montanhoso, chegando aos níveis observados hoje em dia muito pela falta de correcção torrencial quer do ribeiro, quer de medidas de conservação do solo nas vertentes na sua envolvente. Em determinadas áreas, o caso é tão grave que chega mesmo a observar-se rocha-mãe a descoberto, o que indica que todas as camadas de solo aí existentes terão já sido erodidas. Como a cobertura vegetal neste local é muito reduzida ou quase inexistente, e tratando-se de um ribeiro que vai desaguar na praia do Porto Santo, cuja utilização é frequente, principalmente nos meses de Verão, de modo a evitar possíveis arrastamentos de materiais provenientes das vertentes, seria de grande importância a arborização das encostas e a correcção torrencial deste ribeiro.



Figura 36 Aspectos da erosão acelerada formando diversos barrancos no ribeiro da Vigia, na Portela.

A Figura 37 mostra os efeitos que a erosão hídrica nas vertentes quando estas se encontram desprovidas de vegetação que proteja o solo nelas existente. Assim, na primeira imagem observam-se inúmeras ravinas formadas pelas intensas chuvadas que se verificam na ilha ao longo dos anos, removendo grandes quantidades de solo na vertente virada a Este do Cabeço do Zimbralinho e, na segunda imagem, é mesmo possível observar-se o solo que foi arrancando e arrastado ao longo da vertente até à estrada. Apesar de a estrada na imagem não ser uma via principal – constitui uma estrada sem saída paralela à estrada regional – tal como se verificou neste local em específico, é possível que este fenómeno venha a ocorrer na estrada regional, a qual passa no sopé do Cabeço e apresenta uma utilização relativamente elevada. Deste

modo, para evitar quaisquer acidentes e/ou prejuízos, torna-se extremamente necessário a correcção deste Cabeço através da sua arborização.



Figura 37 Encosta Este do Cabeço do Zimbralinho evidenciando em a) ravinas formadas por erosão hídrica e, em b) deslizamento de terras provocadas pela erosão.

IV.2. COMPARAÇÃO DE FOTOGRAFIAS ACTUAIS COM FOTOGRAFIAS HISTÓRICAS

Na Figura 38 é possível observarem-se os aspectos sucessivos que a vertente Sul do Pico do Castelo foi apresentando ao longo do tempo. A primeira imagem corresponde à fase anterior à Circunscrição Florestal da Madeira ter iniciado a sua actividade, em 1951. Na segunda imagem já várias obras de correcção torrencial tinham sido executadas no ribeiro de João Lopes e linhas de água subsidiárias, em 1956. A terceira imagem corresponde à fase em que essas obras iam sendo

completadas com a arborização, sobretudo devido à maior importância dada ao Núcleo Florestal do Pico do Castelo, em 1971. Por último, na quarta imagem pode agora observar-se a mesma vertente já cerca de 40 anos depois do concluir das obras, em 2014. A nível geral, as arborizações efectuadas na encosta do Pico Castelo parecem ainda hoje subsistir, contribuindo, consequentemente, para a fixação do solo, mitigando o processo erosivo. Contudo, as manchas desflorestadas que se observam devem-se à morte de pinheiros causada pela espécie de Nematoda parasita invasora *Bursaphelenchus xylophilus*, mais conhecida como Nemátode do Pinheiro, a qual foi reportada pela primeira vez em Portugal em 1999 (Mota *et al.*, 1999) e apresenta-se hoje como uma das maiores ameaças às espécies de pinheiro em todo o mundo.

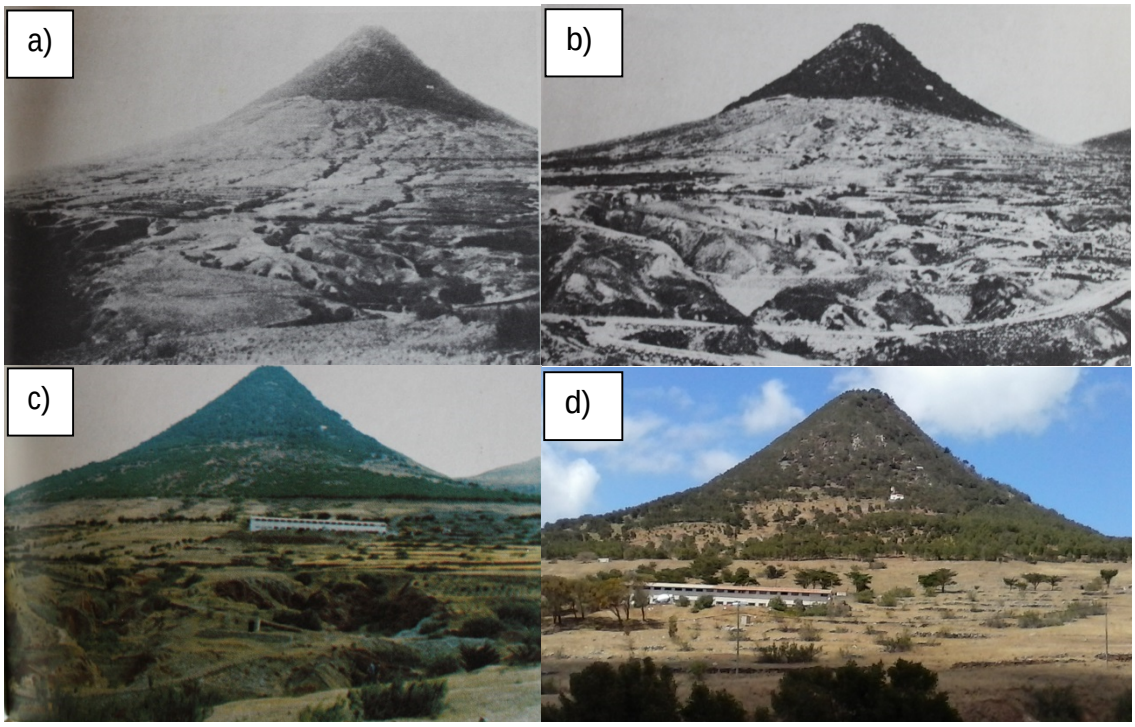


Figura 38 Aspectos que sucessivamente foi tomando a vertente Sul do Pico do Castelo, a) em 1951, b) em 1956, c) em 1971 e d) em 2014.

Na Figura 39 pode observar-se uma barragem de lajes escoradas construída para correcção torrencial na vertente sul do Pico do Castelo, no Dragoal. Na primeira imagem, em 1975, verificam-se já as primeiras arborizações ao longo das margens do

ribeiro, as quais viriam a permitir evitar os efeitos da erosão hídrica, conservando o efeito benéfico desta e de outras barragens e acabando estas por constituir os meios que essa vegetação aproveita para se fixar. A segunda imagem corresponde à mesma barragem de lajes já em 2014. Apesar de ainda se observar a presença de alguma vegetação, esta é sobretudo rasteira. Além disso, embora não constante na imagem, por observação directa durante o trabalho de campo foi possível verificar-se uma modificação na paisagem, a qual, anteriormente "natural", foi sendo moldada de forma a incorporem-se agora elementos construídos, como sejam estradas e habitações. Directa ou indirectamente, esta modificação acabou por levar à ausência de manutenção nesta obra de engenharia, a qual, apesar de ainda persistir, perdeu a função para a qual foi desenhada, uma vez que o curso de água no qual ela foi construída foi interrompido, podendo os caudais torrenciais nessa área vir a inundar quer a estradas, quer habitações na envolvente. Por esse motivo, a terceira imagem (Figura 39c) mostra um novo conjunto de barragens de lajes ancoradas que foi construído na proximidade, em local adequado face às ditas modificações e ao percurso natural dos cursos de água, de modo a que a função de mitigação do efeito das mesmas se mantivesse.

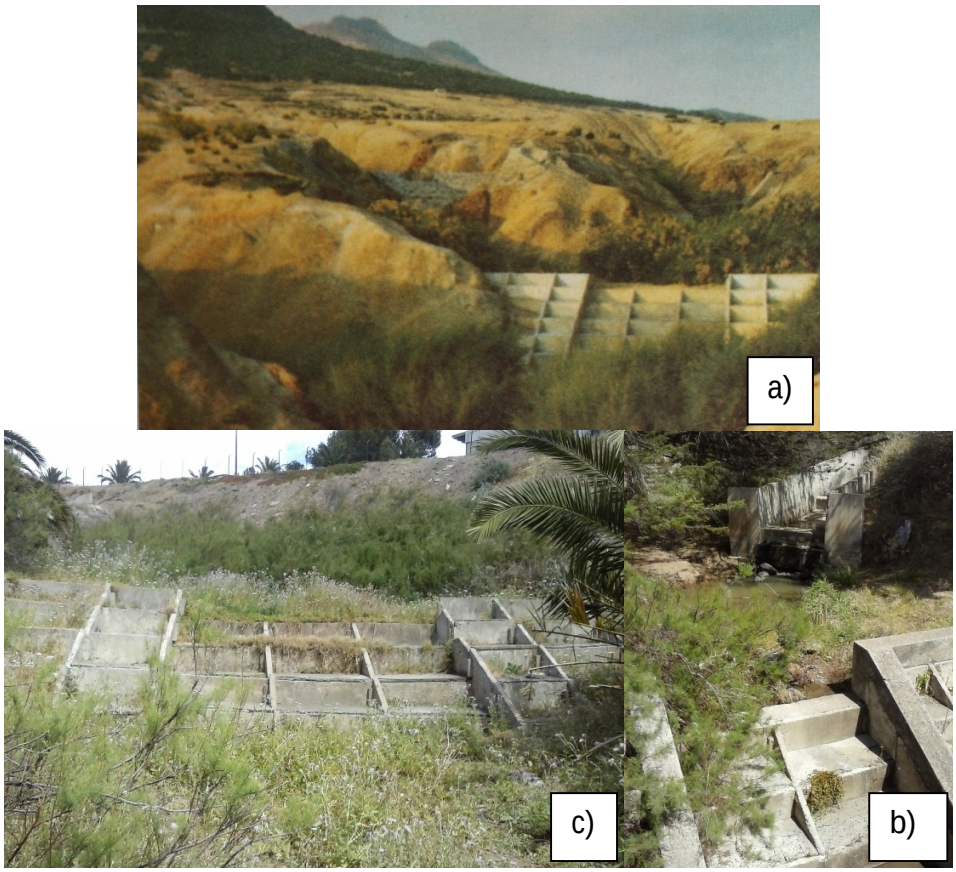


Figura 39 Trabalhos de correcção torrencial na encosta Sul do Pico do Castelo, Dragoal, a) em 1975, b) e c) em 2014.

A Figura 40 apresenta uma barragem de betão para correcção torrencial no Ribeiro do Cabeço das Flores, no Sítio da Ponta. A barragem agregava um descarregador, o qual teria como função canalizar a água do ribeiro, aquando do regime torrencial, para utilização pública. Na primeira imagem pode observar-se a barragem por volta da altura em que terá sido construída, enquanto a segunda e a terceira imagens evidenciam respectivamente, a mesma barragem e a envolvente à direita da mesma, em 2014. Tal como no exemplo anteriormente referido, por observação directa durante o trabalho de campo, verificou-se que também esta área sofreu algumas modificações ao nível da paisagem. Quando anteriormente constituía apenas um terreno baldio, é agora ocupada por algumas habitações. Um exemplo destas, apesar de não visível na imagem, encontra-se à direita da barragem observada na Figura 40b, indicada pela seta a vermelho. Estas construções levaram ao observável

encurtamento da barragem e à destruição completa do descarregador, deixando este, portanto, de exercer a sua função. Por outro lado, é de notar que, ao longo do ribeiro e nas áreas marginais a vegetação outrora implantada ainda hoje persiste, podendo, por si só, mitigar em parte o efeito das torrentes, função que a obra de engenharia possa já não conseguir exercer no seu pleno.

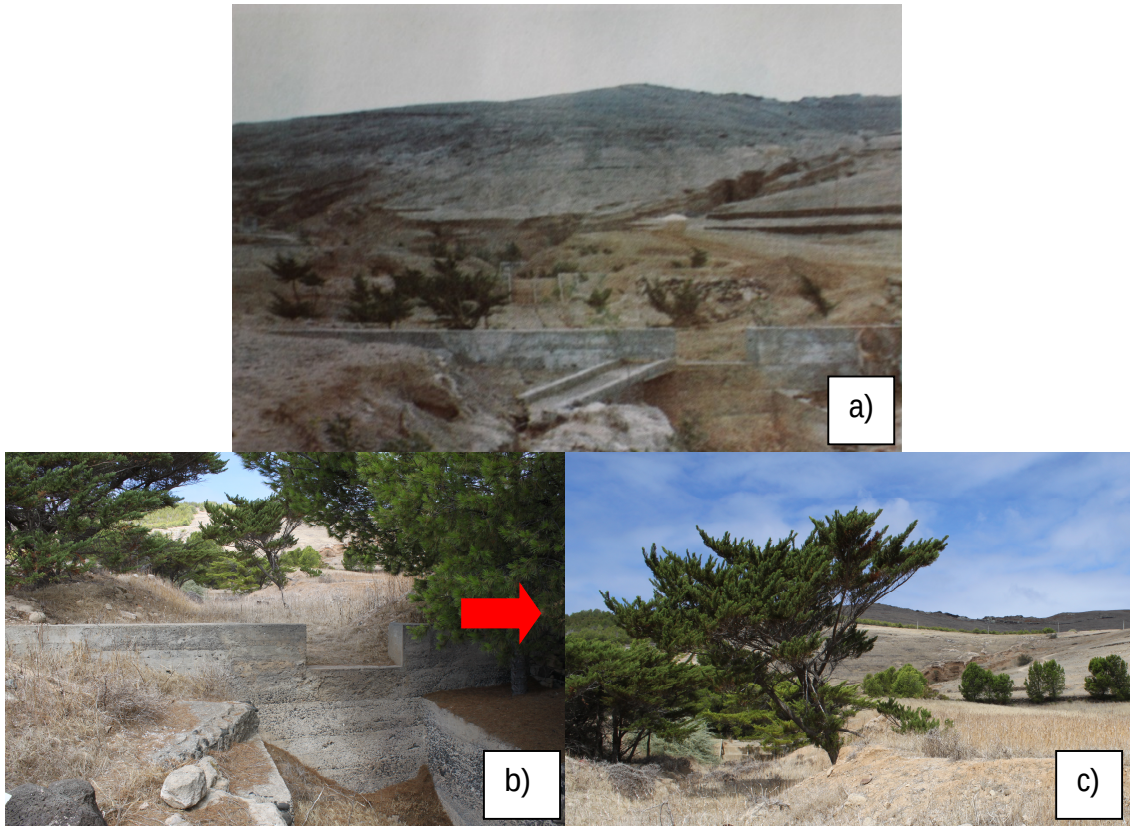


Figura 40 Subdivisão do descarregador duma pequena barragem de betão para que funcione como "partidouro de águas" de acordo com os direitos dos utentes, no Ribeiro do Cabeço das Flores, Sítio da Ponta, a) na altura em que terá sido construída, b) em 2014, c) área envolvente da mesma à direita, em 2014.

A Figura 41 evidencia em primeiro plano uma barragem de betão armado, seguida de uma barragem de alvenaria construídas ao longo do ribeiro da Terra Branca para correcção do regime torrencial por este apresentado. Na primeira imagem é possível observarem-se essas barragens na época em que foram construídas, em 1974, enquanto na segunda imagem é possível observar as barragens de alvenaria a

montante da primeira (em perspectiva diferente) 70 anos depois, já em 2014, e ainda em aparente boas condições. A maior diferença observada entre estes dois períodos é o desenvolvimento da vegetação ao longo do ribeiro, a qual terá vingado e, em conjunto com as barragens, é possível ainda hoje em dia contribuir para a fixação do solo e para a quebra do regime de torrentes.



Figura 41 Barragens de betão e alvenaria edificadas para correcção do ribeiro da Terra Branca, a) em 1974, b) em 2014.

Na primeira imagem da Figura 42 observa-se, em primeiro plano, uma pequena barragem de alvenaria seguida de diversas barragens de lajes escoradas, suportadas pela primeira para correcção do regime de torrentes no ribeiro do Lombo, em 1965. Na segunda imagem, vista da margem direita do ribeiro, a qual representa um ângulo diferente da primeira (interior do ribeiro), devido ao grande desenvolvimento da vegetação implantada ao longo do mesmo, apenas se consegue distinguir uma das barragens de lajes escoradas. Apesar de tudo, esta parece apresentar-se ainda em boas condições e, partindo do pressuposto que as restantes barragens ainda se

encontram presentes e num estado de conservação suficiente para exercerem a função para que foram construídas, é possível crer que, ao longo deste ribeiro, quer as obras de engenharia, quer vegetação, ainda contribuem para controlar o regime torrencial do mesmo.

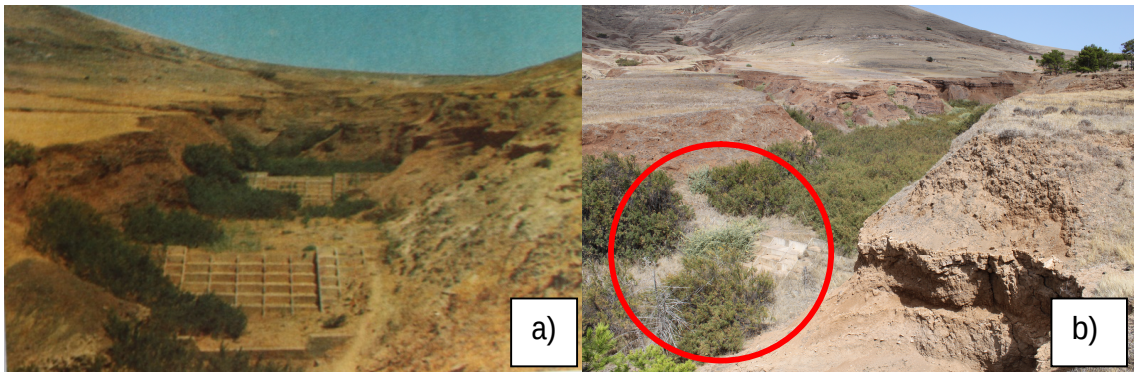


Figura 42 Barragem de alvenaria, em primeiro plano, servindo de suporte das barragens de lajes escoradas construídas a montante, no ribeiro do Lombo, a) em 1965, b) barragem de lajes escoradas em 2014.

A imagem a) da Figura 43 revela o enorme contraste que se verificava entre a encosta Norte do Pico do Castelo e a encosta Oeste do Pico do Facho em 1970. Enquanto a primeira se encontrava já arborizada, a segunda, ainda por arborizar, continuava a sofrer os efeitos da erosão do solo provocada pelas chuvadas invernais. Na imagem b), já em 2014, pode notar-se que ambas as encostas se apresentam agora arborizadas, o que revela a continuação e manutenção dos trabalhos de reflorestação para correcção torrencial nos picos da ilha ao longo dos anos (Figura 44).

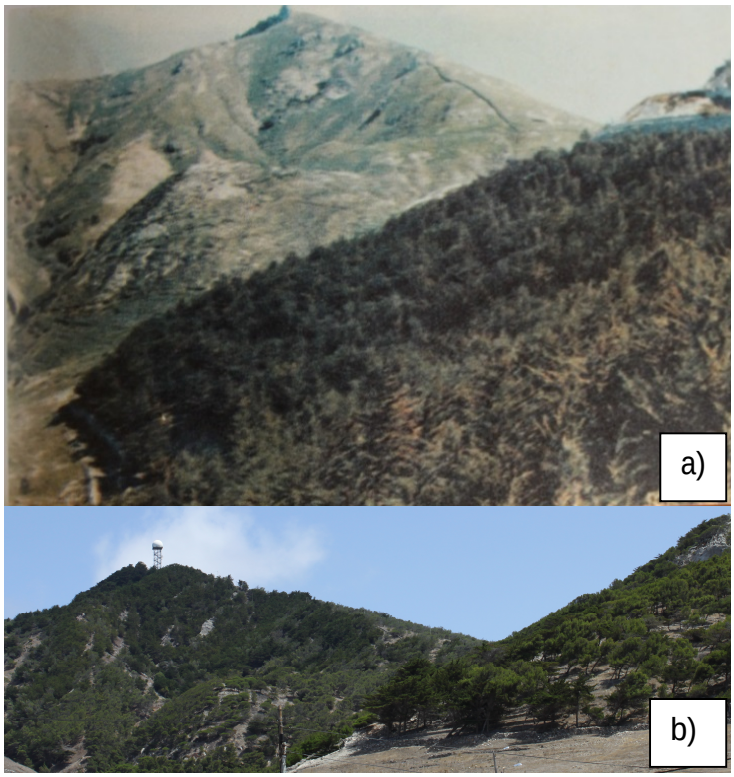


Figura 43 a) Flagrante contraste entre a encosta Norte do Pico do Castelo, já arborizada, e a encosta Oeste do Pico do Facho revelando ainda os efeitos desastrosos da erosão do solo, em 1970, b) a mesma perspectiva das encostas de ambos os picos, agora com a segunda também já arborizada, em 2014.



Figura 44 Painéis informativos sobre os trabalhos de reflorestação dos picos do Castelo, Concelho, Facho, Juliana e Gandaia para, entre outros objectivos, minimização do processo de degradação do solo/desertificação.

Na Figura 45 é possível observarem-se, no ribeiro do Lombo, os sedimentos que foram sendo arrastados ao longo da encosta Este do Pico Espigão em função da erosão superficial, sendo depois rasgados pelas águas de escorrência. Enquanto em 1975 é possível ver-se bem esse aspecto, pois toda a encosta se encontra desprovida de qualquer medida contra o efeito erosivo, em 2014, o ribeiro apresenta-se agora objecto de correcção torrencial, pois é possível encontrarem-se no seu leito tanto

obras de engenharia, como sejam barragens de alvenaria, como vegetação, capazes de controlar, pelo menos em parte, o seu regime torrencial. No entanto, para que o objectivo de conservação do solo seja cumprido na sua plenitude, não só ao longo do ribeiro, mas também em toda a sua área envolvente e principalmente na vertente Este do Pico Espigão, onde se encontra a sua bacia de recepção, uma total reflorestação das vertentes que o alimentam também seria aconselhável.

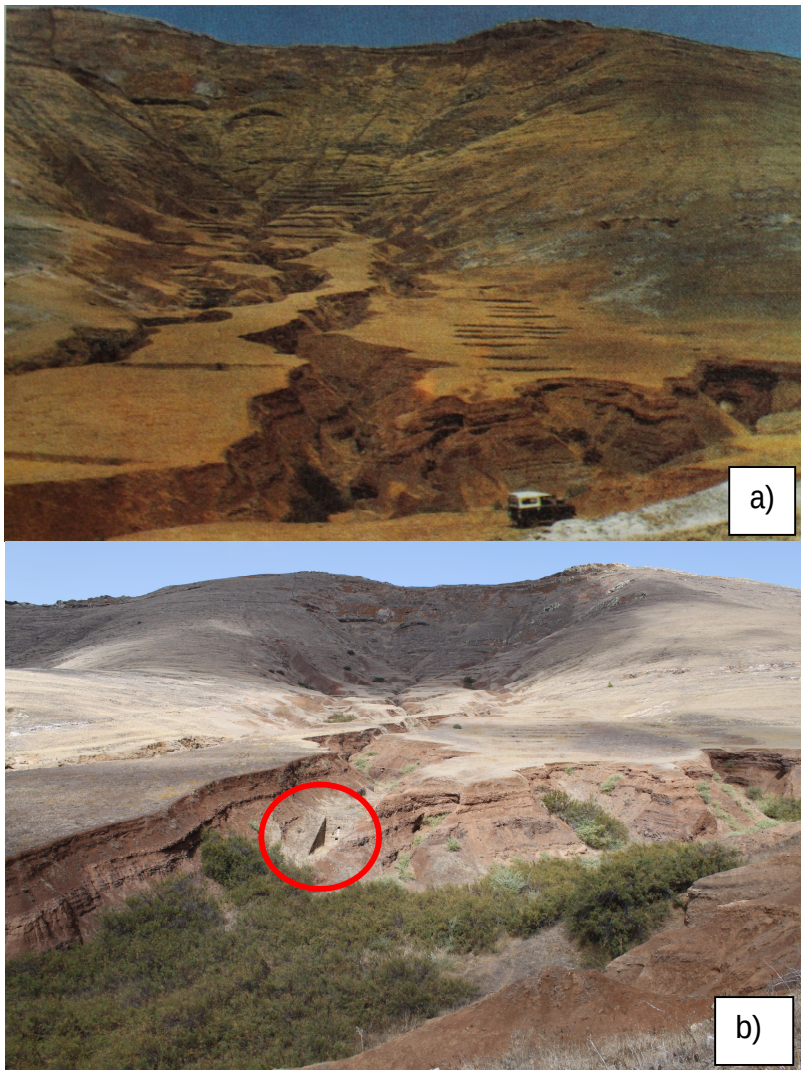


Figura 45 a) Aspecto característico de erosão superficial que foi arrastando para a base do relevo a terra arável das elevações, sendo depois esses depósitos coluviais rasgados pelas águas de escorrência que a vertente já não sustém, no ribeiro do Lombo, em 1975, b) a mesma perspectiva do ribeiro, agora com correcção torrencial, em 2014.

A Figura 46 evidencia os efeitos da erosão hídrica no topo do Pico da Ana Ferreira, a qual, juntamente com a acção do vento, teve um impacto tão gravoso que pôs a descoberto a rocha-mãe. Devido ao seu estado já tão avançado, e também por não terem sido feitos esforços para minimizar e até mesmo contrariar este processo, numa diferença de mais ou menos meio século, esta estrutura permanece igual. Dado que este Pico apenas se encontra parcialmente florestado, para evitar o agravamento do fenómeno, e pelo facto de no seu sopé (da vertente Noroeste à Nordeste) se localizar actualmente o Campo de Golfe do Porto Santo, aquando da sua construção a única cobertura feita em parte da vertente do Pico ser relvado, seria do maior interesse proceder à totalização da sua florestação.

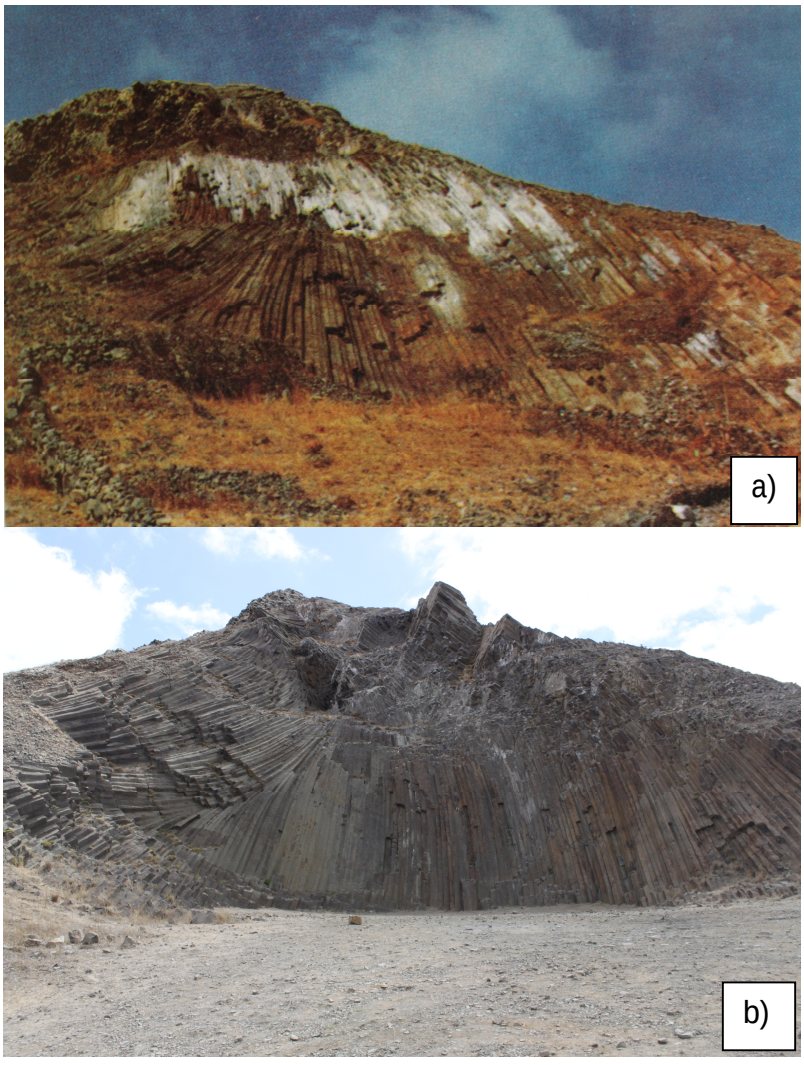


Figura 46 Lavas basálticas, de forma colunar típica, postas a descoberto pela acção combinada da erosão eólica e hídrica no Pico da Ana Ferreira, a) algures entre as décadas de 50 e 80, e b) em 2014.

CAPÍTULO V: PLATAFORMA INTERACTIVA SOBRE AS MEDIDAS DE CORRECÇÃO TORRENCIAL NO PORTO SANTO

Neste capítulo pretende-se reunir a informação relativa à conservação dos solos da ilha de Porto Santo, contida nos dois capítulos anteriores, para a construção de uma plataforma interactiva de cariz geográfico, a qual deverá ficar disponível para consulta pública (Página *web*: http://portosantosolos.weebly.com/). Isto deverá não só alargar os conhecimentos sobre a ilha, a qual apresenta ainda muitas lacunas no que toca aos seus solos, como também, e principalmente, despertar o interesse quer de investigadores da área, quer do público em geral, para a temática dos solos e a importância da sua conservação.

Será apresentado um mapa do sítio, ou seja, uma vista geral do conteúdo disponível na plataforma, o qual estará acompanhado por *sreenshots* da mesma.

V.1. MAPA DO SÍTIO

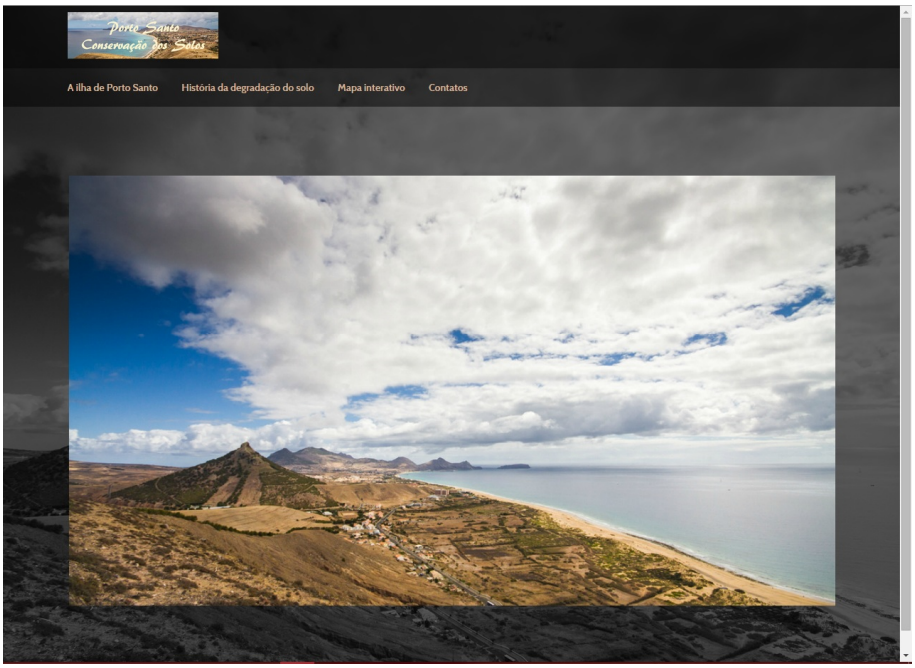
Entrada: "Ilha de Porto Santo – A Conservação dos Solos"

- A ilha de Porto Santo
- História da degradação do solo
  - Erosão hídrica
- Mapa interactivo
  - Mapa da ilha de Porto Santo
  - Ribeiros com correcção torrencial
    - Técnicas implementadas
  - Histórico vs. Actual
    - Fotos históricas/actuais
    - Descrição
  - Barragens de correcção torrencial

Fotos das barragens e área envolvente

Percentagem de matéria orgânica dos solos nesses locais (Futuramente)

V.2. *SCREENSHOTS* DA PLATAFORMA







DEGRADAÇÃO E CONSERVAÇÃO DO SOLO

A ilha de Porto Santo é muito vulnerável ao nível dos seus ecossistemas. Fora o impacto humano, a aridez do seu clima e a própria natureza dos terrenos eram já fatores responsáveis pela pobreza dos seus solos.

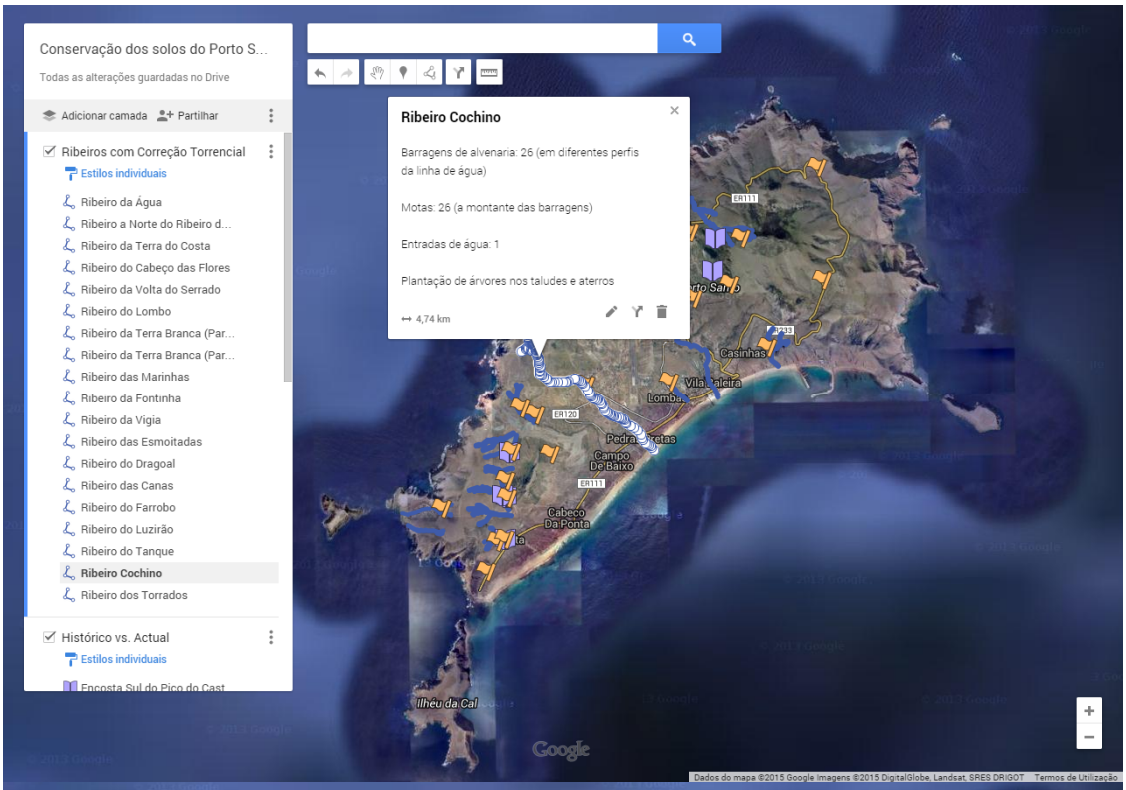
Na época em que foi descoberta já a vegetação arbórea era escassa. Em 1590 parecia mesmo não haver água, graças a ser tão seca e de arvoredo reduzido, destacando-se o zimbro e a urze, para além dos dragoeiros. Estes últimos foram intensamente utilizados como recurso para diversas finalidades, o que levou posteriormente à sua escassez. Em 1967 já só existia um exemplar de zimbros, na rocha do Pico Branco. Por outro lado, era também possível encontrarem-se vestígios de desflorestação resultante, em parte, da ocupação humana e das tentativas de utilização agrícola, considerando-se também os incêndios e o gado. Tal levou a que os poderes instituídos tomassem especial atenção com a preservação das florestas, havendo já no século XVI necessidade de se implementarem medidas legislativas, como o "Regimento das Madeiras", com o objetivo de proteger as florestas da agora RAM. O Pico do Castelo, outrora coberto de zimbros, é atualmente a mancha silvícola mais repovoada com lauráceas e outras espécies endógenas do arquipélago da Madeira. Assim, apesar da eliminação do coberto vegetal inicial, as rearborizações no Porto Santo foram sendo constantes ao longo dos séculos, havendo uma luta contra a Natureza por parte da população. Deste modo, é de notar que a necessidade de rearborizar o Porto Santo não é atual e que as medidas de coerção adotadas em instrumentos oficiais de fomento e proteção à silvicultura se mostraram acertadas e legítimas.

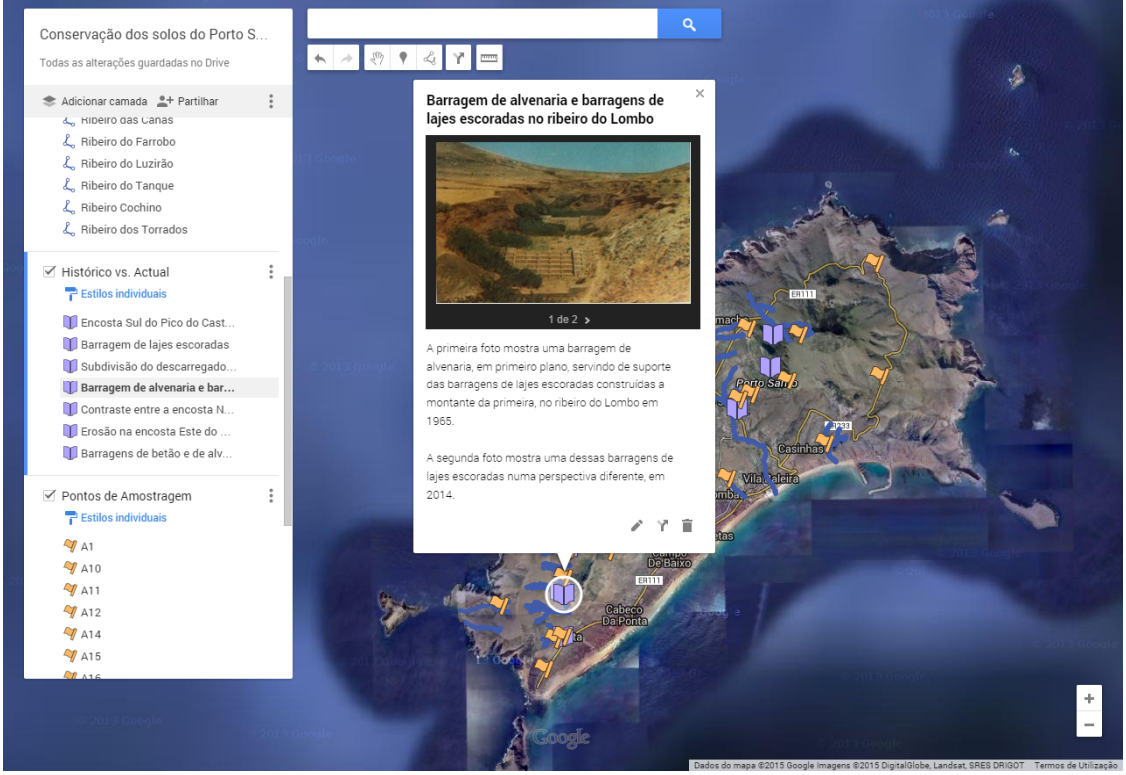


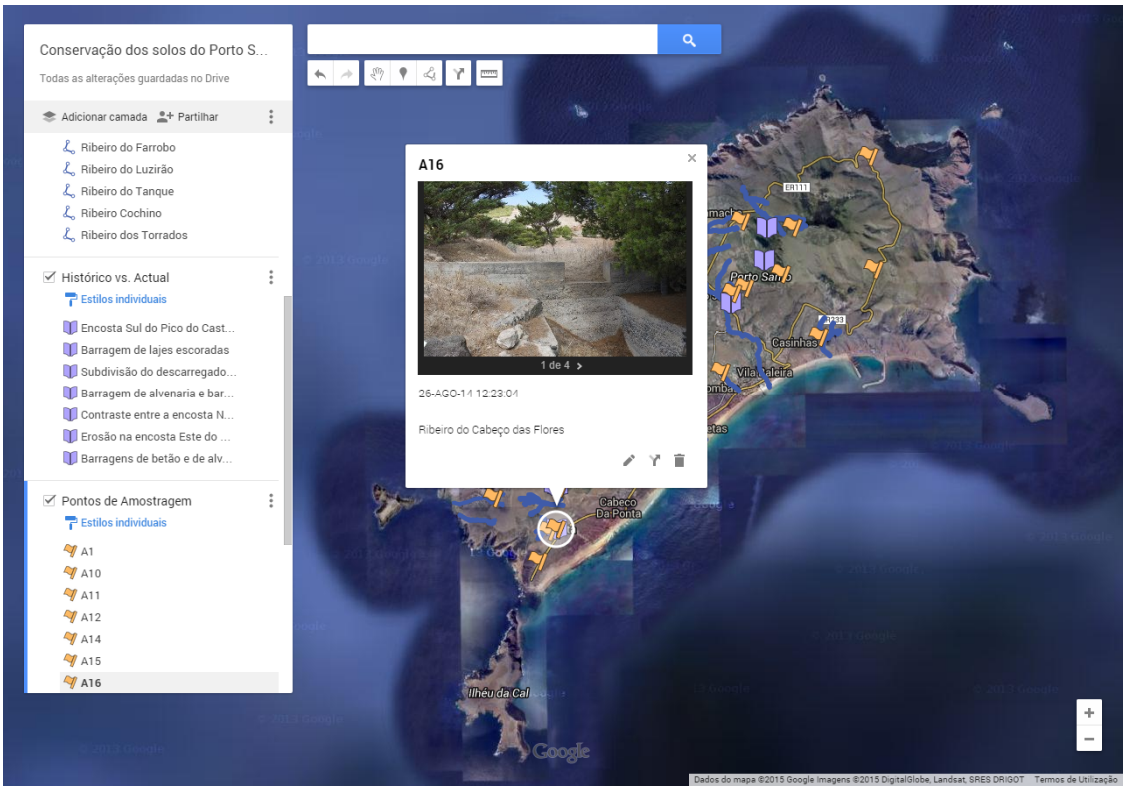
EROSÃO

Na ilha de Porto Santo, o processo erosivo é bastante intenso, abrangendo quase toda a ilha, dado o reduzido número de áreas com vegetação autóctone e de áreas reflorestadas.

A colmatação rápida das pequenas albufeiras que se têm construído prova a intensidade do processo, sendo as áreas de praia continuamente alimentadas pelos sedimentos que são arrastados ao longo das principais linhas de água, ou seja, dá-se erosão laminar nas vertentes. Além desta, a erosão em ravina também ocorre na ilha, principalmente em toda a área da Ponta.


Conservação dos solos do Porto S...
Todas as alterações guardadas no Drive
Adicionar camada
Partilhar
Ribeiros com Correção Torrencial
Estilos individuais
Ribeiro da Água
Ribeiro a Norte do Ribeiro d...
Ribeiro da Terra do Costa
Ribeiro do Cabeço das Flores
Ribeiro da Volta do Serrado
Ribeiro do Lombo
Ribeiro da Terra Branca (Par...
Ribeiro da Terra Branca (Par...
Ribeiro das Marinhas
Ribeiro da Fontinha
Ribeiro da Vigia
Ribeiro das Esmoitadas
Ribeiro do Dragoal
Ribeiro das Canas
Ribeiro do Farrobo
Ribeiro do Luzirão
Ribeiro do Tanque
Ribeiro Cochino
Ribeiro dos Torrados
Histórico vs. Actual
Estilos individuais
Encosta Sul do Pico do Cast
Ribeiro Cochino
Barragens de alvenaria: 26 (em diferentes perfis da linha de água)
Motas: 26 (a montante das barragens)
Entradas de água: 1
Plantação de árvores nos taludes e aterros
4,74 km
Casinhas
Vila Baleira
Lombo
Campo De Baixo
Cabeço Da Ponta
Ilhéu da Cal
Google
Dados do mapa ©2015 Google Imagens ©2015 DigitalGlobe, Landsat, SRES DRIGOT
Termos de Utilização


Conservação dos solos do Porto S...
Todas as alterações guardadas no Drive
Adicionar camada
Partilhar
Ribeiro do Farrobo
Ribeiro do Luzirão
Ribeiro do Tanque
Ribeiro Cochino
Ribeiro dos Torrados
Histórico vs. Actual
Estilos individuais
Encosta Sul do Pico do Cast...
Barragem de lajes escoradas
Subdivisão do descarregado...
Barragem de alvenaria e bar...
Contraste entre a encosta N...
Erosão na encosta Este do ...
Barragens de betão e de alv...
Pontos de Amostragem
Estilos individuais
A1
A10
A11
A12
A14
A15
Barragem de alvenaria e barragens de lajes escoradas no ribeiro do Lombo
1 de 2
A primeira foto mostra uma barragem de alvenaria, em primeiro plano, servindo de suporte das barragens de lajes escoradas construídas a montante da primeira, no ribeiro do Lombo em 1965.
A segunda foto mostra uma dessas barragens de lajes escoradas numa perspectiva diferente, em 2014.
Casinhas
Vila Baleira
Campo De Baixo
Cabeço Da Ponta
Google
Dados do mapa ©2015 Google Imagens ©2015 DigitalGlobe, Landsat, SRES DRIGOT
Termos de Utilização


Conservação dos solos do Porto S...
Todas as alterações guardadas no Drive
Adicionar camada
Partilhar
Ribeiro do Farrobo
Ribeiro do Luzirão
Ribeiro do Tanque
Ribeiro Cochino
Ribeiro dos Torrados
Histórico vs. Actual
Estilos individuais
Encosta Sul do Pico do Cast...
Barragem de lajes escoradas
Subdivisão do descarregado...
Barragem de alvenaria e bar...
Contraste entre a encosta N...
Erosão na encosta Este do ...
Barragens de betão e de alv...
Pontos de Amostragem
Estilos individuais
A1
A10
A11
A12
A14
A15
A16
A16
1 de 4
26-AGO-14 12:23:01
Ribeiro do Cabeço das Flores
Cabeço Da Ponta
Ilhéu da Cal
Porto Santo
Vila Baleira
Casinhas
Google
Dados do mapa ©2015 Google Imagens ©2015 DigitalGlobe, Landsat, SRES DRIGOT
Termos de Utilização

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O solo providencia serviços do ecossitema cruciais para a vida e para o bem estar humano. Contudo, a sua degradação por erosão tem sido um problema constante ao longo da História, erosão essa cada vez mais acelerada pelo impacto das actividades humanas.

Na ilha de Porto Santo, os solos têm sido muito afectados pela erosão hídrica, não só devido à grande intensidade das precipitações, bem como ao regime torrecial dos seus cursos de água, sobretudo durante os meses de Inverno e à da escassez de coberto vegetal, já anterior à sua colonização, graças a um clima semi-árido, e à própria natureza dos solos, de fácil desagregação, mas também devido ao impacto humano que veio acelerar o fenómeno, devido a más práticas agrícolas, sobre-pastoreio e desflorestação para obtenção de energia e materiais de construção.

Apesar de intervenções anteriores, foi em 1952, com a criação da Circunscrição Florestal da Madeira, que maior atenção foi dada a este problema, tendo-se aí iniciado um grande número de obras de correcção torrencial e reflorestação ao longo de várias décadas, selecionando os materiais, obras e espécies vegetais melhor adaptados ao clima, topografia e geologia da ilha. A reflorestação dos picos da ilha e, de um modo geral, todo o recobrimento vegetal, constitui o melhor método de controlo da erosão laminar, pois o coberto vegetal protege o solo do impacto das gotas da chuva e aumenta a taxa de infiltração, diminuindo a escorrência superficial. Contudo, apesar da maioria dos picos da ilha onde a erosão é mais marcada se encontrar nos dias de hoje já arborizada, há ainda outros, como sejam o Cabeço das Flores, o Cabeço do Dragoal, o Cabeço do Zimbralinho, o Pico Espigão, as vertentes Noroeste e Nordeste do Pico da Ana Ferreira e a Portela, que, por apresentarem um grau de erosão moderado a elevado, observável pelos barrancos nas suas vertentes e pela deposição de sedimentos na sua base, além de localizados em áreas de vulnerabilidade, devem ser sujeitos ao repovoamento florestal ou continuação do mesmo, devendo-se para isso atribuir aos serviços encarregados da reflorestação os meios técnicos e económicos necessários. As barragens de correcção torrencial bem como as restantes

construções e plantações a elas associadas constituem o método de correcção da erosão em ravina maioritariamente utilizado na ilha, existindo actualmente mais de duzentas barragens e muretes. No entanto, segundo um estudo efectuado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (1982), as barragens nem sempre foram construídas nos locais onde foram inicialmente projectadas. Além disso, o número de barragens previstas nos projectos de correcção torrencial dos ribeiros não corresponde ao número de barragens efectivamente construídas, estando este último sempre em inferioridade. Isto, além de dificultar o cumprimento do objectivo para que as obras foram construídas, agravando o problema da erosão, não permite uma perfeita análise dos efeitos de correcção e controlo que as obras vieram a permitir, sendo os estudos sobre a sua eficiência mais dificultados. Contudo, das barragens analisadas neste trabalho, embora a maioria se apresente actualmente ainda em bom estado de conservação, existem outras já marcadas pelo factor tempo, apresentando algum grau de degradação. Para que a função das mesmas continue a realizar-se refere-se a extrema importância na recuperação das mesmas e na manutenção contínua de todas elas. Por outro lado, há ainda que salientar o exemplo do ribeiro da Vigia, que se apresenta como um grande conjunto de barrancos ao longo da área montanhosa da Portela, tendo o seu término na praia do Porto Santo, e o qual se encontra desprovido de qualquer trabalho de correcção torrencial, agravando os efeitos da erosão lá verificada e aumentando a vulnerabilidade do local. Tal como a reflorestação daquela área montanhosa, também a urgente construção de barragens de correcção torrencial é recomendada.

De forma a obter resultados mais conclusivos sobre os efeitos correctivos de todo este trabalho sugere-se futuramente uma avaliação rigorossa da produção de sedimentos provenientes dos ribeiros da ilha e de modo a verificar se as obras existentes contribuíram e contribuem actualmente de alguma forma para minimizar o problema solo, de tempos a tempos deveria ser efectuada uma análise aos solos da ilha, como a efectuada em 2003.

De referir que uma análise ao conteúdo em matéria orgânica dos solos do Porto Santo iria constituir parte do presente estudo, tendo sido recolhidas amostras de solo

para o efeito. No entanto, devido a problemas de laboratório, tal não foi possível durante o espaço de tempo atribuído ao desenvolvimento do trabalho. Por outro lado, a ausência de uma análise prévia ao período de execução das obras também não iria permitir tirar conclusões quanto ao efeito que as medidas de conservação iriam ter no conteúdo em matéria orgânica dos solos da ilha, por não ser possível uma comparação entre a época anterior e a época posterior à execução dessas medidas.

Importa também mencionar que, apesar de uma recolha minuciosa de informação relativa às práticas que levaram à degradação dos solos da ilha de Porto Santo ter sido um objectivo do presente estudo, fundamentalmente incorporando cartografia de uso do solo na mesma, uma vez que as actividades agrícolas e as práticas culturais estão ligadas à erodibilidade dos solos, podendo em muito explicar a origem e o modo como os solos foram sendo erodidos ao longo dos séculos, tal informação não foi possível de encontrar durante o decorrer do trabalho. Uma pesquisa mais aprofundada é um objectivo futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C., FREITAS, MC., TABORDAR, R., PRADA, S. – **Plano de urbanização da frente mar Campo de Baixo – Ponta da Calheta. Porto Santo. 1ª Fase. Caracterização e diagnóstico. Anexo 8 – Geologia e geomorfologia costeira, dinâmica costeira, hidrogeologia**. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2008.

BANWART, S. - Save our soils. **Nature**. Vol. 474 (2011), p. 151-152.

BERNARDINO, S., LOURENÇO, L. - Obras de correcção torrencial no controlo de situações de erosão hídrica em Portugal. Exemplos da bacia hidrográfica do rio Pranto (Baixo Mondego). **Territorium**. ISBN 0872-8941. nº 20 (2013), 115-132.

BLUM, W. - Basic concepts: degradation, resilience and rehabilitation. In LAL, R., BLUM, WH., VALENTINE, C., STEWART, BA. - **Methods for assessment of soil degradation**. EUA: CRC Press LLC, 1998. ISBN 0-8493-7443-X. p. 2.

BONE, J., HEAD, H., BARRACLOUGH, D., ARCHER, M., SCHEIB, C., FLIGHT, D., VOULVOULIS, N. - Soil quality assessment under emerging regulatory requirements. **Environment International**. ISSN 0160-4120. nº 6, vol. 36 (2010), p. 609-622.

BOSCO, C., DE RIGO, D., DEWITTE, O., POESEN, J., PANAGOS, P. - Modelling soil erosion at European scale: towards harmonization and reproducibility. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**. ISSN 1684-9981. nº 2, vol. 15 (2015), p. 225-245.

CACHÃO, M., RODRIGUES, DMM., DA SILVA, CM., MATA, J. - Biostratigrafia (Nanofósseis calcários) e interpretação paleoambiental do Neogénico de Porto Santo (Madeira) (dados preliminares). Actas V Congresso Nacional de Geologia, Lisboa. **Comunic. Inst. Geol. Min.**. ISSN 0873-948X. nº 1, vol. 84 (1998), p. A185-A188.

CACHÃO, M., RODRIGUES, D., DA SILVA, CM. - Geological Evolution and Paleoenvironments of Madeira and Porto Santo islands. I Symposium on Island Ecosystems Conservation and Molecular Approach, Madeira Island, March 2001. **Geology**. ISBN 972-989 45 07. (2003), p. 183-188.

CAMPOS ANDRADA, E. - **80 anos de actividade na correcção torrencial: Hidráulica florestal (1901-1980)**. Lisboa: Ministério da Agricultura, Comércio e Pescas, Direcção-Geral das Florestas, 1982.

CAMPOS ANDRADA, E. - **Repovoamento florestal no Arquipélago da Madeira (1952 - 1975).** Lisboa: Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, Direcção-Geral das Florestas, 1982.

CARVALHO, NO., JÚNIOR, NPF., DOS SANTOS, PMC., LIMA, JEFW. - **Reservoir sedimentation assessment guideline**. Brasilia: ANEEL/SIH, 2000.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. **Communication of 16 April 2002 from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Towards a Thematic Strategy for Soil Protection** [COM (2002) 179 final].

CONNECTICUT COUNCIL ON SOIL AND WATER CONSERVATION - **2002 Connecticut guidelines for soil erosion and sediment contro**l. Connecticut: Connecticut Department of Environmental Protection, 2001. ISBM 0-942085-10-8

DIRECÇÃO GERAL DOS SERVIÇOS FLORESTAIS E AQUÍCOLAS - Sua acção no Porto Santo. Secretaria de Estado da Agricultura, Funchal, 1960.

DIRECÇÃO REGIONAL DE FLORESTAS E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA. Gestão Florestal. **Florestação – Introdução**. Funchal : Secretaria Regional do Ambiente e dos Recursos Naturais. [Consult. 02 Jul. 2015] Disponível em WWW:<URL: http://www.sra.pt/DRF/index.php?option=com_content&view=article&id=68:florestacao-e-recursos-naturais-florestacao-introducao&catid=44:florestacao&Itemid=97>

DORAN, JW. - Soil health and global sustainability: translating science into practice. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. vol. 88 (2002), p. 119-127.

DORREN, L., BAZZOFFI, P., SÁNCHEZ DÍAZ, J., ARNOLDUSSEN, A., BARBERIS, R., BERÉNYI ÜVEGES, J., BÖKEN, H., CASTILLO SÁNCHEZ, V., DÜWEL, O., IMESON, A., MOLLENHAUER, K., DELAROSA, D., PRASUHN, V., THEOCHAROPOULOS, SP. – Soil Erosion. Task Group 3 on Impacts of Soil Erosion. In: VAN CAMP, L., BUJARRAL, B., GENTILE, A., JONES, RJA., MONTANARELLA, L., OLAZABAL, C., SELVARADJOU, SK. – **Reports of the Technical Working Groups established under the Thematic Strategy for Soil Protection. Volume II Erosion**. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities, 2004. p. 72-73.

DRUMOND, Ana Marisa Silva - **Estratégias de planeamento urbano para o Porto Santo**. Lisboa: Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, 2009. 174 p. Dissertação de mestrado.

FAO SOILS PORTAL. **Soil degradation**. Roma : FAO. [Consult. 20 Out. 2014] Disponível em WWW:<URL:http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/en/>

FAO LAND AND WATER BULLETIN 2 - **Planning for sustainable use of land resources: Towards a new approach**. Roma: Land and Water Development Division, 1995. ISBN 92-5-103724-8.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - **Climate-Smart Agriculture. Sourcebook**. Roma: FAO, 2013. ISBN 978-92-5-107721-4.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - **Adapting to climate change through land and water management in Eastern Africa. Results of pilot projects in Ethiopia, Kenya and Tanzania**. Roma: FAO, 2014. ISBN 978-92-5-108355-0.

FERNANDES, F., BERNARDINO, S., LOURENÇO, L. – Erosão dos solos e medidas de recuperação anteriores aos grandes incêndios florestais, na área confinante das bacias hidrográficas dos rios Lis, Arunca e Pranto. In GONÇALVES, A.B., VIEIRA, A. – **Grandes incêndios florestais, erosão, degradação e medidas de recuperação dos solos**. Minho: NIGP/RISCOS/CEGOT, 2013. ISBN 978-989-97214-2-5. p. 237-254

FERNANDES, S., LOURENÇO, L. - A importância das obras de correcção torrencial no controlo da erosão hídrica. Exemplos da bacia hidrográfica do rio Lis. **Cadernos de Geografia**. nº 32 (2013), 15-27.

FERREIRA, MP. - **Evolução geocronológica e paleomagnética das ilhas do Arquipélago da Madeira - uma síntese**. Coimbra: Museu do Laboratório de Mineralogia e Geologia da Universidade Coimbra. vol: 99 (1985), p. 213-218.

FLORESTAR – SUSTENTABILIDADE DA FLORESTA - **Guia Prático de Intervenção em Áreas Florestais Sensíveis aos Riscos - Risco de Incêndio / Erosão / Fitossanitário**. Chaves: Gabinete de Gestão IC-EQUAL, 2007.

GALLO, M. – Algumas considerações sobre erosão e correcção torrencial. Um novo tipo de barragens para correcção torrencial. Comunicação apresentada no Congresso Luso-Espanhol para o progresso das ciências. Portugal, 1942, p. 56.

Apud GALLO, Mário - *Resenha dos trabalhos de correcção torrencial realizados em Portugal*. Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas, 1960, p. 13.

Heinrich Böll Foundation - **Soil Atlas: Facts and figures about earth, land and fields**. Berlim: Heinrich Böll Foundation, Institute for Advanced Sustainability Studies, 2015.

IMESON, A. - General introduction to land degradation and desertification. LUCINDA, Land care in desertification affected areas: from science towards application. série A, nº 1. **(2008)**

IMESON, A., ARNOLDUSSEN, A., DE LA ROSA, D., MONTANARALLA, L., DORREN, L., CURFS, M., ARNALDS, O., VAN ASSELEN, S. - **Soil Conservation and Protection in Europe: The way ahead**. Publication European Union, 2011. ISBN 978-7-5492-0352-9.

IMESON, A., CURFS, M. – Soil erosion. LUCINDA, Land care in desertification affected areas: from science towards application. série B, nº 1. **(2008)**

Apud INAG – *Plano de bacia hidrográfica do rio Mondego. Síntese da análise e diagnóstico da situação actual*. Vol. I. Lisboa: Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, INAG, 2002, 203 p.

JAIN, MK., MISHRA, SK., SHAH, RB. - Estimation of sediment yield and areas vulnerable to soil erosion and deposition in a Himalayan watershed using GIS. **Current Science**. nº 2, vol. 98 (2010), p. 213-221.

KOSMAS, C., KIRKBY, M., GEESON, N. - **The Medalus project: Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification**. Bruxelas: European Commission, 1999. ISBN 92-828-6349-2.

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL – **Estudo da erosão do solo na ilha do Porto Santo – Relatório**. Lisboa: Ministério da Habitação e Obras Públicas, 1982.

LAL, R. - Degradation and resilience of soils. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**. ISSN 1471-2970. nº 1356, vol. 352 (1997), p. 997-1010.

LAL, R. - Soil Erosion Impact on Agronomic Productivity and Environment Quality. **Critical Reviews in Plant Sciences**. ISSN 0735-2689. nº 4, vol. 17 (1998), p. 319-464.

LAL, R. - Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. **Food Security**. ISSN 1876-4525. nº 1, vol. 1 (2009), p. 45-57.

LEMONNIER, P. - O Solo. In IMPRENSA NACIONAL - CASA DA MOEDA - **Enciclopédia Einaudi, V.08: Região**. Lisboa: Imprensa Nacional Mi, 1986. ISBN 9789722700870. P. 59-96.

Apud LOBO FERREIRA, João, VEIGA DA CUNHA, Luís - *Estudo da Erosão do Solo da Ilha do Porto Santo*. Proc. 62/1/6449, LREC, 1982.

Apud MCCRACKEN, Ralph. - *Soils, soil scientists, and civilization*. Soil Sci. Soc. Am. J. vol. 51 (1987), p. 395-1400.

MENESES, Bruno Miguel do Carmo Santana - **Erosão Hídrica de Solos: Caso de Estudo do Concelho de Tarouca**. Lisboa : Universidade Nova de Lisboa, 2011. 117 p. Dissertação de mestrado.

MOREIRA, Helena Maria Gomes. – **Caracterização físico-química e microbiológica de solos e águas da ilha de Porto Santo**. Aveiro : Universidade de Aveiro, 2006. 133 p. Dissertação de mestrado.

Apud MOTA, José Luís das Neves - *Relatório de tirocínio do curso de regente agrícola*. Escola de Regentes Agrícolas de Santarém. 1973, 58 p.

MOTA, M., BRAASCH, H., BRAVO, M., PENAS, A., BURGERMEISTER, W., METGE, K., SOUSA, E. (1999) First report of *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and in Europe. **Nematology**. nº 7-8, vol. 1 (1999), p. 727-734.

OLDEMAN, LR. - **Guidelines for general assessment of the status of human-induced soil degradation**. Wageningen: ISRIC - World Soil Information, 1988.

OLSON, GW. - Archeology: Lessons on future soil use. **Journal of Soil and Water Conservation.** nº 5, vol. 36 (1981), p. 261-264.

OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - **Environmental Indicators for Agriculture: Methods and Results, Volume 3**. França: OECD, 2001.

PEREIRA, E. - **Ilhas de Zargo.** Volume I, 4ª Edição. Funchal: Câmara Municipal do Funchal, 1989.

PESTANA, GRA. - **Porto Santo - Caracterização / Equipamentos colectivos no concelho**. Funchal: Secretaria Regional do Plano, Direcção Regional do Planeamento, 1987.

PLANO REGIONAL DA ÁGUA DA MADEIRA: Relatório Técnico. Madeira, 2003.

Apud REBELO, Fernando - *Introdução ao estudo dos processos erosivos atuais na região litoral do Norte e Centro de Portugal*. Sep. de: Revista Universidade de Coimbra. vol. XXIX (1981), p. 195-248.

ROXO, Maria José. - **A acção antrópica na degradação de solos. A Serra de Serpa e de Mértola**. Lisboa : Universidade Nova de Lisboa, 1994. 312 p. Tese de Doutoramento.

ROXO, MJ., MOURÃO, JM., CASIMIRO, PC. - Políticas agrícolas, mudanças de uso do solo e degradação dos recursos naturais – Baixo Alentejo Interior. **Mediterrâneo**. nº 12-13 (1998), p. 167-190.

SILVA, JBP. - **Areia de praia da ilha do Porto Santo: geologia, génese, dinâmica e propriedades justificativas do seu interesse medicinal**. 1ª Edição. Madeira Rochas - Divulgações Científicas e Culturais, 2003. ISBN 972-99004-0-X.

Apud SILVA DELGADO, Pedro Paulo R., CAMPOS ANDRADA, Eduardo. - *Os aspectos da erosão e a necessidade de defesa e conservação do solo, condições topográficas, meteorológicas e edáficas, regime agro-pecuário*. In SILVA DELGADO, PPR., CAMPOS ANDRADA, E. - Projecto de correcção da Ribeira de João Lopes, no Pico do Castelo (Porto Santo), abrangendo a defesa do solo das encostas. Funchal: 1953.

SILVA, Paulo Gomes, VALENTE, Ana Virgínia - **A evolução da paisagem na ilha do Porto Santo**. Lisboa : Universidade Técnica de Lisboa, 1986. Trabalho da cadeira de Evolução da Paisagem.

SOIL EROSION SITE. About soil erosion. What is soil erosion?. Reino Unido : David Favis Mortlock. [Consult. 03 Jul. 2015] Disponível em WWW:<URL: http://soilerosion.net/>

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA - Why is Soil Important? [Consult. 03 Jul. 2015] Disponível em WWW:<URL: http://www.envirothon.org/pdf/CG/Why_Soil_is_Important.pdf>

TURNER, BL., CLARK, WC., KATES, RW., RICHARDS, JF., MATTHEWS, JT., MEYER, WB. - **The Earth as Transformed by Human Action**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. ISBN 0-521-36357-8

WASSON, R. - Detection and measurement of land degradation processes. In CHISHOLM, A., DUMSDAY, R. - **Land Degradation - Problems and policies, Cap. I.3., Physical and biological aspects of land degradation**. Nova York: Cambridge University Press, 1987. ISBN 978-0-521-12323-5. p. 49.

ZACHAR, D. – **Soil erosion: Developments in soil science 10**. Bratislava: Elsevier, 1982. ISBN 0-444-99725-3

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Barragem para correcção torrencial localizada no ribeiro do Tanque, no Dragoal

FIGURA 2 – Esquema síntese da estrutura da dissertação

FIGURA 3 – Atlas ilustrativo da qualidade do solo a nível mundial

FIGURA 4 – Taxa de erosão hídrica média a nível europeu, em 2006

FIGURA 5 – Tipos de erosão hídrica

FIGURA 6 – Mapa ilustrativo da erosividade a nível europeu

FIGURA 7 – Canalete para condução das águas

FIGURA 8 – Reflorestação dos aterros atingidos pelo processo de erosão hídrica

FIGURA 9a – Rearborização do ribeiro dos Marrazes, afluente do rio Lis, acabando por extinguir totalmente o seu regime torrencial

FIGURA 9b – Outro aspecto do ribeiro dos Marrazes totalmente fixado pela vegetação

FIGURA 10 – Barragem de alvenaria construída no ribeiro dos Picotos II, afluente do rio Pranto, em 1968

FIGURA 11 – Barragem de lajes ancoradas

FIGURA 12 – Barragens de lajes escoradas

FIGURA 13 – Último modelo de barragem de lajes escoradas utilizado

FIGURA 14a – Constituintes principais de uma barragem de correcção torrencial

FIGURA 14b – pormenor de barragem e contra-barragem de correcção torrencial

FIGURA 15 – Localização geográfica da ilha de Porto Santo, arquipélago da Madeira no Atlântico Central

FIGURA 16 –Extracto da Carta Geológica da Ilha do Porto Santo

FIGURA 17 – Extrato da Carta Hipsométrica do Arquipélago da Madeira com destaque para a ilha de Porto Santo (Escala 1:50 000)

FIGURA 18 – Localização e cotas dos relevos mais importantes da Ilha do Porto Santo

FIGURA 19 – Extrato da Carta Militar do Arquipélago da Madeira mostrando, entre outros, a hidrografia da ilha de Porto Santo

FIGURA 20a – Lavas basálticas de forma colunar típica postas a descoberto pela acção combinada da erosão eólica e pluvial no Pico da Ana Ferreira

FIGURA 20b – Pormenor do mesmo aspecto, visto de outro ângulo

FIGURA 21 – Aspecto característico de erosão superficial que foi arrastando para o sopé do cabeço a terra arável das elevações, sendo depois esses depósitos coluviais rasgados pelas águas de escorrência que a encosta já não sustém, no Ribeiro da Volta do Serrado

FIGURA 22a – A correcção das ravinas da Ribeira de João Lopes teve início com a construção de barragens e muretes de alvenaria

FIGURA 22b – O fenómeno erosivo já parcialmente corrigido por essas barragens

FIGURA 22c – Barragem de alvenaria do tipo mas comum (12 metros de altura)

FIGURA 22d – Barragem de lajes escoradas

FIGURA 23a – Sulcos profundos na encosta do Pico do Castelo, cavados pelas águas

FIGURA 23b – Um aspecto da erosão nas encostas do Pico do Castelo

FIGURA 24 – Plantação de árvores em valas abertas de acordo com as curvas de nível

FIGURA 25a – Encosta Sul do Pico do Castelo, de encontro ao ribeiro do Dragoal, evidenciando diversas barragens de alvenaria

FIGURA 25b – Encosta Sudeste do Pico do Castelo, evidenciando uma pequena linha de água com uma barragem de alvenaria

FIGURA 26 – Trabalhos de correcção torrencial no Ribeiro das Canas

FIGURA 27 – Barragens de alvenaria e de betão para correcção torrencial do Ribeiro Cochino

FIGURA 28 – Barragem de alvenaria para correcção torrencial do Ribeiro Salgado

FIGURA 29a – Barragem de betão para correcção torrencial do ribeiro das Marinhas

FIGURA 29b – Margem esquerda do ribeiro das Marinhas, envolvido por vegetação

FIGURA 30 – Trabalhos de correcção torrencial do ribeiro do Tanque, na Camacha

FIGURA 31 – Barragens de betão para correcção torrencial do ribeiro da Água

FIGURA 32 – Barragens de alvenaria para correcção torrencial do ribeiro da Terra do Costa

FIGURA 33 – Arborização na encosta Oeste do Pico da Ana Ferreira

FIGURA 34a – Trabalhos de correcção torrencial ao longo do ribeiro localizado a Norte do ribeiro da Água (nome desconhecido), nos Morenos: pormenor da arborização do leito do ribeiro

FIGURA 34b – Pormenor de uma barragem de betão

FIGURA 34c – Pormenor de uma barragem de alvenaria

FIGURA 35 – Parque de merendas dos Morenos, Porto Santo

FIGURA 36 – Aspectos da erosão hídrica formando diversos barrancos no ribeiro da Vigia, na Portela

FIGURA 37a – Encosta Este do Cabeço do Zimbralinho evidenciando ravinas formadas por erosão hídrica

FIGURA 37b – Encosta Este do Cabeço do Zimbralinho evidenciando deslizamento de terras provocadas pela erosão

FIGURA 38a – Aspectos que sucessivamente foi tomando a vertente Sul do Pico do Castelo em 1951,

FIGURA 38b – Aspectos que sucessivamente foi tomando a vertente Sul do Pico do Castelo 1956

FIGURA 38c – Aspectos que sucessivamente foi tomando a vertente Sul do Pico do Castelo em 1971

FIGURA 38d – Aspectos que sucessivamente foi tomando a vertente Sul do Pico do Castelo em 2014

FIGURA 39a – Trabalhos de correcção torrencial na encosta Sul do Pico do Castelo, Dragoal em 1975

FIGURA 39bc – Trabalhos de correcção torrencial na encosta Sul do Pico do Castelo, Dragoal em 2014

FIGURA 40a – Subdivisão do descarregador duma pequena barragem de betão para que funcione como "partidouro de águas" de acordo com os direitos dos utentes, no Ribeiro do Cabeço das Flores, Sítio da Ponta na altura em que terá sido construída

FIGURA 40b – Subdivisão do descarregador duma pequena barragem de betão para que funcione como "partidouro de águas" de acordo com os direitos dos utentes, no Ribeiro do Cabeço das Flores, Sítio da Ponta, em 2014

FIGURA 40c – Área envolvente da mesma à direita, em 2014.

FIGURA 41a – Barragens de betão e alvenaria edificadas para correcção do ribeiro da Terra Branca em 1974

FIGURA 41b – Barragens de betão e alvenaria edificadas para correcção do ribeiro da Terra Branca em 2014

FIGURA 42a – Barragem de alvenaria, em primeiro plano, servindo de suporte das barragens de lajes escoradas construídas a montante, no ribeiro do Lombo em 1965

FIGURA 42b – Barragem de lajes escoradas em 2014

FIGURA 43a – Flagrante contraste entre a encosta Norte do Pico do Castelo, já arborizada, e a encosta Oeste do Pico do Facho revelando ainda os efeitos desastrosos da erosão do solo, em 1970

FIGURA 43b – A mesma perspectiva das encostas de ambos os picos, agora com a segunda também já arborizada, em 2014

FIGURA 44 – Painéis informativos sobre os trabalhos de reflorestação dos picos do Castelo, Concelho, Facho, Juliana e Gandaia para, entre outros objectivos, minimização do processo de degradação do solo/desertificação

FIGURA 45a – Aspecto característico de erosão superficial que foi arrastando para a base do relevo a terra arável das elevações, sendo depois esses depósitos coluviais rasgados pelas águas de escorrência que a vertente já não sustém, no ribeiro do Lombo, em 1975

FIGURA 45b – A mesma perspectiva do ribeiro, agora com correcção torrencial, em 2014

FIGURA 46a – Lavas basálticas, de forma colunar típica, postas a descoberto pela acção combinada da erosão eólica e hídrica no Pico da Ana Ferreira, algures entre as décadas de 50 e 80

FIGURA 46b – Lavas basálticas, de forma colunar típica, postas a descoberto pela acção combinada da erosão eólica e hídrica no Pico da Ana Ferreira em 2014

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Valores médios mensais e anuais de precipitação (mm) registados para o período 1961-1990

QUADRO 2 – Resumo dos projectos dos trabalhos de correcção torrencial, sua quantidade e localização, efectuados nos vários cursos de água da ilha de Porto Santo

QUADRO 3 – Cursos de água submetidos a correcção torrencial, ano de aprovação de cada projecto e o número de barragens previstas e executadas em cada um

ANEXOS

Anexo I: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro do Cabeço das Flores

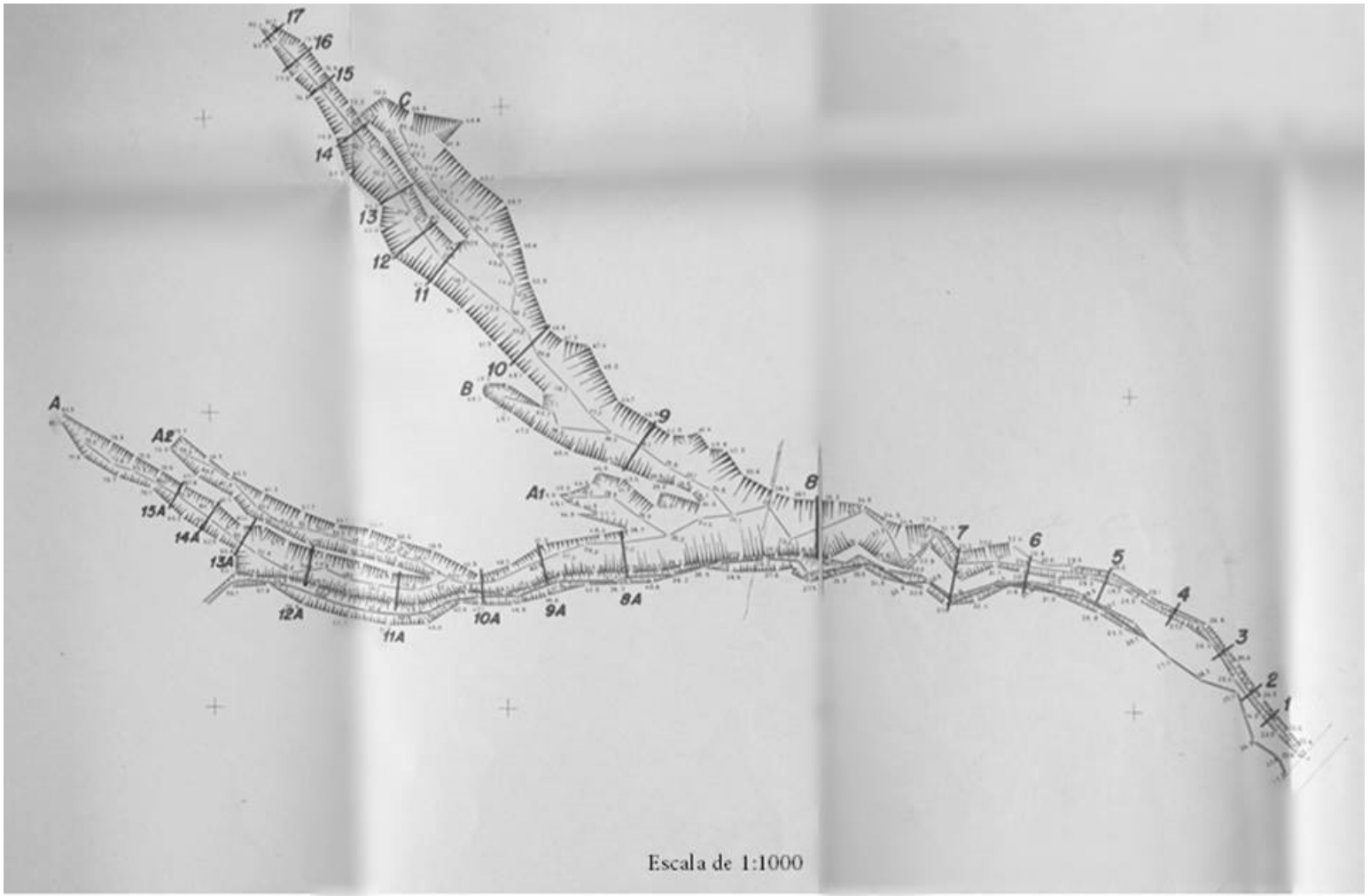
A precipitação intensa que ocorre pontualmente na ilha de Porto Santo, além de provocar uma erosão progressiva e sistemática do solo, leva também ao aprofundamento e alargamento de ravinas que se vão formando nas vertentes.

Assim, o ribeiro do Cabeço das Flores corresponde a uma ravina desenvolvida na vertente Este do Cabeço do Zimbralinho, elevação localizada próximo da ponta Sul da ilha. O ramo principal deste ribeiro apresenta 454 metros de comprimento, no qual, ao desnível de 58,9 metros corresponde um declive médio de 12,97%. O declive médio é ainda maior, com 17,25%, no seu afluente A, uma vez que em 240 metros encontra-se um desnível de 41.1 metros.

A correcção torrencial deste ribeiro envolveu a construção de 5 barragens de alvenaria e de 12 barragens de lajes no ramo principal, e de 8 barragens de lajes no afluente A. Por estabilização do talvegue, as barragens permitiram depois que os aterros que surgiram nesse talvegue e que os taludes laterais da ravina fossem arborizados. A localização e dimensão das barragens foram projectadas de modo a que o talvegue atingisse o perfil de equilíbrio.

Todas as barragens construídas foram aterradas a montante, visto terem sido calculadas somente para servir de suporte à impulsão da terra, a qual é inferior à da água. Os descarregadores foram projectados para dar vazão a 30 milímetros de precipitação máxima por hora.

Anexo II: Planta do Ribeiro do Cabeço das Flores, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial

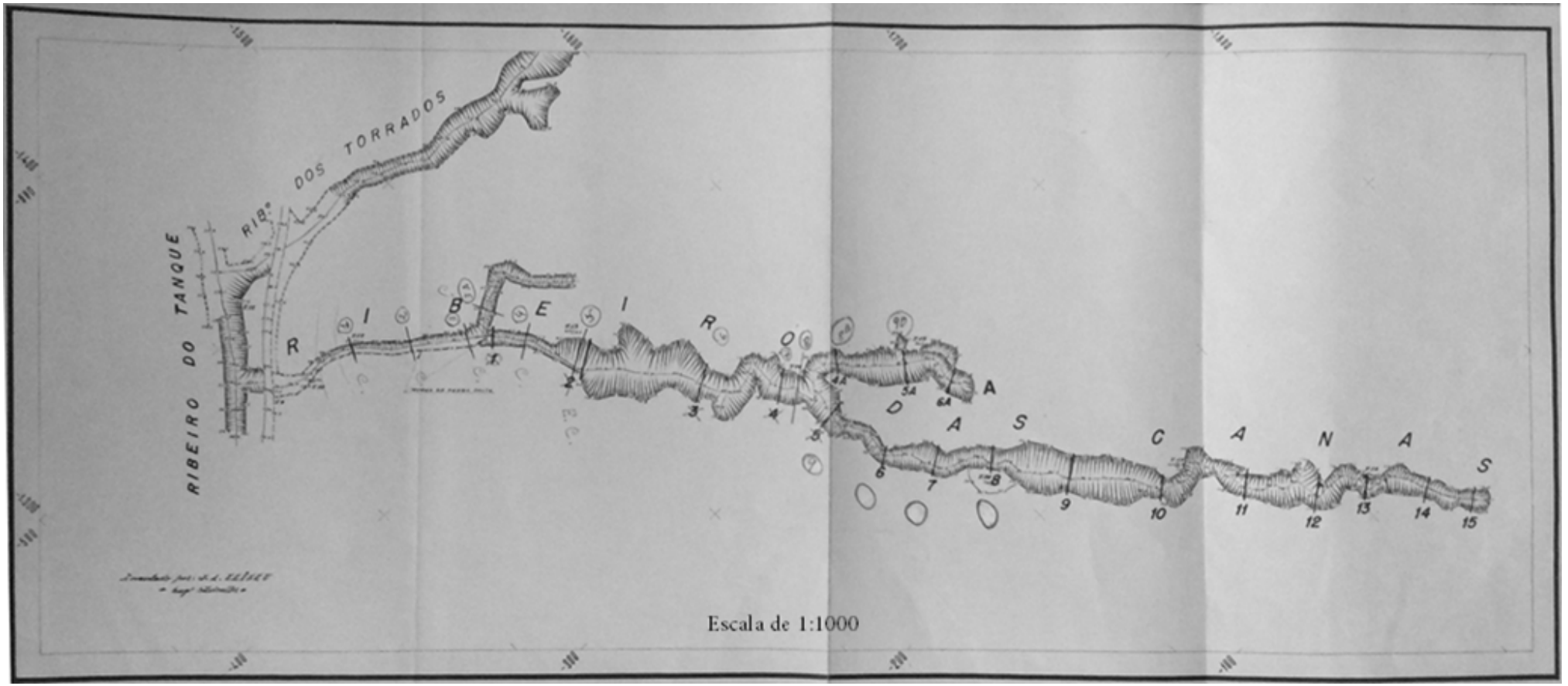


Anexo III: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro das Canas

O ribeiro das Canas, localizado na encosta Oeste do Pico do Castelo, apresenta 614 metros de comprimento e um declive médio de 12,1%. É um afluente do ribeiro do Tanque, confluindo com este a cerca de 45 metros a montante da barragem de terra mandada construir neste ribeiro pela antiga Junta Geral do Distrito. A barragem foi construída com o objectivo de armazenar o maior volume possível de água de escorrência superficial na época das chuvas, visando a diminuição da falta de água verificada na ilha. No entanto, a erosão manifestada nos afluentes do ribeiro do Tanque levou à diminuição da capacidade de armazenamento da barragem. Para evitar tal ocorrência, foram efectuadas obras de correcção torrencial nos afluentes do ribeiro do Tanque, a montante da albufeira.

O ribeiro das Canas, submetido ao Regime Florestal pelo Decreto de 4 de Julho de 1963, foi sujeito a uma série de obras com o fim de se obter a estabilização do talvegue e dos taludes laterais, eliminando o transporte sólido verificado. O sector terminal deste ribeiro era então utilizado como caminho, tendo a primeira barragem, de alvenaria e com uma altura de 3 metros, de ser localizar a 102 metros da confluência. No entanto, a correcção do ribeiro para montante deste ponto iria provocar o aumento do transporte sólido e o consequente aumento do poder erosivo da água. Assim, esse caminho foi submetido a um calcetamento com 43 metros de extensão, impedindo a escavação do mesmo, o que iria pôr em risco a estabilidade das obras a montante. Para além desta barragem, foram ainda construídas 14 barragens de lajes no ribeiro principal e 3 no afluente A, todas elas com a soleira montada à mesma cota do descarregador da barragem imediatamente a jusante, devido às reduzidas dimensões dos materiais arrastados, que reduzem o perfil de equilíbrio a um declive tal, correspondente ao perfil de nível. Os descarregadores foram projectados para dar vazão a 30 milímetros de precipitação máxima por hora, supondo-se uma infiltração nula.

Anexo IV: Planta do Ribeiro das Canas, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial

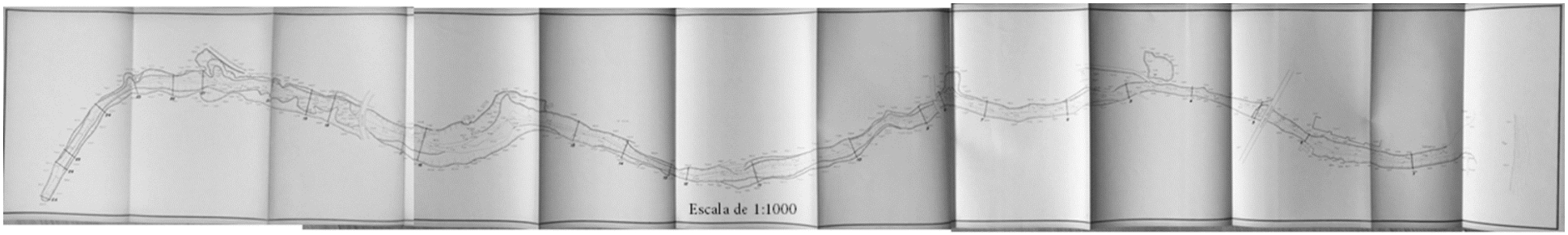


Anexo V: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro Cochino

O ribeiro Cochino apresenta uma bacia de recepção com 322 hectares, estendendo-se esta até às proximidades da costa Norte. Depois de atravessar a ilha na zona central, vai desaguar na costa Sul. Em meados do século XX, a bacia de recepção abrangia uma extensa área impermeabilizada, correspondente à área ocupada pelo aeroporto, cuja construção veio aumentar o fenómeno erosivo do ribeiro. A destruição do coberto vegetal total desse terreno levou a que as águas de escorrência fossem conduzidas rapidamente para a linha de água, provocando o alongamento da ravina que, na época atingia já cerca de dois mil metros. O alongamento só não foi maior graças ao declive do talvegue, o qual, praticamente uniforme em toda a sua extensão, possui um valor médio de 4%.

Deste modo, a correcção torrencial deste ribeiro incluiu a construção de 26 barragens de alvenaria e uma entrada de água no topo da ravina. As barragens, variando entre 1.40 e 4.20 metros de altura, permitiram que o talvegue atingisse o perfil de nível ao qual se reduz o perfil de equilíbrio, devido às pequenas dimensões dos materiais arrastados.

Anexo VI: Planta do Ribeiro Cochino, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial



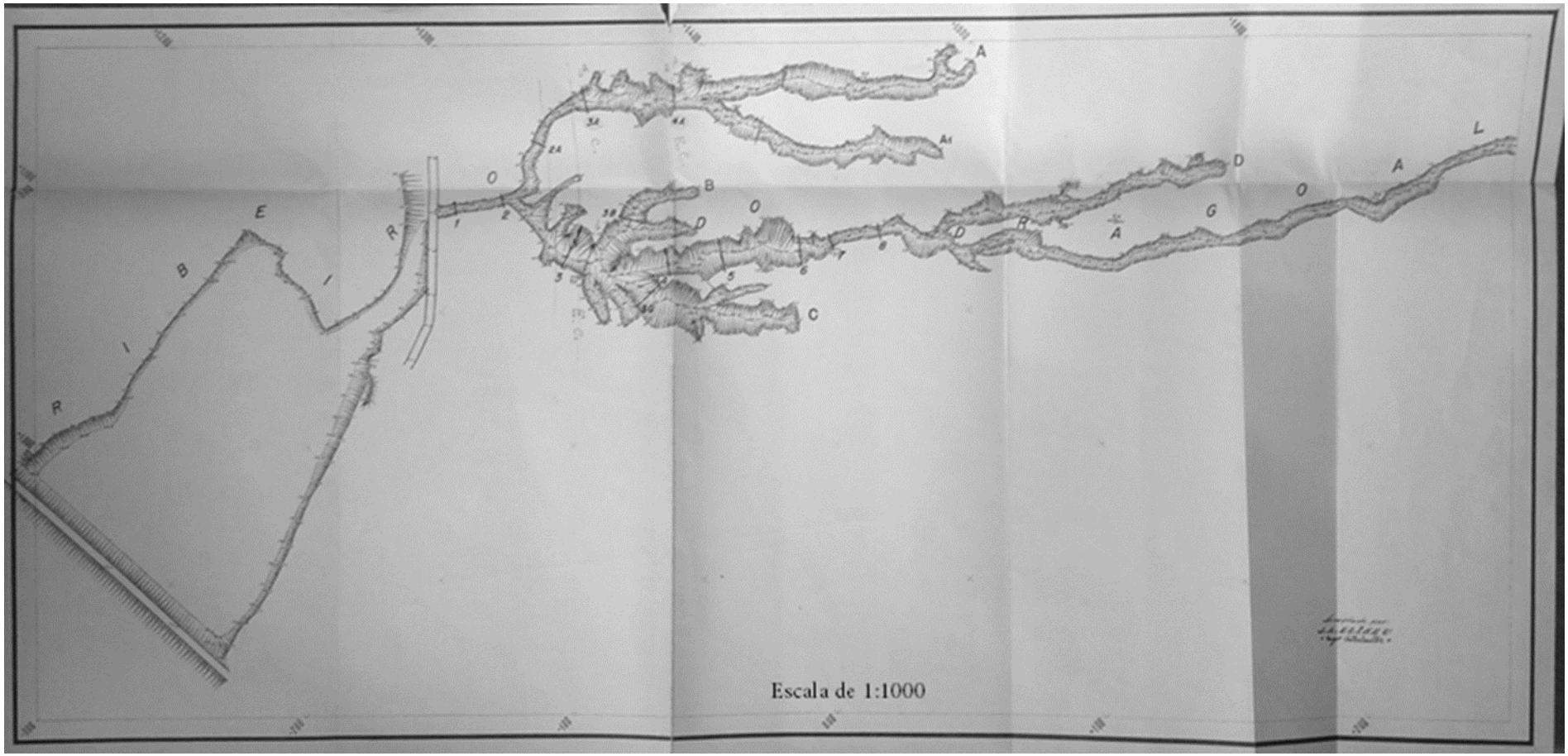
Anexo VII: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro do Dragoal

Uma das ravinas desenvolvida na encosta do Pico do Castelo, devido à actividade erosiva, originou o ribeiro do Dragoal, o qual só apresenta caudal líquido na época de chuvas. Tal como acontece com o ribeiro das Canas, também este aflui ao ribeiro do Tanque e, pelo mesmo motivo, também este foi submetido à correcção torrencial.

O ribeiro do Dragoal bifurca-se 40 metros a montante da sua zona terminal, onde passa em aqueduto sob o caminho da Vila do Porto Santo à Camacha, acabando por formar uma ravina ramificada. O seu declive é bastante acentuado, tendo a linha de água principal com 699 metros de desenvolvimento, um desnível de 81 metros entre a origem e a confluência, com 11,6% de declive médio.

Este ribeiro foi então submetido ao Regime Florestal pelo Decreto de 4 de Julho de 1961. Para a estabilização do talvegue foram construídas uma barragem de alvenaria, com a soleira à cota do fundo do aqueduto, e 7 barragens de lajes de betão armado. Foram ainda construídas 5 barragens de lajes nos seus afluentes. A localização e dimensão das barragens foram calculadas de modo a que o talvegue atingisse o perfil de nível, ao qual se reduz o perfil de equilíbrio, devido às pequenas dimensões dos materiais arrastados. As barragens foram aterradas a montante, pois foram projectadas para suportar a impulsão da terra, inferior à da água. Também as asas foram aterradas pelo lado de montante. Os descarregadores foram calculados para dar vazão a 30 milímetros de precipitação máxima por hora, considerando a infiltração nula. Foram também construídas algumas estacadas, de modo a proteger os taludes mais instáveis, sendo elas depois arborizadas, em conjunto com os aterros a montante das barragens, com a excepção da zona de alinhamento das bocas de forma a não impedir o livre escoamento das águas.

Anexo VIII: Planta do Ribeiro do Dragoal, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial

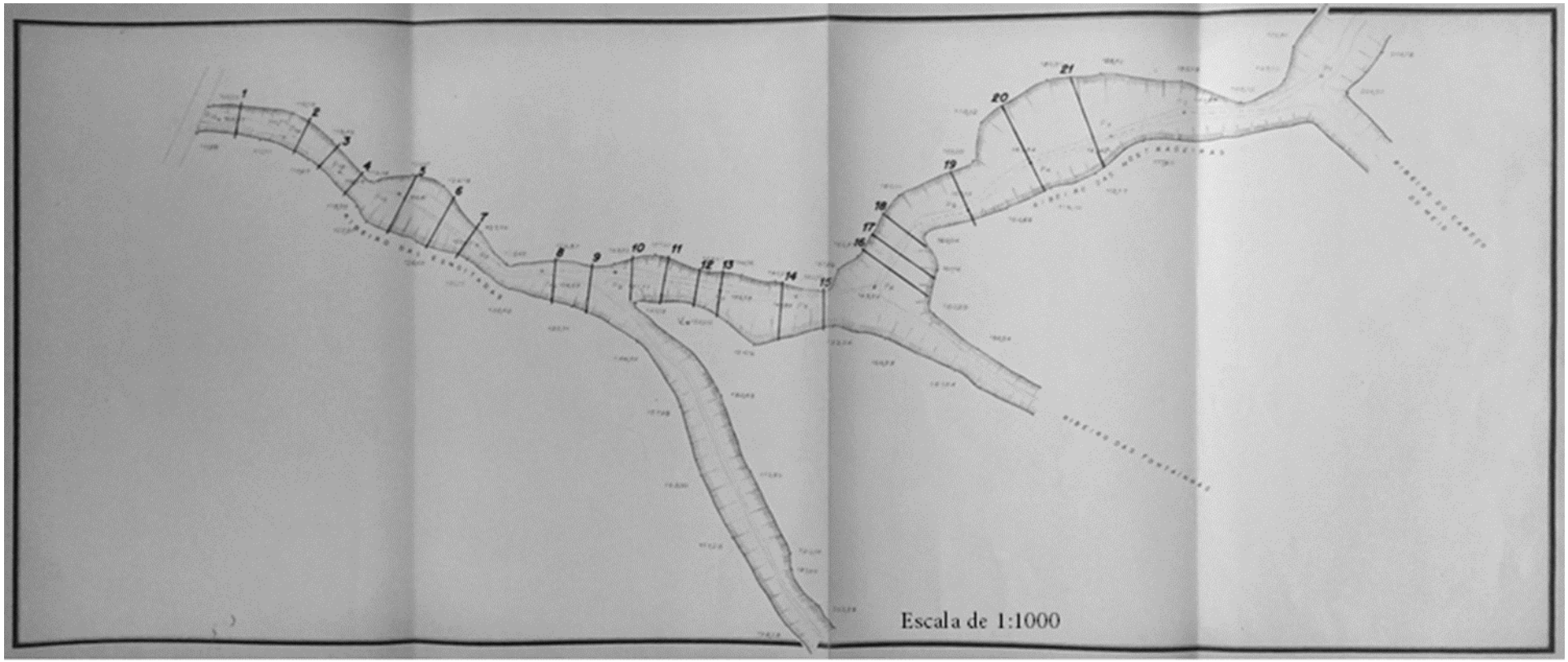


Anexo IX: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro das Esmoitadas

A erosão hídrica provocada pelas intensas chuvadas e gravada pela orografia e ausência de revestimento florestal na ilha levou ao aprofundamento do talvegue e consequente desmoronamento dos taludes laterais do ribeiro das Esmoitadas, localizado na vertente Norte do Pico do Castelo. O facto desta linha de água apresentar um declive acentuado, com um valor médio de 14,7%, facilita ainda mais o fenómeno.

Deste modo, submeteu-se o ribeiro à correcção torrencial a montante da estrada que o atravessa até uma zona onde os afloramentos rochosos garantiam uma estabilidade adequado ao talvegue. A correcção torrencial foi feita principalmente para prevenir que a deposição de materiais arrastados para jusante viesse provocar o corte da estrada. Para tal foram construídas 8 barragens de alvenaria e 13 barragens de lajes, que foram localizadas e dimensionadas de forma a levarem o talvegue ao perfil de nível ao qual se reduz o perfil de equilíbrio, devido às pequenas dimensões dos materiais arrastados. Todas as barragens foram aterradas a montante, pois apenas foram projectadas para suportar a impulsão da terra, inferior à da água. Os descarregadores foram calculados para dar vazão a 30 milímetros de precipitação máxima por hora.

Anexo X: Planta do Ribeiro das Esmoitadas, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial

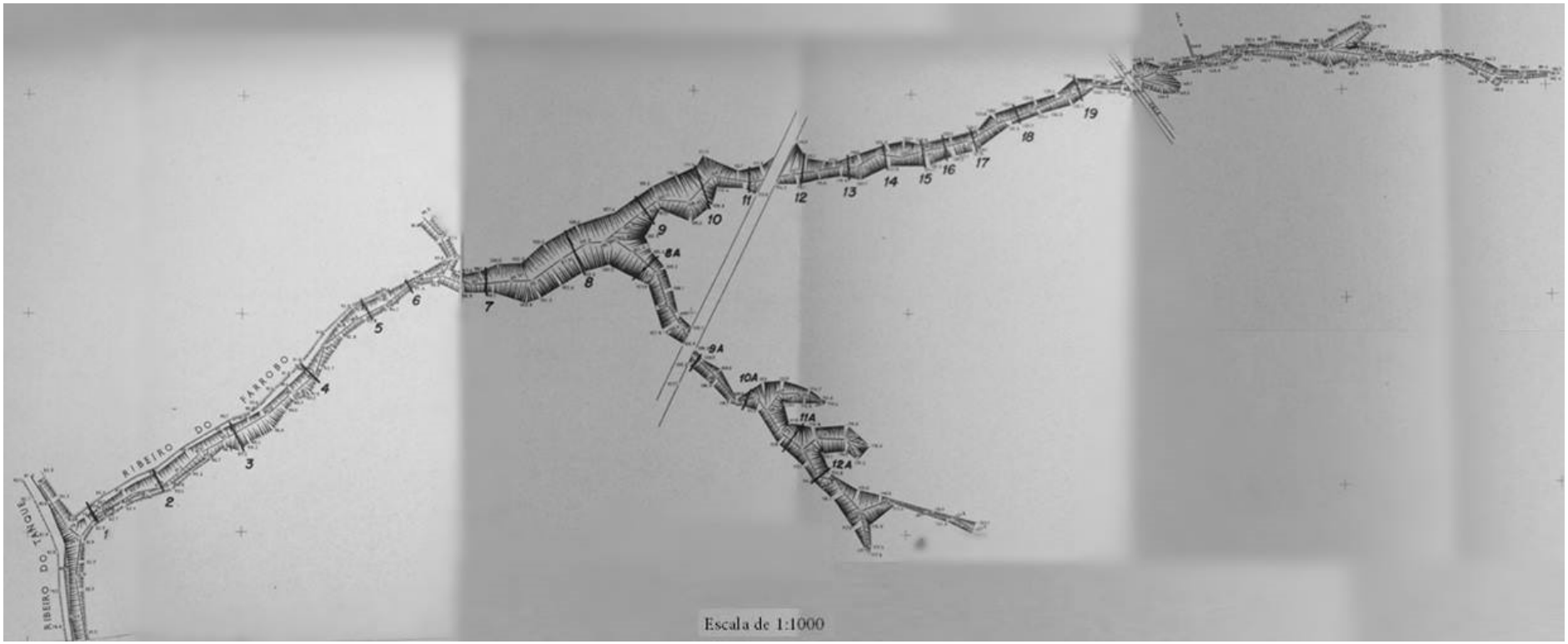


Anexo XI: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro do Farrobo

O ribeiro do Farrobo, afluente do ribeiro do Tanque, contribuiu muito ao longo dos anos para o assoreamento e consequente redução da capacidade de armazenamento da albufeira existente no segundo. O acentuado declive da encosta do Pico do Castelo e o facto dela se encontrar desarborizada favoreceu o fenómeno erosivo verificado no ribeiro do Farrobo ali localizado.

Foi então esta linha de água submetida à correcção torrencial, com o objectivo de reduzir ao mínimo o transporte de materiais sólidos através da regularização do talvegue e da estabilização dos taludes. Foram construídas 2 barragens de alvenaria e 22 barragens de lajes, em que 5 destas foram implementadas no afluente A. Visto as barragens terem sido projectadas para suportar a impulsão da terra, inferior à da água, todas as barragens foram aterradas a montante. Os descarregadores foram projectados para dar vazão a 30 milímetros de precipitação máxima por hora.

Anexo XII: Planta do Ribeiro do Farrobo, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial



Anexo XIII: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro do Lombo

O ribeiro do Lombo, localizado na zona Sudoeste da ilha de Porto Santo, na base do Pico da Ana Ferreira, possuía, em meados do século XX, a sua bacia hidrográfica desarborizada, e nos locais onde ainda existia algum solo, este era anualmente mobilizado devido acultura do centeio. Esta situação, em conjunto com as chuvas intensas pontuais, propiciaram a ocorrência de erosão laminar, o que levou a uma degradação acentuada do solo nas encostas, nas quais, nas zonas de maior altitude, só se encontravam rochas nuas sobre solos esqueléticos, com imensos afloramentos da rocha subjacente. Mesmo anteriormente a este período, a intensidade da erosão era tão grande que, no vale, o barranco profundo e ramificado desenvolvido pelas águas era praticamente todo ele cavado num terreno constituído pelos detritos aí acumulados. O grande volume dos detritos arrastados por este ribeiro, em conjunto com os provenientes do ribeiro da Volta do Serrado, depositavam-se na albufeira situada um pouco a jusante da confluência de ambos, diminuindo a sua capacidade de armazenamento, de forma rápida e progressiva.

O facto da albufeira, formada de modo artificial, através da construção de uma barragem de terra batida, para servir de rega aos terrenos de cultura situados a uma cota inferior, fez com que o ribeiro do Lombo fosse submetido à correcção torrencial, de forma a prevenir a inutilização da albufeira e assim evitar graves prejuízos para a economia local. O ribeiro foi então submetido ao Regime Florestal pelo Decreto de 4 de Julho de 1961. Para a sua correcção, cuja linha de água principal apresenta 1244 metros de comprimento e um declive médio de 7,69%, foi construída uma barragem de alvenaria de pedra argamassada com 4 metros de altura, situada 117 metros a montante da barragem construída pela antiga Junta Geral. A soleira foi montada 2.50 metros abaixo do nível do talvegue, uma vez que se considerava ser aquele o aprofundamento resultante da extracção dos materiais responsáveis pelo assoreamento da albufeira. Foi construída uma segunda barragem de alvenaria numa área onde, na altura, ainda se verificava a acumulação de materiais trazidos pela

corrente. A montante desta, todas as barragens construídas eram de lajes. No afluente A, afluente directo da albufeira, foi construída uma barragem de alvenaria com 2,40 metros de altura, servindo de apoio a duas barragens e lajes. Nos restantes afluentes foram montadas 20 barragens de lajes. Todas as barragens foram calculadas e localizadas de modo a levar o talvegue ao perfil de nível a que se reduz o perfil de equilíbrio, dadas as pequenas dimensões dos materiais arrastados.

Com o objectivo de combater a erosão laminar encontrada nas vertentes do Pico da Ana Ferreira, foram abertas valas de captação, afastadas entre si o suficiente para que a diferença de cotas entre elas fosse de 15 metros. Com um declive de apenas 5%, seguindo aproximadamente as curvas de nível de modo a prevenir a erosão de fundo, estas valas foram abertas de forma a esgotar as suas águas, por intermédio dos afluentes A e I. Para impedir o aumento da erosão nestes afluentes, devido à concentração de água, construíram-se algumas barragens a montante da confluência, e a montante destas um canalete empedrado que, sendo conveniente a redução do declive, poderia ser desviado do eixo da ravina.

Visto as barragens terem sido desenhadas para suportar apenas a impulsão da terra, inferior à da água, todas as barragens foram aterradas a montante. Os descarregadores foram projectados para dar vazão a 30 milímetros de precipitação máxima por hora.

Anexo XIV: Planta do Ribeiro do Lombo, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial

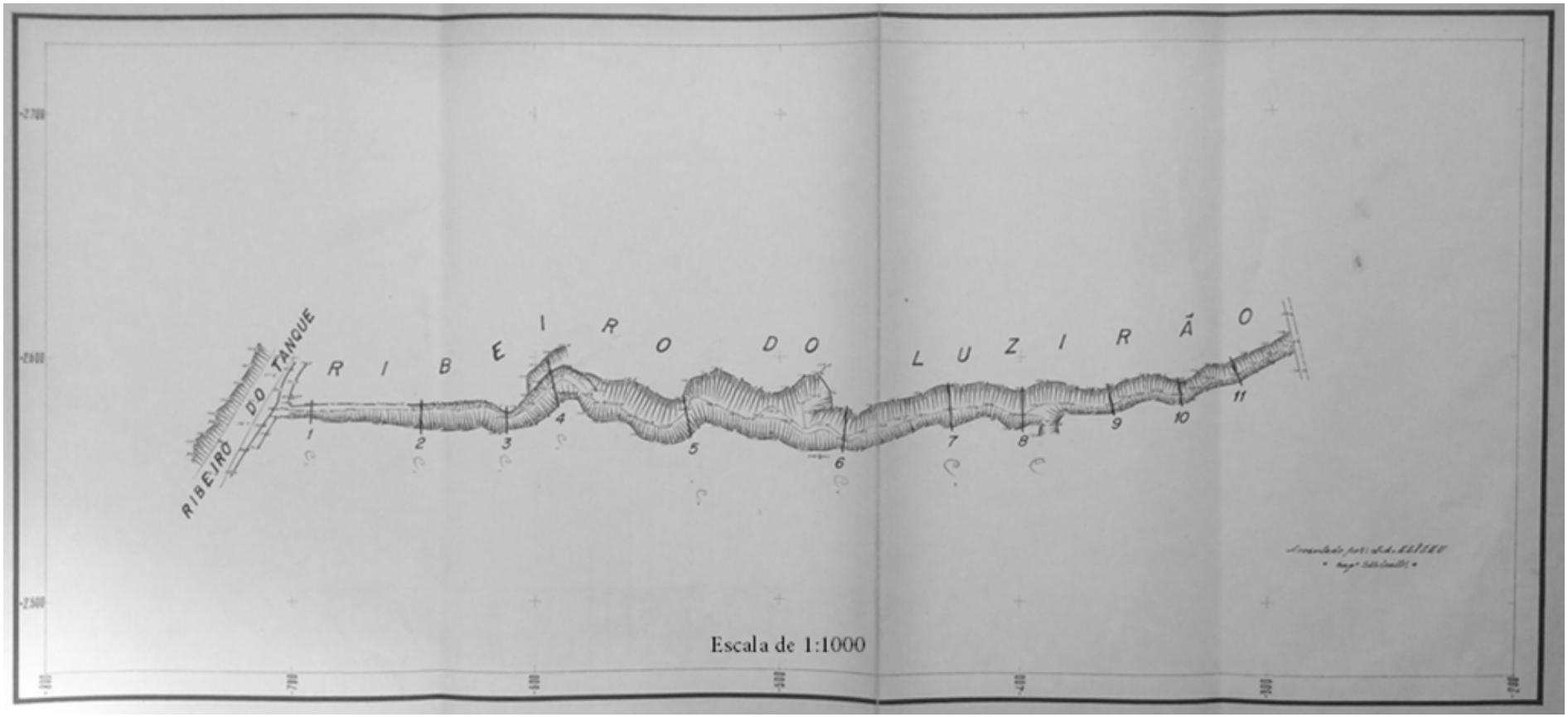


Anexo XV: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro do Luzirão

O ribeiro do Luzirão, com 459 metros de comprimento e um declive médio de 7,9%, é uma pequena linha de água da ilha de Porto Santo, estando localizado na encosta Oeste do Pico do Castelo e constituindo um afluente do ribeiro do Tanque. Tal como acontecia com os ribeiros das Canas e do Dragoal, a forte erosão verificada no ribeiro do Luzirão levou ao assoreamento e perda de capacidade de armazenamento da albufeira do ribeiro do Tanque, junto da confluência.

Foi então este ribeiro submetido ao Regime Florestal pelo Decreto de 4 de Julho de 1961, com a construção de uma barragem de alvenaria com 2.60 metros de altura, 12 metros a montante da estrada que liga a Vila de Porto Santo à Camacha. A barragem foi construída para servir de apoio a 10 barragens de lajes, montadas de modo a levar o talvegue ao perfil de nível a que se reduz o perfil de equilíbrio, graças às reduzidas dimensões dos materiais arrastados. As barragens vieram permitir a estabilização do talvegue e, consequentemente, dos taludes laterais, mais tarde protegido pela vegetação. Visto as barragens terem sido calculadas para suportar apenas a impulsão da terra, inferior à da água, todas as barragens foram aterradas a montante. Os descarregadores foram projectados para dar vazão a 30 milímetros de precipitação máxima por hora, considerando nula a infiltração.

Anexo XVI: Planta do Ribeiro do Luzirão, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial



Anexo XVII: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro das Marinhas

O acentuado relevo dos terrenos da ilha de Porto Santo, conjugado com a ausência de revestimento florestal e a mobilização anual dos terrenos das encostas devido à cultura de cereais, levou a ilha a ser gravemente afectada pela erosão. Esta pôs a descoberto rocha subjacente nas zonas de maior altitude, provocando a concentração das águas o surgimento de imensas ravinas nas encostas e de alguns barrancos nos vales. O facto de a precipitação anual na ilha ser bastante reduzida levou a antiga Junta Geral de Distrito a construir três barragens para retenção de água, visando a rega dos terrenos de cultura localizados a cotas inferiores. No entanto, por razões já mencionadas, a erosão foi reduzindo a capacidade de armazenamento das albufeiras. O ribeiro das Marinhas, sujeito a forte erosão, foi um dos responsáveis pelo assoreamento da albufeira situada no ribeiro Salgado, um pouco a jusante do ponto de bifurcação deste nos ribeiros das Marinhas e da Terra Branca.

Com o objectivo de reduzir ao mínimo o transporte sólido no ribeiro das Marinhas, garantindo um melhor aproveitamento do ribeiro Salgado, o primeiro foi então submetido à correcção torrencial. O principal problema a resolver neste ribeiro era a erosão concentrada, responsável pelo grande e ramificado barranco lá observado, uma vez que, pelo facto de na sua bacia hidrográfica, com cerca de 43 hectares, os declives serem pouco acentuados, a erosão laminar ter pouca importância, podendo ser eliminada com métodos convenientes de exploração do solo. Para o efeito construi-se uma série de barragens de alvenaria e lajes, calculadas e localizadas de modo a levarem o talvegue ao perfil de nível a que se reduz o perfil de equilíbrio, graças às pequenas dimensões dos materiais arrastados. A linha de água principal do ribeiro apresenta um comprimento de 833 metros e um desnível de 57.4 metros entre a origem e a confluência, correspondendo a um declive médio de 6,89%. Nela foi construída uma barragem de alvenaria situada 205 metros a montante da barragem construída pela antiga Junta Geral e com o descarregador à mesma cota do talvegue. Esta barragem serviu de apoio a 7 barragens de lajes com alturas

compreendidas entre 1.50 e 5.50 metros. Foram também construídas 5 barragens de lajes no afluente A, o principal afluente do ribeiro, com 344 metros de comprimento e um declive médio de 4,91%. A última dessas barragens foi desenhada para funcionar como entrada de água. Nos afluentes A_1, A_2, B e D foram construídas mais 6 barragens de lajes. Os descarregadores foram projectados para dar vazão a 30 milímetros de precipitação máxima por hora. As barragens foram calculadas para suportar apenas a impulsão da terra, inferior à da água, logo todas elas tiveram que ser aterradas a montante. Foram também abertas valas de esgoto para desvio das águas dos taludes mais instáveis, sendo as mesmas conduzidas para locais convenientemente escolhidos.

Anexo XVIII: Planta do Ribeiro das Marinhas, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial



Anexo XIX: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro dos Salões

Apesar da existência de inúmeras ravinas na ilha de Porto Santo, as quais eram responsáveis pela formação de sulcos nos terrenos, as águas das enxurradas que nelas corriam eram facilmente desviadas para as ravinas exteriores, diminuindo para um mínimo o caudal afluente a todos os outros barrancos. No entanto, este desvio veio depois sujeitar as ravinas exteriores ao fenómeno erosivo, tendo as mesmo sido então submetidas à correcção torrencial.

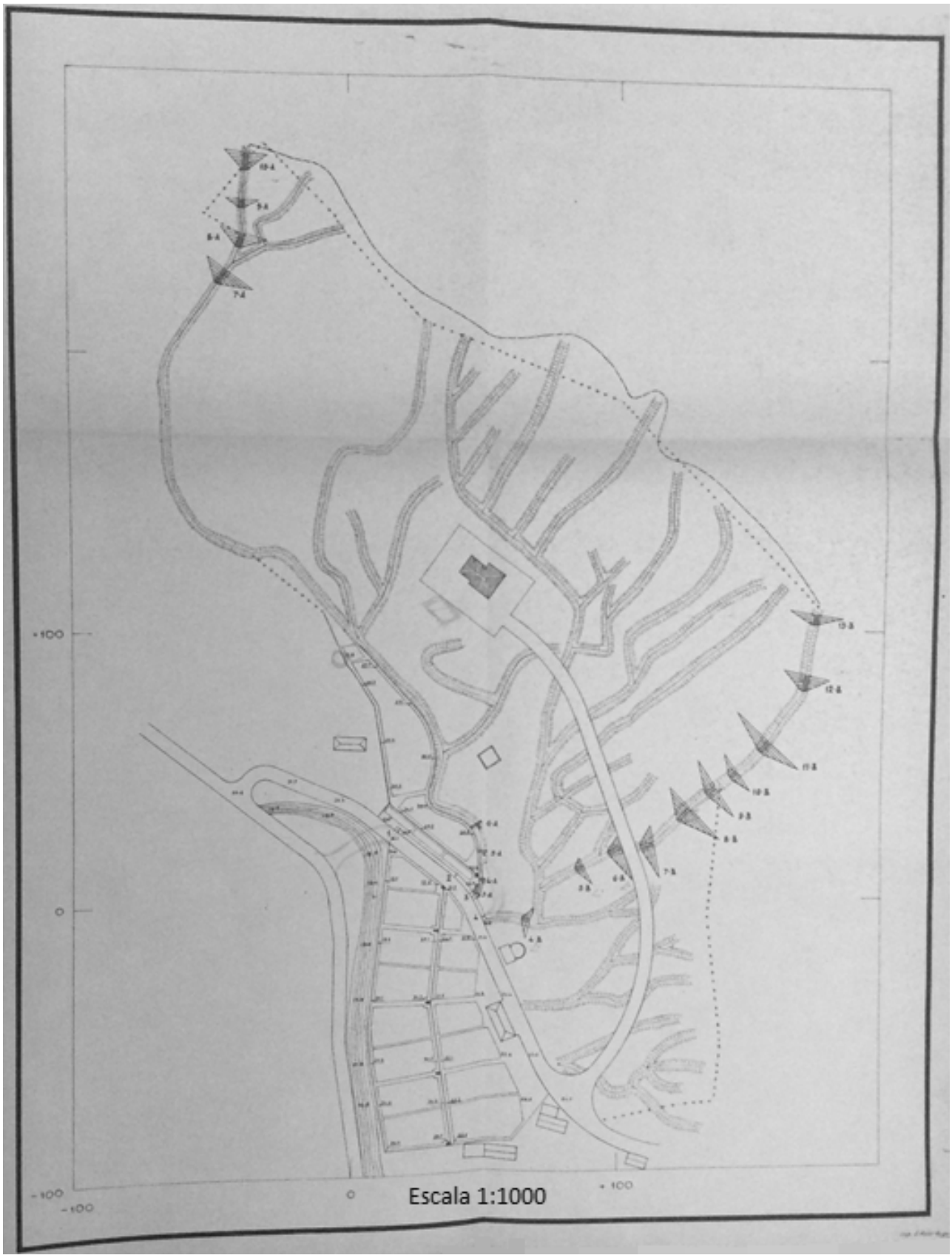
Pode dizer-se que o ribeiro dos Salões se caracteriza por estas mesmas ravinas. Foram então abertas valas que seguiam aproximadamente as curvas de nível e que, na parte superior dos terrenos a arborizar, desviavam as águas paras as ravinas A e B, que delimitavam esses terrenos. Na confluência destas ravinas foi construída uma conduta, em aqueduto, sob o caminho de acesso ao viveiro dos salões e à casa de guarda-florestal, lançando depois as águas no ribeiro do Tanque. As valas que afluem às ravinas foram projectadas para receber um caudal correspondente a aproximadamente 40 milímetros de precipitação máxima por hora, considerando a infiltração nula, sendo que a cada uma das ravinas apenas afluiria metade desse caudal, devido à sua pequena bacia de recepção, de 9 hectares. Graças às reduzidas dimensões dos materiais arrastados, as barragens implantadas nessas ravinas foram construídas com um perfil de nível zero, correspondente a um perfil de equilíbrio praticamente nulo. A conduta construída para receber o caudal das ravinas A e B foi implantada para receber também as águas provenientes das valetas do caminho de acesso ao ribeiro, o qual se prolonga para além da ravina B. Corre junto ao caminho florestal, entre este e o talhão II do viveiro. O aqueduto tem a sua saída ao nível do leito do ribeiro do Tanque, e a entrada 10 centímetros mais elevada. Logo a montante da entrada no aqueduto e no prolongamento da sua parede, foi construída uma pequena barragem com 0,80 metros de altura, e 30.50 metros a montante desta barragem construiu-se outra com 0.70 metros de altura. Imediatamente a montante

da confluência da ravina A com a conduta foi construído no leito desta um pequeno degrau com 0.20 metros de altura, e na confluência dela com a ravina B, outro degrau com 0.40 metros de altura.

Relativamente à ravina A, na quase totalidade da sua extensão, para evitar a erosão de fundo devido à pouca altura da sua margem direita, ela foi revestida com alvenaria de pedra seca, seguindo o declive do talvegue, regularizado para o mínimo de 3%, tendo barragens sido construídas apenas no início e no fim da ravina. A primeira barragem, com uma altura de 0.90 metros, foi construída 1.50 metros a montante da confluência desta ravina com a conduta. A segunda barragem, com uma altura de 1.60 metros, foi construída 7 metros a montante da primeira. A terceira e quarta barragens foram construídas com uma distância de 10 metros entre elas e com uma altura de um metro cada. Construiu-se um canalete com 0,60 metros de largura de fundo, revestido até 0,30 metros de altura, e com as margens com uma inclinação de 45º. Ao longo da ravina foram ainda montadas mais 4 barragens de lajes, com 5.50, 4.50, 2.50 5 5.50 metros de altura, respectivamente.

A ravina B foi corrigida somente pela implantação de 9 barragens de lajes, com alturas compreendidas entre os 2.50 e os 5.50 metros.

Anexo XX: Planta do Ribeiro dos Salões, ilustrando a correcção de ravinas, com a enumeração dos locais de implementação das barragens

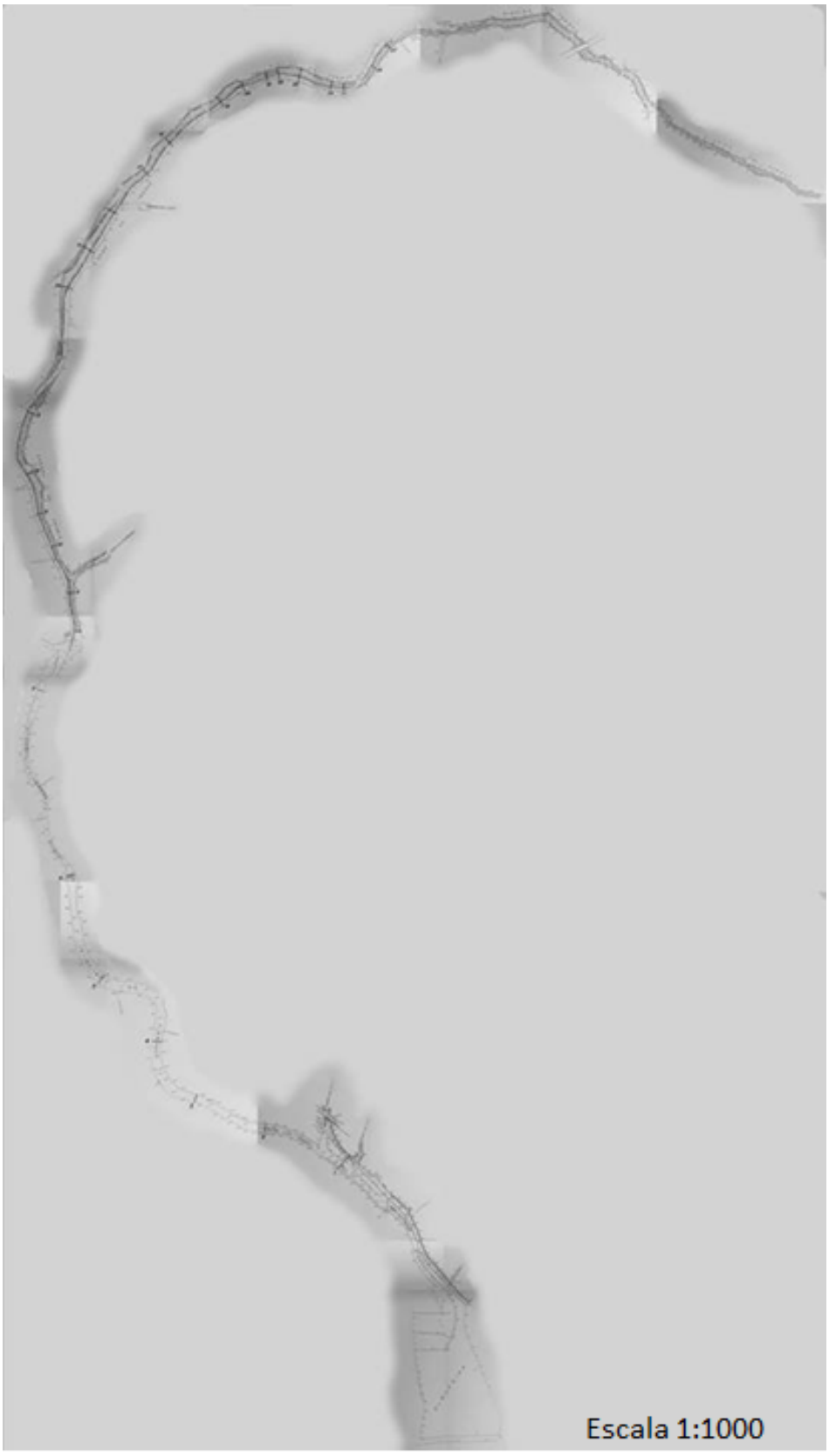


Anexo XXI: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro do Tanque

O ribeiro do Tanque, maior linha de água da ilha de Porto Santo, tem a sua origem próxima do Pico do Castelo, descendo a sua encosta em direcção na Noroeste, mas virando de seguida para Sul, desaguando na Vila do Porto Santo. Como referido anteriormente, a antiga Junta Geral do Distrito construiu uma barragem para retenção de água para rega no troço médio deste ribeiro, de modo a aproveitar as condições favoráveis lá existentes, dada a pequena possibilidade de armazenamento de água pela escassa precipitação anual. Por este motivo, a importância de travar o progressivo assoreamento da albufeira pela erosão manifestada na bacia de recepção deste ribeiro e seus afluentes, levou a que também ele fosse submetido à correcção torrencial.

O objectivo seria o de diminuir o imenso transporte de materiais verificado, os quais provinham maioritariamente do aprofundar do talvegue. Para tal, foram construídas 27 barragens de alvenaria e calcetados alguns troço do leito do ribeiro, numa extensão de 200 metros no total. A pequena altura de uma das margens do ribeiro não permitia, em certas zonas, a construção de barragens, pelo que foi necessário o seu calcetamento. A totalidade do troço a corrigir apresentava uma extensão de cerca de dois mil metros e um declive médio de 3,54%. As barragens e calçadas implantadas permitiram o talvegue atingir o perfil de nível ao qual se reduz o perfil de equilíbrio, devido às pequenas dimensões dos materiais arrastados. Os descarregadores foram projectados para dar vazão a 30 milímetros de precipitação máxima por hora. As barragens foram calculadas para suportar apenas a impulsão da terra, inferior à da água, logo todas elas tiveram que ser aterradas a montante.

Anexo XXII: Planta do Ribeiro do Tanque, ilustrando a correcção de ravinas, com a enumeração dos locais de implementação das barragens



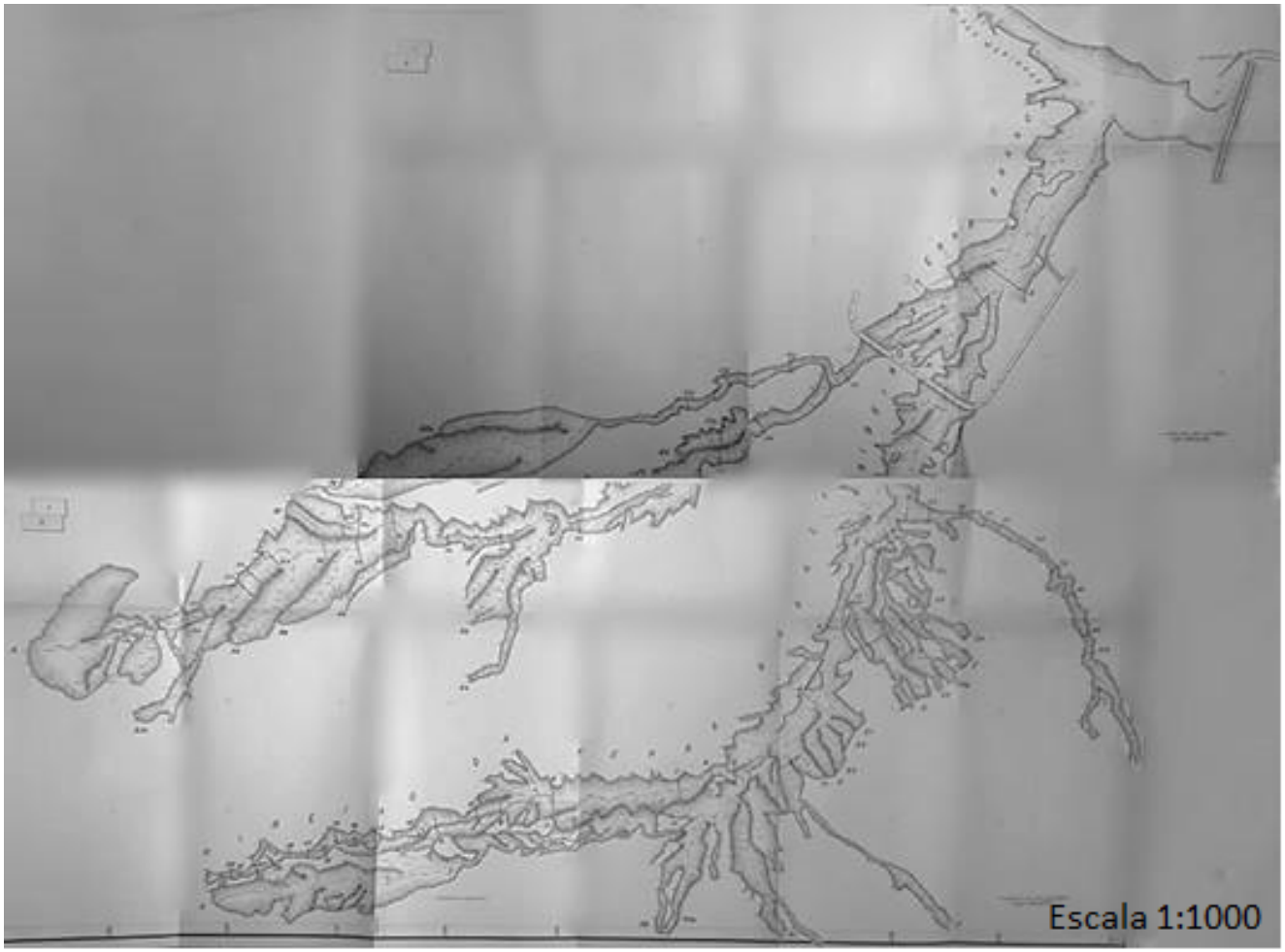
Anexo XXIII: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro da Terra Branca

A redução da capacidade de armazenamento da albufeira da já referida barragem construída no ribeiro Salgado pela antiga Junta Geral, para retenção de água destinada à rega dos terrenos de cultura situados a cota inferior, aproveitando assim as bacias hidrográficas dos afluentes deste ribeiro - ribeiro da Terra Branca e o ribeiro das Marinhas -, devido à forte erosão nelas verificada, fez com que também o ribeiro da Terra Branca fosse submetido à correção torrencial. Este ribeiro, confluindo com o ribeiro Salgado à cota de aproximadamente 55 metros, apresenta uma bacia de recepção de 86 hectares, a qual estende-se até próximo do Pico da Ana Ferreira, à altitude de 283.4 metros.

Com 1284 metros de comprimento e um declive médio de 6,6%, apesar de nos últimos 100 metros se elevar a 25,1%, a linha de água principal do ribeiro da Terra Branca teve a primeira barragem, com 2.40 metros de altura e construída em alvenaria de pedra argamassada, localizada a 190 metros da confluência, servindo de apoio às barragens construídas a montante. No afluente A, a soleira do aqueduto foi feita cerca de 4 metros acima do nível do aterro da barragem. No entanto, construiu-se também uma entrada de água para garantir a solidez do aqueduto, vencendo o desnível. A montante da barragem construída na linha de água principal, foram montadas outras 39 barragens em lajes de betão armado, com 22 localizadas no ramo principal e 17 em alguns dos seus afluentes. No afluente A, com 1088 metros de comprimento e 9,38% de declive médio, a primeira barragem foi montada 172 metros a montante da confluência, com 6 metros de altura, servindo de apoio às 24 barragens construídas a montante, com 17 no próprio afluente e 7 nos seus subafluentes, todas elas em lajes. No afluente B, desenvolvido na encosta do Pico da Ana Ferreira, com 375 metros de comprimento e 14,95% de declive médio, foram abertas valas de captação, afastadas entre si o suficiente para que ficassem com uma diferença de cota entre elas de 15 metros. Estas valas, com 5% de declive, seguindo aproximadamente as curvas de nível e assim evitando a erosão de fundo, foram abertas para descarregar as águas de

escoamento superficial neste afluente. O mesmo foi corrigido pela montagem de 11 barragens de lajes e pela construção de um canalete empedrado, a montante das mesmas. Apesar da precipitação reduzida e da pouca inclinação de fundo das valas que captam a água de escoamento superficial, o que permite uma maior infiltração da água e um menor caudal máximo, as juntas da calçada do canalete foram refechadas com cimento, e o mesmo reforçado por meio de travessões de alvenaria onde necessário. Foram também abertas valas de captação nos terrenos na parte Oeste da bacia de recepção do ribeiro da Terra Branca, cujas águas seriam esgotadas para o afluente A, impedindo a erosão laminar nesses terrenos. As barragens foram calculadas para suportar apenas a impulsão da terra, logo todas elas tiveram que ser aterradas a montante. Foram também projectadas e localizadas de forma a levar o talvegue ao perfil de nível a que se reduz o perfil de equilíbrio, devido às reduzidas dimensões dos materiais arrastados. Os descarregadores foram projectados para dar vazão a 30 milímetros de precipitação máxima por hora.

Anexo XXIV: Planta do Ribeiro da Terra Branca, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial

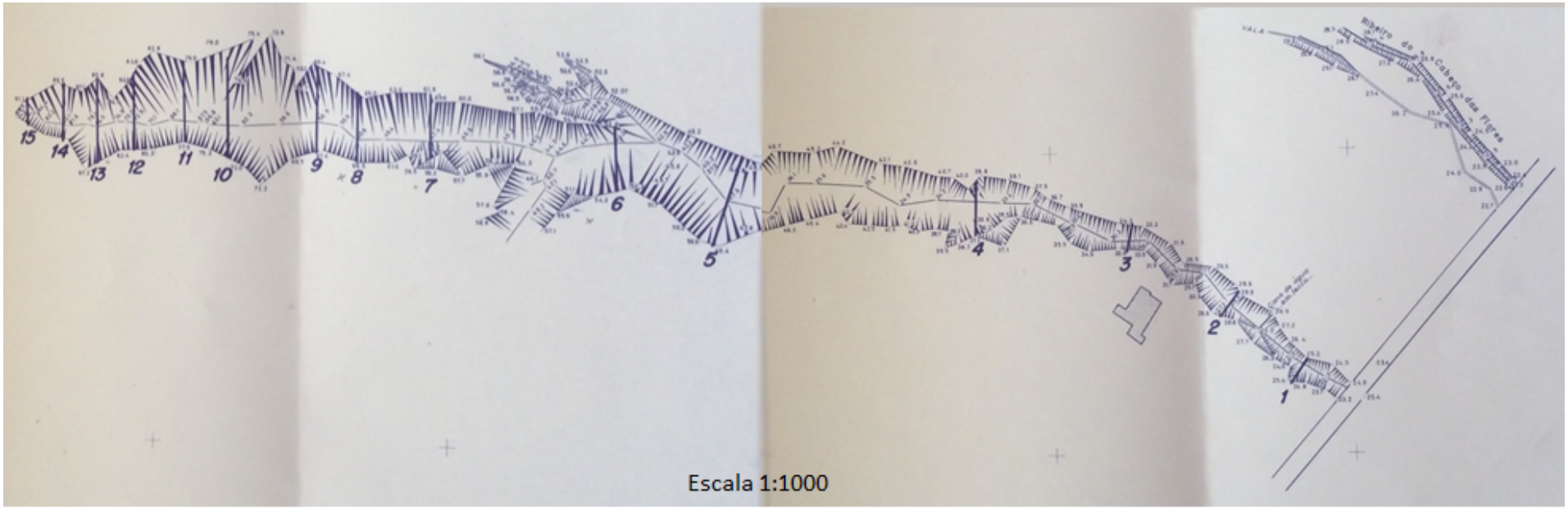


Anexo XXV: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro da Terra do Costa

O ribeiro da Terra do Costa, localizado na encosta Este do Cabeço do Zimbralinho, apresentava, em meados do século passado, uma ravina com 495 metros de comprimento e um desnível de 68.8 metros, correspondente a um declive médio de 13,9%, a qual foi necessário submeter à correcção torrencial. Essa ravina, devido à erosão provocada pelas intensas chuvas pontuais, foi sendo cada vez mais aprofundada e alargada pela delapidação dos terrenos da sua bacia de recepção.

Assim, a sua correcção envolveu a construção de 15 barragens e a arborização dos aterros das mesmas, dos taludes e das faixas laterais. As barragens foram projectadas e localizadas de forma a conduzir o talvegue ao perfil de nível a que se reduz o perfil de equilíbrio, devido às reduzidas dimensões dos materiais arrastados. As mesmas foram, todas elas, aterradas a montante por apenas terem sido calculadas para suportar a impulsão da terra. Os descarregadores foram calculados para dar vazão a 30 milímetros de precipitação máxima por hora.

Anexo XXVI: Planta do Ribeiro da Terra do Costa, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial

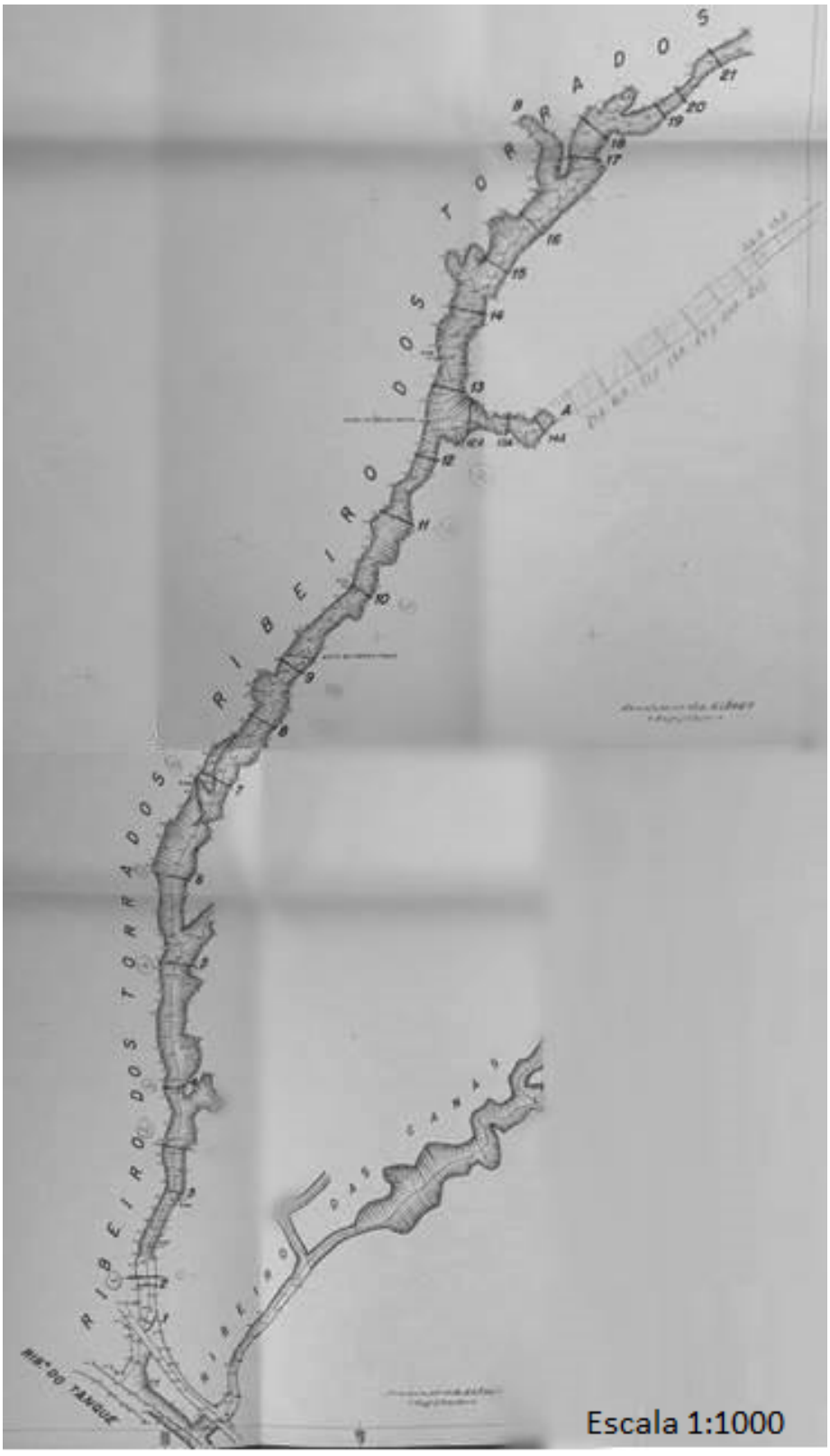


Anexo XXVII: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro dos Torrados

O ribeiro dos Torrados, localizado na encosta do Pico do Castelo, constitui mais um afluente do ribeiro do Tanque, sendo que também ele teve a sua contribuição para o assoreamento da albufeira do Tanque.

Assim sendo, e devido à erosão verificadas no seu talvegue, a qual provocou o desmoronamento dos taludes laterais, este ribeiro foi corrigido pela construção de uma série de barragens. Dadas as pequenas dimensões dos materiais arrastados, o perfil de equilíbrio a que se reduziu a linha do talvegue corresponde ao perfil de nível, tendo todas as barragens sido estudadas e localizadas de modo a que os seus descarregadores ficassem nivelados com as soleiras das barragens implantadas imediatamente a montante. Das 24 barragens construídas, 21 ficaram na linha de água principal e 3 no afluente A. As duas primeiras barragens da linha de água principal foram construídas em alvenaria de pedra argamassada, sendo as restantes de lajes. Visto o ribeiro dos Torrados, com caudal intermitente, atravessar a estradas de ligação da Vila de Porto Santo à Camacha, foi necessário construir um aqueduto naquela zona, evitando assim prejuízos para a circulação e manutenção das estradas nos períodos chuvosos. A primeira barragem de alvenaria foi então construída após essa zona, 36 metros a montante da confluência. Todas as barragens foram aterradas a montante pois apenas foram calculadas para suportar a impulsão da terra. Os descarregadores foram calculados para dar vazão a 30 milímetros de precipitação máxima por hora, considerando-se a infiltração nula.

Anexo XXVIII: Planta do Ribeiro dos Torrados, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial



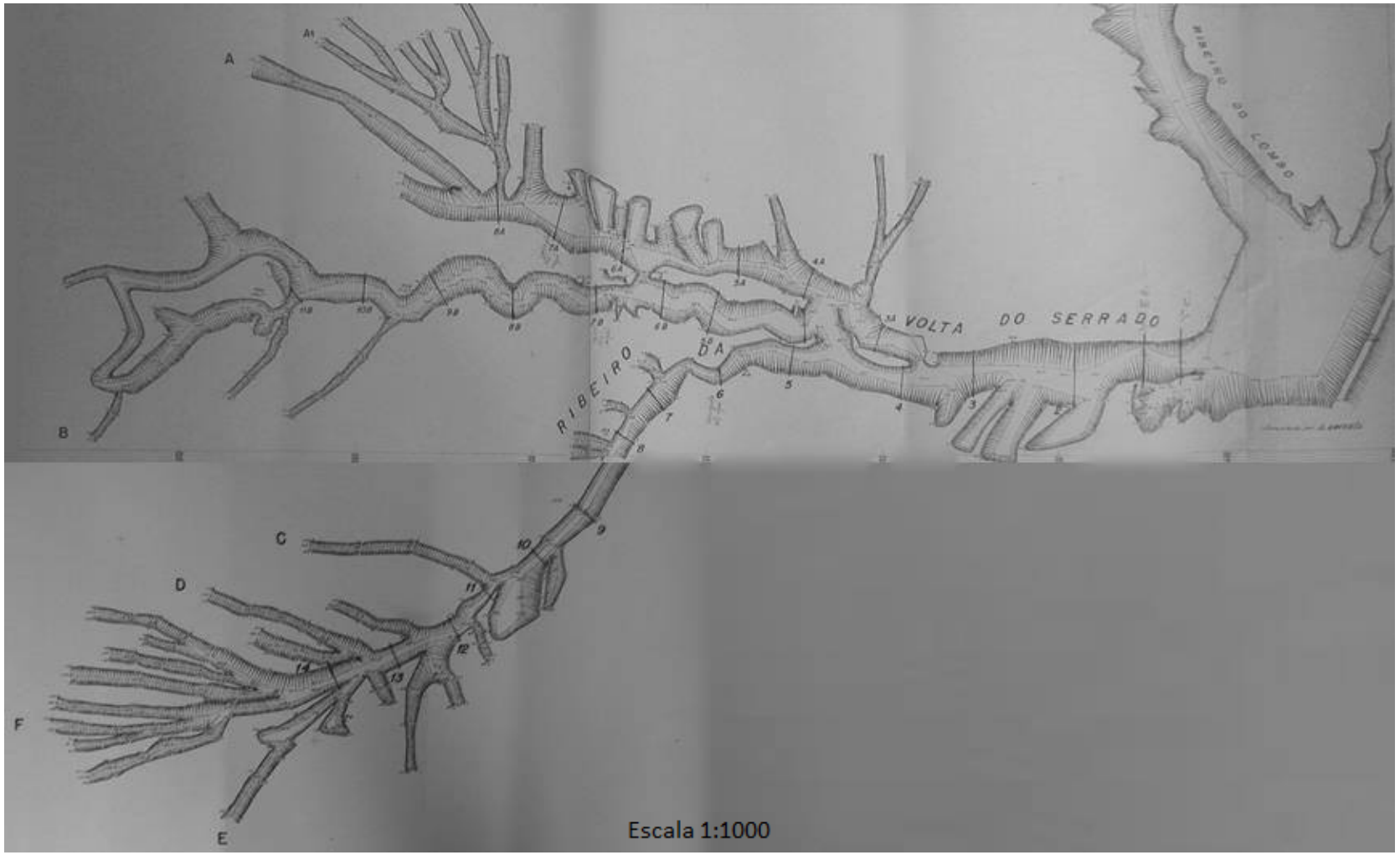
Anexo XXIX: Ficha informativa sobre a correcção torrencial efectuada no Ribeiro da Volta do Serrado

Tal como em quase toda a ilha de Porto Santo, na bacia hidrográfica do ribeiro da Volta do Serrado, afluente do ribeiro da Ponta, os terrenos eram anualmente mobilizados, visando a cultura cerealífera. Esta situação, aliada às intensas chuvadas pontuais, era responsável por uma intensa erosão laminar, levando ao surgimento de imensos afloramentos de rocha subjacente, principalmente a maiores altitudes, a profundos e ramificados barrancos no vale. Também a perda de capacidade de armazenamento da albufeira da barragem de terra no ribeiro da Ponta, um pouco a jusante da confluência dos ribeiros da Volta do Serrado e do Lombo, construída pela antiga Junta Geral de Distrito para retenção de água para rega, devido à acumulação de materiais arrastados pelas águas, fez com que o ribeiro da Volta do Serrado fosse submetido à correcção torrencial.

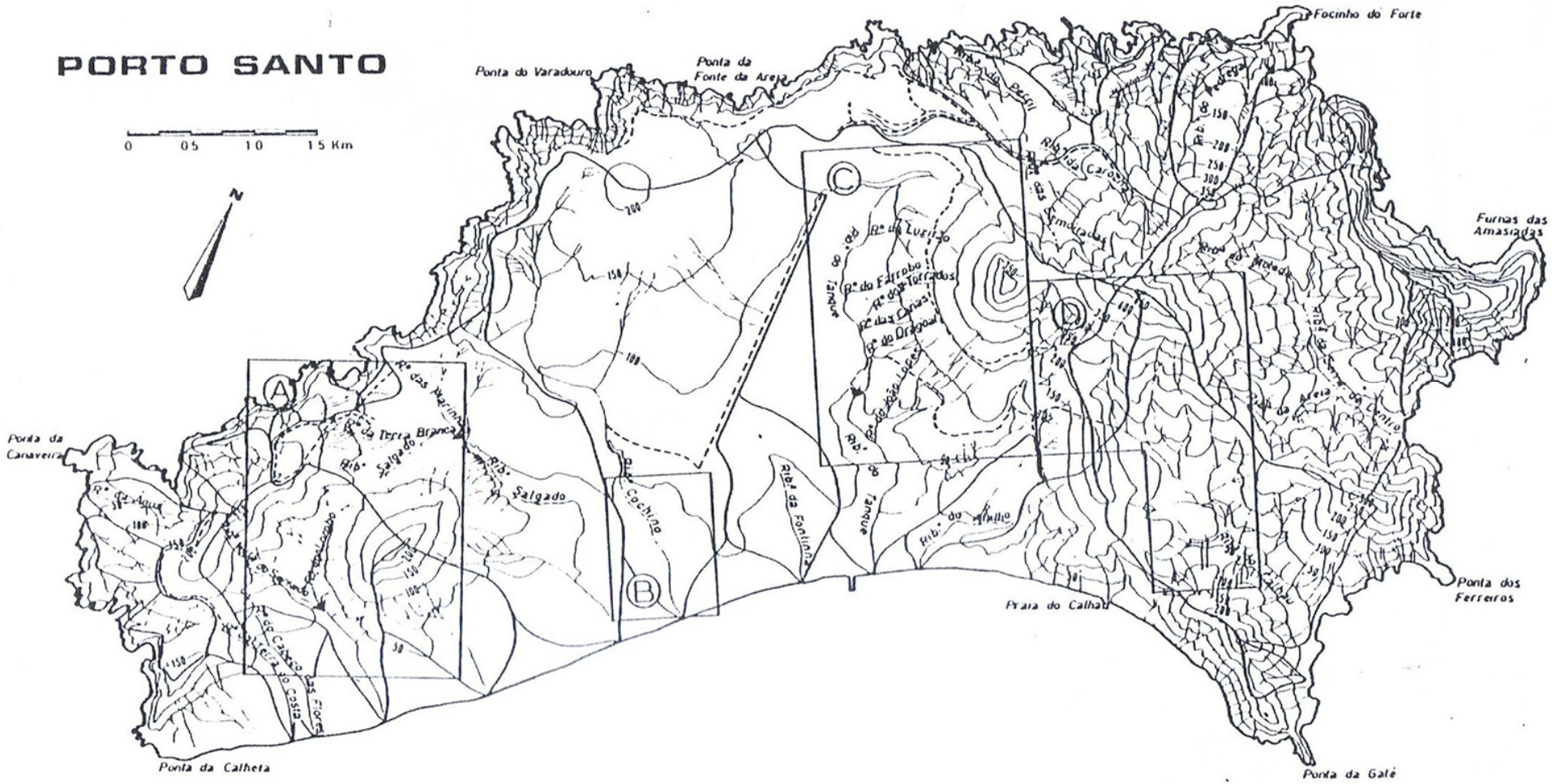
Na linha de água principal do ribeiro da Volta do Serrado, a qual apresenta um comprimento de 703 metros e um declive médio de 15% (apesar de nos primeiros 550 metros o declive não exceder os 9% e, para montante, ultrapassar os 36%), construiu-se uma barragem de alvenaria com 3 metros de altura, situada 40 metros a montante da barragem de terra. A montante dela foram montadas 13 barragens de lajes, com alturas compreendidas entre 2.50 e 6 metros. No afluente A, com um comprimento de 454 metros e 15,8% de declive médio, foram montadas 6 barragens de lajes, com a maior apresentando 6,50 metros de altura. No afluente B, com 515 metros de comprimento e um declive médio de 18,5%, foram montadas 8 barragens de lajes, com 6 metros de altura máxima. A altura das barragens foi estabelecida de modo a que, ficando elas localizadas nos perfis mais convenientes, o talvegue fosse conduzido ao perfil de nível a que se reduz o perfil de equilíbrio, devido às reduzidas dimensões dos materiais arrastados. Foram abertas valas de captação na encosta do Pico do Espigão para combater a erosão laminar lá verificada. Essas valas foram afastadas umas das outras o suficiente para que a diferença de contras entre elas fosse de 15 metros. As mesmas, apresentando um declive de apenas 5%, que segue

aproximadamente a curvas de nível, evitando assim a erosão de fundo, foram implantadas para esgotar as águas no ribeiro principal, a montante da última barragem de lajes, sendo construído um canalete a montante desta. O canalete teve ainda as suas juntas refechadas a cimento e foi reforçado por meio de travessões de alvenaria. Todas as barragens foram aterradas a montante pois apenas foram calculadas para suportar a impulsão da terra. Os descarregadores foram calculados para dar vazão a 30 milímetros de precipitação máxima por hora, considerando-se a infiltração nula.

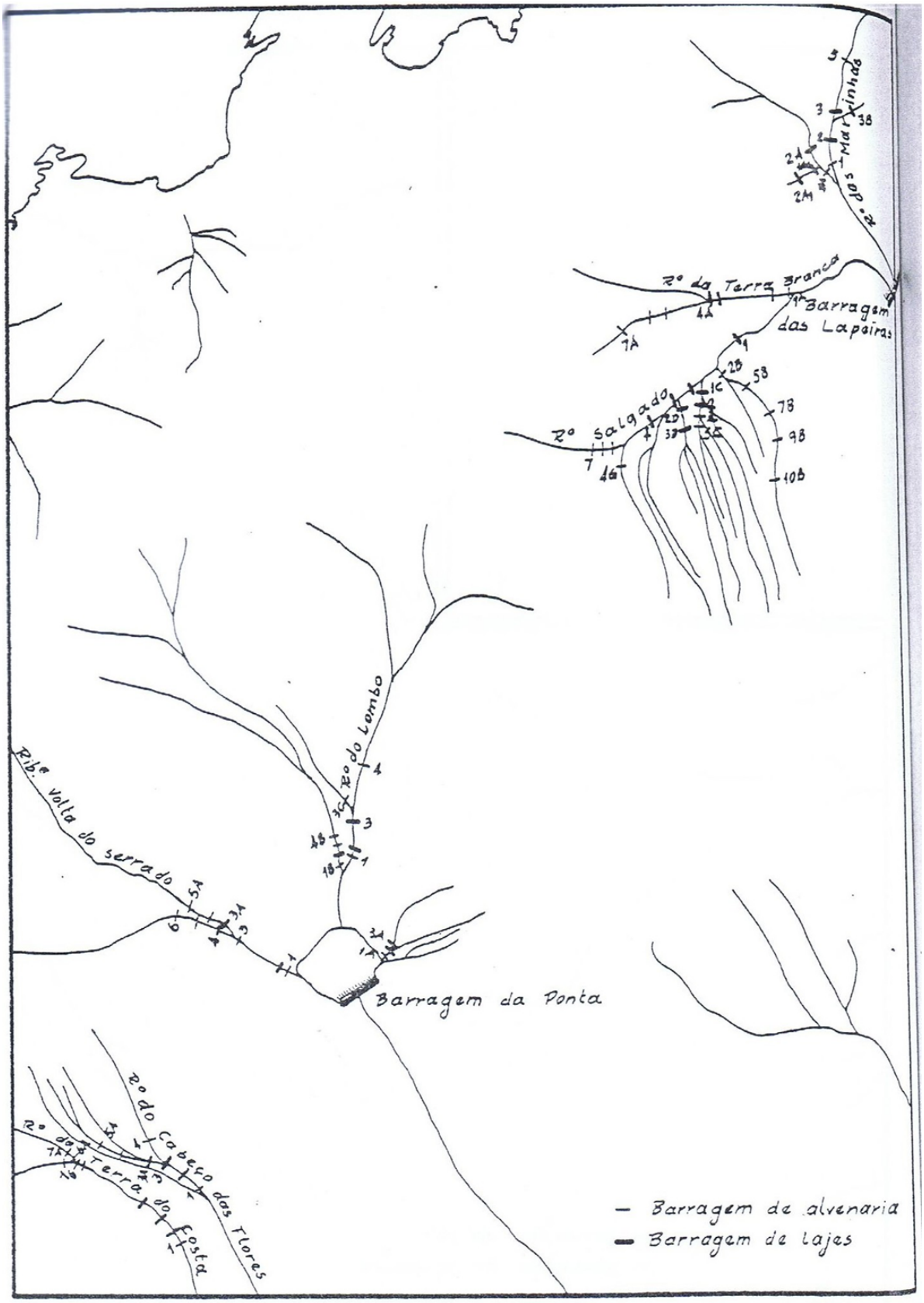
Anexo XXX: Planta do Ribeiro da Volta do Serrado, com a enumeração dos locais de implementação das barragens para correcção torrencial



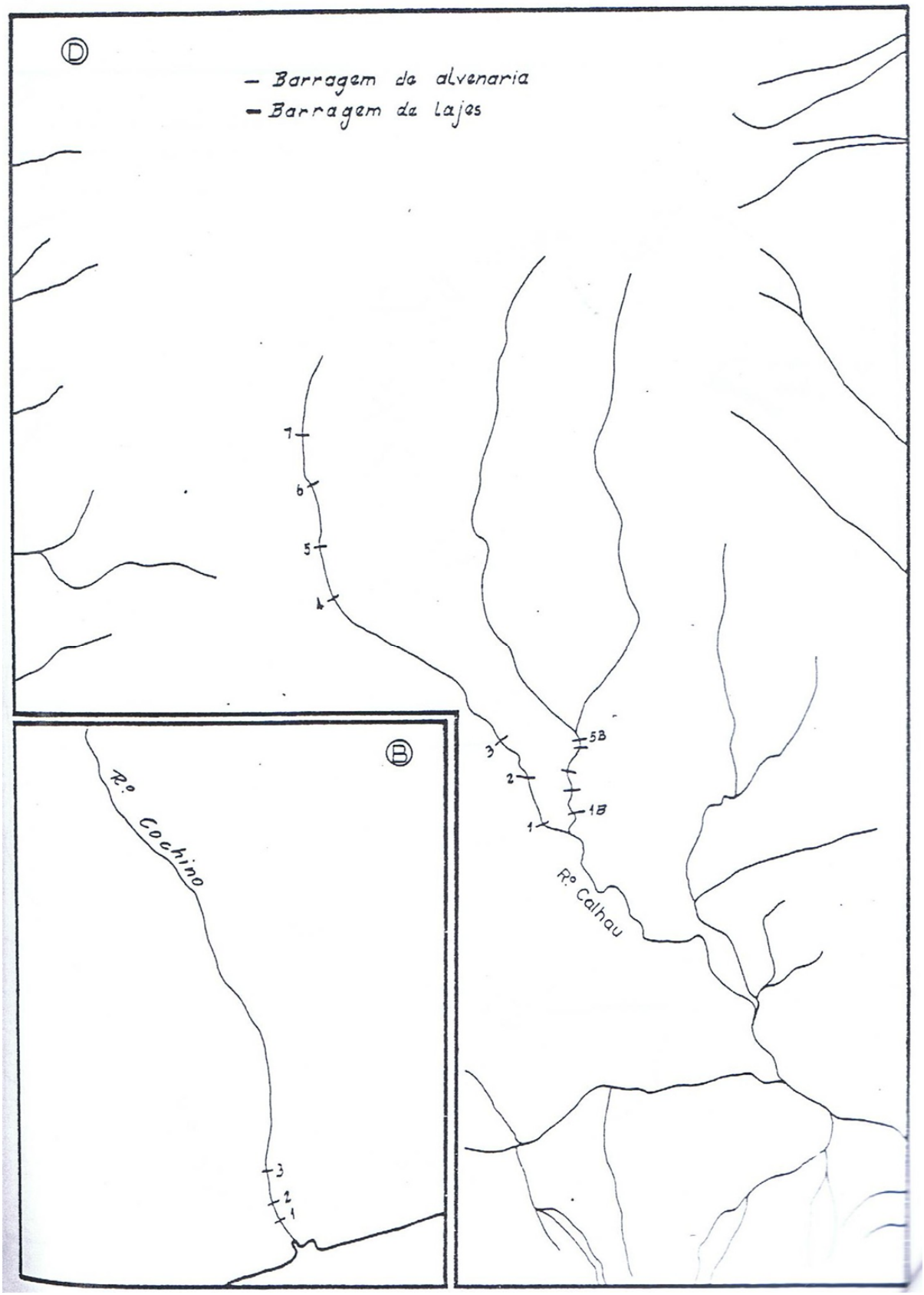
Anexo XXXI: Mapa da localização das barragens de correcção torrencial na ilha de Porto Santo



Anexo XXXII: Pormenor A do mapa da localização das barragens de correcção torrencial na ilha de Porto Santo



Anexo XXXIII: Pormenor B e D do mapa da localização das barragens de correcção torrencial na ilha de Porto Santo



Anexo XXXIV: Pormenor C do mapa da localização das barragens de correcção torrencial na ilha de Porto Santo

