Universidade de Aveiro Departamento de Ambiente e Ordenamento
2009

FLORISVINDO JAIMILITO RODRIGUES FURTADO

A captação da água no nevoeiro no Parque Natural de Serra Malagueta

Universidade de Aveiro Departamento de Ambiente e Ordenamento
2009

FLORISVINDO JAIMILITO RODRIGUES FURTADO

A captação da água no nevoeiro no Parque Natural de Serra Malagueta

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica do Prof. Doutor Carlos Borrego, Professor Catedrático do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.

Este trabalho é dedicado a todas as flores que da terra árida brotaram e em terra árida souberam prosperar.

o júri

Presidente	Prof[a]. Doutora Ana Isabel Miranda Universidade de Aveiro
Arguente Principal	Prof. Doutor Manuel Joaquim Feliciano Instituto Politécnico de Bragança
Orientador	Prof. Doutor Carlos Alberto Borrego Universidade de Aveiro

.

agradecimentos

Em primeiro lugar, à Professora Doutora Ana Isabel Miranda do Departamento de Ambiente e Ordenamento, como impulsionadora do meu regresso à Universidade de Aveiro, pelo apoio, encurtando a distância a que me encontrava de Portugal durante o processo de candidatura.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Professor Doutor Carlos Borrego do Departamento de Ambiente e Ordenamento, pelo envolvimento, estímulo, dedicação e pela grande disponibilidade demonstrados ao longo da elaboração da dissertação.

À Direcção Geral do Ambiente de Cabo Verde por ter facilitado o acesso aos recursos do Parque Natural de Serra Malagueta e aos dados recolhidos no âmbito do Projecto Áreas Protegidas. Também aos técnicos do Parque Natural de Serra Malagueta que estiveram envolvidos na concepção e monitorização do sistema de captação da água do nevoeiro, e especialmente aos guardas do Parque e aos elementos da comunidade que estiveram envolvidos na recolha de dados. Ao Eng.º José Luiz Elba Martins, técnico da Delegação do Ministério de Ambiente e Agricultura de S.ta Catarina e ex-coordenador do Parque Natural de Serra Malagueta, pelo companheirismo e apoio incondicional dispensados ao longo do processo.

Aos investigadores: Wen Jie Liu, da Academia Chinesa de Ciências, María Estrela, da fundação CEAM – Centro de Estudos Ambientais do Mediterrâneo, e Susana Prada, do Departamento de Biologia e Centro de Estudos da Macaronésia da Universidade da Madeira, por terem permitido o acesso a algumas revistas e trabalhos científicos da especialidade onde tiveram participação.

À minha mãe, Victória Rodrigues Tavares, e ao meu Pai, Eusébio Correia Furtado, e às minhas irmãs, Clementina Furtado, Dulceneia Furtado e Delciolinda Furtado, por tudo o que as palavras não podem expressar, e à minha Avó, Agostinha Lopes Tavares, por tudo o que ela representa.

palavras-chave

Intercepção directa, água do nevoeiro, precipitação horizontal, redes de captação, eficiência de captação.

Resumo

O trabalho desta dissertação teve como principal objectivo determinar as potencialidades de captação da água do nevoeiro no Parque Natural de Serra Malagueta. Para tal foram efectuadas experiências em duas zonas experimentais, Posto e Agu Nobo, durante o ano de 2008, com recolha da quantidade de água interceptada pelas redes de captação da água do nevoeiro entre os 810 e 896 metros de altitude, apoiada pelos valores dos parâmetros meteorológicos como a precipitação horizontal, a humidade relativa e a temperatura do ar, direcção e velocidade do vento, recolhidas na estação meteorológica. O tratamento dos dados demonstrou que Serra Malagueta apresenta um microclima específico com grandes potencialidades para a captação da água do nevoeiro, tendo sido interceptado, através da utilização de redes de captação, mais de 89 m^3 de água para abastecimento à comunidade e para a escola. A maior parte das precipitações ocultas aconteceram no período entre as 16:30 da tarde e as 9:30 da manhã. O cálculo da eficiência das redes de captação indicou um valor de cerca 15% para a rede desenvolvida por Shemenauer e Cereceda no Chile e de 25% para a rede mosquiteira vulgar. A análise da relação entre as precipitações ocultas e a velocidade do vento indicou um valor do coeficiente de correlação entre os 28 e 35%, o que sugere que a quantidade de água interceptada não é afectada significativamente pela velocidade do vento. Uma estimativa das necessidades de água para consumo indicou que 6235 m^2 de rede é capaz de abastecer toda a comunidade local.

keywords

Direct interception, fog water, horizontal precipitation, collecting nets, water collection efficiency

Abstract

The main aim of this work is to determine the fog water collection potentiality at the Natural Park of Serra Malagueta. To achieve this propose, experiments were conducted, during 2008, in two experimental cities, Posto and Agu Nobu, where it was measured the quantity of water intercepted by fog water collection nets, between 810 and 896 meters of altitude, supported by values of meteorological variables as horizontal precipitation, relative air humidity, air temperature, wind direction and wind speed, collected at the local meteorological station. Data analysis demonstrated that Serra Malagueta presents a specific microclimate with great potentiality for fog water collection, where it was collected, using fog water net collectors, more than 89 m^3 of water to be used by the local community and by the local school. Most of the horizontal precipitation, also named occult precipitation, occurred between 4:30 p.m. and 9:30 a.m.. The maximum efficiency of net collectors calculated for the net conceived by Shemenauer and Cereceda in Chile is 15%, and 25% for common mosquito-net. Analysis of the relation between horizontal precipitation and wind speed suggested that the value of the coefficient of correlation is located between 28 and 35%, indicating that the wind speed doesn't affect significantly the quantity of water intercepted. An estimate of community needs of water suggested that 6235 m^2 of net would be able to supply all the community of Serra Malagueta.

Índice geral

Agradecimentos.....i
Resumo.....ii
Abstract.....iii
Índice.....iv
Índice de figuras.....v
Índice de tabelas.....vi
Abreviaturas e acrónimos.....vii
1. Introdução 1
2. As Precipitações Ocultas 5
2.1. Estudos do fenómeno do nevoeiro 7
2.2. Quantificação do aproveitamento da água do nevoeiro..... 11
2.3. As precipitações ocultas em Cabo Verde 12
2.3.1. Características gerais 12
2.3.2. A captação da água do nevoeiro em Cabo Verde 15
3. Metodologia 19
3.1. Caracterização e Localização 19
3.1.1. Clima 19
3.1.2. Temperatura 20
3.1.3. Precipitações 20
3.1.4. Humidade e Vento 21
3.1.5. Insolação e nebulosidade 22
3.2. A Selecção do local experimental 22
3.3. Recolha de dados experimentais..... 22
3.4. Descrição dos Sistemas de Captação da Água do Nevoeiro (SCAN) 24
4. Apresentação e discussão dos resultados..... 29
4.1. A água do nevoeiro..... 29
4.2. As precipitações horizontais..... 31
4.3. Análise da relação entre velocidade do vento e as precipitações horizontais 38
4.4. Cálculo da eficiência das redes captação..... 42
4.5. Abastecimento deágua a partir do nevoeiro no contexto das áreasprotegidas 43
5. Conclusões, Recomendações e Perspectivas Futuras 46
Bibliografia..... 48
ANEXO 50
Anexo I.....51
Anexo II.....52
Anexo III.....53
Anexo IV.....54
Anexo V.....55
Anexo VI 56
Anexo VII.....57

Índice de figuras

Figura 1. Vista de um nevoeiro de montanha em Serra Malagueta a mais de 800 metros de altitude..... 5
Figura 2. Esquema representativo do processo de captação da água do nevoeiro..... 12
Figura 3. Intercepção da água do nevoeiro em Serra Malagueta entre Novembro de 1979 e Outubro de 1980 (Adaptado de Acosta, 1996)..... 17
Figura 4. Relação entre a altura das redes e a intercepção da água do neveoiro..... 18
Figura 5. Variação das precipitações anuais em Serra Malagueta na Ilha de Santiago entre 1977 e 2005..... 20
Figura 6. Valores da humidade relativa média do ar em Serra Malagueta (1994-2001)..... 21
Figura 7. Deslocação à estação meteorológica para recolha dos dados..... 23
Figura 8. Redes de captação do Posto com 3 módulos de malhas com dimensões 3.4m×2.0m (comprimento×altura) perfazendo um total de 40.8m^2 de rede..... 24
Figura 9. Redes de captação de AN com 5 módulos com malhas de dimensões 3.8 m × 1.85 m para o primeiro módulo à esquerda e 2.95 m × 1.86 m para as restantes 11 malhas somando um total de 81.45 m^2 de rede..... 25
Figura 10. Redes de captação do Pedra Comprida com 6 módulos de rede com malhas de dimensões 3,0m×1.90m (comprimento×altura) somando 68,4 m^2..... 25
Figura 11. Filtro de areia, jorra e pedra introduzido no sistema para captar as impurezas que provêm da rede de captação..... 26
Figura 12. Apresentação do sistema de captação da água do nevoeiro de Montona ao responsáveis do PNUD para a área do ambiente, um dos patrocinadores do Projecto Áreas Protegidas de Cabo Verde, no âmbito do qual foi instalado esse sistema..... 27
Figura 13. Sistema de captação da água do nevoeiro de Agu Nobu, uma das zonas onde foram feitas as experiências. Através da malha inferior do maior módulo de rede, que possui um espelho de água na base, podem-se ver três módulos de rede..... 27
Figura 14. Vista superior do espelho de água do maior módulo de captação de água com mais de 5 metros de altura. É o único módulo que possui um espelho de captação..... 27
Figura 15. Vista de 3 módulos de Agu Nobu com calhas de tubo PVC de 0,2 m de diâmetro e com esqueleto de mógno e suportes de ferro para prevenir os efeitos do vento na Zona de Agu Nobu no Parque Natural de Serra Malagueta..... 28
Figura 16. Vista detalhada da calha de tubo PVC que recolhe a água captada e da malha inferior da rede de fabrico Chileno. Devido à humidade das redes é possível verificar a presença de líquenes e poeiras que se incrustaram na rede..... 28
Figura 17. Taxa de captação de água pelas redes de captação de água do Posto e de Agu Nobu em 2007 e 2008 no Parque Natural de Serra Malagueta..... 29
Figura 18. Localização do parque Natural de Serra Malagueta na Ilha de Santiago e das três zonas onde se encontram os SCAN (Posto, Agu Nobu e Montona)..... 30
Figura 19. Relação entre a [1]velocidade do vento e a quantidade de água captada ao longo de 2008 em Agu nobu, Montona e Posto..... 32
Figura 20. Distribuição e velocidades médias dos ventos por quadrantes e precipitações horizontais provocadas por esses ventos no mês de Julho de 2008..... 33
Figura 21. Distribuição e velocidades médias dos ventos por quadrantes e precipitações horizontais provocadas por esses ventos no mês de Agosto de 2008..... 33
Figura 22. Variação da temperatura, humidade relativa do ar, temperatura do solo e radiação global entre Novembro de 2007 e Dezembro de 2008..... 34

Figura 23. Distribuição e velocidades médias dos ventos por quadrantes e precipitações horizontais provocadas por esses ventos no mês de Outubro de 2008..... 35
Figura 24. Distribuição e velocidades médias dos ventos por quadrantes e precipitações horizontais provocadas por esses ventos no mês de Novembro de 2008..... 35
Figura 25. Distribuição e velocidades médias dos ventos por quadrantes e precipitações horizontais provocadas por esses ventos no mês de Dezembro de 2008..... 36
Figura 26. Comparação da quantidade de água captada pelos sistemas de captação de Agu nobu, Posto e Montona entre Outubro e Dezembro de 2008..... 37
Figura 27a. Variação da precipitação horizontal com a velocidade do vento entre os dias 11 e 12 de Julho de 2008..... 39
Figura 27b. Variação da precipitação horizontal com a velocidade do vento entre os dias 12 e 13 de Julho de 2008..... 39
Figura 27c. Variação da precipitação horizontal com a velocidade do vento entre os dias 13 e 14 de Julho de 2008..... 40
Figura 28. Precipitação média mensal e velocidade média mensal por quadrantes entre Maio e Dezembro de 2008..... 40
Figura 29. Variação da precipitação média mensal com a velocidade média mensal por quadrantes entre Maio e Dezembro de 2008..... 41
Figura 30. Valores máximos mensais de água captada entre Janeiro e Dezembro de 2008 em Agu Nobu, Posto e Montona (eixo secundário), e as velocidades médias do vento nos dias do mês em que esses máximos aconteceram em cada zona (eixo primário)..... 42

Índice de tabelas

Tabela 1. Primeiros resultados obtidos por diferentes investigadores em outras partes do mundo..... 16
Tabela 2. Taxas mensais de água captada em 2007 pelos sistemas de captação de água do Posto e Agu Nobu..... 31
Tabela 3. Precipitação total, precipitação oculta, velocidade média do vento e taxas mensais de água captada em Agu Nobu, Posto e Montona em 2008..... 31
Tabela 4. Valores médios da precipitação horizontal, velocidade do vento, humidade relativa média do ar, radiação global e temperatura do ar..... 38
Tabela 5. Valores médios da precipitação horizontal, temperatura do ar e % de precipitação horizontal entre as 16:30 e 9:30..... 41
Tabela 6. Resumo dos resultados obtidos na análise de uma amostra de água recolhida em Agu Nobu..... 45

Abreviaturas e Acrónimos

ZCIT – Zonas de Convergência Inter-tropical

PNSM – Parque Natural de Serra Malagueta

INMG – Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica

PANA – Plano de Acção Nacional para o Ambiente

PANA II – Segundo Plano de Acção Nacional para o Ambiente

AN – Agu Nobu

Po – Posto

PC – Pedra Comprida

SM – Serra Malagueta

INIDA – Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário

SCAN – Sistema de Captação da Água do Nevoeiro

LWC – Liquid Water Content – Conteúdo em Água Líquida

ZEE – Zona Económica Exclusiva

INGRH – Instituto Nacional dos Recursos Hídricos

1. Introdução

APESAR da crescente preocupação da comunidade internacional a respeito da problemática da água patente no quadro complexo das mudanças climáticas no início deste milénio, em algumas regiões do globo como Cabo Verde ou Chile, esta não é uma preocupação recente. Embora relativamente tardia, a problemática ambiental ganhou realce entrando definitivamente na agenda internacional nos finais do séc. XX, concretamente com a Cimeira da Terra realizada pelas Nações Unidas em 1992 no Rio de Janeiro, Brasil. Essa nova abordagem das questões ambientais emanada dessa conferência sobre o Ambiente e Desenvolvimento, mobilizou países a nível local, regional e global, transmitindo uma nova dinâmica às questões ambientais, que passaram a ser integradas de forma mais explícitas nas questões de planeamento.

Para países como Cabo Verde que desde muito cedo têm convivido diariamente com esse cenário preocupante, começava uma nova era de iniciativas. Assim, de imediato aderiu às três convenções específicas que emanaram dessa conferência, concretamente a Convenção sobre a Desertificação e os Efeitos da Seca, a Convenção sobre a Biodiversidade e a Convenção – Quadro sobre as Mudanças Climáticas. Para isso procedeu à elaboração de um conjunto de documentos, entre os quais o Programa de Acção Nacional (PANA) e o Guia Metodológico para a implementação do Programa de Acção Nacional de luta contra Desertificação e as Estratégias e os Planos de Acção das Convenções sobre a Biodiversidade e Mudanças Climáticas. Desse modo, foi adoptada uma estratégia de abordagem participativa e de descentralização dos serviços para facilitar a posterior implementação das medidas tomadas, com linhas de orientação baseadas na capitalização de experiências e desenvolvimento de sinergias para uma intervenção concertada e integrada das referidas convenções.

Com a elaboração do Plano Nacional de Desenvolvimento 2002-2005 e o Plano Nacional de Acção para o Ambiente 2004-2014 – PANA II, foram identificados os problemas ambientais e definidos os eixos estratégicos da política ambiental em Cabo Verde. O PANA II identifica a deficiente disponibilidade de água potável como um dos principais problemas ambientais do Arquipélago, tendo definido a Gestão sustentável dos recursos naturais, a Conservação e valorização da natureza e do território, protecção da biodiversidade e da paisagem como alguns dos eixos estratégicos decorrentes da necessidade de integração da problemática ambiental na política nacional, no âmbito da lei

de Bases da Política do Ambiente (lei nº 86/IV/93) que fixa as grandes orientações e define o quadro legal que deve reger as relações do Homem com o ambiente.

É no âmbito das estratégias de luta contra a desertificação, mudanças climáticas e protecção de biodiversidade que foi aprovado o decreto-lei nº 3 de 2003 que aprova o regime jurídico dos espaços naturais em Cabo Verde. Esse diploma ainda estabelece o regime jurídico das paisagens, monumentos e lugares que tenham interesse de ordem ecológica, sócio-económica, cultural, turística ou estratégica que merecem uma protecção especial e integram-se na rede Nacional de Áreas Protegidas. Assim, no contexto da conservação da natureza e desenvolvimento sustentável, foi criada uma rede nacional de 47 espaços naturais protegidos distribuídos pelas várias ilhas do arquipélago.

Devido ao aumento gradual da desertificação em Cabo Verde, com influência na diminuição da disponibilidade da água potável e na diminuição das reservas subterrâneas, deu-se início, em 2004, à implementação do projecto Áreas Protegidas que visava, entre outras coisas, o desenvolvimento de alternativas de subsistência às comunidades beneficiadas, de modo a reduzir a pobreza e, consequentemente, a pressão sobre os recursos naturais do território protegido. E é nesse contexto de protecção, conservação e desenvolvimento de alternativas geradoras de rendimento que se deparou com algumas potencialidades de exploração dos recursos naturais nos territórios protegidos. Assim, as dificuldades inerentes ao acesso à água potável nas comunidades mais remotas, obrigado-as a deslocarem-se longas distâncias para obter alguns litros de água, estiveram na origem de uma nova demanda para encontrar alternativas mais viáveis de abastecimento de água a essas comunidades. Surge então, no Parque Natural de Serra Malagueta, situada na ilha de Santiago, o projecto de captação de água através da água do nevoeiro.

Dadas as evidentes potencialidades de captação da água do nevoeiro no Parque Natural de Serra Malagueta, decorrente de muitas observações efectuadas, foi instalado nos finais de 2006, no âmbito do projecto áreas protegidas de Cabo Verde, um conjunto de captadores de água. Esses colectores que, conjuntamente com os sistemas de filtros e tubagens, constituem o SCAN (sistema de captação de água do nevoeiro) de Serra Malagueta, encontram-se em 3 diferentes zonas: Posto, Agu Nobu e Montona.

Instalados com o intuito de diminuir a carência de água na região do Parque Natural (PN) onde a água potável disponível é um recurso muito escasso, com as famílias a deslocarem-se para muito longe para recolher água para as necessidades básicas como confeccionar os alimentos ou beber, os sistemas têm dado uma resposta positiva às

comunidades beneficiadas. Todavia ainda é preciso saber se essa população está ou não a tirar o máximo benefício das potencialidades do PN para a captação da água do nevoeiro.

Tendo a água potável sido considerada, durante muito tempo, um recurso inesgotável e abundante, o mau uso a que foi sujeito degradou a sua qualidade e, aliado à crescente necessidade desse recurso, ela constitui uma preocupação actual para especialistas e autoridades. A situação actual da água vai desde a falta de potabilidade e escassez, o que acontece quando a disponibilidade da água é inferior a 1000 m^3 por pessoa e por ano, até à sua gestão ineficiente, encontrando-se na origem de doenças que matam, anualmente, mais de três milhões de pessoas. No mundo inteiro mais de um bilhão de pessoas não têm acesso à água potável e mais de dois bilhões não têm acesso ao saneamento básico. Perspectiva-se que no continente Africano vinte e cinco países vão sofrer de escassez ou *stress* hídrico (quando a água disponível anualmente por pessoa é inferior a 1700 m^3) em 2025, mais dez do que os registos de 2000. Nos outros continentes essa problemática prende-se com o abastecimento de água (na Ásia 30% dos habitantes não têm acesso à água potável), com a sobrexploração dos recursos subterrâneos, na Europa e Ásia Central, com a degradação dos ecossistemas marinhos e costeiros com conteúdos excessivos de fertilizantes que tem levado ao desaparecimento progressivo de espécies piscatórias, na América do Norte, e contaminação com isótopos radioactivos nos sedimentos marinhos do Ártico, nas regiões polares. A problemática da água no mundo não se deve à quantidade de água propriamente dita, mas à sua distribuição pelo planeta, uma vez que apenas 2,5% é água doce, dos quais mais de 99% encontram-se aprisionadas em glaciares, calotes polares ou no subsolo. A quantidade de água doce utilizável situa-se perto dos 0,5%, dos quais 0,35% encontra-se nos lagos e pântanos, 0,04% na atmosfera e apenas 0,01% nos rios, que é a parte a que se pode aceder com maior facilidade. Apesar de 30% da água se encontrar no subsolo, o problema que se coloca muitas vezes prende-se com os custos, uma vez que o processo envolveria um suporte técnico e económico incomportável (Cunha *et al.*, 1980 *cit. in* Machado, 2006).

Numa era de adaptação às mudanças climáticas, alvo de preocupação global, a captação da água do nevoeiro afigura-se como uma alternativa para o abastecimento de água às comunidade mais remotas, ou mais flageladas pela carência de água, em lugares com essas potencialidades. Daí a necessidade de despertar o interesse de estudiosos e autoridades para essa alternativa que pode ser bastante viável comparativamente com as outras formas de mobilização de recursos hídricos para esses locais. Alguns estudos levados a cabo no

Chile (Tapia e Zuleta, 1980), na Madeira (Prada, 2007) ou Canárias (Jaén e Megía, 2008), demonstraram um grande potencial hídrico dos estratocúmulos subtropicais.

Com base no pressuposto de que a água do nevoeiro é uma fonte alternativa ou complementar de abastecimento de água às comunidades remotas, em zonas com potencialidades para a captação da água do nevoeiro, propôe-se, com esta dissertação, atingir os seguintes objectivos: primeiro determinar as potencialidades de captação da água do nevoeiro no Parque Natural de Serra Malagueta. Neste sentido, com base nas experiências de intercepção directa da água do nevoeiro efectuadas, vai ser feita a análise dos dados da quantidade de água captada pelos sistemas de captação da água do nevoeiro de Serra Malagueta, comparativamente com os valores das precipitações ocultas registadas durante 2007; segundo, analisar a relação entre as variáveis meteorológicas e as precipitações ocultas em Serra Malagueta; terceiro, determinar a eficiência das redes de captação da água do nevoeiro no Parque Natural de Serra Malagueta; quarto, estimar a área de rede capaz de abastecer toda a comunidade do Parque Natural de Serra Malagueta; quinto, contribuir para a sensibilização das autoridades competentes para captação da água do nevoeiro como alternativa complementar ao abastecimento de água às comunidades em lugares onde existem tais potencialidades. Neste sentido pretende-se que, com as conclusões emanadas deste trabalho, a água do nevoeiro constitua uma alternativa ao abastecimento de água, capaz de sensibilizar as autoridades competentes; e sexto, divulgar a experiência de captação da água do nevoeiro em Serra Malagueta como forma de adaptação às alterações climáticas no mundo.

2. As Precipitações Ocultas

Em algumas regiões da Terra, a formação de nuvens do tipo estratocúmulo deve-se a uma estrutura anómala das camadas baixas da atmosfera gerada por uma inversão térmica de subsidência entre os 1000 metros e 1500 metros de altitude, que comprime o ar desde a parte superior e impede o desenvolvimento da nebulosidade estratiforme na vertical. Esse género de nuvens que se formam próximos da superfície terrestre, são compostas por gotas e gotículas de água e têm temperaturas positivas (Marzol e Megía, 2008). Em certas regiões do globo, além de uma inversão de subsidência persistente, alguns países como Canárias e Cabo Verde, estão sob o efeito das correntes frias do oceano que intensificam a alteração do gradiente térmico vertical (gradiente positivo) levando grandes quantidades de vapor de água, o que contribui para a formação das gotas de nuvem.

Essas nuvens são constituídas fundamentalmente por gotas de água de diâmetro muito reduzido que varia entre 1 µm (Schemenauer, 1991 *cit. in* Prada, 2000), abaixo do qual se considera estar na presença de neblina, e 200 µm, acima do qual se considera estar na presença de chuva (Glickman, 2000). Essas gotículas de água, devido ao seu reduzido tamanho, ficam suspensas na atmosfera pelo facto de as suas velocidades de queda serem inferiores à velocidade das correntes ascendentes que existem no interior das nuvens. As gotas com diâmetros compreendidos entre 1 e 200 µm têm velocidades de deposição muito baixas, variando entre 1 e 75 $cm.s^{-1}$ (Beard e Pruppacher, 1969 *cit. in* Prada 2000), o que faz com que sejam arrastadas por ventos com velocidades a partir de 1 $m.s^{-1}$, daí a designação de precipitação horizontal ou precipitação oculta.

Figura 1. Vista de um nevoeiro de montanha em Serra Malagueta a mais de 800 metros de altitude.

Várias são as designações pelas quais é conhecido esse fenómeno, mas todas pressupõem a ocorrência de significativa deposição de gotas de água quando as nuvens

entram em contacto com um obstáculo. Essas nuvens são constituídas por uma fase gasosa, uma fase sólida e uma fase líquida. A primeira é a mais abundante, sendo formada essencialmente por vapor de água; a segunda, por sua vez, é constituída por minúsculos cristais de gelo. A fase líquida, por último, é constituída por gotículas de água de diâmetros variáveis consoante a temperatura da região onde essa formação ocorre, com os maiores diâmetros em regiões sob a influência de massas de ar marítimo tropical.

Não havendo verdadeira diferença entre nuvem e nevoeiro, designação dada às nuvens de superfície, i.e., uma nuvem baixa com base assente na superfície topográfica, o nevoeiro não é um fenómeno climático contínuo e persistente (Wanner e Kunz, 1983 *in* Eugster, 2008) pelo que as investigações neste campo estão associadas a locais onde se verifica a ocorrência desse fenómeno, sendo considerado uma componente indissociável do clima dessa região. É o caso de São Francisco, nos EUA, devido à sua proximidade das água frias do Oceano Pacífico e de Londres, no Reino Unido, cujo nome se encontra íntimamente ligado ao nevoeiro devido a um fenómeno descrito em 1871 (Blake, 1871 *in* Eugster, 2008) como "nevoeiro típico de Londres" actualmente conhecido como "smog", a combinação de fumo e nevoeiro denso (smoke+fog).

Todavia, passado mais de um século, a química do nevoeiro continua a ser um dos mais activos campos de investigação científica. No entanto, ainda existem algumas inconsistências na utilização dessa terminologia, como por exemplo na Alemanha, onde se utiliza a designação "fog forest" quando a designação em inglês é "cloud forest" mesmo quando as nuvem atingem a superfície terrestre, daí a necessidade de agrupar as terminologias existentes e as mais usadas levada a cabo por Bruijnzeel *et al.* e Anderson em 2005 (Eugster, 2008).

Tendo em conta o processo de formação e o lugar onde se formam, podem ser distinguidos sete tipos de nevoeiros: "nevoeiro de radiação", "nevoeiro marinho", "nevoeiro de vapor", " nevoeiro de advecção", "nevoeiro costeiro", "nevoeiro de vale" e "nevoeiro de montanha". O primeiro, também designado "nevoeiro de superfície ou nevoeiro estático" é a designação que se atribui ao nevoeiro que se forma em algumas regiões devido à acumulação de ar frio durante a noite ou por longos períodos durante o inverno. "Nevoeiro marinho" e "nevoeiro de vapor" são nevoeiros que se formam sobre o oceano com a diferença do primeiro se formar através do processo de arrefecimento do ar húmido sobre a superfície das águas frias do mar, enquanto que o segundo se forma quando o ar frio com baixa capacidade de saturação de vapor flui sobre a superfície de

águas mornas cuja taxa de evaporação é superior à que o ar frio pode absorver, levando a que o vapor em excesso condense formando minúsculas gotas de água. Na presença de vento estável pode ocorrer movimento de camadas de nevoeiro de um determinado local onde tenha ocorrido a sua formação para outro gerando um outro tipo de nevoeiro que se denomina "nevoeiro de advecção ou nevoeiro dinâmico". Em comparação com "nevoeiro de radiação", "nevoeiro de advecção" apenas requer ventos fracos ou massas de ar estáticas, sendo que as gotas possuem diâmetros compreendidos entre 1 e 30 µm podendo atingir 50 µm em "nevoeiros de radiação" (Bruijzeel *et al.* 2005 *in* Eugster 2008). "Nevoeiro costeiro" por seu lado é um nevoeiro do tipo "nevoeiro de advecção" que se forma ao longo da zona costeira. "Nevoeiro de vale" é um nevoeiro do tipo "nevoeiro de radiação" que se forma nos vales enquanto que "nevoeiro de montanha" é uma nuvem que se move sobre a superfície a uma certa altitude e acaba por atingir a superfície quando encontra uma montanha como barreira orográfica.

2.1. Estudos do fenómeno do nevoeiro

O fenómeno aqui em estudo não pertence aos principais campos de investigação científica, mas alguns estudos levados a cabo sugerem que uma diminuição na frequência de nevoeiro pode afectar grandemente os habitats locais, podendo levar a uma diminuição significativa de alguns anfíbios em "cloud forests – florestas de nevoeiro" (Pounds *et al.*, 1999). Acredita-se, porém, que podem ser as espécies que mais rapidamente respondem a essa mudança, podendo mesmo servir como indicadores de mudança climática. Por outro lado, alguns estudos concluíram que as precipitações ocultas contribuem grandemente para a recarga de aquíferos subterrâneos, chegando mesmo a ser a maior fonte de recarga em alguns locais, dependendo da quantidade de chuva que cai nesses locais (Liu *et al.*, 2004). Nas florestas com muito nevoeiro (cloud forests) verificou-se que as árvores usavam as suas folhas para captar a água que servia tanto para sua hidratação como para a recarga dos lençóis freáticos, tendo-se verificado uma diminuição na captura de água quando essas árvores são cortadas (Ingwerson, 1985 *cit. in* Liu *et al.*, 2004). Em lugares de climas áridos onde as precipitações são irregulares ou ausentes durante muitos meses, a contribuição do nevoeiro deve ser considerado uma fonte muito importante de água no contexto hidrológico. Outros estudos indicam que uma entrada da água do nevoeiro no ecossistema

terrestre pode ser mais benéfica no caso de nutrientes (nitrogénio, fosfato, sulfato) ou prejudicial no caso de poluentes, que a água das chuvas (Eugster, 2008).

Entre as expressões que emergiram para denominar o fenómeno das precipitações ocultas, a que melhor caracteriza este fenómeno é o da intercepção directa da água das nuvens uma vez que uma deposição significativa da água do nevoeiro pressupõe a existência de um obstáculo. Assim, desde há muitos séculos, a observação corrente do gotejar das árvores, arbustos ou outros obstáculos naturais em lugares onde o nevoeiro é frequente, despertou o Homem para a possibilidade de obter água potável a partir do nevoeiro. Sendo certo que apenas uma ínfima percentagem do conteúdo da fase gasosa do nevoeiro pode ser interceptado, menos de 0,5 $g.m^{-3}$, a ideia base é criar um obstáculo artificial ou natural capaz de interceptar as gotículas de água em suspensão existentes no nevoeiro. À medida que o nevoeiro vai passando, vão ficando retidas algumas gotas de água no obstáculo interposto perpendicularmente ao fluxo, e a precipitação acaba por acontecer pelo processo de coalescência (as gotas tornam-se maiores e cada vez mais pesadas). Uma vez que apenas a décima parte da fase gasosa constitui a fase líquida de uma nuvem ou nevoeiro, só é removido 10% da água de uma formação nebulosa pelo que os impactos ecológicos dessa actividade podem ser considerados mínimos (Rodrigues, 1993 *cit. in* Prada, 2000), o que é distinto das actividades de indução artificial de precipitação onde essa preocupação é mais adequada.

Um dos mais antigos processos de captação da água do nevoeiro foi construído a mais de 2000 anos na antiga cidade da Teodósia, na Crimeia. Esse sistema era constituído por blocos calcários e debitava diariamente mais de 730 toneladas de água, alimentando 114 fontes da cidade. Inspirado pela descrição de Hitier, Chaptal construíu um sistema de pedras calcárias de arestas vivas que foi testado em 1930 e 1931 em Montpelier, mas que não foi bem sucedido devido ao ar seco e nevoeiro pouco frequente da região (Cunha, 1964). A mesma razão esteve na origem do fracasso do projecto do "poço aéreo" de um engenheiro belga, Knapen, implementado na Argélia e na Tunísia. Cunha (1964) também documenta uma experiência semelhante (sistema de captação por empilhamento de pedras) muito mal sucedida em Cabo Verde, mas cuja justificação se prende ao facto de as pedras utilizadas serem demasiado absorventes, devido ao elevado grau de alteração das rochas.

Dada a escassez da água para consumo, ainda que seja como complemento das fontes tradicionais de abastecimento de água em algumas comunidades em lugares com pouca vegetação, surgiu a necessidade de criar outros tipos de obstáculos. Com esse objectivo,

passaram a ser instalados aparelhos colectores em forma de rede ou com estruturas cilíndricas em harpa, cuja produção de água depende da dimensão, eficácia e das condições climáticas locais (Schemenauer, 1991 *in* Prada, 2000). Porém, a instalação desses sistemas comporta alguns custos, o que leva a que se tenha em conta a verdadeira viabilidade económica desses sistemas, daí a necessidade de efectuar as primeiras medições da quantidade de água captada através da colocação de redes metálicas sobre vulgares udógrafos.

Em 1952 Grunow desenvolveu o colector de Hohenpiessenberg que foi muito utilizado durante a década de 50 e 60 do século passado. Concebido com o objectivo de ser um equipamento de leitura directa, o aparelho era constituído por um cilindro vertical de rede metálico com as mesmas dimensões de um udómetro convencional de 200 cm^2 de boca sobre o qual é colocado (20 cm altura por 10 cm de diâmetro). A rede funciona como um obstáculo interposto perpendicularmente ao fluxo, fazendo a água precipitar para o recipiente por coalescência. No entanto, esse sistema apresentava alguns inconvenientes, como o facto do cilindro se comportar como um objecto sólido, o que provoca o desvio do fluxo, sendo que apenas uma pequena parte da água contactava com o colector. Outro inconveniente estava associado ao facto de o dispositivo sobrestimar o valor da precipitação quando o ângulo incidente das chuvas era menor ou igual a 8º. Algumas experiências levadas a cabo utilizando esse sistema de quantificação demonstraram que apenas 20% do conteúdo da água do nevoeiro ficava retido (Twomey, 1957 *in* Prada,2000).

Dada a dificuldade em quantificar a quantidade de água captada e a influência dos parâmetros meteorológicos, foi efectuada uma experiência em Gibraltar em que se utilizou duas telas de rede galvanizada do tipo rede de mosquiteiro de 1,5 mm de malha com dimensões 180 cm x 90 cm (Hurst, 1959 *cit. in* Prada, 2000). Entre os dois tipos de rede utilizados uma era constituída por malhas duplas e a outra por malhas simples. Partindo de estudos teóricos que previam um rendimento horário de 1 litro por cada tela para uma velocidade de vento de 5 $m.s^{-1}$, reparou que o rendimento aumenta com o vento, mas que essa relação não era linear, uma vez que com o vento fraco o rendimento era maior na tela simples, favorecido pelo facto de impor menor obstáculo à passagem do vento. Pelo contrário, com o vento forte, a tela dupla evita o arrastamento das gotas pelo vento, que é muito maior na tela simples. Os resultados indicaram uma taxa horária de captação durante o Verão de 4 litros na tela dupla e 7 litros na tela simples.

Entre as várias experiências efectuadas pelo mundo fora, Cabo Verde esteve na rota de Cunha (1964) que ensaiou, em 1961, o captador de Hohenpiessenberg. Reparou que os udómetros normais captavam muito menos água que aqueles que possuíam o captador Hohenpiessenberg. Entre Janeiro e Julho, meses secos, foi registada uma precipitação oculta de 406 mm e apenas 27,8 mm de precipitação. Em 1963 efectuou experiências em quatro locais com telas verticais de 2 m^2 de área e obteve valores médios de 40 litros de água por dia, tendo obtido caudais de ponta diários de 100 litros, 200 litros ou 298 litros. Entre as conclusões que conseguiu tirar, verificou que era preferível usar plástico como material de malha a metal devido ao rápido processo de oxidação pelo qual passam esses materiais. A utilização de telas duplas podia captar quantidades de água com algum interesse para o abastecimento de água às comunidades que vivem nas encostas húmidas do arquipélago. Goodman (Goodman ,1977 *cit. in* Prada, 2000) concluiu, por seu lado, que a variação das taxas diárias de precipitação oculta recolhida por intercepção directa deve-se ao próprio conteúdo de água líquida no nevoeiro que por sua vez varia de acordo com o momento do dia e a altitude, o que pode ter vindo na sequência da experiência de Vogellman em 1968 citado por Prada (2000) que concluiu que quanto maior é a altitude, maior é a ocorrência de nevoeiros, maior é a velocidade do vento e, por conseguinte, maior é a precipitação oculta. À mesma conclusão chegaram Cereceda e Schemenauer (1991) quando utilizaram o neblinómetro com configuração em harpa (com 180 fios de nylon de 0,4 mm de diâmetro dispostos num painel vertical de dimensões 50 cm x 50 cm) desenhado por Carvajal em 1982 para medir o conteúdo de água líquida (LWC – *Cloud Liquid Water Content*) do nevoeiro numa experiência no Chile. Ainda concluíram que a quantidade de água captada dependia do tempo de duração do nevoeiro.

Tendo em conta a grande variedade de sistemas de colecta de água de nevoeiro utilizado pelos cientistas à escala global, mais tarde, em 1994, Schemenauer e Cereceda propuseram um colector de nevoeiro para permitir a comparação dos dados das experiências levadas a cabo pelo mundo fora. Ao sistema denominou "*Standard Fog Collector - SFC*", que consiste de uma armação metálica com malhas de rede plástica de dimensões 1 m x 1 m colocada a dois metros do solo. É um material de fabrico chileno que pode ser encontrado com facilidade e a baixo custo, podendo durar até dez anos. É uma rede triangular de plástico com fibras de 1 mm de largura com espaçamentos entre linhas horizontais de 1,3 cm, muito parecido com o que tinham desenhado num projecto em El Tofo, em 1991. A malha de rede dupla ocupa 60% da superfície total do colector, sendo

que apenas 40% fica descoberta para permitir a passagem do vento. A maior inconveniência desse sistema prende-se ao facto da rede se encontrar numa posição fixa, preferencialmente na direcção do vento dominante para diminuir as perdas aquando da variação da direcção do vento.

No entanto, apesar da sugestão de Schemenauer e Cereceda para o uso de colectores standards (SFC) para permitir a comparação de dados, um estudo recente que decorreu na região de Valência, Espanha, preferiu usar colectores cilíndricos para evitar os inconvenientes dos colectores standards quando a direcção do vento é paralela à superfície do painel (Estrela *et al*., 2008). Tendo como alvo de estudo os nevoeiros orográficos e de advecção, a região satisfazia todos as condições geográficas para a ocorrência e captação de nevoeiro como a altitude e a proximidade ao mar (menos de 10 km). Esse estudo, que tinha como objectivo relacionar a ocorrência do nevoeiro com as condições geográficas e climáticas do lugar, concluiu que as flutuações na frequência do nevoeiro poderiam ficar a dever-se ao desenvolvimento e dissipação do nevoeiro orográfico, uma vez que este está relacionado com as variações diárias da temperatura. Assim, quando a temperatura diminui o vapor de água contido no ar ascendente condensa e produz nevoeiro. Pelo contrário, um aumento na temperatura, ao meio-dia, inibe a formação do nevoeiro, uma vez que o arrefecimento do ar ascendente é insuficiente para favorecer a formação de nevoeiro.

2.2. Quantificação do aproveitamento da água do nevoeiro

Tendo em conta que o nevoeiro é um hidrometeoro, a sua quantificação pode ser efectuada com base nos mesmos princípios da hidráulica. Partindo do pressuposto que a quantidade de água captada depende fundamentalmente da velocidade do vento e do conteúdo aquoso do nevoeiro, que pode ir até aos $0{,}5 g.m^{-3}$ de ar, Tapia e Zuleta (1980) estabeleceram as bases para ter uma unidade de medida que permitisse comparar os resultados de investigações efectuadas com qualquer tipo de instrumentos em qualquer parte do mundo. Desse modo, a quantidade de água captada será proporcional à superfície do obstáculo vertical exposto, à velocidade do vento e ao conteúdo de água líquida precipitável do nevoeiro (figura 2).

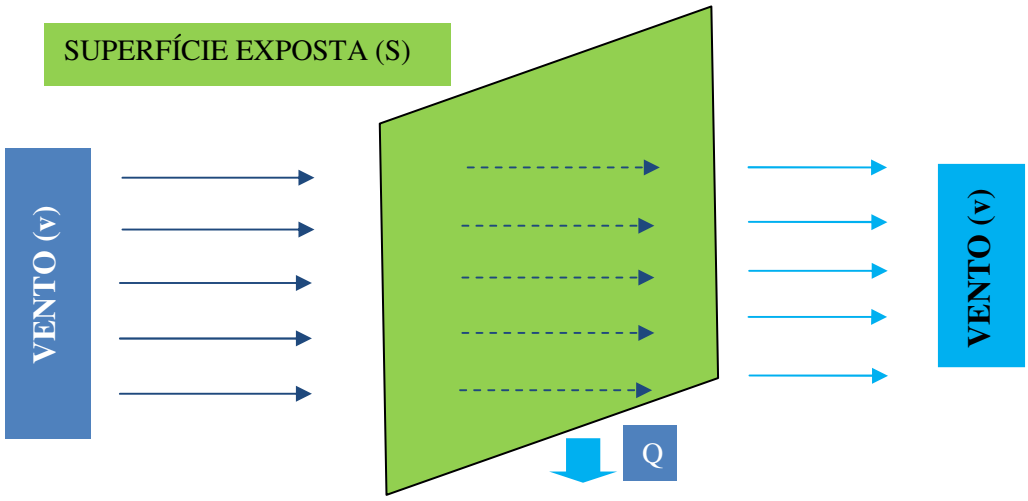


Figura 2. Esquema representativo do processo de captação da água do nevoeiro.

De acordo com a figura, e aplicando a equação da continuidade, pode-se expressar a quantidade de água captada **Q**, em $g.s^{-1}$, pela superfície exposta **S**, em m^2, em função da velocidade do vento **v**, em $m.s^{-1}$, e do conteúdo de água do nevoeiro **q**, em $g.m^{-3}$, pela equação: $\mathbf{Q = S \times v \times q \times r}$, sendo **r** ($\mathbf{r} \leq 1$) a eficiência ou rendimento do colector ou obstáculo (Tapia e Zuleta, 1980).

2.3. As precipitações ocultas em Cabo Verde

2.3.1. Características gerais

Com uma superfície total de 4033 km^2, o arquipélago de Cabo Verde encontra-se na encruzilhada de três continentes localizado em pleno Oceano Atlântico entre os paralelos 14º48' e 17º12', de latitude Norte, e os meridianos 22º44' e 25º22', de longitude Oeste. Com a configuração de um semicírculo aberto para o ocidente, de 250 km de diâmetro (INGRH), é constituído por 10 ilhas e treze ilhéus e encontra-se localizado a 450 km da costa ocidental africana, ao largo do Senegal. Apresenta uma zona económica exclusiva (ZEE) de 734.000 km^2 e a linha de costa estende-se por cerca de 1.020 km, preenchida por praias de areia branca e areia negra alternadas com escarpas.

Tendo o arquipélago sido formado na era terciária e quaternária de origem vulcânica, as ilhas mais antigas (Maio, Boa Vista e Sal) situam-se no extremo Este, apresentando uma altitude máxima de 437 metros (ilha do Maio), enquanto que as ilhas mais recentes se

situam na parte Oeste e atingem altitudes de 1979 metros no Norte do país, em Santo Antão, e 2829 metros no Sul, na ilha do Fogo, onde ainda se encontra um vulcão activo cuja última erupção data de 1995. Apresentando um relevo geralmente acidentado, apenas as três ilhas do extremo Este são relativamente planas, enquanto que as outras são montanhosas, com vales estreitos e profundos, testemunhos de uma forte erosão fluvial que teve lugar numa época antiga de fortes precipitações.

Assolado por episódios frequentes de seca, Cabo Verde encontra-se sob a influência da zona climática Saheliana que lhe confere um clima do tipo subtropical seco, caracterizado por uma curta estação das chuvas, que se estende de Julho a Outubro, com precipitações torrenciais que se distribuem de modo irregular no espaço e no tempo. As precipitações médias variam de acordo com o relevo, sendo que as ilhas mais planas são as menos chuvosas, verificando-se um valor mínimo nacional de 60 mm no Sal, enquanto que as ilhas mais montanhosas apresentam os maiores valores das precipitações médias com máximas nacionais no Fogo, de 495 mm. Além dessas condições climáticas bastante desfavoráveis à prática agrícola, apenas 10% de todo o território que corresponde a uma área de 403 km^2, é solo arável. A maior parte, cerca de 52,3% do solo arável, encontra-se na ilha de Santiago, que é a maior ilha do país com uma superfície de 1007 km^2, onde a precipitação média anual é de 321 mm.

Sendo fortemente afectada pela seca, a nível demográfico a emigração é um dos factores que afecta grandemente o país, provocando o êxodo que favorece a acumulação de pessoas nos centros urbanos e a diminuição da população residente com a procura de terras estrangeiras. No entanto, com a implementação dos programas ambientais nacionais de desenvolvimento (diminuição da pobreza, valorização e protecção da natureza e dos recursos endógenos), as comunidades rurais têm beneficiado de melhores condições para a sobrevivência nos seus locais de origem. Perspectivas de evolução da população para 2020 apontam um crescimento previsto de 573.227 habitantes em 2010 para 743.317 habitantes, dos quais mais de 66% residirão nos centros urbanos. Todavia, sendo a quantidade de terra disponível para prática agrícola tão exígua, existe uma grande pressão antrópica sobre as terras, agravando os efeitos da desertificação no arquipélago. As más práticas agrícolas e o pastoreio livre conduzem à diminuição da cobertura vegetal e à degradação das terras que, com o regime de chuvas torrenciais do país, faz com que sejam arrastados anualmente cerca de 6000 $ton.km^{-2}$. Esse arraste de sólidos é favorecido também pela própria orografia das ilhas onde existem pendentes abruptas e solos pouco profundos.

Encontrando-se inserido na zona climática árida Norte-africana fortemente influenciada na última década pela aridez Saheliana e pelo Oceano Atlântico que modera as flutuações térmicas, Cabo Verde apresenta particularidades climáticas muito específicas. O seu clima é influenciado pela corrente fria das Canárias e principalmente pelos ventos alísios proveniente do Nordeste com 80%, a monção do Sudoeste com 5% e pelo Harmatão proveniente do Este com 6% de frequência (Brochmann, C., Rustan, Ø. H., Lobin, W., Kilian, N.1997). Os alísios são húmidos e sopram de forma constante entre Novembro e Junho. A monção do sudoeste é quente e húmida, irregular e instável e sopra entre Agosto e Outubro dando origem às chuvas. O Harmatão por seu lado, é um vento muito seco proveniente do Este que sopra ocasionalmente entre Outubro e Junho, transportando grandes quantidades de poeira de origem Sahariana responsável pelo fenómeno de bruma seca que anualmente tem lugar no arquipélago. São esses sistemas ventosos, acompanhados da grande variabilidade orográfica que dão origem a microclimas específicos com temperaturas, ventos e humidades específicos. Assim, sobre as vertentes montanhosas expostas a nordeste (NE) a aridez é temperada pelas correntes húmidas transportadas pelos alísios que determinam uma grande quantidade de chuvas ocultas originando climas de tipo húmido e sub-húmido.

Segundo Brochmann et al. (1987), as ilhas podem ser subdivididas em cinco zonas climáticas, indo desde extremamente árido (H1), passando por árido (H2), semi-árido (H3) e sub-húmido (H4) até húmido (H5). As duas últimas tipologias climáticas, H4 e H5, encontram-se nas encostas com exposições compreendidas entre Norte e Este com altitudes a partir dos 500 metros. Estas encostas recebem importantes contribuições em precipitações ocultas favorecidas pelos nevoeiros transportados pelos ventos alísios. Por outro lado, em sectores protegidos pelo relevo prevalecem as tipologias climáticas de extremamente árida à semi-árida, sendo que esta última se encontra em altitudes mais elevadas. A média das temperaturas mínimas calculadas para as zonas costeiras é de 22º para o mês de Janeiro enquanto que a das máximas aconteceu no mês de Julho com 25,8º.

À escala sinóptica, a localização e a intensidade do anticiclone dos Açores é fundamental para o regime pluviométrico do arquipélago da Macaronésia, variando do tipo temperado pluvioso, com uma distribuição regular das chuvas durante todo o ano, devido à passagem frequente da frente polar, ao tipo tropical seco com precipitações muito concentradas em alguns dias do verão, resultante da migração latitudinal da convergência inter-tropical (ZCIT). O primeiro tipo pode ser encontrado nos Açores, mas o segundo é

encontrado fundamentalmente em Cabo Verde. Madeira e Canárias representam uma transição entre os dois tipos, com precipitações de natureza temperada, no Outono e Inverno, devido à baixa latitudinal das depressões atlânticas.

Cabo Verde é o arquipélago mais meridional do arquipélago da Macaronésia. Nos arquipélagos mais meridionais, os ventos dominantes, os alísios do nordeste proveniente do anticiclone subtropical, são os responsáveis pela diferenciação em cada ilha de uma vertente setentrional húmida e de uma meridional seca, ainda que as chuvas mais intensas tenham origem a sudoeste. Essa dissimetria não acontece nas ilhas mais setentrionais como os Açores, uma vez que a circulação anticiclónica apenas acontece esporadicamente no Verão e as chuvas associadas à circulação do Oeste favorecem a maior humidade das vertentes mais setentrionais das ilhas desse arquipélago. Por outro lado, a maior pluviosidade nos Açores, na Madeira e nas Canárias, resulta de frentes frias activas de células depressionárias migratórias com uma grande nebulosidade de desenvolvimento vertical que, pelo efeito do relevo, descarrega fortes chuvadas a meio das vertentes inclinadas. Em Cabo Verde, por seu lado, as chuvadas provêm de depressões térmicas do equador que atingem 15º de latitude Norte no Verão, que geram uma grande instabilidade convectiva, favorecida pelo aquecimento da água do mar. Essas chuvas, que são intensas e concentradas em curtos períodos de tempo, representam um forte risco de erosão no território nas vertentes inclinadas e de fraca cobertura vegetal.

2.3.2. A captação da água do nevoeiro em Cabo Verde

No início da década de 60 do século XX foram levadas a cabo as primeiras experiências de captação da água do nevoeiro em Cabo Verde. Desde muito cedo Serra Malagueta constituiu um dos alvos preferências dessas experiências, tendo as primeiras experiências efectuadas para testar a possibilidade de abastecimento de água às comunidades iniciada em 1961 por Cunha (1964). Em 1962, Reis Cunha, através da utilização do captador de Grunow (colector de Hohenpeissenberg) efectuou experiências em Monte Velha, Pero Dias e Águas das Caldeiras e obteve valores anuais de captação específica de 2,8 $m^3.m^{-2}$ de secção transversal exposta na primeira zona, 1,8 $m^3.m^{-2}$ na segunda e 1,35 $m^3.m^{-2}$ na terceira (Cunha, 1964). No entanto, o maior valor foi obtido por Acosta e Aydemir (1981) que fez, em 1980, a reabilitação de uma velha rede de captação de água anteriormente instalado na sequência da experiência de Reis Cunha em Serra Malagueta. Utilizando captadores de Grunow obteve uma quantidade de 4,9 m^3 de água

por m^2 de secção transversal exposta (Acosta, 1996). Esse foi o maior valor encontrado em comparação com outras experiências efectuadas em vários outros lugares do mundo (Tabela 1).

Tabela 1. Primeiros resultados obtidos por diferentes investigadores em outras partes do mundo.

Investigador	Período	Lugar	Aparelho utilizado	Captação específica ($m^3.m^{-2}.ano$)
Nagel, J.F. (1956)	1954 – 1955	Table Mountain (África do Sul)	Grunow	3,3
Reis Cunha, F. (1964)	1962 1962 1962	Monte Velha Pero Dias Aguas das Caldeiras (Cabo Verde)	Grunow Grunow Grunow	2,8 1,8 1,35
García Prieto, P. (1962)	1960	Izanha (Tenerife, Espanha)	Malla nº 30 Malla nº 18 Malla muy fina	1,6 1,4 1,2
Morey, M. Y; González, F. (1966)	1965	La Cumbre (Gran Canaria, Espanha)	Grunow	0,9
Acosta, A. e Aydemir, M. H. (1981) (Acosta, 1996)	1980	Serra Malagueta (Cabo Verde)	Grunow	4,9

A experiência levada a cabo em Serra Malagueta por Andrés Acosta entre Novembro de 1979 e Outubro de 1980 (Acosta, 1996) indica uma grande predominância de nevoeiro em Serra Malagueta. A partir da utilização do captador de Grunow conseguiu registar 4176,4 mm de precipitação oculta, valor que surgiu por subtracção ao valor da precipitação vertical registado por um pluviómetro colocado ao lado do captador de Grunow. O valor total da precipitação vertical registado durante esse mesmo período de tempo foi de 698,5 mm, apenas 14% do total das precipitações registadas correspondente à soma das precipitações horizontais e das verticais. Durante a sua experiência foi possível verificar que em alguns meses como Maio e Junho em que as precipitações verticais foram nulas, as precipitações horizontais excederam 400 mm com valores respectivamente de 448,5 mm e 339,1 mm (Figura 3).

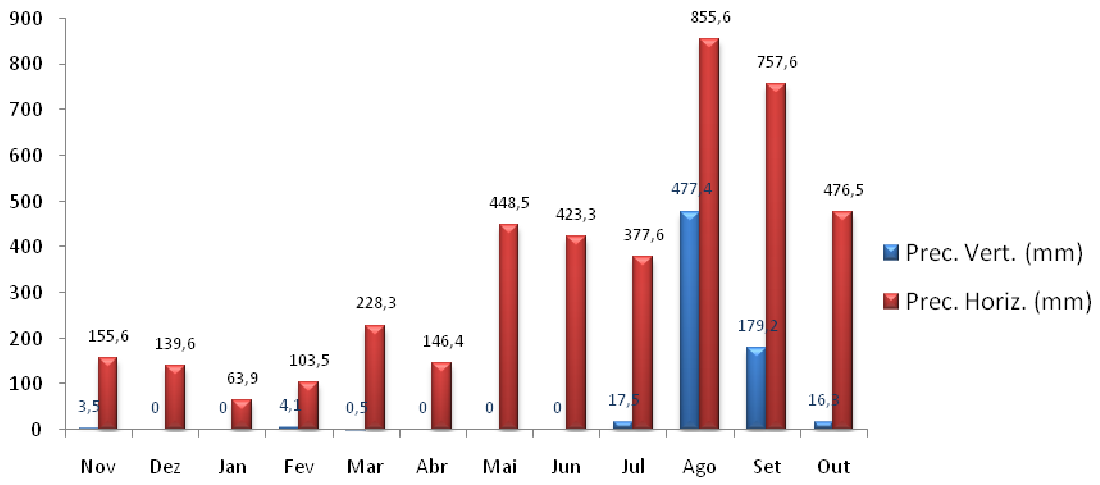


Figura 3. Intercepção da água do nevoeiro em Serra Malagueta entre Novembro de 1979 e Outubro de 1980 (Adaptado de Acosta, 1996).

A partir do gráfico da figura 3 também é possível verificar que os meses com maiores valores de precipitação oculta correspondem precisamente aos meses em que ocorre a precipitação vertical, i.e., os meses correspondente à época das chuvas (denominada época das águas, em Cabo Verde). A soma das precipitações ocultas dos meses de Agosto, Setembro e Outubro é mais do dobro da média das precipitações verticais em Serra Malagueta, valor esse que ronda os 900 mm.

De acordo com Sabino *et al.*, (1998), numa experiência de intercepção do nevoeiro em várias ilhas de Cabo Verde (Santo Antão, São Vicente, São Nicolau, Santiago, Fogo e Brava), à medida que se afasta da zona costeira a quantidade de água captada por intercepção do nevoeiro vai diminuindo. Juvic (1987), nas suas experiências no arquipélago, concretamente em Serra Malagueta a 893 metros de altitude, testou a influência da altura das malhas de intercepção directa da água do nevoeiro e concluíu que as redes de captação com altura entre dois e três metros podiam captar diariamente até 12 litros de água por cada metro quadrado de rede. As redes com altura entre os 4 e 5 metros podiam captar diariamente até 18 litros de água por metro quadrado de rede e que com alturas entre 5 e 6 metros se podia captar até 20 litros de água por metros quadrado de rede nas mesmas condições de velocidade do vento e predominância do nevoeiro, como ilustrado no gráfico da figura 4.

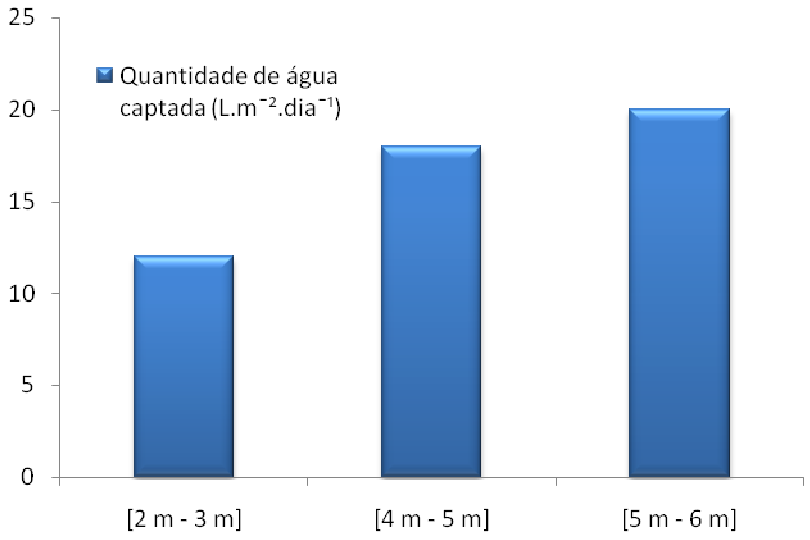


Figura 4. Relação entre a altura das redes e a intercepção da água do neveoiro.

Estando Serra Malagueta a aproximadamente 7 km da costa, a sua orografia faz com que as zonas com exposição nordeste, sob a influência dos alísios, apresentem uma extensa cobertura vegetal, alimentada pelo nevoeiro orográfico, que se forma a barlavento devido a um arrefecimento adiabático que acontece quando uma massa de ar húmido é obrigada a subir as elevadas pendentes para transpor a montanha. Este nevoeiro de montanha (*Mountain fog*), interceptado pelos obstáculos como as plantas, deixa a maior parte da sua humidade a barlavento dissipando-se a sotavento, originando nessa vertente um efeito que provoca o aumento da temperatura e a diminuição da humidade. Este fenómeno conhecido como o efeito de Fohen é responsável pelas vertentes com diminuta cobertura vegetal ou até mesmo inexistente na maioria dos locais com exposição Oeste.

Não existem dados sobre o verdadeiro efeito do nevoeiro na recarga de aquíferos subterrâneos em Cabo Verde devido à complexidade inerente a esses estudos, mas é certo que as maiores reservas biológicas do país se encontram em regiões com microclimas com predominância de nevoeiro como Serra Malagueta (Santiago), Monte Gordo (São Nicolau) ou Monte Verde (São Vicente). As plantas endémicas desses locais apresentam pequenas adaptações nas folhas que lhes permitem recolher a água do nevoeiro, algo que pode ser constatado com a observação de zonas encharcadas no solo sob a copa dessas plantas. Assim, ainda que não possa ser quantificado com precisão, a importância desse fenómeno para a biodiversidade vegetal e animal do arquipélago é incontestável.

3. Metodologia

3.1. Caracterização e Localização

Serra Malagueta encontra-se localizada a norte da ilha de Santiago, albergando o segundo ponto mais alto da ilha com altura máxima de 1064 metros (Anexo 7). Situa-se na parte ocidental entre as coordenadas 15º 10'12''e 15º 11'22'' de latitude Norte e 23º 40' 12" e 23º 41' 52" de longitude Oeste**,** com disposição Este – Oeste. O Parque Natural de Serra Malagueta (PNSM), criado pelo Decreto-Lei n.º3/2003, de 24 de Fevereiro, situa-se entre os paralelos 15º 10' 12" e 15º 12' 12" Norte e os meridianos 23º 39' 26" e 23º 42' 17" Oeste. A delimitação do Parque foi aprovada em Conselho de Ministros pelo Decreto-Regulamentar nº 19/2007, de 31 de Dezembro. O Parque possui uma área de 774 ha e situa-se na confluência de três Municípios: Santa Catarina (302 ha), São Miguel (436 ha) e Tarrafal (36 ha).

Com a segunda maior elevação em Santiago, Serra Malagueta, do ponto de vista geomorfológico, possui diversas características, geologicamente novas: os picos e as encostas inclinadas de cumes recortados são separados por vales profundos, por grandes ravinas e por desfiladeiros que criam mudanças bruscas na elevação. A maior parte da região do Parque, devido à sua altitude, é sub-húmida e húmida, criando condições para a proliferação de várias espécies endémicas, encontradas ali em concentrações mais elevadas do que em qualquer outra parte da ilha de Santiago.

3.1.1. Clima

A região de Serra Malagueta apresenta um microclima com algumas especificidades dentro do quadro geral do clima do arquipélago de Cabo Verde. O clima tipicamente tropical seco, juntamente com outros factores como a altitude, a exposição das encostas, a irregularidade do terreno, e combinado com zonas montanhosas expostas a Nordeste, têm criado um microclima, com temperaturas médias ligeiramente mais baixas e com níveis de precipitação ligeiramente mais elevados do que ocorre no resto da ilha.

Infelizmente, os dados climáticos relativos à zona do Parque foram recolhidos de forma fraccionária, e para algumas variáveis nunca foram recolhidos (vento e insolação). A série de dados mais extensa no tempo (desde 1938), que foi recolhida de forma relativamente contínua, está relacionada com as precipitações.

3.1.2. Temperatura

Na estação meteorológica de Serra Malagueta, no período 1994-2001, os valores médios das temperaturas médias, máximas e mínimas anuais foram respectivamente de 19,9°C, 23,9°C e 16,4 °C. O ano com a média das temperaturas mínimas mais baixa foi 1994 com 14,4°C, enquanto que o ano com a média das temperaturas máximas mais alta foi 1999 com 25,6°C (Dados do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica - INMG).

3.1.3. Precipitações

Como foi referido nos capítulos anteriores, o clima de Cabo Verde é caracterizado por uma longa estação seca que varia entre 8 e 10 meses e por uma estação pluviosa, geralmente entre Julho e Outubro, com precipitações bastante irregulares e mal distribuídas no tempo e no espaço (figura 5). Nas zonas de altitude superior a 500m, devido em parte, ao relevo, aos ventos alísios e às fortes

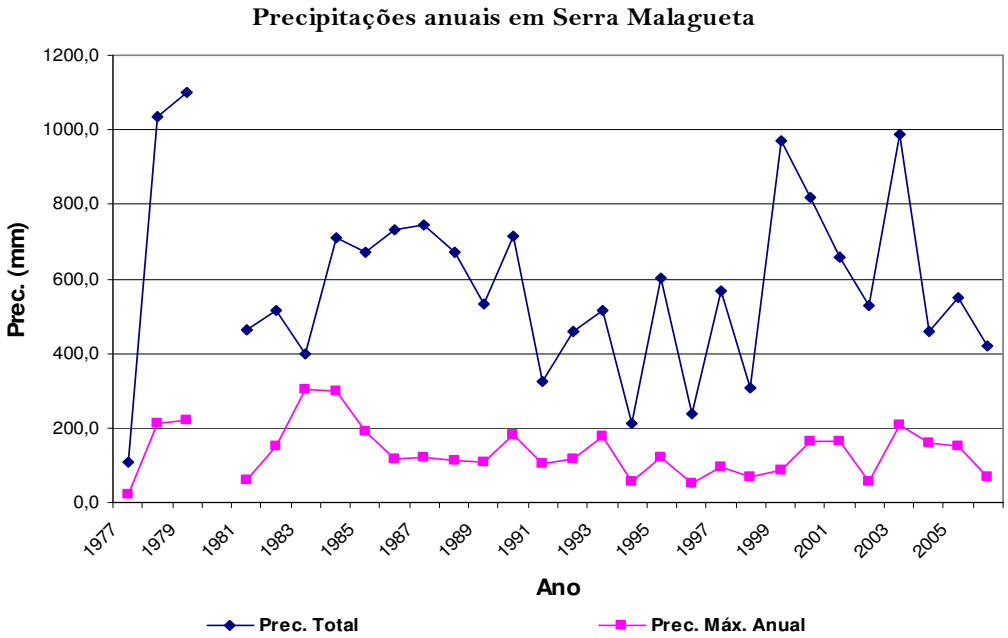


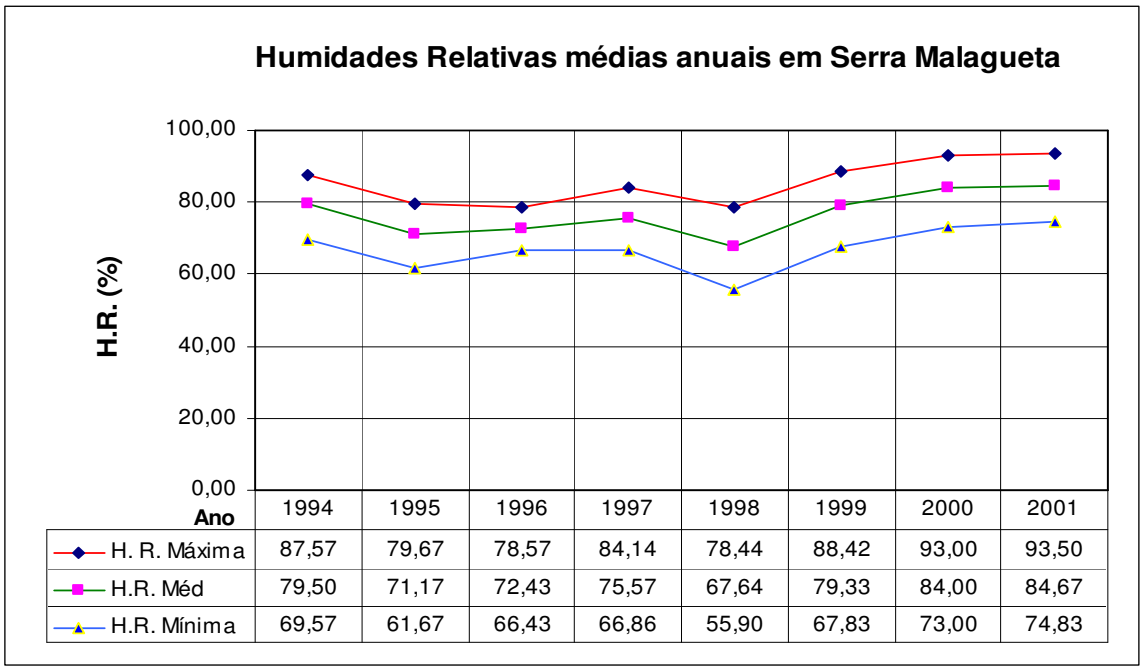
Figura 5. Variação das precipitações anuais em Serra Malagueta na Ilha de Santiago entre 1977 e 2005.

chuvas torrenciais causadas pela passagem de ondas do leste ou depressões tropicais, as precipitações anuais totais atingem os 700mm.

O PNSM apresenta uma pluviosidade que é considerada relativamente elevada em comparação com a restante parte da Ilha de Santiago e com a maioria das outras ilhas do arquipélago. Contudo, a diminuição acentuada da precipitação nas últimas décadas tem afectado também Serra Malagueta, onde a média das precipitações anuais calculadas entre 1938 e 1976 foi de 910.9 mm, enquanto que para o período compreendido entre 1977 e 2006 é de 587,1 mm (Anexo 1).

3.1.4. Humidade e Vento

De acordo com a subdivisão de zonas climáticas, em Serra Malagueta encontram-se as tipologias climáticas H4 (sub-húmido) e H5 (húmido) nas encostas expostas no sector compreendido entre N e E a partir dos 500 metros de altitude onde os nevoeiros transportados pelos alísios determinam uma importante contribuição em precipitações ocultas. No período 1994-2001, a humidade relativa média anual em Serra Malagueta variou entre 93,5% de máxima em 2001 e 55.9% de mínima 1998, sendo a média anual calculada para esse período de 76.8% como se pode ver no gráfico da figura 6.



Ano	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
H. R. Máxima	87,57	79,67	78,57	84,14	78,44	88,42	93,00	93,50
H.R. Méd	79,50	71,17	72,43	75,57	67,64	79,33	84,00	84,67
H.R. Mínima	69,57	61,67	66,43	66,86	55,90	67,83	73,00	74,83

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica

Figura 6. Valores da humidade relativa média do ar em Serra Malagueta (1994-2001)

Quanto ao vento, uma corrente quente e seca com origem no deserto de Sahara, provém do Este e tem uma forte acção de seca e erosiva. O vento responsável pelas precipitações sazonais é quente e húmido e sopra episodicamente no Verão (Julho a Outubro) entre os quadrantes SE e SW.

3.1.5. Insolação e nebulosidade

Uma das características distintivas de Serra Malagueta relativamente às outras partes da ilha é a constante presença de nevoeiros. No entanto a presença do nevoeiro é mais frequente durante a noite. Apesar de não existirem dados concretos que comprovem as observações feitas na área do Parque, constata-se que aproximadamente entre 40% e 60% dos dias do ano se verifica a presença de nevoeiro. Até agora não existem dados sobre a insolação, em Serra Malagueta.

3.2. A Selecção do local experimental

Os critérios que estiveram na origem da escolha dos dois locais experimentais, Agu Nobu (AN) e Posto (Po), prendem-se fundamentalmente ao facto de já existirem sistemas de captação de água nessas duas zonas do parque. Todavia, o facto de ter sido iniciada a monitorização do sistema desde meados de 2007 fez com que existisse já uma base de dados que pudesse servir de base à análise em curso neste trabalho. A escolha de Montona, por outro lado, o último sistema de captação instalado, serve apenas como dado comparativo uma vez que o universo de dados disponíveis é demasiado curto.

3.3. Recolha de dados experimentais

A monitorização dos Sistemas de Captação da Água do Nevoeiro de Agu Nobu, Posto e Montona foi levado a cabo entre Maio de 2007 e Dezembro 2008 recorrendo ao auxílio de alguns elementos da comunidade e de alguns guardas do PNSM. A recolha dos dados da água captada nas três zonas foi feita diariamente com o auxílio de dois guardas do Parque e de dois elementos da comunidade através do preenchimento de uma ficha (Anexo 2) para o qual foram previa e devidamente instruídos. Os dados foram recolhidos

diariamente a partir das 10 horas em Agu Nobu (a água passa pelo contador e segue para o reservatório da escola) e imediatamente após a abertura da água para a comunidade na zona do Posto e Pedra Comprida, uma vez que os contadores de água se encontram instalados a jusante do reservatório nessas duas zonas, o que acontecia diariamente entre as 8 horas e 11 horas da manhã. Em Agu Nobu a água passava directamente para os reservatórios da escola de modo que a leitura foi feita entre as 10 horas e o meio-dia. As medições foram efectuadas com base em leituras feitas nos contadores instalados em cada um desses lugares. As fichas foram concebidas de forma simples, de modo que os ajudantes envolvidos nesta monitorização apenas necessitavam de efectuar a leitura dos dados no contador e marcar o valor. Posteriormente, em Outubro 2008, foi feita uma modificação nas fichas para que se pudesse também recolher os dados das observações da presença de nevoeiro.

Figura 7. Deslocação à estação meteorológica para recolha dos dados.

A recolha dos dados meteorológicos, por seu lado, foi feita recorrendo a downloads periódicos na própria estação meteorológica. Inicialmente o descarregamento dos dados era feito com uma periodicidade mensal uma vez que o sistema pode guardar esses dados até 90 dias mas, nos últimos meses passou a ser feita quinzenalmente para evitar alguns constrangimentos como a perda de dados devido a avarias nos sensores como sucedeu no mês de Setembro em que houve uma avaria nos sensores da precipitação horizontal, levando à perda desses dados. Os dados foram descarregados directamente para um computador portátil e depois foram introduzidos na base de dados procedendo-se de seguida à sua análise para verificar e corrigir as possíveis irregularidades associadas aos aparelhos de medição.

A análise de água foi feita recorrendo ao Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário (INIDA). Assim, a amostra de água analisada foi recolhida em Agu Nobu numa garrafa de plástico de 1 litro e meio, fechada no local e depois transportada para o INIDA onde se procedeu à análise físico-química.

Para a concepção do Mapa de localização das Zonas de amostragem recorreu-se à utilização do Sistema de Informação Geográfica (SIG) – ArcGis 9.2 e à recolha no terreno de pontos UTM (Universal Tranversal Mercator) recorrendo à utilização de aparelhos GPS (Global Positioning System).

3.4. Descrição dos Sistemas de Captação da Água do Nevoeiro (SCAN)

As redes de captação da água do nevoeiro de Serra Malagueta (SM) estão localizadas à altitude de 893 metros a 7 km do mar. A altura média dos colectores (cada colector é considerado um módulo que pode ter duas ou mais malhas de rede) usados é de 4 metros, sendo que quatro módulos foram dimensionados para captarem água acima dos cinco metros.

O SCAN de SM é constituído por 20 malhas de rede dividido em 8 módulos, distribuídos por duas zonas: Posto com 3 módulos (figura 8) e Agu Nobu com 5 módulos (figura 9) – no momento da instalação perdeu-se uma das malhas de AN por causa do vento. As malhas estão distribuídas como se mostra nas figuras abaixo:

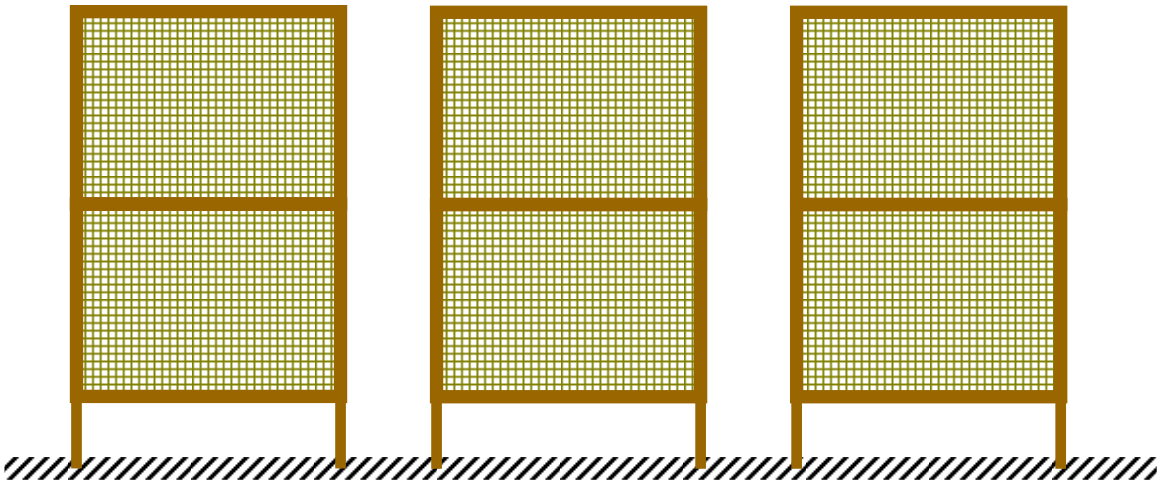


Figura 8. Redes de captação do Posto com 3 módulos de malhas com dimensões 3.4m×2.0m (comprimento×altura) perfazendo um total de 40.8m^2 de rede.

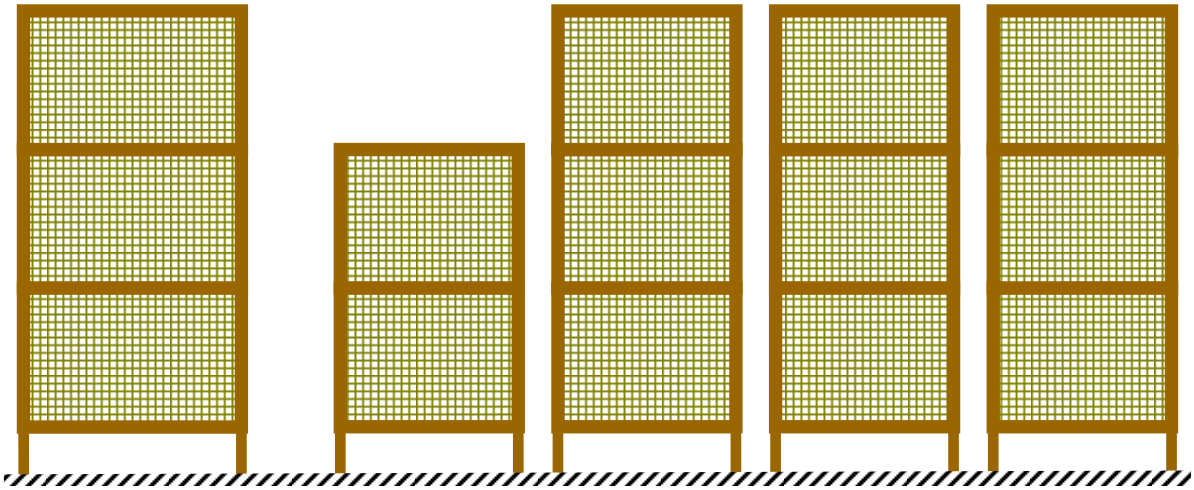


Figura 9. Redes de captação de AN com 5 módulos com malhas de dimensões 3.8 m × 1.85 m para o primeiro módulo à esquerda e 2.95 m × 1.86 m para as restantes 11 malhas somando um total de 81.45 m^2 de rede.

Em meados do segundo semestre de 2008 foram instalados mais 6 módulos na zona de Pedra Comprida (PC) cuja área transversal total ronda os 68,4m2. As redes encontram-se dispostas como ilustrado na figura 10.

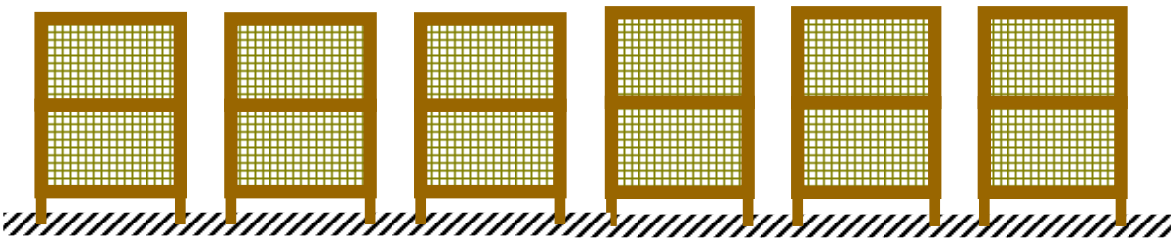
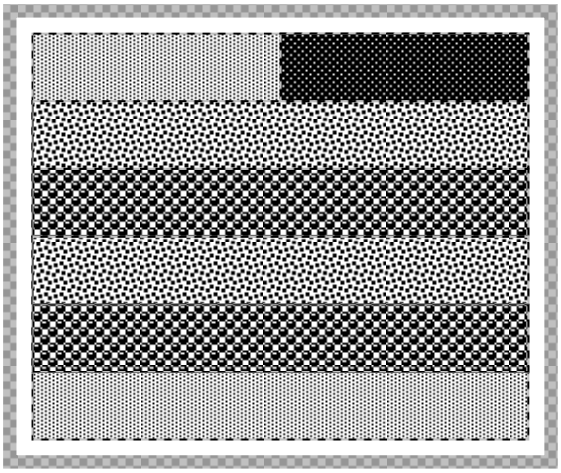
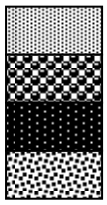


Figura 10. Redes de captação do Pedra Comprida com 6 módulos de rede com malhas de dimensões 3,0m×1.90m (comprimento×altura) somando 68,4 m^2.

Na base de cada módulo de duas ou três malhas, dispostas como ilustrado nas figuras 9, 10 e 11, uma calha de tubo PVC de 40 cm de diâmetro faz a recolha de água que cai por efeito gravítico e que depois é conduzida através de um tubo também por efeito gravítico até um reservatório de distribuição.

O vento transporta muitas impurezas como partículas e também insectos que acabam por ficar presos nas redes e que depois entram no sistema de captação das águas. Consequentemente, foi introduzido no sistema um filtro (Figura 11) para mineralizar e purificar a água recolhida uma vez que ela acumula impurezas ao longo do seu percurso.





Areia
Pedra
Pedra/Jorra
Jorra

Figura 11. Filtro de areia, jorra e pedra introduzido no sistema para captar as impurezas que provêm da rede de captação.

Depois de chegar ao reservatório de distribuição uma rede colocada na extremidade situada a montante do contador de água faz a filtragem das partículas remanescentes. A água é então canalizada para dois reservatórios: Comunitário e Escolar.

O reservatório comunitário de aproximadamente 16 m^3 de capacidade faz a distribuição da água para a comunidade. Quatro reservatórios com capacidades de 7 ton, 6 ton, 1 ton e 500 L podem receber a água que é canalizada para a escola, sendo esta utilizada na alimentação dos estudantes, na rega do horto escolar e também nos sanitários.

Quanto às redes de captação, nas primeiras experiências, isto é, nos primeiros colectores instalados (figuras 8, 9, 13, 14 e 15) foram utilizadas redes de dupla camada de plástico manufacturada no Chile propostas por Schemenauer e Cereceda em 1994. As suas características permitem uma boa adaptação às condições meteorológicas uma vez episodicamente sopram fortes ventos na região. A sua dupla camada permite a passagem do vento ao mesmo tempo que retém as gotículas de água do nevoeiro. Nos módulos de rede instalados recentemente decidiu-se pela colocação de redes mosquiteiros (camada simples) cujos orifícios são muito menores (material mais resistente) estando por isso exposta a uma força da corrente muito mais intensa o que pode, eventualmente, levar à queda dos colectores.

A estação meteorológica do PNSM foi instalada para recolher os dados climáticos da região. Uma estação totalmente automática recolhe os dados da precipitação horizontal e vertical, temperatura do solo e do ar, humidade relativa, radiação global e velocidade e direcção do vento.

Figura 12. Apresentação do sistema de captação da água do nevoeiro de Montona ao responsáveis do PNUD para a área do ambiente, um dos patrocinadores do Projecto Áreas Protegidas de Cabo Verde, no âmbito do qual foi instalado esse sistema.

Malha de rede mosquiteira com uma camada que é interposta perpendicularmente ao fluxo do nevoeiro.

Estrutura de madeira (mógno) que suporta as duas malhas que constituem o módulo de rede.

Calha de tubo PVC de 0,4 m de diâmetro que recolhe a água captada pela rede.

Figura 13. Sistema de captação da água do nevoeiro de Agu Nobu, uma das zonas onde foram feitas as experiências. Através da malha inferior do maior módulo de rede, que possui um espelho de água na base, podem-se ver três módulos de rede.

Figura 14. Vista superior do espelho de água do maior módulo de captação de água com mais de 5 metros de altura. É o único módulo que possui um espelho de captação.

Figura 15. Vista de 3 módulos de Agu Nobu com calhas de tubo PVC de 0,2 m de diâmetro e com esqueleto de mógno e suportes de ferro para prevenir os efeitos do vento na Zona de Agu Nobu no Parque Natural de Serra Malagueta.

Figura 16. Vista detalhada da calha de tubo PVC que recolhe a água captada e da malha inferior da rede de fabrico Chileno. Devido à humidade das redes é possível verificar a presença de líquenes e poeiras que se incrustaram na rede.

4. Apresentação e discussão dos resultados

4.1. A água do nevoeiro

Contrastando com 2007, em que a quantidade de água captada entre Maio e Dezembro pelo sistema de captação da água do Nevoeiro do Posto e Agu Nobu excedeu 91 mil litros, com totais anuais na zona do Posto de 415 $L.m^{-2}$ e em Agu Nobu de 810 $L.m^{-2}$ (Tabela 2), em 2008, para um período de 12 meses de monitorização, essas mesmas redes captaram muito menos água. Na zona do Posto foram registados apenas 305 $L.m^{-2}$ de rede, menos 26,5%, enquanto que em Agu Nobu foram registados 691 $L.m^{-2}$ de rede, menos 14,7% que em 2007 . Tomando como base os dados de 2007 pode-se observar na figura 17 as diferentes potencialidades de captação de água das duas zonas. A soma das quantidades de água captada nos dois anos mostra que no Posto se registou um valor de colecta de 720 $L.m^{-2}$, enquanto que em Agu Nobu esse valor ascendeu a 1502 $L.m^{-2}$ de rede.

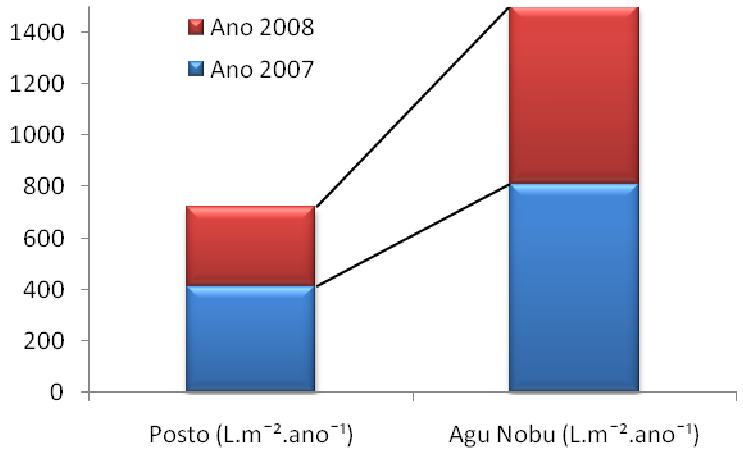


Figura 17. Taxa de captação de água pelas redes de captação de água do Posto e de Agu Nobu em 2007 e 2008 no Parque Natural de Serra Malagueta.

As Tabelas 2 e 3 mostram que a quantidade mínima de água captada no Posto em 2007 aconteceu no mês de Novembro com 17 $L.m^{-2}$ de rede e em 2008 no mês de Maio em que se registou um valor desprezável. Na zona de Agu Nobu esses valores aconteceram no mês de Dezembro de 2007 quando já se verificava um gradiente decrescente desde o mês

de Setembro e em 2008 no mês de Agosto em que não houve qualquer registo de água captada pelo SCAN devido a uma avaria técnica que fez com toda a água captada durante esse mês se perdesse.

Os valores máximos registados no Posto em 2007 surgiram no mês de Setembro (131 $L.m^{-2}$) e em Outubro (86 $L.m^{-2}$) de 2008. À semelhança do que aconteceu no Posto, em Agu Nobu o valor máximo de 2007 também surgiu em Setembro (262 $L.m^{-2}$), mas em 2008 esse valor surgiu no mês de Julho (314 $L.m^{-2}$). A diferença de valores registada nas duas zonas está intimamente relacionada com a altitude e com a orografia do lugar onde encontram instalados os dois sistemas. A configuração da ribeira a barlavento dos dois sistemas e a maior altitude favorece o SCAN de Agu Nobu. As observações correntes efectuadas indicam que em Agu Nobu o nevoeiro é muito mais frequente e o facto deste sistema se encontrar 86 metros acima em termos de altitude, faz com que muitas vezes alcance a camada inferior de estratocumulos, recolhendo a água do nevoeiro desviado pelo relevo para essa zona. Outra razão se prende ao facto de a velocidade do vento aumentar em altitude o que também favorece a zona de Agu Nobu.

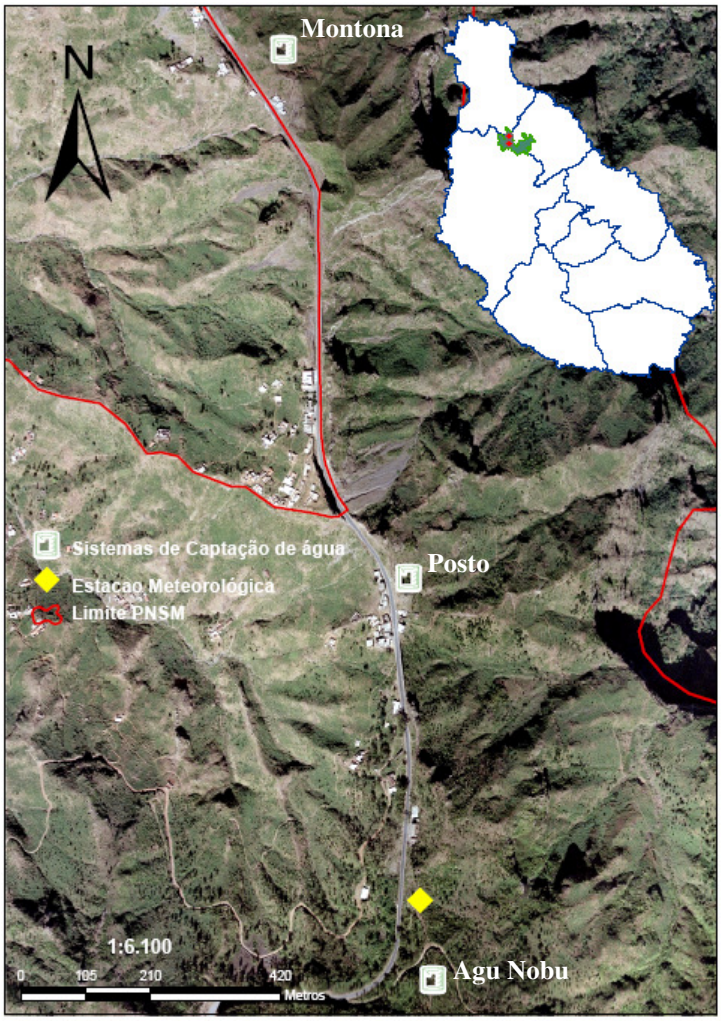


Figura 18. Localização do parque Natural de Serra Malagueta na Ilha de Santiago e das três zonas onde se encontram os SCAN (Posto, Agu Nobu e Montona).

Tabela 2. Taxas mensais de água captada em 2007 pelos sistemas de captação de água do Posto e Agu Nobu.

Meses	Posto L.m^{-2}.mês^{-1}	Agu Nobu L.m^{-2}.mês^{-1}
Junho	33,87	59,39
Julho	63,69	127,61
Agosto	82,75	163,72
Setembro	130,70	261,89
Outubro	69,63	135,58
Novembro	17,83	35,73
Dezembro	16,42	26,64
Total	**414,89**	**810,56**

4.2. As precipitações horizontais

A figura 19 mostra a variação de vários parâmetros climáticos (velocidade do vento, precipitação, precipitação oculta) ao longo de 2008. No mês de Julho e Agosto em que as velocidades foram mínimas (1,2 e 1,4 m.s^{-1}) foi registada a maior quantidade de água captada pelo SCAN em Agu Nobu. Durante esse período foram também registadas as maiores precipitações horizontais com valores acima dos 650 L.m^{-2} em Julho e por volta de 264 L.m^{-2} no mês de Agosto.

Tabela 3. Precipitação total, precipitação oculta, velocidade média do vento e taxas mensais de água captada em Agu Nobu, Posto e Montona em 2008

Meses	Precipitação (L.m^{-2})	Precipitação horizontal (L.m^{-2})	Veloc.média Vento (m/s)	Água Captada Posto L.m^{-2}.mês^{-1}	Água Captada Montona L.m^{-2}.mês^{-1}	Água Captada Agu Nobu L.m^{-2}.mês^{-1}
Janeiro	2	ND	1,48	26,96	ND*	30
Fevereiro	0	ND	3,30	4,90	ND*	16
Março	0	ND	2,67	24,51	ND*	56
Abril	0,00	34,00	2,55	35,13	ND*	32
Maio	0,00	132,80	3,33	0,25	ND*	2
Junho	0,00	141,20	2,62	31,73	ND*	29
Julho	109,00	666,80	1,35	48,00	ND*	314
Agosto	212,00	380,00	1,11	20,00	ND*	0
Setembro	80,40	ND	1,54	9,75	ND*	35
Outubro	64,80	105,60	1,88	85,78	180,56	123
Novembro	2,0	126,0	1,64	10	63,43	34
Dezembro	0,4	116,2	2,79	8	49,67	20
Total	**470,6**	**1587,0**		**305,01**	**293,66**	**690,97**

ND – Dados não disponíveis por avaria técnica ND* - Meses anteriores ao início da monitorização

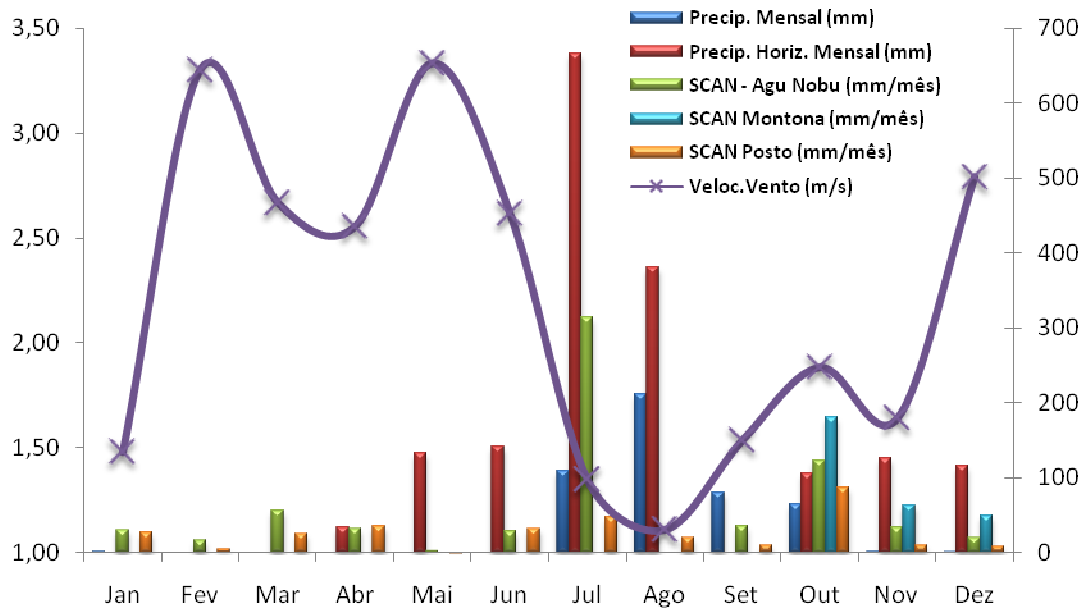


Figura 19. Relação entre a [1]velocidade do vento e a quantidade de água captada ao longo de 2008 em Agu nobu, Montona e Posto.

A figura 20 mostra que no mês de Julho os ventos mais frequentes sopraram de Norte (N) (25%) apesar de ter tido direcção variável ao longo desse mês sendo que praticamente 20% dos ventos sopraram de Oeste (W) e apenas 15% de Este (E). A maior parte das precipitações ocultas resultaram dos ventos que sopraram de Este, quadrante onde se registou a velocidade mensal média mínima, e de Oeste. No entanto, a direcção do vento praticamente indefinida e as baixas velocidades registadas fizeram com que tenha ocorrido precipitação oculta com ventos provenientes de todos os quadrantes.

([1]) Dada a impossibilidade de introduzir expoentes na formatação da legenda do gráfico, as unidades de precipitação e quantidades mensais de água captada que aparecem em mm e mm/mês correspondem a $L.m^{-2}$ e $L.m^{-2}.mês^{-1}$. A unidade da velocidade do vento que aparece em m/s corresponde a $m.s^{-1}$.

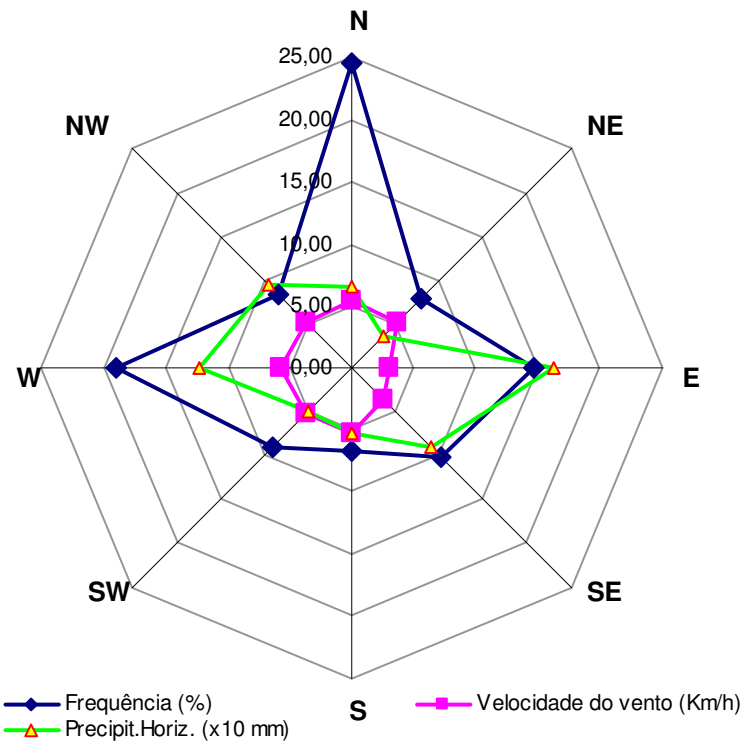


Figura 20. Distribuição e velocidades médias dos ventos por quadrantes e precipitações horizontais provocadas por esses ventos no mês de Julho de 2008.

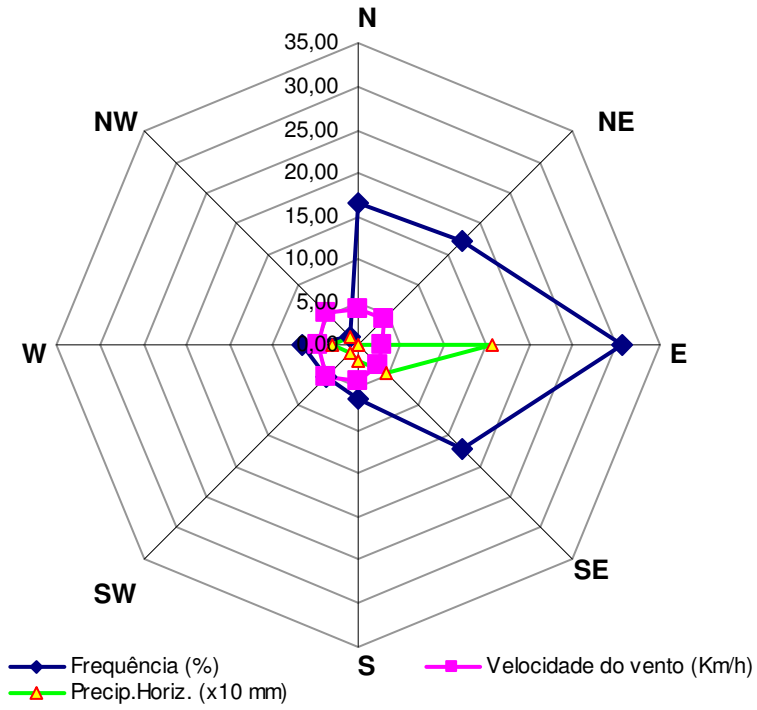


Figura 21. Distribuição e velocidades médias dos ventos por quadrantes e precipitações horizontais provocadas por esses ventos no mês de Agosto de 2008.

No mês de Agosto (Figura 21) foi registado o segundo maior valor das precipitações ocultas (264mm). Os ventos dominantes tiveram origem no quadrante Este e, apesar das baixas velocidades (inferior a 5km.h^{-1}), são responsáveis por mais de 64% das precipitações ocultas que ocorreram durante esse mês.

Devido a uma avaria no sistema, não foi possível recolher os dados da água captada no mês de Agosto em Agu Nobu, todavia pode-se verificar que (figura 19) um decréscimo nas precipitações horizontais entre Julho e Agosto resultou num decréscimo na quantidade de água captada no posto, variação negativa essa justificada pela diminuição da velocidade média do vento (4,7 km.h^{-1} para 3,96km.h^{-1}) apesar do aumento da humidade relativa média do ar de 90% para 99% (Figura 22) e da diminuição da radiação global.

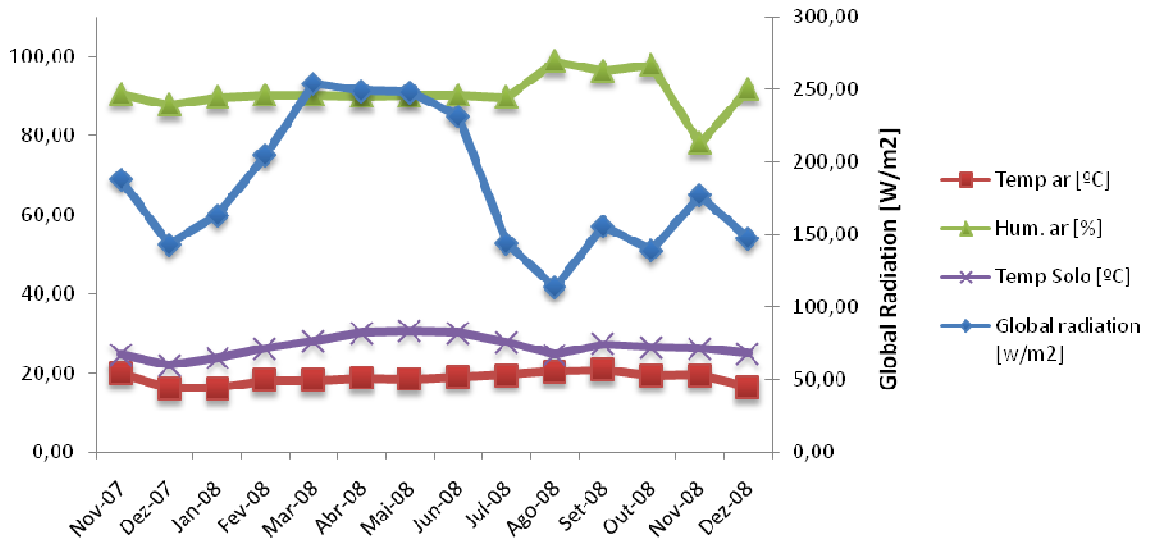


Figura 22. Variação da temperatura, humidade relativa do ar, temperatura do solo e radiação global entre Novembro de 2007 e Dezembro de 2008.

Em Outubro registou-se uma diminuição de mais de 1 grau da temperatura média do ar passando de 20,8 em Setembro para 19,3. Essa diminuição acompanhada pelo aumento da velocidade média do vento de 5,5 km.h^{-1} em Setembro para 6,8 km.h^{-1} em Outubro, com a humidade relativa média do ar a manter-se praticamente constante (96,2% a 98%), resultou num aumento significativo da quantidade de água captada pelos dois sistemas (Posto e Agu Nobu). Como se pode depreender da figura 23, as precipitações horizontais registadas nesse mês foram provocadas principalmente pelo vento dominante de Nordeste (NE) que soprou com uma frequência de 76%. Cerca de 20% dos ventos tiveram origem no norte mas não estiveram na origem das precipitações ocultas.

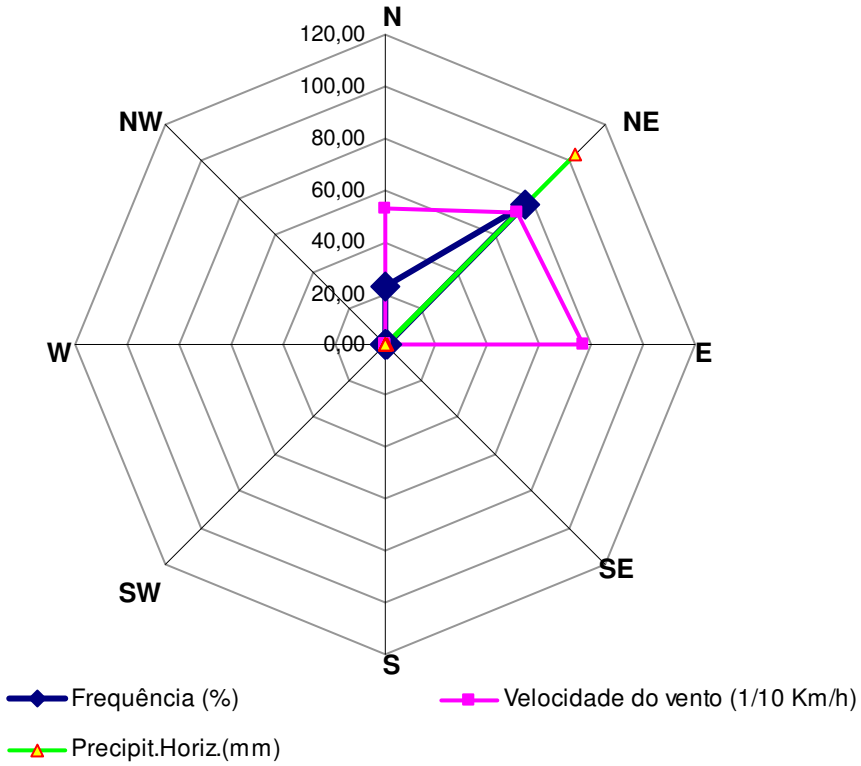


Figura 23. Distribuição e velocidades médias dos ventos por quadrantes e precipitações horizontais provocadas por esses ventos no mês de Outubro de 2008.

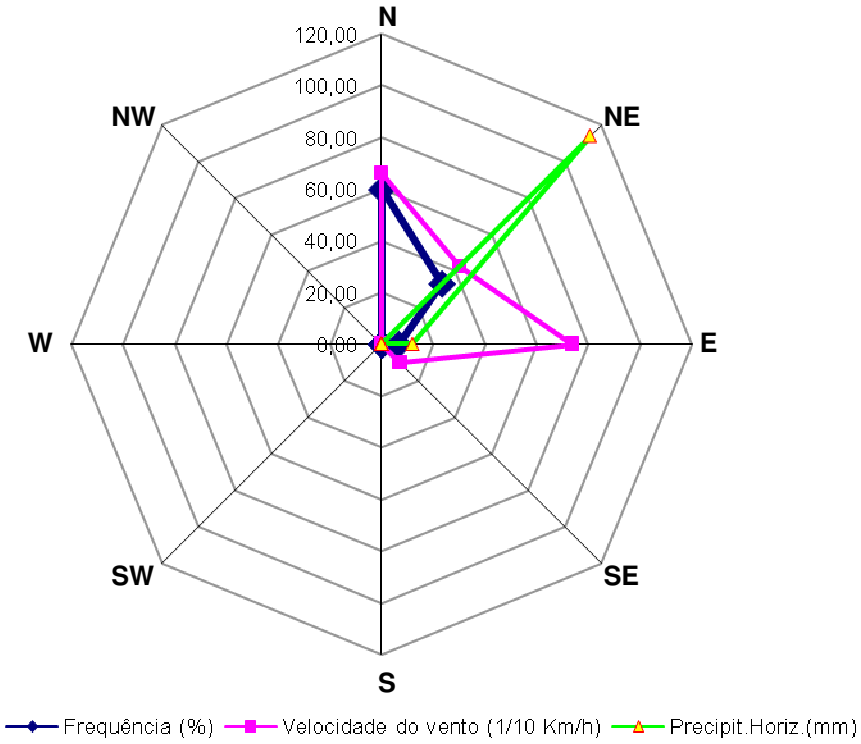


Figura 24. Distribuição e velocidades médias dos ventos por quadrantes e precipitações horizontais provocadas por esses ventos no mês de Novembro de 2008.

No mês de Novembro o vento continuou a soprar no primeiro e segundo quadrantes com uma pequena insidência no terceiro quadrante. Os ventos mais frequentes sopraram de Norte com quase 60% mas não estiveram na origem das precipitações ocultas. Os ventos responsáveis por essa precipitações sopraram de Nordeste com uma frequência de 33%, gerando valores de precipitações ocultas de 104 mm. Aproximadamente 7% dos ventos soprou de Este e estiveram na origem de 12 mm de precipitações ocultas durante esse mesmo mês. As maiores velocidades surgiram dos ventos que sopraram de Norte e Leste tendo atingido 6,6 km.h^{-1} no primeiro e 7,4 km.h^{-1} no segundo. Os ventos que carregaram a maior parte das precipitações ocultas geradas nesse mês (figura 24) sopraram de Nordeste com uma velocidade média de 4,3 Km.h^{-1}.

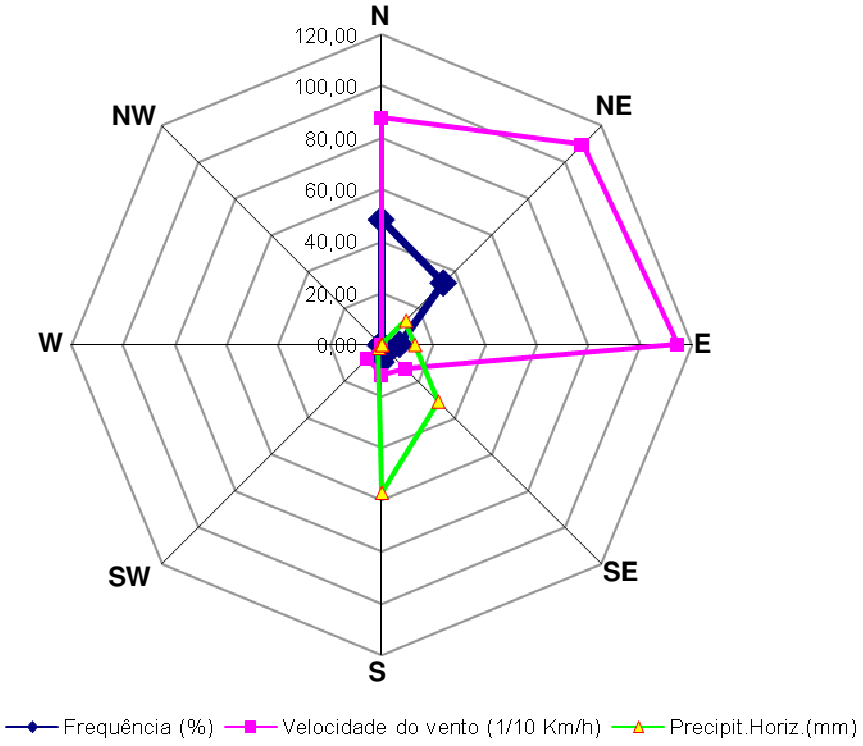


Figura 25. Distribuição e velocidades médias dos ventos por quadrantes e precipitações horizontais provocadas por esses ventos no mês de Dezembro de 2008.

Apesar a diminuição brusca da temperatura do mês de Novembro para Dezembro, de 19ºC para 16ºC, os ventos continuaram a soprar dos quadrantes N-NE e NE-E, sendo mais frequentes os provenientes de Norte (48%). Os ventos provenientes de Este, que costumam estar associados aos fenómenos de bruma seca no arquipélago, foram muito pouco frequentes (apenas 7%), mas sopraram com uma velocidade média superior aos outros tendo atingido 11,4 km.h^{-1}. Estes ventos estiveram na origem de uma pequena parte das

precipitações ocultas (12,8 mm), mas as maiores contibuições mensais vieram dos ventos de Sudeste (SE) e de Sul (S). Estes ventos cuja frequência foram de 3,7 % para os provenientes de SE e 6,9 % para os de S, sopraram com velocidades médias muito baixas, 1,3 $km.h^{-1}$ e 1,1 $km.h^{-1}$ respectivamente, mas foram responsáveis por mais de 70% da precipitações ocultas registadas. Os ventos do sul estiveram na origem de 57 mm e os do SE na origem de 31 mm, como se pode verificar na figura 25.

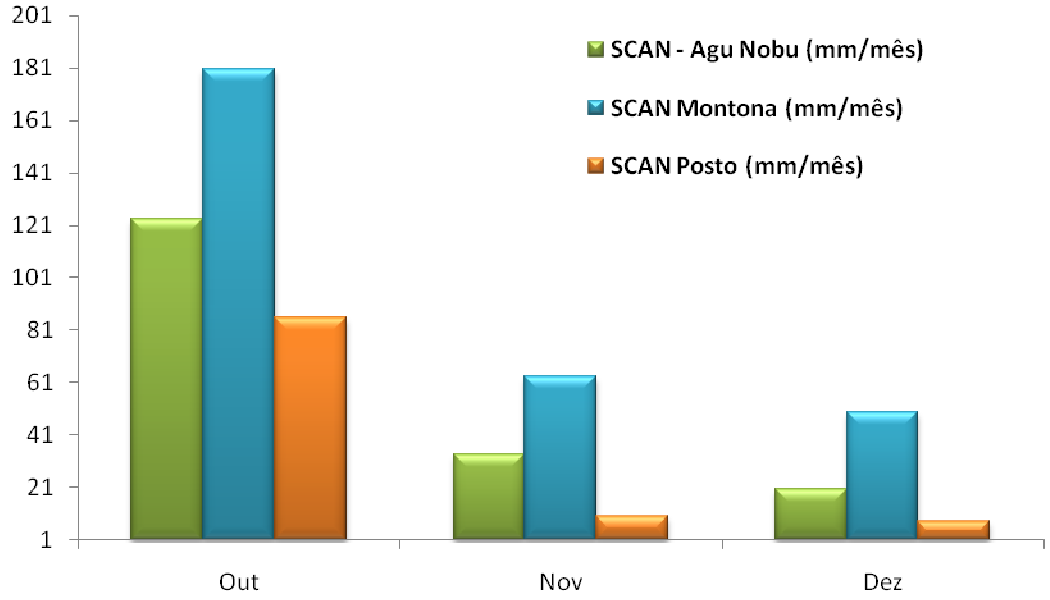


Figura 26. Comparação da quantidade de água captada pelos sistemas de captação de Agu nobu, Posto e Montona entre Outubro e Dezembro de 2008.

Também foi registado o valor da água captada por um sistema instalado em Montona, mas o universo dos dados disponíveis não permite chegar a qualquer conclusão. Todavia é possível comparar os dados dos três sistemas de captação (Posto, Agu Nobu e Montona) com os dados das precipitações horizontais recolhidas na estação meteorológica. Os dados evidenciam uma clara diferença nas potencialidades de captação associadas a esses lugares (Figuras 19 e 25), sendo que o menor valor da água captada foi registado no Posto. Tendo captado 13 toneladas de água durante o mês de Outubro, Montona apresenta a maior taxa mensal de água captada (180 $L.m^{-2}$ de rede) apesar de se encontrar 50 m abaixo (836 m de altitude) que o SCAN de Agu Nobu (123 $L.m^{-2}$ de rede) (Tabela 3). Nos meses de Novembro e Dezembro, apesar da clara diminuição da quantidade de água captada pelos sistemas desses três locais experimentais, em Montona a taxa de captação continuou a ser superior. De notar que em Outubro, o valor da água captada por esse sistema foi superior ao valor das precipitações ocultas registadas na estação meteorológica. No entanto, nos

meses de Novembro e Dezembro isso não se voltou a verificar. Uma justificação plausível para o facto de essas redes captarem muito mais água pode estar relacionada com a própria estrutura da rede que é formada apenas por uma camada de fios de nylon de 0,5 mm de espessura com espaçamento entre linhas horizontais e verticais de 1,0 mm (muito menos que as outras que apresentam um espaçamento entre linhas de 1,3 cm de espessura 1mm), o que faz com metade da sua superfície esteja coberta, com linhas muito próximas umas da outras. As redes duplas, apesar de apresentarem 60% de cobertura, o maior espaçamento entre as linhas de cada camada sujeita às variações da direcção e intensidade do vento leva a uma diminuição da eficiência com o nevoeiro a passar através dos orifícios.

4.3. Análise da relação entre a velocidade do vento e as precipitações horizontais

Segundo alguns autores (Prada (2007), Estrela *et al*. (2007), Sabino *et al.* (1998), Eugster (2008), Cunha (1964)) a quantidade de água interceptada varia em função da velocidade do vento. Assim, a partir dos registos dos valores médios das variáveis meteorológicas (Tabela 4), e sendo a velocidade do vento uma das principais variáveis com influência na quantidade de água resultante da intercepção directa da água do nevoeiro, foi analisada a forma como se relaciona com as precipitações ocultas.

Tabela 4. Valores médios da precipitação horizontal, velocidade do vento, humidade relativa média do ar, radiação global e temperatura do ar.

	Meses	Prec. Horiz. (mm)	Vel.méd Vento ($m.s^{-1}$)	Direcç. méd vento (º)	HR Ar %	Rad. Global $w.m^{-2}$	Tar C
2007	Novembro	ND	3,24	130,60	90,59	188,12	19,92
	Dezembro	ND	3,68	189,60	87,83	142,97	16,10
2008	Janeiro	ND	1,48	267,0	89,60	163,14	16,05
	Fevereiro	ND	3,30	287,0	90,35	204,16	18,08
	Março	ND	2,67	283,0	90,21	253,79	18,05
	Abril	34,00	2,55	76,35	90,02	248,63	18,73
	Maio	132,80	3,33	87,41	90,12	247,64	18,37
	Junho	141,20	2,62	103,85	90,27	231,57	19,03
	Julho	666,80	1,35	145,42	89,76	144,13	19,51
	Agosto	380,00	1,11	102,31	98,83	113,36	20,40
	Setembro	ND	1,54	33,53	96,29	155,70	20,80
	Outubro	105,60	1,88	34,03	97,98	138,92	19,27
	Novembro	126,00	1,64	25,74	78,00	176,72	19,39
	Dezembro	116,20	2,79	43,16	91,66	147,39	16,27

Uma análise da relação entre a velocidade do vento e as precipitações horizontais em alguns dias do mês de Julho em que foram registados valores médios da velocidade e da precipitação horizontal a cada dez minutos (Figuras 27a, 27b e 27c) indicaram um valor de coeficiente de correlação entre 28 e 35%. Esses baixos índices de correlação sugerem que, apesar da velocidade do vento afectar a quantidade de água interceptada, essa variável não é preponderante, i.e., não afecta de forma decisiva a quantidade de água captada. No entanto é evidente que um aumento da velocidade do vento resulta no aumento na quantidade de água medida pelo pluviómetro.

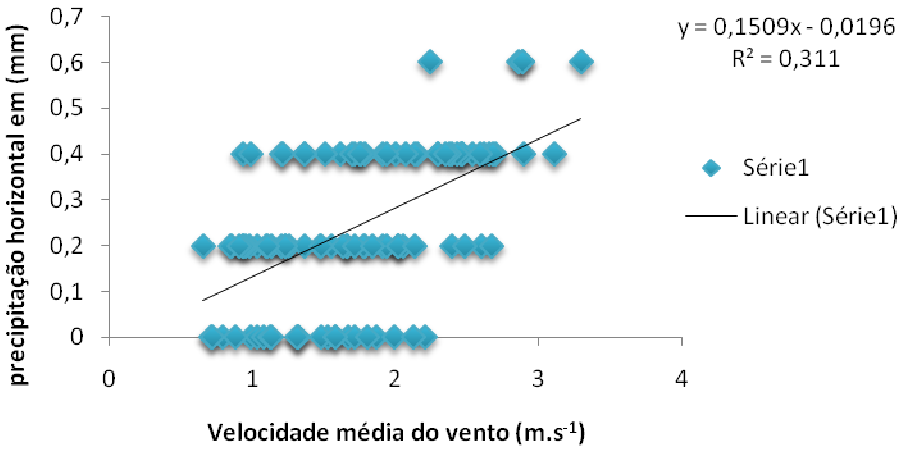


Figura 27a. Variação da precipitação horizontal com a velocidade do vento entre os dias 11 e 12 de Julho de 2008.

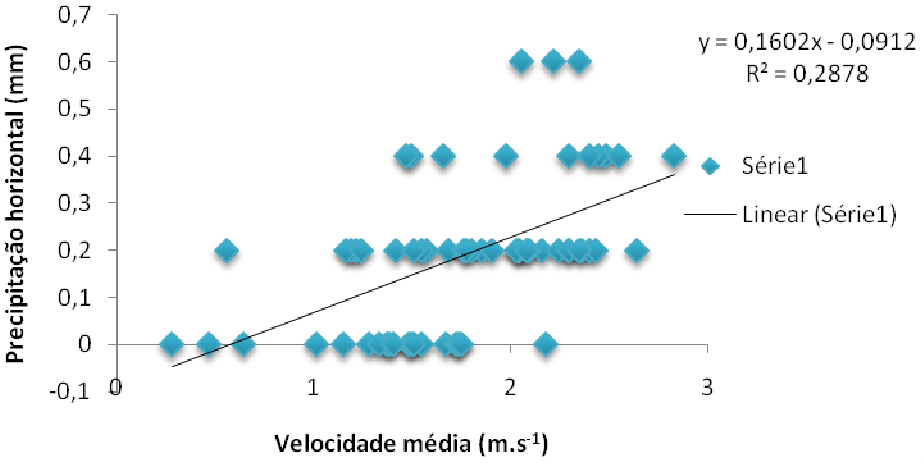


Figura 27b. Variação da precipitação horizontal com a velocidade do vento entre os dias 12 e 13 de Julho de 2008.

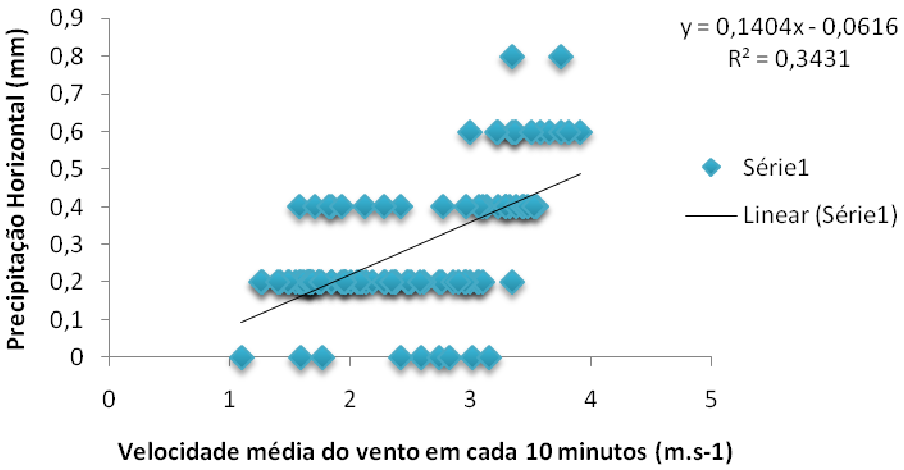


Figura 27c. Variação da precipitação horizontal com a velocidade do vento entre os dias 13 e 14 de Julho de 2008.

Outra das constatações efectuada prende-se com a variação da frequência do nevoeiro ao longo do dia. Foi possível verificar que a maior parte das precipitações ocultas registadas ocorrerem no período entre as 16 horas e 30 minutos e as 9 horas da manhã (Tabela 5) com mais de 80% e que a maior parte das precipitações ocorre quando o vento sopra dos quadrantes NE-E (44,41 $L.m^{-2}$) e E-SE (34,39 $L.m^{-2}$) (figura 28).

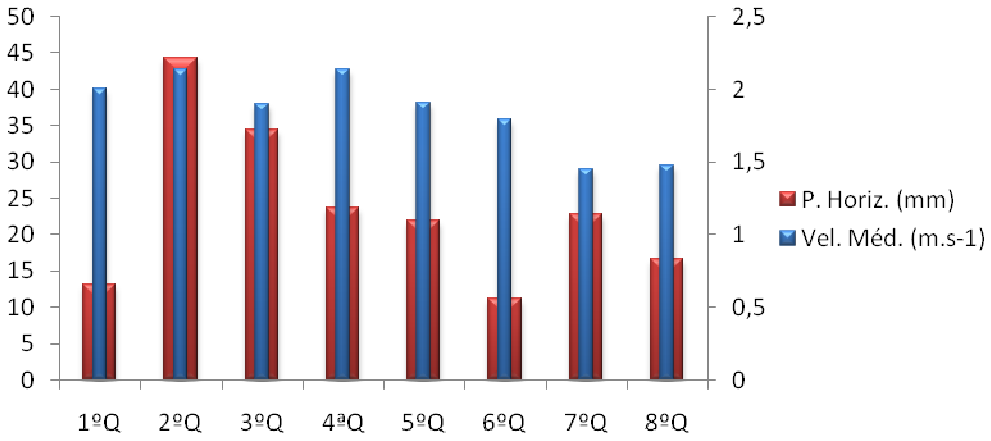


Figura 28. Precipitação média mensal e velocidade média mensal por quadrantes entre Maio e Dezembro de 2008.

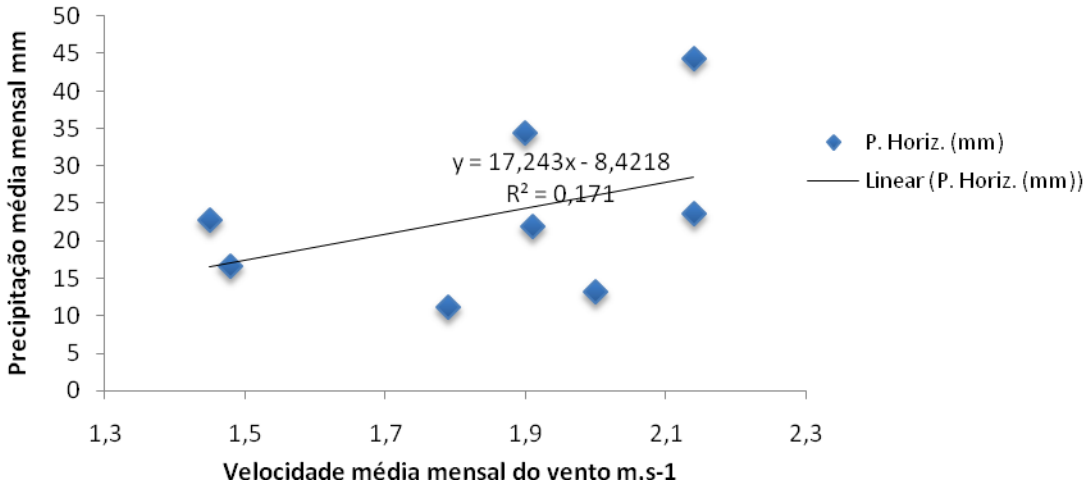


Figura 29. Variação da precipitação média mensal com a velocidade média mensal por quadrantes entre Maio e Dezembro de 2008.

Uma análise da correlação existente entre a precipitação horizontal média mensal por quadrantes e a velocidade média mensal do vento por quadrantes (Figura 29) entre Maio e Dezembro de 2008 indica um coeficiente de correlação de aproximadamente 17%, verificando-se um aumento da precipitação oculta com a velocidade do vento.

Tabela 5. Valores médios da precipitação horizontal, temperatura do ar e % de precipitação horizontal entre as 16:30 e 9:30.

	Temp. média ar ºC *entre 16:30 - 9:30*	**Prec. Horiz.** ($L.m^{-2}$) *entre 16:30 - 9:30*	**Prec. Horiz.** ($L.m^{-2}$) *total*	**% Prec. Horiz.** ($L.m^{-2}$) *entre 16:30 - 9:30*	**% Prec. Horiz.** ($L.m^{-2}$) *entre 9:30 - 16:30*
Maio	17,59	130,80	132,80	98,49	1,51
Junho	17,45	134,60	141,20	95,33	4,67
Julho	Não considerado				
Agosto	15,33	305,60	380,00	80,42	19,58
Setembro	Não disponível				
Outubro	18,89	81,00	105,60	76,70	23,30
Novembro	18,12	101,00	126,00	80,16	19,84
Dezembro	14,44	114,40	116,20	98,45	1,55
Total		**867,4**	**1001,8**		

4.4. Cálculo da eficiência das redes captação

A quantidade de água captada pelas redes de captação varia ao longo do tempo de acordo com a influência das variáveis meteorológicas, fundamentalmente a velocidade do vento. Assim, a eficiência de captação dos obstáculos que são dispostos perpendicularmente ao fluxo do nevoeiro, como ilustrado na figura 2, influencia grandemente a quantidade de água que se pode obter a partir desse tipo de sistemas.

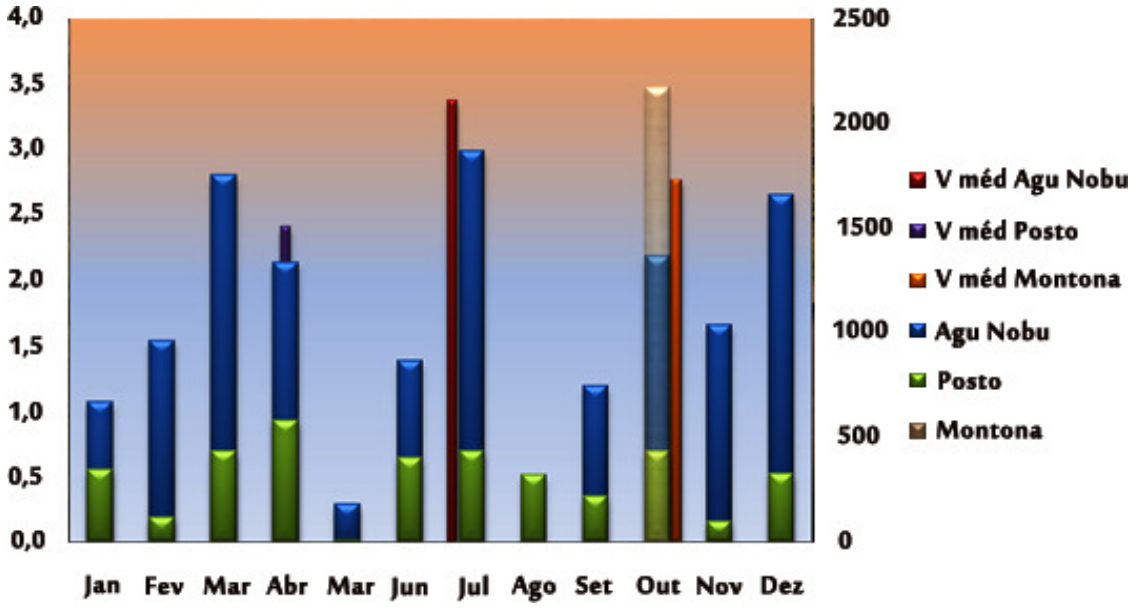


Figura 30. Valores máximos mensais de água captada entre Janeiro e Dezembro de 2008 em Agu Nobu, Posto e Montona (eixo secundário), e as velocidades médias do vento nos dias do mês em que esses máximos aconteceram em cada zona (eixo primário).

A partir da análise da quantidade de água captada ao longo de 2008 em Agu Nobu (Anexo V) e Posto (Anexo VI) e, somente a título de análise comparativa, em Montona (visto que existem poucos dados) pode-se ver no gráfico da figura 30 os máximos diários mensais em cada zona. A quantidade máxima diária de água captada em 2008 na zona de Agu Nobu surgiu no dia 3 Julho (1860 litros) quando se registou uma velocidade média do vento de 3,36 $m.s^{-1}$, enquanto que no Posto esse máximo surgiu no dia 6 de Abril (579 litros) quando a velocidade média do vento nesse dia era de 2,4 $m.s^{-1}$. Tendo-se utilizado o mesmo tipo de rede nas duas zonas, para calcular a eficiência máxima de captação da rede vai-se utilizar o máximo atingido em Agu Nobo.

A partir da equação apresentada no ponto 2.2, **Q = S×v×q×r**, onde **r** é a eficiência da rede, obtém-se:

$r = \frac{Q}{S \times v \times q}$, onde Q é o caudal mássico de água captada em $g.s^{-1}$, S a área da secção transversal exposta em m^2, v a velocidade média do vento no dia em que se verificou o caudal Q de água colectada expressa em $m.s^{-1}$, e q a massa de água contida em 1 m^3 de ar expressa em $g.m^{-3}$.

Assim, admitindo um valor médio de q de 0,5 $g.m^{-3}$, e, tomando o valor da quantidade máxima de água captada por essa rede em Agu Nobu de 1860 litros como sendo num período de 24 horas, para uma área de rede de 81,45 m^2, e a velocidade média registada nesse dia de 3,36 $m.s^{-1}$, obtém-se (admitindo que a massa volúmica da água, ρ, é de 1000 $kg.m^{-3}$) um valor da eficiência de captação da água do nevoeiro, r, de 15,7%.

Aplicando a mesma equação à rede de camada simples de Montona onde o valor máximo da água captada (2167 litros) foi registado no dia 25 de Outubro, para uma área transversal exposta de 72 m^2, quando a velocidade média do vento era 2,76 $m.s^{-1}$, obtém-se um valor da eficiência de captação, r, igual a 25,2%. Assim, pode-se concluir que a rede mosquiteira simples, cujos orifícios é muito menor, é 10% mais eficiente que a rede dupla.

4.5. Abastecimento de água a partir do nevoeiro no contexto das áreas protegidas

O microclima de Serra Malagueta coloca o Parque Natural numa posição privilegiada para a exploração dos recursos hídricos provenientes do nevoeiro em Cabo Verde e no mundo. Alguns projectos do género no passado foram mal sucedidos devido à falta de envolvimento da comunidade beneficiada. Assim, uma estatégia de envolvimento comunitário em todos os processos, desde a concepção do sistema (com a escolha dos lugares potenciais para a sua instalação), até à implementação e posterior seguimento, é fundamental para o sucesso que se pretende com este tipo de projectos. Tendo em conta que as áreas protegidas e as comunidades nelas inseridas guardam toda a responsabilidade de protecção e conservação da biodiversidade endógena, as estratégias de abordagem participativa com o envolvimento da comunidade nas tomadas de decisão pode ser o único garante do sucesso de um projecto de conservação. Foi então com base nesse pressuposto

que foram implementados os projectos experimentais de captação da água do nevoeiro nesse parque para abastecimento de água à comunidade.

Dados do inquérito efectuado no âmbito do Projecto Áreas Protegidas no PNSM em 2006 (Monteiro *et al.*, 2006) indicaram a existência de 488 agregados familiares a viverem no interior do parque e zonas de amortecimento (famílias que, vivendo nos arredores do parque, exercem pressão antrópica sobre os recursos), distribuídos por nove comunidades, dos quais 288 vivem no interior do parque natural. Essas famílias, cuja principal actividade económica é agricultura em pequena escala, para se abastecerem de água potável necessária para satisfazer as suas necessidades diárias, mais de 95% das vezes recorrem à água das nascentes e cisternas privadas. Sendo a água de baixa qualidade para consumo devido à falta de tratamento, está na origem de muitos problemas sanitários e doenças, como é o caso da diarreia.

As análises fisico-químicas da água do nevoeiro captada (depois de passar pelo filtro) no PNSM indicaram que a água é própria para consumo apresentando um pH de 7,6 e uma dureza total de 123,8 $mg.L^{-1}$ de $CaCO_3$ entre outros parâmetros como indicados na Tabela 6. Sendo Cabo Verde um país insular e industrialmente pouco desenvolvido, com baixos níveis de emissão de gases com efeito de estufa e baixa poluição atmosférica, não apresenta grandes riscos de contaminação da água do nevoeiro. No entanto, avaliações periódicas dos parâmetros físico-químicos são necessárias para garantir a qualidade da água de consumo.

Tabela 6. Resumo dos resultados obtidos na análise de uma amostra de água recolhida em Agu Nobu.

Local de recolha da amostra	*Temp (ºC)*	*pH*	*Cloretos ($mg.L^{-1}$ Cl)*	*Nitratos ($mg.L^{-1}$ NO_3)*	*Nitritos ($mg.L^{-1}$ NO_2)*	*Dureza Total ($mg.L^{-1}$ $CaCO_3$)*
Agu Nobu	18	7,6	113,4	0,0	0,0	123,8
VMR	–	6,5–8,5	–	25	0,1	500
VMA	–	9,5	250	50	–	–

Evidências dos trabalhos levados a cabo no passado, como o caso de Acosta em 1979 e 1980, demonstraram que em meses com precipitações nulas ou quase nulas, os únicos recursos hídricos que abastecem a região provêm mesmo do nevoeiro, o qual tem uma importância inquestionável e vital na cobertura vegetal da região. Registos desse autor indicaram uma precipitação oculta de 4176,4 mm para um período de um ano, e registos da

nossa experiência (Tabela 3) de oito meses de dados recolhidos em 2008, quase trinta anos depois, apontaram para uma quantidade de precipitação oculta de 1587 mm, um valor que ainda assim é claramente superior à precipitação vertical anual que foi de 470,6 mm, muito abaixo da média anual de aproximadamente 900 mm no PNSM. A captação da água através da intercepção directa do nevoeiro entre Janeiro e Dezembro de 2008 resultou numa quantidade anual de água captada de 690,97 $L.m^{-2}$ de rede na Zona de Agu Nobu e 305 $L.m^{-2}$ de rede no Posto. Na zona de Montona, por seu lado, em apenas três meses, esse valor atingiu 294 $L.m^{-2}$ de rede. A soma da água captada em 2008 pelos SCAN dessas três zonas totalizou 89867,4 Litros de água, para uma extensão de rede de 194,25 m^2.

Tendo em conta a dificuldade de mobilização de água potável para zonas remotas como Serra Malagueta e o défice de recursos hídricos do arquipélago, a captação da água do nevoeiro pode representar uma alternativa complementar ao abastecimento de água à comunidade, mas para tal seriam necessários 6235,56 m^2 de rede. Esse valor pode ser obtido a partir do conhecimento de que, no meio rural, o consumo médio de água por habitante é de 5 litros por dia, numa comunidade com 288 agregados familiares constituída por uma média de 5 pessoas. De uma forma mais simplificada pode-se afirmar que seriam necessários mais 32 vezes a área de rede que neste momento existe no PNSM, extensão de rede essa que por si só, poderia abastecer toda a comunidade local durante um ano, devendo necessariamente haver reservatórios para conservar a água. No entanto, no contexto das áreas protegidas, a deturpação da beleza paisagística poderia ser preocupante, uma vez que o turismo de natureza (eco-turismo) é uma das principais fontes de receita do parque.

5. Conclusões, Recomendações e Perspectivas Futuras

As experiências levadas a cabo ao longo de 2008 e outras efectuadas no passado no Parque Natural de Serra Malagueta demonstraram que a captação da água do nevoeiro pode ser uma alternativa de abastecimento de água à comunidade de Serra Malagueta. Ao longo de um período de ensaio de 12 meses foi possível captar 89,87 m^3 de água por intercepção directa da água do nevoeiro em três zonas do parque que apresentaram diferentes potencialidades de captação. A maior quantidade de água proveio das redes de Agu Nobu onde se recolheram aproximadamente 56280 litros, enquanto que no Posto se recolheram 12444 litros. Em Montona, por seu lado, que surgiu apenas a título comparativo e onde os ensaios demoraram apenas três meses devido à instalação tardia do sistema, foram captados 21143 litros de água, apresentado, até agora, uma potencialidade de captação superior às outras duas zonas.

Uma análise das precipitações ocultas ao longo de alguns meses de 2008 indicaram uma forte dependência do vento de Nordeste que chega carregado de humidade favorecendo a formação de nevoeiro orográfico que acaba por deixar mínusculas gotículas de água quando colide com obstáculos como redes interpostas perpendicularmente ao seu fluxo ou plantas nas vertentes com exposição Nordeste, sendo os principais responsáveis pela cobertura vegetal de Serra Malagueta. As análises efectuadas também indicam que as precipitações ocultas ocorrem com ventos provenientes de todos os quadrantes. Os dados não são suficientes para determinar a influência da velocidade do vento nas precipitações ocultas, mas é certo que a maior parte dessas precipitações, também denominadas precipitações horizontais, mais de 95% na maioria dos meses, ocorrem no período entre as 16h30 e as 9h30 da manhã.

A determinação da eficiência máxima das redes de captação da água do nevoeiro utilizadas nas três zonas indica que as de Montona, redes mosquiteiras de malha simples, são aproximadamente 10% mais eficientes que as de Agu Nobu e Posto que apresentam dupla camada. As redes de malha simples têm uma eficiência de 25,2% enquanto que as redes de dupla camada apresentam uma eficiência de 15,7%. Essa diferença nas eficiências de captação devem-se à diferença de espaçamento entre as linhas horizontais e verticais das redes que é menor na rede simples que na rede dupla. No entanto, a eficiência de captação desses sistemas é variável devido à constante variação da direcção do vento,

enquanto que as redes são fixas e uni-direccionis. O posicionamento correcto das redes que aumenta a eficiência do sistema deve obedecer à configuração do relevo, que cria uma espécie de corredor de nevoeiro que geralmente obedece à configuração da ribeira devido ao efeito do vento.

Finalmente, recomendam-se mais estudos sobre a importância que o nevoeiro desempenha no ecossistema de Serra Malagueta e também sobre a sua contribuição na recarga dos aquíferos subterrâneos.

Bibliografia

1. Acosta, A., 1996: As precipitações ocultas e as suas aplicações na agricultura. Agrometeorological Application Associates. Ornex-France. 179 p.
2. Brochmann, C., Rustan, Ø. H., 1987. Distributional and ecological patterns of the endemic vascular flora of the Cape Verde Islands.Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg 95: 155-173
3. Brochmann, C., Rustan, Ø. H., Lobin, W., Kilian, N.,1997. The endemic vascular plants of the Cape Verde Islands, W Africa. Sommerfeltia, 24:1-356. Oslo
4. Cunha, F.R., 1964: O problema da captação da água do nevoeiro em Cabo Verde. Ed: Garcia da Horta. Lisboa. Portugal. Vol. 12 (nº4).
5. Estrela, M.J., Valiente, J A., Corell D., Millán, M.M., 2007: Fog collection in the western Mediterranean basin (Valencia region, Spain).
6. Estrela, M.J., Valiente, J.A., Corell, D., Fuentes, D., 2007: Collection of Fog Water for the Restoration of Degraded Forest Areas in a Western Mediterranean Basin Region. Preliminary results.
7. Eugster, W., 2008: Fog Research.
8. Gérard Beltrando, Malika Madelin et Hervé Quénol : Les risques liés au temps et au climat. (XIXeme Colloque International de Cliamtologie, 6-9 septembre 2006).
9. Glickman, T.S. (ed.) 2000: Glossary of Meteorology. – 2nd edition. – Boston, MA.
10. Instituto Nacional de Gestão dos Recursos hídricos, 2000: Visão Nacional Sobre a água, a vida e o ambiente no horizonte 2025.
11. Machado, M.D.S.F., 2006: Uso Sustentável da Água: Actividades Experimentais par a Promoção e Educação Ambiental no Ensino Básico.
12. Maria V.M, J., José L.S.M., 2008: El Potencial Hídrico de Los Stratocumulus Subtropicales. El caso de Canarias e Marruecus.
13. Ministério de Ambiente e Agricultura: Perfil temático na área das mudanças climáticas (2006).
14. Monteiro, P and I. Forte, 2006: Relatório Socio-económico da Serra Malagueta. Direcção Geral do Ambiente – Áreas Protegidas, 17-44, Cape Verde.
15. Pounds, J.A., Fogden, M.P.A., e Campbell, J.H., 1999: Biological Response to Climate change on a Tropical Mountain. – Nature 398 (6728): 611-615.

16. Prada, S., 2000: Geologia e recursos hídricos subterrâneos na ilha da Madeira. Tese de Doutoramento, Universidade da Madeira, 351pp.
17. Prada, P., 2007: O Potencial do Nevoeiro como Recurso Hidrológico.
18. Sabino, A.A. and Moreno J., 1998: Fog Water Collection in Cape Verde Islands: An alternative Source of Water for Agriculture and Domestic Use. *In* 'Proceedings of 1s International Conference on Fog and Fog Collection', p.p. 445-448 (Ed. R. Schemenauer and Howard Bridgman). Vancouver, Canada.
19. Sabino, A.A. and Horta, D., 2007: Parque Natural de Serra Malagueta e Monte Gordo. Propostas de Actividades nas Áreas de Captação da Água das Nuvens, Conservação de Solos e Hidráulica. DGA – Áreas Protegidas, 1-50, Cape Verde.
20. Tapia, O. e Zuleta, R., 1980. 20 años de Camanchacas y dos del Proyecto Mejillones. Antofagasta. Chile. 110 p.
21. Schemenauer R., Cereceda P., 1991: Fog-water collection in arid coastal locations. Ambio 20(7)303-308.
22. Wen J.L., Yi P. Z., Hong. M.L., Yu H.L., 2004: Fog dril and its relation to groundwater in the tropical seasonal rain forest of Xishuangbanna, Southwest China: a preliminary study.

ANEXO

ANEXO 1

Precipitações verticais registadas em Serra Malagueta (1977-2006)

Anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	Prec. max	Dia/Mês
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	83,3	20,5	2,5	0,0	0,0	106,3	22,0	19-Ago
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**	529,3	501,0	0,0	7,0	1037,3	212,5	12-Out
1979	7,9	0,0	9,9	0,0	0,0	0,0	68,1	185,4	123,7	702,0	3,5	0,0	1100,5	220,0	22-Out
1981	23,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	72,0	114,5	213,9	34,5	0,0	5,0	463,2	62,5	12-Set
1982	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	205,2	110,0	171,0	2,4	0,0	513,6	150,0	15-Out
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	86,4	312,6	0,0	0,0	0,0	399,0	302,4	12-Set
1984	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	57,0	94,4	425,0	15,0	85,6	30,8	710,8	300,0	17-Set
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,7	227,3	357,4	0,0	0,0	26,0	673,4	190,0	16-Set
1986	0,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,0	280,0	236,4	167,6	0,0	0,0	732,0	116,5	12-Out
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	439,0	145,0	160,0	0,0	0,0	744,0	120,0	17-Ago
1988	0,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	395,6	159,4	23,0	65,0	0,0	673,0	114,4	20-Ago
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	407,5	87,5	37,0	0,0	0,0	532,0	109,0	29-Ago
1990	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	79,4	75,2	290,0	230,0	0,0	0,0	714,6	183,0	06-Out
1991	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	182,3	118,0	25,0	0,0	0,0	325,3	105,0	31-Ago
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	123,0	72,5	149,5	83,5	25,9	0,0	458,4	115,0	26-Jul
1993	59,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,7	259,5	168,8	0,0	0,0	0,0	516,3	177,0	28-Ago
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	91,6	119,9	0,0	0,0	0,0	211,5	55,4	28-Set
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,5	166,8	262,2	41,0	0,0	66,7	604,2	122,5	29-Set
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	166,1	40,1	0,0	21,5	0,0	238,7	51,0	20-Ago
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,5	390,6	152,5	0,0	0,0	0,0	565,6	94,2	25-Ago
1998	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,8	51,5	212,3	0,0	0,0	0,0	308,6	67,5	19-Set
1999	10,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	150,2	213,8	306,6	281,9	6,7	0,0	969,6	85,4	11-Out
2000	13,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,1	215,2	261,6	292,5	0,0	0,0	818,1	166,4	03-Out
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,5	208,6	163,6	75,5	166,6	0,0	658,8	166,6	02-Nov
2002	34,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	123,0	256,1	115,2	0,0	0,0	529,1	57	14-Set
2003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,9	341,1	295,1	308,5	0,0	0,0	989,6	208	07-Out
2004	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	111,5	178,7	160,5	10,0	0,0	460,7	160,5	08-Out
2005	29,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	89,0	119,6	293,2	21,0	0,0	0,0	551,8	153,2	11-Set
2006	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	139,3	214,0	67,1	0,0	0,0	420,4	70,4	14-Set

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica de Cabo Verde

ANEXO II

Ficha de recolha de dados do Sistema de Captação da Água do nevoeiro

Agu Nobu			Posto			Montona		
2008			AMOSTRAGEM			Mês		
Dia	Nevoeiro (S/N)	Volume (m^3)	Dia	Nevoeiro (S/N)	Volume (m^3)	Dia	Nevoeiro (S/N)	Volume (m^3)
1			1			1		
2			2			2		
3			3			3		
4			4			4		
5			5			5		
6			6			6		
7			7			7		
8			8			8		
9			9			9		
10			10			10		
11			11			11		
12			12			12		
13			13			13		
14			14			14		
15			15			15		
16			16			16		
17			17			17		
18			18			18		
19			19			19		
20			20			20		
21			21			21		
22			22			22		
23			23			23		
24			24			24		
25			25			25		
26			26			26		
27			27			27		
28			28			28		
29			29			29		
30			30			30		
31			31			31		

ANEXO III

Água Captada em litros por dia em 2007 na zona de Agu Nobu no Parque Natural de Serra Malagueta

Dias	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1	---	---	---				800	0	350	700	280	0,0	2130
2	---	---	---				550	598	409	850	0	0,0	2407
3	---	---	---				135	687	800	550	458	0,0	2630
4	---	---	---				653	587	890	698	190	120,0	3138
5	---	---	---				700	385	786	689	0	0,0	2560
6	---	---	---				0	0	690	878	610	240,0	2418
7	---	---	---				865	0	0	789	390	85,0	2129
8	---	---	---				750	400	953	750	160	95,0	3108
9	---	---	---				0	0	850	900	200	0,0	1950
10	---	---	---				0	458	957	789	0	140,4	2344
11	---	---	---				650	800	723	950	0	0,0	3123
12	---	---	---				0	986	0	680	0	198,0	1864
13	---	---	---				550	702	427	0	0	0,0	1679
14	---	---	---			414	260	800	859	0	0	0,0	2333
15	---	---	---			227	0	0	850	0	0	210,0	1287
16	---	---	---			---	950	0	586	0	0	89,0	1625
17	---	---	---			---	350	358	700	300	0	0,0	1708
18	---	---	---			---	700	0	958	0	0	158,0	1816
19	---	---	---			661	0	0	950	0	0	68,0	1679
20	---	---	---			373	0	450	570	250	0	235,0	1878
21	---	---	---			442	0	580	980	0	0	0,0	2002
22	---	---	---			---	450	651	843	465	0	0,0	2409
23	---	---	---			---	0	201	900	0	0	0,0	1101
24	---	---	---			---	0	0	700	10	0	0,0	710
25	---	---	---			---	0	955	456	0	351	0,0	1762
26	---	---	---			---	821	755	900	0	271	142,0	2889
27	---	---	---			---	650	869	906	0	0	0,0	2425
28	---	---	---			882	0	785	780	0	0	179,0	2626
29	---	---	---			840	0	698	568	325	0	0,0	2431
30	---	---	---			997	560		990	190	0	0,0	2737
31	---	---	---		**8250**	---	0	630	-------	280	---	210,7	9371
Total				**8250**		**4837**	**10394**	**13335**	**21331**	**11043**	**2910**	**2170**	**74270**

ANEXO IV

Água captada em Litros por dia na zona do Posto no Parque Natural de Serra Malagueta em 2007

Dias	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1	---	---	---	---			200	0	87	175	70	0	532
2	---	---	---	---			138	150	102	212	0	0	602
3	---	---	---	---			34	172	200	138	115	0	658
4	---	---	---	---			163	147	223	175	48	30	785
5	---	---	---	---			175	96	197	172	0	0	640
6	---	---	---	---			0	0	173	220	153	60	605
7	---	---	---	---			216	0	0	197	98	21	532
8	---	---	---	---			188	100	238	188	40	24	777
9	---	---	---	---			0	0	213	225	50	0	487
10	---	---	---	---			0	115	239	197	0	35	586
11	---	---	---	---			163	200	181	238	0	0	781
12	---	---	---	---			0	247	0	170	0	50	466
13	---	---	---	---			138	176	107	0	0	0	420
14	---	---	---	---		350	65	200	215	0	0	0	830
15	---	---	---	---		0	0	0	213	0	0	53	265
16	---	---	---	---		---	238	0	147	0	0	22	406
17	---	---	---	---		---	88	90	175	75	0	0	427
18	---	---	---	---		---	175	0	240	0	0	40	454
19	---	---	---	---		312	0	0	238	0	0	17	567
20	---	---	---	---		0	0	113	143	63	0	59	376
21	---	---	---	---		300	0	145	245	0	0	0	690
22	---	---	---	---		---	113	163	211	116	0	0	602
23	---	---	---	---		---	0	50	225	0	0	0	275
24	---	---	---	---		---	0	0	175	3	0	0	178
25	---	---	---	---		---	0	239	114	0	88	0	441
26	---	---	---	---		---	205	189	225	0	68	36	722
27	---	---	---	---		---	163	217	227	0	0	0	606
28	---	---	---	---		0	0	196	195	0	0	45	436
29	---	---	---	---		420	0	175	142	81	0	0	818
30	---	---	---	---		0	140	----	248	47	0	0	435
31	---	---	---	---		---	0	200	-------	150	---	180	530
Total						**1382**	**2599**	**3376**	**5333**	**2841**	**728**	**670**	**16928**

ANEXO V

Água Captada em Litros por dia em Agu Nobu no Parque Natural de Serra Malagueta em 2008

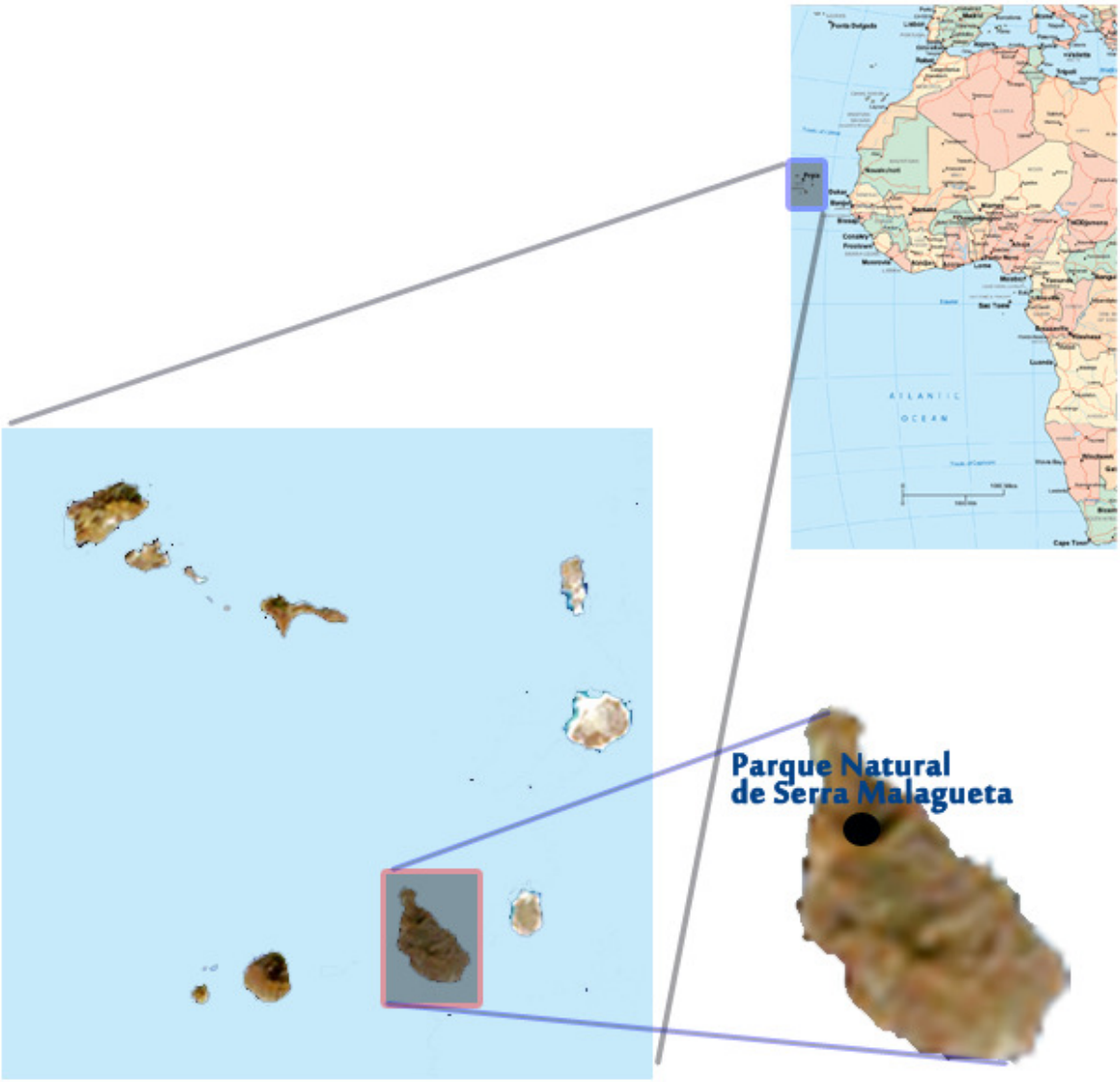
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Dia	Volume de água em Litros por dia - L/dia											
1	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	70	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	1860	0	0	0	440	0
4	140	0	0	0	0	0	250	0	0	0	0	0
5	281	0	0	0	0	0	550	0	0	0	830	0
6	281	0	0	1330	0	0	500	0	0	0	0	0
7	281	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	664	300	0	0	0	0	500	0	0	0	0	0
9	0	0	0	110	0	0	0	0	0	0	110	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	10	0	0	0	0	0	740	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
15	640	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	430	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	180	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	910	0	0	990	0	0
23	0	0	180	700	0	0	0	0	0	800	0	0
24	0	0	800	0	0	0	0	0	0	800	0	0
25	0	0	570	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	960	1230	0	0	0	340	0	0	700	0	1650
27	0	0	1750	0	0	0	0	0	0	0	1030	0
28	0	0	0	0	0	640	0	0	0	740	340	0
29	0	0	0	0	0	860	0	0	0	0	0	0
30	0		0	0	0	830	0	0	0	1360	0	0
31	0		0		0		720	0		200		0

As células a vermelho correspondem a um período em que o sistema de Agu Nobu esteve a ser reabilitado o que inviabilizou a leitura dos dados.

ANEXO VI

Água Captada em Litros por dia no Posto no Parque Natural de Serra Malagueta em 2008

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Dia	Volume de água em Litros por dia - L/dia											
1	76	0	0	0	0	0	0	234	0	0	0	0
2	12	0	0	0	0	0	432	321	0	321	0	0
3	52	0	0	0	0	0	120	123	0	120	71	0
4	76	0	0	0	0	0	250	0	0	412	8	0
5	35	0	0	0	0	0	201	0	0	0	88	0
6	101	0	24	579	0	0	230	39	0	0	0	0
7	127	0	0	64	0	0	0	54	0	0	0	0
8	279	34	0		0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	112	0	0	0	0	43	0	32	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	141	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	214	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	63	0	0	0	0	0	0	0	0
15	342	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	159	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0
20	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	74	0	0	337	0	0
22	0	0	0	58	0	0	323	0	0	398	0	0
23	0	0	135	399	0	0	0	0	0	345	0	0
24	0	0	147	0	0	0	0	0	0	276	0	0
25	0	0	120	0	0	0	34	0	0	87	0	1
26	0	116	142	0	0	178	87	0	0	321	23	326
27	0	0	432	0	0	194	0	0	0	0	89	0
28	0	0	0	0	0	248	0	0	0	128	97	0
29	0	0	0	0	0	276	0	0	0	234	0	0
30	0		0	0	0	398	87	0	0	432	0	0
31	0		0		0		120	0		89		0

ANEXO VII

Mapa de localização do Parque Natural de Serra Malagueta no Arquipélago de Cabo Verde