



## TENDÊNCIA DOS VALORES DE PRECIPITAÇÃO EM CABO VERDE E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Vera Garcia Chaves

*Agência Nacional de Água e Saneamento, Tira Chapéu, Praia- Cabo Verde, vera.chaves@anas.gov.cv*

### RESUMO

Em Cabo Verde, a água potável é um recurso escasso e essa escassez é frequentemente agravada pelo fenómeno de seca que o país vem enfrentando. A alteração climática é frequentemente apontada como um dos agravantes da disponibilidade hídrica, pela alteração no regime de precipitação, uma vez que no país este constitui a principal fonte de recarga das águas subterrâneas e superficiais. A realização de uma análise de tendência nos valores de precipitação sobre o arquipélago, possibilita notar as possíveis alterações do mesmo ao longo de um determinado tempo e permite considerar as estratégias do país, se é acrescida ou não a necessidade de se recorrer a outras alternativas para dar resposta às necessidades de água dos diferentes setores. Para o trabalho foram consideradas uma normal climatológica entre 1981 a 2010, para apenas 6 das nove ilhas. Para análise de tendência, foi considerado valores de precipitação registadas de 2010 a 2018 para todas as ilhas. Os resultados mostraram que, para esse período, a tendência foi negativa significativa, o que quer dizer que houve um decréscimo da precipitação sobre o país. Assim, pode-se concluir que pode ser notado uma descida considerável nas reservas de água subterrânea e superficial, justificando a necessidade de adoção de estratégias para resposta às demandas dos diferentes setores.

**Palavras-Chave:** Precipitação; Recursos Hídricos; Análise tendência; Cabo Verde;

### 1. INTRODUÇÃO

A existência da água no estado líquido é o que faz do planeta Terra especial, pois é o elemento fundamental para existência da vida. Em Cabo Verde, a água potável é um recurso escasso e essa escassez é frequentemente agravada pelo fenómeno de seca que o país vem enfrentando ao longo da sua história. A alteração climática é frequentemente apontada como um dos fatores que aumentam a vulnerabilidade hídrica no País em que a precipitação é a principal fonte de recarga das águas subterrâneas e superficiais, no entanto outros fatores como o aumento da população e o crescimento económico tem aumentado a pressão sobre o recurso subterrâneo existente.

O relatório “Intergovernmental Panel on Climate Change” - IPCC de 2007 enfatiza que os cenários de mudanças climáticas apontam para um aumento acima de 2°C na temperatura média global. Assim, vários impactos são e serão sofridos no ciclo hidrológico que altera os padrões de chuva e temperatura e intensifica os eventos extremos. Cabo Verde tem assistido periodicamente a eventos extremos como inundações e principalmente secas, que afeta de forma transversal vários sectores da sociedade. O mesmo documento, enfatiza que mudanças no ciclo global da água em resposta ao aquecimento ao longo do século XXI não serão uniformes. O contraste na precipitação entre as regiões húmida e seca e entre as estações chuvosa e seca aumentará, embora possa haver exceções regionais, ressaltam.

A realização de uma análise de tendência nos valores de precipitação sobre o arquipélago de Cabo Verde, permite notar as possíveis mudanças ou variações do mesmo ao longo de um determinado tempo e permite considerar as estratégias do país, se é acrescida ou não a necessidade de se recorrer a outras alternativas para dar resposta às necessidades de água dos diferentes setores. Como ressaltado anteriormente que a mudança no clima pode ocasionar alterações no ciclo hidrológico e resultar em diminuição da disponibilidade hídrica subterrânea, outro fator importante a se destacar, que está diretamente relacionado é a sobre-exploração dos aquíferos no País, ou seja a quantidade de água extraída é muito superior a recarga. Essas situações, diminuem grandemente, a capacidade de resposta às diversas necessidades, das águas subterrâneas e superficiais, abrindo margem para se concretizar outras alternativas de abastecimento (consumo humano, rega e indústria).

Assim, o objetivo principal do presente trabalho, consiste em analisar a tendência dos valores de precipitação sobre o arquipélago de Cabo Verde assim como a sua influência sobre a disponibilidade hídrica, pois a disponibilidade de água é um fator crítico para o desenvolvimento socioeconómico de Cabo Verde (Nascimento, J. et al, 2016).

O trabalho baseia numa série de precipitação entre 2010 e 2018 utilizando o método de Mann-Kendall, o que permitirá concluir se existem variações significativas e analisar sua influência na disponibilidade hídrica, permitindo afirmar se os recursos hídricos subterrâneos e superficiais são suficientes para atender as diferentes demandas ou se justifica a necessidade de recorrer a outras fontes como a dessalinização e a reutilização de águas residuais tratadas.

## 2. ENQUADRAMENTO

O arquipélago de Cabo Verde fica situado entre os paralelos 17° 12' e 14° 48' de latitude Norte e os meridianos 22°44' e 25°22' de longitude Oeste. O país é constituído por dez ilhas, sendo nove habitadas e vários ilhéus desabitados, divididos em dois grupos devido à sua localização relativa aos ventos dominantes (figura 1): Barlavento, constituído pelas ilhas de Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia, São Nicolau, Sal e Boavista; e Sotavento, constituído pelas ilhas de Maio, Santiago, Fogo e Brava.

O clima do Arquipélago de Cabo Verde é considerado ameno e fortemente influenciado, em termos de temperatura, pela corrente fria das Canárias. O arquipélago encontra-se, durante todo o ano, sob a influência do anticiclone dos Açores. No verão, Cabo Verde é particularmente afetado por sistemas convectivos associados a perturbações ondulatórias de leste, que propiciam a penetração de humidade, especialmente entre os meses de julho e outubro, época em que geralmente acontecem as precipitações sobre as ilhas (Terceira Comunicação Nacional Sobre as Mudanças Climáticas, 2017 - TCNMC).

O país encontra-se localizado numa região onde a variabilidade da alta subtropical dos Açores funciona como fator regulador das anomalias da precipitação, controlando a oscilação sazonal dos alísios de características marítimas e continentais durante os meses secos (Novembro a Junho).

Na época chuvosa (Julho a Outubro), destaca-se o movimento oscilatório da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), caracterizado pelos ventos do Sudeste e pela passagem de perturbações de leste (TCNMC, 2017).

O arquipélago sofre influências de massas de ar das latitudes extratropicais entre o mês de Dezembro e Fevereiro. Durante o verão o arquipélago de Cabo Verde está sob a influência de quatro sistemas considerados determinantes no clima da região, como sendo o anticiclone subtropical dos Açores, as baixas pressões equatoriais, a corrente marítima fria das Canárias e a depressão térmica sobre o continente africano. O anticiclone dos Açores é um sistema muito estável, que domina a região tropical e subtropical do Atlântico norte, originando fluxos entre norte (N), nordeste (NE) e este (E), frequentemente muito intensos de NE, designados por alísios. É afetada pela predominância de movimentos de subsidência denominada “inversão dos alísios”, que atua como opositor ao desenvolvimento vertical das nuvens, acentuado pela corrente fria das canárias, cita mesma fonte.



Figura 1. Mapa de Cabo Verde de acordo com os ventos dominantes (Fonte: site la.historiacomapas)



A temperatura média anual da superfície da água do mar é de 24 °C, varia de 22 °C e 24°C de julho a novembro, e de dezembro e junho, época fria varia entre 21 °C e 23 °C (TCNMC, 2017).

### 3. METODOLOGIA

O principal desafio para se conseguir realizar um estudo desta natureza, com certa credibilidade, é a obtenção de dados. Para realizar este trabalho, onde foi analisado a tendência de precipitação sobre o arquipélago de Cabo Verde, foram utilizados dados precipitação de 31 estações climatológicas existentes nas nove ilhas habitadas, Santo Antão, São Vicente, São Nicolau, Sal, Boavista, Maio, Santiago, Fogo e Brava, que constituem uma normal climatológica, por apenas eles conterem séries de precipitação completa. Foram também utilizados dados mais recentes, 2010 a 2018 de 53 estações climatológicas distribuídas pelas 9 ilhas. Os dados utilizados para tratamento estatístico, foram retiradas do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH-CV) da Agência Nacional de Água e Saneamento de Cabo Verde. Foram consultadas várias bibliografias relacionadas ao tema, foi dado um tratamento estatístico aos dados e utilizado o teste de Mann-Kendall para analisar as tendências. Alguns estudos com o objetivo de detetar possíveis tendências temporais aplicaram satisfatoriamente o método de Mann-Kendall em variáveis ambientais, entre eles: nível de água, temperatura média, precipitação, cobertura vegetal, qualidade de água e caudal (Salviano, M. et al., 2014).

#### Teste de Mann-Kendall com correção sazonal

O teste de Mann-Kendall identifica a presença de uma relação positiva ou negativa entre duas variáveis, só no caso em que aquela for monótona, não considerando por isso várias relações positivas e negativas na mesma série de dados. No caso de se tratar de séries temporais, a relação a estudar será a variação de uma variável em função do tempo.

Para o cálculo de uma possível tendência positiva ou negativa de uma série, ordena-se a série e contabiliza-se o número de acréscimos e decréscimos entre os mesmos meses dos anos considerados. Deste modo, por não se comparar meses diferentes, elimina-se o fator sazonalidade, resultando assim treze análises de tendências, doze para os meses do ano e uma para a série total.

Descreve-se de seguida o procedimento desta metodologia:

Para cada mês do ano considere-se um parâmetro S definido pela seguinte fórmula:

$$S = P - N \quad [1]$$

onde:

P – número de vezes que ocorre uma variação positiva quando se compara o mês  $y_i$  do ano  $i$  com o mês  $y_j$  do ano  $j$ , ou seja  $y_i < y_j$  para  $i < j$ ;

N – número de vezes que ocorre uma variação negativa quando se compara o mês  $y_i$  do ano  $i$  com o mês  $y_j$  do ano  $j$ , ou seja  $y_i > y_j$  para  $i < j$ .

Após a avaliação do parâmetro S, estima-se o parâmetro ZS tal que:

$$ZS = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s} & \text{para } S > 0 \\ 0 & \text{para } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma_s} & \text{para } S < 0 \end{cases} \quad [2]$$

[3] onde

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{n}{18} \cdot (n-1) \cdot (2n+5)}$$

e n representa os valores medidos do mês em análise.

Considera-se, para um nível de significância pré-definido, que a série apresenta tendência de mudança quando:

$$p = 2 \cdot (1 - Z_{crit}) < 0,1 \quad [4]$$

em que  $Z_{crit}$  é o valor da distribuição normal de  $|Z_s|$ .

O que define se a série apresenta tendência de descida ou subida é o sinal do parâmetro S:

$$\begin{cases} S > 0 \text{ e } p < 0,1 & \text{tendência de subida} \\ p > 0,1 & \text{não tendência} \\ S < 0 \text{ e } p < 0,1 & \text{tendência de descida} \end{cases}$$

No caso de ocorrerem empates entre meses ( $y_i = y_j$ ), Kendall (Helsel e Hirsch, 1992) propõe a seguinte modificação para o cálculo do parâmetro  $\sigma_s$ :

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{n \cdot (n-1) \cdot (2n+5) - \sum_{i=1}^n [t_i \cdot (i) \cdot (i-1) \cdot (2i+5)]}{18}} \quad [5]$$

onde:

n: valores conhecidos do mês considerado;

i: número de valores iguais entre meses;

ti: número de vezes que o valor i se repete numa série de meses.

Como exemplo considere-se os seguintes valores de Janeiro numa série de 10 anos:

<1   <1   3   2   <1   3   3   <1   2   3

Neste exemplo ocorrem três tipos de empates: dois empates de quatro valores iguais ( $t_i=2$ ;  $i=4$ ) e um empate de dois valores iguais ( $t_i = 1$ ;  $i = 2$ ).

Para a estimação da amplitude das tendências, utiliza-se também um método não paramétrico, conhecido por linha robusta de Kendall-Theil (Helsel e Hirsch, 1992).

Para o cálculo desta amplitude, ou declive, correspondente à amplitude de mudança por unidade de tempo,

$$\frac{n(n-1)}{2}$$

considera-se, para um dado mês, os declives da combinação de todos os anos, resultando  $\frac{n(n-1)}{2}$  pares de valores, onde n corresponde ao número de valores conhecidos do mês considerado. O declive da linha robusta corresponde à mediana desses valores. De outro modo: para todos os  $i < j$  em que  $i=1,2,\dots,(n-1)$  e  $j=2,3,\dots,n$ , a estimação do declive é dada pela seguinte equação:



$$P_{50} \frac{(Y_j - Y_i)}{(X_j - X_i)}$$

[6]

O declive da série total corresponde à mediana de todos os declives resultantes da combinação entre os meses.

#### 4. CARATERIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO

Com o intuito de melhor perceber a da realidade recente de Cabo Verde, no que diz respeito a tendência de precipitação ocorrido sobre o país, utilizou-se série de precipitação representativa de uma normal climatológica, de 1981 a 2010, uma vez que para ser representativo um dado climático tem de ter pelo menos 30 anos de histórico, motivo pela qual foi escolhida apenas as estações que cumpriam esse critério. Foi também utilizado dados de precipitação de todas as ilhas, no período de 2010 a 2018 para se poder ter noção da tendência de precipitação nos anos mais recentes. Obteve-se dados de estações de todas as ilhas de Cabo Verde com registo de dados, e as informações complementares encontram-se na tabela 1.

Tabela 1. Caraterização dos dados obtido e tratados (síntese)

Ilha	Número de estações	Data Mínima	Data Máxima	Est. completas (1981-2010)
Santo Antão	59	1931	2012	10
São Vicente	9	1931	2012	1
São Nicolau	31	1941	2012	0
Sal	7	1931	2012	1
Boavista	10	1931	2012	0
Maio	12	1950	2014	0
Santiago	129	1931	2012	7
Fogo	52	1931	2012	10
Brava	11	1941	2012	3

O tratamento dos dados permitiu apurar que embora exista registos de valores de precipitação muito antigas (1931 para a maioria das ilhas) até uma data recente (2012) as mesmas não foram selecionadas por existir, em todas elas, lacunas de vários anos que embora poderiam ser preenchidas por métodos adequados, não foi efetuado por constituir o objetivo principal deste trabalho. Convém ainda realçar que para esta série foi considerado o ano hidrológico de Cabo Verde para tratamento dos dados, que vai de 1 de julho a 30 de junho. É apresentado abaixo os gráficos dos valores anuais de precipitação das diferentes ilhas e as médias mensais para as diferentes estações.

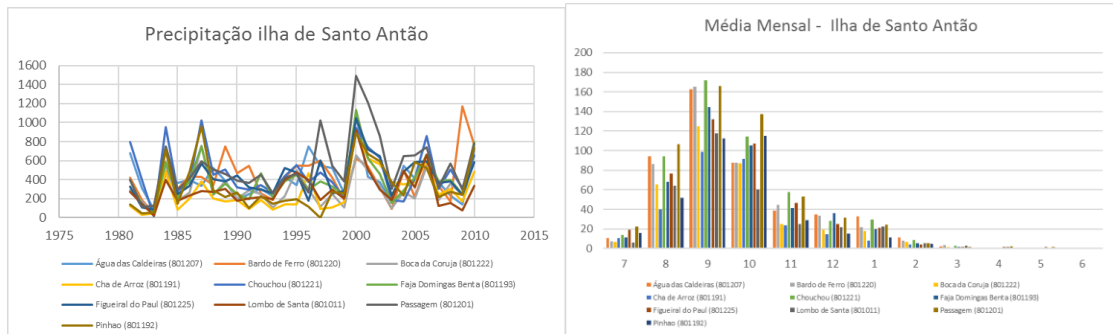


Gráfico 1 e 2: Precipitação anual da ilha de Santo Antão e respetiva média mensal

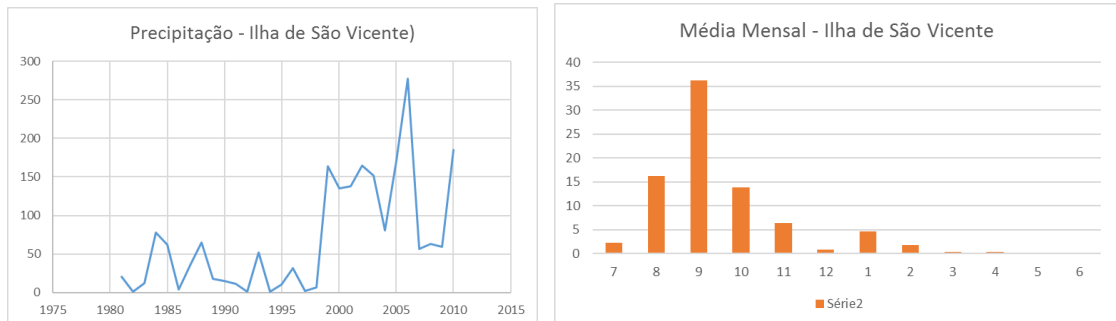


Gráfico 3 e 4: Precipitação anual da ilha de São Vicente e respetiva média mensal

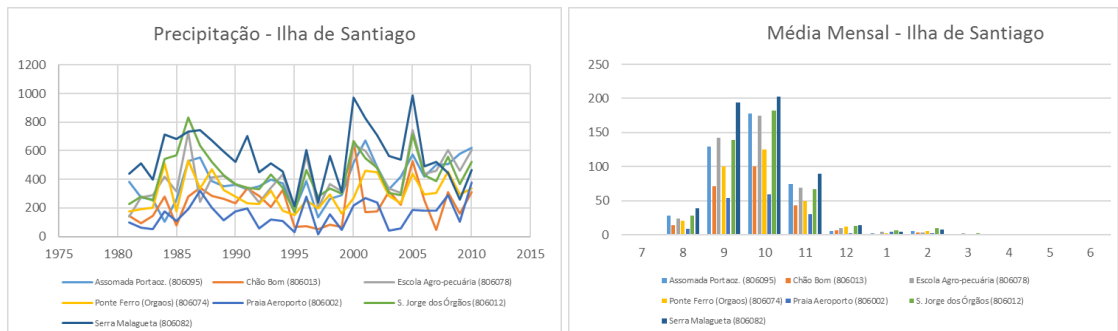


Gráfico 5 e 6: Precipitação anual da ilha de Santiago e respetiva média mensal

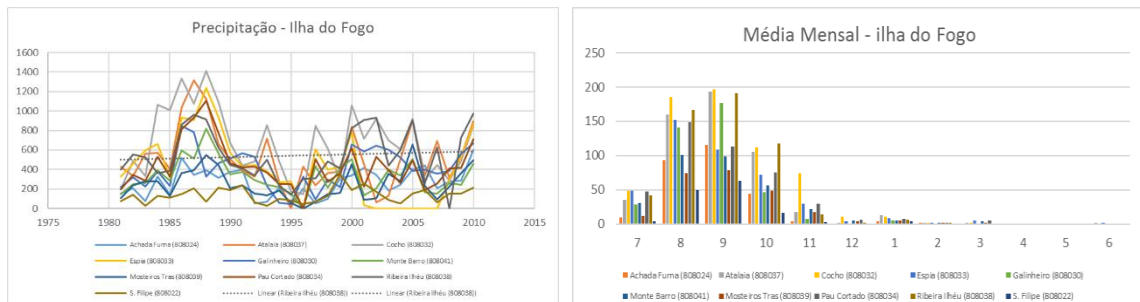


Gráfico 7 e 8: Precipitação anual da ilha do Fogo e respetiva média mensal



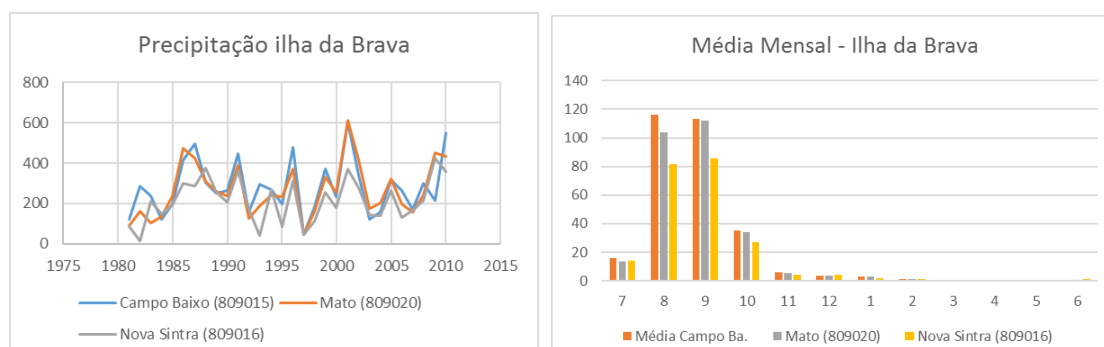


Gráfico 9 e 10: Precipitação anual da ilha da Brava e respetiva média mensal

## 5. ANÁLISE DE TENDÊNCIAS

Os gráficos na sessão anterior, representam a evolução da precipitação ocorrido entre 1981 a 2010 acompanhados pela média mensal dos mesmos, onde encontra-se claramente explícito de que a chuva começa a partir do mês de Julho, atingindo seu pico máximo durante os meses de Agosto e Setembro e vai diminuindo até terminar a estação chuvosa. Nesta série nota-se em alguns casos, uma evolução positiva dos valores de precipitação, entre 2000 a 2005. Para a ilha do Fogo nota-se que na década de 80 a chuva era mais intensa.

As tabelas abaixo mostram o resultado obtidos para as nove ilhas. Mostram uma tendência negativa de precipitação sobre as ilhas do arquipélago, ou seja, uma diminuição da precipitação, mais significativas para as ilhas de Santo Antão, São Vicente, Boavista, Maio, Santiago, Fogo e Brava, e mais discreta para as ilhas de São Nicolau e Sal, que pode ser justificado pelo facto de não se conseguir dados de outras estações que poderiam revelar a real situação de tendência nas ilhas. Essas tendências de descida de precipitação foram principalmente para os meses de Julho a Outubro, que são os meses representativos da estação das chuvas no país.

Tabela 2. Tendência de precipitação registada em 11 estações na ilha de Santo Antão, de 2010 a 2018

	AGUA DAS CA	AGUA DAS CAI	BOCA CORUJA	BOCA CORUJA	CHÁ DE ARROZ	CHÁ DE ARROZ	CHÁ DE PEDRI	CHÁ DE PEDRI	FAJÃ DOMING	FAJÃ DOMING	GARÇA	GARÇA	LOMBO DE SÁ	LOMBO DE SÁ	ALTO MIRA P1	ALTO MIRA P1	LAGEDOS	LAGEDOS	PASSAGEM P1	PASSAGEM P1	COVA	COVA
Janeiro	↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0
Fevereiro	↔	0,119097 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0,052083 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↑	0 ↔	0,153125 ↔	0,153125 ↔	0,153125 ↔	0,153125 ↔	0,153125 ↔	0,153125 ↔	0,027778
Março	↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0
Abril	↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0
Maior	↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0
Junho	↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0
Julho	↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↓	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0
Agosto	↔	-0,33854 ↔	-0,61458 ↔	-0,75521 ↔	-0,5127 ↔	-0,46007 ↔	-0,10521 ↔	-0,51458 ↔	-0,34469 ↔	-0,12708 ↔	-0,91319 ↔	-0,74104										
Setembro	↔	-3,14583 ↔	-1,46319 ↔	-1,71997 ↔	-5,00556 ↔	-1,20486 ↔	-1,86528 ↔	-2,11771 ↔	-1,23264 ↔	-0,14167 ↔	-1,66771 ↔	-5,14861										
Outubro	↔	-3,25417 ↔	-1,93458 ↔	-0,14132 ↓	-3,68792 ↔	-2,90719 ↓	-0,92083 ↔	-2,22679 ↔	-0,15625 ↔	-0,28125 ↔	-2,78646 ↔	-3,77083										
Novembro	↔	0,013333 ↔	0,065417 ↔	-0,075 ↔	0 ↔	0,060417 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0,002778 ↔	0										
Dezembro	↔	0,193452 ↔	0,031597 ↔	0 ↔	0,018333 ↔	0,030833 ↔	0,079444 ↔	0,085119 ↔	0,057083 ↔	0 ↔	0,194444 ↔	0,38125										
TOTAL	↔	0 ↔	0 ↓	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0 ↔	0										



Tabela 3 e 4. Tendência de precipitação registada em 3 estações nas ilhas de São Vicente e São Nicolau respetivamente, de 2010 a 2018

Meses	MINDELO	MINDELO	CALHAU	CALHAU	MATO INGLÊS	MATO INGLÊS	Meses	CANTO FAJA	CANTO FAJA	FAJA	FAJA	MORREOM	MORREOM
Janeiro	↔	0	↔	0	↔	0	Janeiro	↔	0	↔	0	↔	0
Fevereiro	↔	0	↔	0	↔	0	Fevereiro	↔	0	↔	0	↔	0
Março	↔	0	↔	0	↔	0	Março	↔	0	↔	0	↔	0
Abril	↔	0	↔	0	↔	0	Abril	↔	0	↔	0	↔	0
Mai	↔	0	↔	0	↔	0	Mai	↔	0	↔	0	↔	0
Junho	↓	0	↔	0	↔	0	Junho	↔	0	↔	0	↔	0
Julho	↓	0	↔	0	↔	0	Julho	↔	0	↔	0	↔	0
Agosto	↔	-0,14306	↔	-0,01417	↔	-0,10417	Agosto	↔	0,188194	↔	-0,1875	↔	-0,18542
Setembro	↔	-0,61944	↔	0	↔	-0,16667	Setembro	↔	0,433333	↔	-0,30833	↔	0,204167
Outubro	↓	-0,575	↓	-0,3875	↔	-0,67708	Outubro	↔	-1,35938	↔	0	↔	-0,21
Novembr	↔	0	↔	0	↔	0	Novembr	↔	0	↔	0	↔	0
Dezembr	↔	0	↔	0	↔	0	Dezembr	↔	0	↔	0	↔	0
TOTAL	↓	0	↔	0	↔	0	TOTAL	↔	0	↔	0	↔	0

Tabela 5 e 6. Tendência de precipitação registada em 2 estações nas ilhas do Sal e de Boavista respetivamente, de 2010 a 2018

Meses	AEROPORTO	AEROPORTO	TERRA BOA	TERRA BOA	Meses	BOFAREIRA	BOFAREIRA	RABIL	RABIL
Janeiro	↔	0	↔	0	Janeiro	↔	0	↔	0
Fevereiro	↔	0	↔	0	Fevereiro	↔	0	↓	-0,00345
Março	↔	0	↔	0	Março	↔	0	↔	0
Abril	↔	0	↔	0	Abril	↔	0	↔	0
Mai	↔	0	↔	0	Mai	↓	0	↓	-0,00129
Junho	↔	0	↔	0	Junho	↔	0	↔	0
Julho	↔	0	↔	0	Julho	↔	0	↓	-0,00052
Agosto	↔	-0,00556	↔	0,033333	Agosto	↔	0	↔	-0,00243
Setembro	↔	-0,12344	↔	0	Setembro	↔	-0,02893	↔	0
Outubro	↔	-0,125	↔	-0,16619	Outubro	↔	0	↔	-0,00112
Novembr	↔	0	↔	0	Novembr	↔	0	↔	0
Dezembr	↔	0	↔	0	Dezembr	↔	0	↓	-0,00153
TOTAL	↔	0	↔	0	TOTAL	↔	0	↓	0

Tabela 7. Tendência de precipitação registada em 5 estações na ilha de Maio, de 2010 a 2018

Meses	MORRO	MORRO	CENTO ZOOTE	CENTO ZOOTE	FIGUEIRA HOF	FIGUEIRA HOF	PILÃO CÃO	PILÃO CÃO	VILA DO MAIC	VILA DO MAIC
Janeiro	↔	0	↔	0	↔	0	↔	0	↔	0
Fevereiro	↑	0	↔	0	↑	0	↑	0	↑	0
Março	↔	0	↔	0	↔	0	↔	0	↔	0
Abril	↔	0	↔	0	↔	0	↔	0	↔	0
Mai	↔	0	↔	0	↔	0	↔	0	↔	0
Junho	↔	0	↔	0	↔	0	↔	0	↔	0
Julho	↔	0	↔	0	↔	0	↔	0	↔	0
Agosto	↔	-0,31424	↔	-0,35503	↔	-0,48194	↔	-0,5026	↔	-0,49375
Setembro	↔	-0,36111	↔	-0,66667	↔	-0,95875	↔	-0,28854	↔	-0,82448
Outubro	↔	-0,68056	↔	-0,64153	↔	-0,69444	↔	-0,875	↔	-0,70833
Novembr	↔	0	↔	0	↔	0	↔	0	↔	0
Dezembr	↔	0	↔	0	↔	0	↔	0	↔	0
TOTAL	↓	0	↓	0	↓	0	↓	0	↓	0



Tabela 8. Tendência de precipitação registada em 11 estações na ilha de Santiago, de 2010 a 2018

	ACHADA LONI	ACHADA LONI	ACHADA MOE	ACHADA MOE	ACHADA CARF	ACHADA CARF	BABOSA PICO	BABOSA PICO	PICO LEÃO	PICO LEÃO	ESCOLA AGRO	ESCOLA AGRO S.	JORGE ORG S.	JORGE ORG S.	VARZEIA SANTI	VARZEIA SANTI	PRAIA AEROP	PRAIA AEROP	SÃO FRANCIS	SÃO FRANCIS	SÃO DOMING	SÃO DOMING	
Janeiro	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Fevereiro	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Março	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Abril	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Mai	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Junho	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Julho	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0,139583	↔	↔	↔	0,170486	↔	0,041319	↔	0,073958	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	0,007778
Agosto	↔	-1,12917	↔	-1,28889	↔	-0,88125	↔	-1,5967	↔	-0,12431	↔	-0,75365	↔	-0,80208	↔	-0,98145	↔	-0,71083	↔	-0,6875	↔	-0,525	↔
Setembro	↔	-1,4873	↔	-0,93715	↔	-0,90667	↔	-1,6566	↔	-3,00764	↔	-2,42257	↔	-1,58958	↔	0,158333	↔	-0,68875	↔	0,043021	↔	-0,72917	↔
Outubro	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	-1,1869	↔	-0,92813	↔	-0,47917	↔	-0,40917	↔	-0,47326	↔	-0,46944	↔	-0,51667	↔	-1,11042	↔
Novembr	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Dezembr	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	-0,24219	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
TOTAL	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↓	↓	↓	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔

Tabela 9. Tendência de precipitação registada em 11 estações na ilha do Fogo, de 2010 a 2018

Meses	ACHADA FURI	ACHADA FURI	MONTE BARRI	MONTE BARRI	PAU CORTADI	PAU CORTADI	MOSTEIRO	MOSTEIRO	CAMPANAS	CAMPANAS	ESPIA	ESPIA	GALINHEIRO	GALINHEIRO	MIRAMIRA	MIRAMIRA	PONTA VERDE	PONTA VERDE	S. DOMINGOS	S. DOMINGOS	S. FILIPE	S. FILIPE	
Janeiro	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Fevereiro	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Março	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Abril	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Mai	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Junho	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Julho	↔	↑	0,572917	↔	0,368056	↔	↔	↔	↔	-0,24554	↑	0,521875	↔	-0,24554	↔	-0,10938	↔	-0,32738	↔	↔	↔	↔	↔
Agosto	↔	-1,69097	↔	0,184028	↔	-0,71354	↔	0,041667	↔	0,827083	↔	-0,1002	↔	-0,23611	↔	-0,0316	↔	-0,26042	↔	-0,69931	↔	-0,43333	↔
Setembro	↓	-3,42083	↔	1,149306	↔	1,244444	↔	-1,02778	↔	-1,42361	↔	1,208333	↔	-1,34896	↔	-1,07292	↔	-1,9224	↔	-0,9375	↔	-1,18472	↔
Outubro	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Novembr	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Dezembr	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
TOTAL	↓	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔

Tabela 10. Tendência de precipitação registada em 5 estações na ilha da Brava, de 2010 a 2018

Meses	CACHAÇO	CACHAÇO	FAJÃ D'ÁGUA	FAJÃ D'ÁGUA	FIGUEIRAL	FIGUEIRAL	CAMPO BAIXO	CAMPO BAIXO	NOVA SINTRA	NOVA SINTRA	
Janeiro	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	
Fevereiro	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	
Março	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	
Abril	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	
Mai	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	
Junho	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	
Julho	↔	↔	↓	-0,06042	↓	-0,11806	↔	-0,05625	↔	-0,04306	
Agosto	↔	↔	-0,41131	↔	0,004911	↔	-0,4119	↔	-1,05357	↔	0,177083
Setembro	↓	↔	-1,60313	↔	-0,83125	↔	-1,23333	↔	-2,21736	↔	-2,05556
Outubro	↔	↔	↔	↔	↔	↔	-0,15	↔	↔	↔	↔
Novembr	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Dezembr	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
TOTAL	↓	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔

## 6. EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Cabo Verde enfrentou desde sempre problemas de disponibilidades hídrica, favorecida pela localização geográfica. A precipitação constitui a principal fonte de recarga dos aquíferos e a média do país é de 230mm/ano (CAS, 2015).

Dentre as origens de água doce destacam-se os recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Outras fontes de recursos hídricos poderão também ser avaliadas, como a dessalinização de águas salobras ou salinas e a reutilização das águas residuais, em alguns concelhos, na irrigação (Martins, E., Garcia, V. 2017).

A água subterrânea é a origem mais explorada desde sempre, por vezes de forma excessiva causando problemas de intrusão salina, exaustão de algumas fontes agravando a situação de escassez. A exploração é efetuada a partir de captação de nascentes, galerias, poços e furos em algumas ilhas a uma profundidade considerável. A água superficial é captada através de barragens, espelhos de captação e cisternas, contudo o volume captado e aproveitado é apenas estimado. Foram contruídas 9 barragens no país, contudo algumas dessas infraestruturas têm a sua capacidade muito reduzida devido ao assoreamento, diminuindo significativamente a disponibilidade.

Cerca de 85% dos pontos de água existentes encontram-se nas ilhas de Santiago e Santo Antão. Da água subterrânea explorada no país, 45% é consumida para abastecimento, 50% para o uso agrícola e 5% para o uso industrial, nota-se que o sistema de rega tradicional vem diminuindo dando lugar ao sistema de rega mais eficiente, a rega gota-a-gota, gráfico 11.

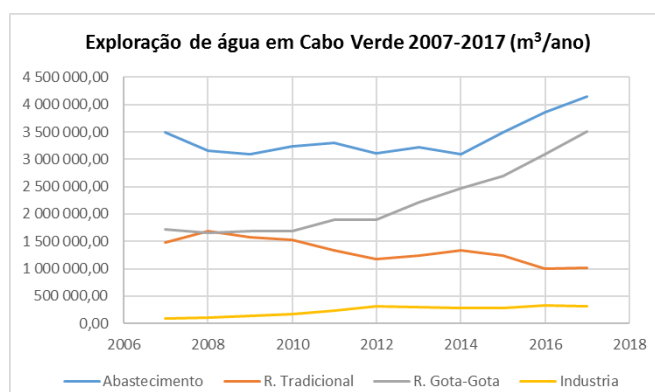


Gráfico 11: Evolução da exploração de água subterrânea para diversos usos  
Fonte: Elaboração própria, dados ANAS, 2019

O gráfico 12 mostra como tem evoluído a exploração dos recursos hídricos subterrâneos em Cabo Verde, num período de 11 anos, de 2007 a 2018, e observa-se um aumento significativo a partir de 2014 que se justifica pela introdução da origem de água dessalinizada nos dados recolhidos e faturados pela ANAS. Contudo mesmo sem introdução dos dados de dessalinização (extraídos a partir de furos) a tendência é de ligeiro aumento que se justifica pelo aumento de mobilização de água subterrânea a partir de construção de mais infraestruturas de captação.



Gráfico 12. Evolução de Exploração de água subterrânea em Cabo Verde  
Fonte: Elaboração própria, dados ANAS, 2019

Recente foi realizado um trabalho pela Agência Nacional de Água e Saneamento, ANAS, onde foi estabelecido uma comparação entre o potencial hídrico e número de habitantes, para as ilhas de Santiago, Santo Antão, Fogo e São Nicolau onde se conhece valores atualizados de recarga, para se poder estimar a disponibilidade hídrica em m³/habitante/ano. Verifica-se que para a ilha de Santiago os valores obtidos foram muito baixo, por ser a mais populosa, consequentemente enfrenta maior desafio, tabela 11. O valor de referência para abastecimento da população é de 40l/hab/dia. O país tem estabelecido diversas metas em relação aos recursos hídricos tendo sempre por base os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Tabela 11. Cálculo da disponibilidade por habitante

ILHA	POTENCIAL HÍDRICO (m <sup>3</sup> /ano)	POPULAÇÃO Nº DE HABITANTES	DISPONIBILIDADE HÍDRICA (m <sup>3</sup> /hab/ano)	DENSIDADE POPULACIONAL (hab/km <sup>2</sup> )
Santiago	30500000,00	297904,00	34,12732513	300,6094854
Santo Antão	36800000,00	39922,00	307,265835	51,24775353
Fogo	24500000,00	35636,00	229,1690051	74,86554622
São Nicolau	4200000,00	12341,00	113,4429949	34,56862745

Fonte: ANAS, 2017

Os valores de recarga foram calculados com séries de precipitação até 2008. Atualmente, com a tendência de descida de precipitação apresentado neste trabalho, a necessidade de fazer nova atualização é fundamental para melhor conhecer a disponibilidade a partir de origem subterrâneas. O Plano Estratégico Nacional de Água e Saneamento estima que o país necessita de 201.483m<sup>3</sup>/dia até 2030 para satisfazer uma população de 661 402 hab, para consumos domésticos, não domésticos, agrícolas, indústria e turismo.

## 7. CONCLUSÃO

Garantir o acesso à água em quantidade e qualidade para a geração atual e futura constitui um enorme desafio para Cabo Verde. Os eventos extremos que tem ocorrido sobre o País é principalmente a seca influenciando negativamente as reservas de água. O estudo permitiu analisar dados de estações climatológicas de todas as ilhas habitadas de Cabo Verde e conhecer/confirmar através deles a tendência de precipitação no País, entre 2010 a 2018.

Pode-se concluir que os valores de precipitação apresentam tendência de descida significativa sobre o arquipélago. Esse facto tem tido consequências muito negativa para diversos setores, e o país se encontra em estado de emergência hidroagrícola declarado pelo Governo da República desde 2017.

Essa tendência de descida pode ser considerada como indícios de efeitos da alteração climática no País, afetando negativamente a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea. No entanto, serão necessários estudos mais aprofundados, analisando mais variáveis como a temperatura, humidade relativa e evapotranspiração potencial para se concluir com maior segurança e confiabilidade.

Como o País tem vindo a conseguir mobilizar diversos parceiros, e diante de cenários de diminuição da precipitação e da disponibilidade hídrica subterrânea e superficial, deve intensificar o uso de outras alternativas para abastecimento, como a dessalinização com recurso á energia renováveis, neste caso caracterizando muito bem os potenciais impactos sobre a água subterrânea, de forma a não se contaminar essa origem. A reutilização das águas residuais tratadas constitui uma ótima alternativa para rega de espaços verde e alguns tipos de culturas, que deverão ser especificadas num estudo apropriado.

Para a reutilização segura e sustentável, ainda muito tem de ser feito, desde melhoramento do funcionamento das ETAR existentes, aplicação de normas, desenvolvimento de guia metodológico.

Em várias regiões do mundo já se nota evolução positiva em relação a reutilização de efluentes e sua aceitação para diversos usos, e Cabo Verde deve apostar fortemente nessa alternativa que se revela sustentável, tanto para a proteção e conservação dos recursos subterrâneos como para o ambiente uma vez que redus a pressão sobre outras fontes e a descarga direta no meio ambiente é eliminada ou reduzida, é praticamente independente dos efeitos das alterações climáticas. Assim, uma política adequada de reutilização de efluentes contribui para o cumprimento do ODS-6, que objetiva garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento.



Investir neste domínio através de estudos aprofundados e mobilização de investimento para melhoria dos sistemas para uma reutilização segura constitui uma grande aposta para o país.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabo Verde: Terceira Comunicação Nacional Sobre as Alterações Climáticas, 2017;
- Cabo Verde: Do Plano Estratégico Nacional De Água E Saneamento, revisão (PLENAS), 2016;
- Cabo Verde: Agência Nacional de Água e Saneamento – Sistema Nacional de Informação dos Recursos Hídricos;
- Cabo Verde: Agência Nacional de Água e Saneamento – Código de Água e Saneamento, 2015;
- Helsel, D. R., Hirsch, R.M., (1992): Statistical Methods in Water Resources;
- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007;
- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis; The Working Group I contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (WGI AR5) provides a comprehensive assessment of the physical science basis of climate change, 2013;
- Martins, E., Garcia, V., (2017): Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos em Cabo Verde;
- Mondal, A., Kundu, S., Mukhopadhyay A., (2012): Rainfall Trend Analysis By Mann-Kendall Test: A Case Study Of North-Eastern Part Of Cuttack District, Orissa;
- Nascimento, J., Oliveira, R. et al, (2017): Cálculo Do Balanço Hídrico Das Ilhas De Santiago, Santo Antão E Fogo (Cabo Verde);
- Salviano, M., Groppo, J., Pellegrino, Q., (2014): Análise De Tendências Em Dados De Precipitação E Temperatura No Brasil;