

# CAPÍTULO 10

## **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS NO BAIRRO DE PALHA SÉ E NO AEROPORTO INTERNACIONAL DA CIDADE DA PRAIA (CABO VERDE)**

**Nay Cabral  
Antonio Albuquerque  
Sanderson Leitão**


### **RESUMO**

A construção de um novo bairro em Palha Sé (cidade da Praia, ilha de Santiago, Cabo Verde) e a necessidade de se tratarem as águas residuais aí produzidas, suscitaram o interesse no seu reúso no próprio bairro e no Aeroporto Internacional da Praia o que poderia levar a poupanças consideráveis no consumo de água dessalinizada e de custos associados à sua utilização para fins onde não é necessário utilizar água potável. Foi realizada uma estimativa do volume de águas residuais gerado no bairro para 2025, 2030 e 2050, bem como os seus consumos de água potável (para irrigação de espaços verdes e lavagem de áreas pavimentadas) e no aeroporto (para irrigação de espaços verdes, descarga de sanitários, lavagem de pavimentos, arruamentos, pistas, estacionamento, passeios públicos, aeronaves, veículos e equipamentos de apoio e para simulação de combate a incêndios), para o mesmo período. Os resultados mostram, para um horizonte de 25 anos, que 70% (2025), 60% (2035) e 41% (2050) das águas residuais produzidas no bairro, após tratamento superior ao secundário, poderiam ser reusadas em ambos os espaços. A irrigação seria o maior consumidor no bairro (71% (2025), 66% (2035) e 57% (2050)), enquanto as lavagens levariam o maior consumo no aeroporto (84% (2025), 81% (2035) e 81% (2050)). No conjunto, a irrigação e as lavagens em ambos os espaços consumiriam 96% (2025), 95% (2035) e 95% (2050).

**PALAVRAS-CHAVE:** águas residuais tratadas, reúso de águas, aeroporto, bairro, Cabo Verde.

### **INTRODUÇÃO**

Em países ou regiões com escassez de recursos hídricos, como os da Península Arábica, Norte de África, Sul da Europa, o Semiárido Brasileiro, as soluções para a obtenção de água têm passado por construir obras de transferência de águas superficiais entre bacias hidrográficas (transposição de bacias), usinas dessalinizadoras de água do mar, de águas salobras ou estruturas com vistas ao reúso de águas residuais tratadas (MARECOS DO MONTE; ALBUQUERQUE, 2010; FERREIRA, 2021; MDR, 2022). A gestão sustentável dos recursos hídricos, na qual se inclui a conservação da água, deve incluir o reúso de águas residuais tratadas (ART) e o aproveitamento de águas pluviais, que podem constituir uma estratégia eficiente de conservação de água em regiões de escassez de recursos hídricos, permitindo ainda a




preservação da sua qualidade e reduzindo o impacto ambiental associado à descarga de efluentes.

O reúso de água, quando comparado à dessalinização ou à transposição de águas entre bacias, exige menores custos de investimento, consumo de energia e liberação de gás carbônico. Ademais, constitui-se em uma medida que ajuda à preservação sustentável de águas naturais, ao levar à redução de volumes captados e à diminuição da descarga de residuais em áreas sensíveis, estando, assim, também alinhada com os princípios da economia circular. Esta prática pode representar, igualmente, uma medida de adaptação às alterações climáticas e uma boa prática de gestão da água, para fazer frente ao aumento da frequência e intensidade de períodos de secas e de escassez de água, permitindo aumentar a resiliência dos sistemas. É uma das medidas previstas nos programas de ações do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC, 2021).

Várias organizações internacionais têm alertado para o tratamento adequado de águas residuais e seu reúso como medida de boa gestão da água, redução da poluição hídrica e do solo e combate aos efeitos das alterações climáticas. A Organização Mundial de Saúde (OMS) tem desenvolvido normas para a proteção da saúde pública, em especial para usos que exigem água com uma qualidade compatível com o consumo humano (OMS, 2013a; OMS, 2013b) e para o uso e eliminação segura de águas residuais (OMS, 2016). A Organização Internacional de Normalização (ISO) tem publicado normas sobre a utilização de águas residuais tratadas para irrigação agrícola e paisagística, de espaços públicos e privados (ISO, 2020a), usos urbanos em sistemas centralizados e descentralizados (ISO, 2017a; ISO, 2017b), usos industriais e para a avaliação do risco para a saúde e para o ambiente (ISO, 2018).

A Organização das Nações Unidas (ONU), defende, no Objetivo 6 dos 17 que definiu para a sustentabilidade nas 17 “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável” (ODS), que, até 2035, se deve observar o acesso universal e equitativo da água e saneamento para todos e melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição e o volume de águas residuais não-tratadas e aumentando substancialmente a sua reciclagem e reúso (ONU, 2020). As consequências das alterações climáticas, as migrações de populações para o litoral, a rápida expansão das cidades e o crescimento populacional têm agravado a disponibilidade, em quantidade e qualidade, da água a nível global. Em regiões que já sofrem de estresse hídrico elevado haverá grande dificuldade no cumprimento do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 da ONU. A nível




mundial, cerca de 80% das águas residuais não tratadas voltam ao meio ambiente e cerca de 1,8 milhão de pessoas estão expostas a água contaminada nas origens de água utilizadas para consumo humano e animal e para irrigação de culturas comestíveis (UNESCO, 2020). O reúso da água é assim uma oportunidade para atender à crescente necessidade de água para fins urbanos, industriais, agrícolas e para atividades de lazer e turísticas.

Cabo Verde é um arquipélago situado no oceano Atlântico, a cerca de 450 km a oeste da costa do Senegal, constituído por 10 ilhas, 9 das quais habitadas, com uma superfície global de 4.033 km<sup>2</sup>. Ainda que o potencial dos recursos hídricos subterrâneos no arquipélago seja relativamente alto (entre 125 e 170 hm<sup>3</sup>/ano), de acordo com MFP (2013), está estimado que apenas 60 hm<sup>3</sup>/ano são tecnicamente exploráveis em ano médio. Em um ano seco, o valor explorável é de cerca de 44 hm<sup>3</sup>/ano, sendo a exploração atual estimada em 40 hm<sup>3</sup>/ano. A precipitação média do arquipélago é de cerca de 230 mm/ano (CHAVES, 2021).

A ilha de Santiago, onde se localiza a capital, cidade da Praia, apresenta problemas de escassez de água, que são crónicos, inerentes ao seu clima e balanço hidrológico irregular, tendo assim dificuldade em fornecer água em quantidade e qualidade suficientes para os usos mais frequentes que são o abastecimento público e industrial e a irrigação agrícola e de espaços verdes. A maior parte da água para abastecimento público e industrial, bem como para a irrigação, provém de dessalinização da água do mar, com custos elevados para o usuário final. Verifica-se que há utilização desta água tratada para fins menos nobres onde, ao invés, poderia ser utilizada uma fonte de qualidade inferior (p.e. irrigação de espaços verdes e lavagem de arruamentos, áreas pavimentadas, veículos e equipamentos). A água superficial disponível, cujas vazões são mais abundantes na estação das chuvas (entre julho e outubro), é retida em algumas barragens de construção recente e destinadas quase exclusivamente à irrigação agrícola. Nas últimas décadas, devido à inexistência de estruturas para armazenamento de água, o pouco escoamento superficial perdeu-se no mar. As políticas aprovadas recentemente e a legislação publicada na última década, e em preparação, apontam o reúso de água como uma prática que deve ser implementada em Cabo Verde visando combater a escassez de água e o elevado preço da água proveniente de dessalinização.


Na cidade da Praia, o clima é do tipo tropical seco, com uma precipitação média anual de 265 mm, que ocorre quase exclusivamente nos meses de agosto e setembro, sendo a temperatura média anual de 27°C e a evaporação elevada (CMP, 2016; ICS, 2022). Estudos do



IPCC (2022) indicam a temperatura aumentará em 2.5°C até 2100, enquanto a precipitação poderá decrescer em 25% nos próximos 20 a 30 anos. A ilha de Santiago utiliza essencialmente água de usinas de dessalinização para consumo humano e industrial, a qual também é utilizada para lavagens de espaços públicos e equipamentos assim como para a irrigação de espaços verdes e agrícolas, o que não é uma solução sustentável para esses usos e apresenta um custo elevado no que diz respeito à utilização da água para fins não potáveis. Espera-se um aumento do consumo nos próximos anos devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento industrial, agrícola e das atividades turísticas.

No que concerne o nível de legislação e regulamentação publicada em Cabo Verde, observa-se que houve uma evolução significativa nas últimas décadas, tendo sido aprovados diplomas para a gestão eficiente dos recursos hídricos, controle da poluição, regulação dos sistemas de saneamento e reuso da água. O Decreto 82/87, de 1 de agosto (CABO VERDE, 1987a), define normas de garantia de qualidade para evitar a contaminação ou poluição dos recursos hídricos e da propagação de doenças de veiculação hídrica, enquanto o Decreto 168/87, de 31 de dezembro (CABO VERDE, 1987b), estabelece as normas pelas quais se regem os serviços públicos de distribuição de água potável e esgotos. Já o Decreto-Lei 7/2004, de 23 de fevereiro (CABO VERDE, 2004a), define as normas de descarga de águas residuais em meios receptores e o Decreto-Lei 8/2004, de 23 de fevereiro (CABO VERDE, 2004b), define critérios e normas de qualidade da água para vários usos. O Decreto-legislativo 3/2015, de 19 de outubro (CABO VERDE, 2015a), estabeleceu os principais fundamentos aplicáveis aos recursos hídricos e estabelece as normas que devem garantir a sua preservação, sustentabilidade e aproveitamento nacional e cria o Código da Água e Saneamento (CAS).

Em 2015 foi aprovado o Plano Estratégico Nacional de Água e Saneamento (PLENAS), que derivou da Resolução do Conselho de Ministros 10/2015, de 20 de fevereiro (CABO VERDE, 2015b), reconhecendo o direito à água, a necessidade de melhorar os sistemas de abastecimento de água e os sistemas de coleta e tratamento de águas residuais, bem como a necessidade de se promover a igualdade de gênero e proteção dos cidadãos mais desfavorecidos. O PLENAS sugere, também, o acesso de cada cidadão a um volume de água diário entre 40 e 90 L/hab.dia, sendo que usos acima do limite máximo são consideradas desperdícios. O PLENAS considera que 100% das águas residuais tratadas deveriam ser reutilizadas.



O recente Decreto Regulamentar N° 4/2020, de 2 de março de 2020 (CABO VERDE, 2020), estabelece os critérios e os parâmetros para controle da qualidade da água para irrigação, águas de origem superficial ou subterrânea, água proveniente de processo de dessalinização, águas pluviais recuperadas ou águas residuais tratadas, com o objetivo de satisfazer ou complementar as necessidades hídricas de culturas agrícolas, florestais, ornamentais, viveiros, áreas gramadas e outros espaços verdes, previamente à adição de fertilizante.

No que respeita as condições técnicas para a execução de projetos de reutilização de ART ou de reaproveitamentos de águas, as entidades com responsabilidade pela gestão da água e proteção do ambiente em Cabo Verde têm seguido as orientações da OMS (OMS, 2013a; OMS, 2013b), UNESCO (UNESCO, 2020) e as especificações técnicas portuguesas ETA 0701, para reaproveitamento de águas pluviais em edifícios (ANQIP, 2021), e ETA 0905, para reutilização e reciclagem de águas cinzentas (ANQIP, 2011).

A principal Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da cidade da Praia (Praia-Palmarejo) trata atualmente cerca de 8.100 m<sup>3</sup>/dia de águas residuais (cerca de 75% da capacidade instalada na ilha de Santiago).

Em 2012 foi projetada uma nova área habitacional perto do Aeroporto Internacional da cidade da Praia, o Bairro de Palha Sé, que inclui, além das áreas habitacionais, espaços públicos e áreas comerciais. As águas residuais produzidas neste bairro, após tratamento, poderiam ser utilizadas para, por exemplo, irrigação de espaços verdes e lavagem de áreas pavimentadas, bem como para a descarga de sanitários, lavagem de pavimentos de edifícios, arruamentos, pistas, estacionamento, calçadas, aeronaves, veículos e equipamentos de apoio e para simulação de combate a incêndios no aeroporto.

O objetivo principal deste estudo consistiu em avaliar o potencial de reuso das águas residuais geradas no Bairro de Palha Sé (cidade da Praia, Cabo Verde), após tratamento adequado, no próprio bairro e no Aeroporto Internacional da Praia, para os anos 2025, 2035 e 2050.

## **OPORTUNIDADES PARA REÚSO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS**

### **CARACTERIZAÇÃO DO BAIRRO DE PALHA SÉ**

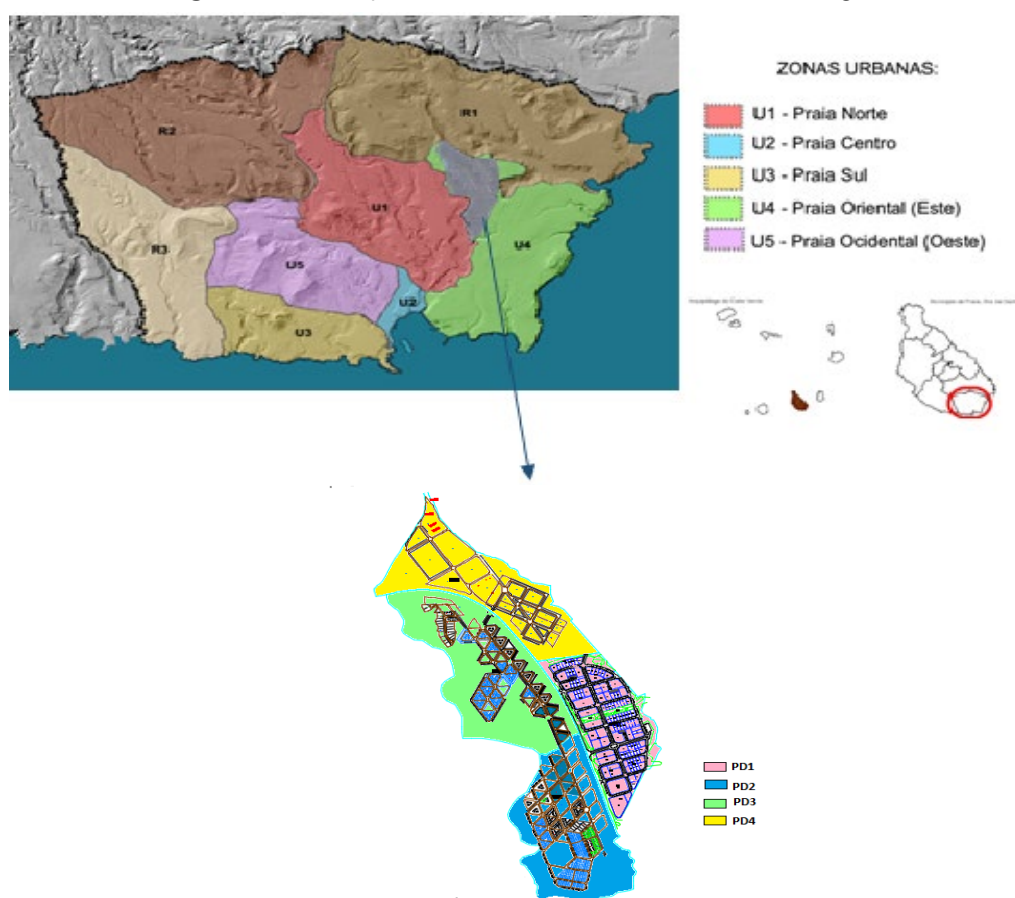
O Bairro de Palha Sé (unidade U4 na Figura 1) ocupa uma área de 22,7 ha e inclui 4 setores (PD1, PD2, PD3 e PD4). Os setores PD2 e PD3 são habitacionais e foram os primeiros



a ser construídos, enquanto os setores PD1 e PD4 são destinados a atividades de serviços, comércio e indústrias (Figura 1). Até 2025 só os setores PD2 e PD3 funcionarão em pleno. Nos anos seguintes, os restantes setores entrarão em funcionamento, mas sem data prevista.


O bairro está localizado a cerca de 3,15 km do centro da cidade da Praia, onde se situa a rede de drenagem principal e a ETE de Praia-Palmarejo. No processo de planeamento do bairro observou-se que a coleta e o transporte das águas residuais até à rede de drenagem mais próxima, acarretaria a construção de um novo emissário de ligação, que depois as conduziria até à ETE de Praia-Palmarejo (localizada a 7,30 km do bairro), obra que teria custos elevados.

**Figura 1:** Localização do Bairro de de Palha Sé na ilha de Santiago.



**Fonte:** adaptada de CMP (2012).

Do ponto de vista hidrológico, a área onde se situa o bairro é caracterizada por ter uma pluviosidade média anual de 265 mm e uma elevada evapotranspiração potencial. Ao longo do ano a precipitação está concentrada entre julho e outubro, sendo mais frequente em agosto e setembro, e costuma ser muito intensa e irregular. A área de intervenção tem um alto nível de permeabilidade, apresentando uma boa infiltração quando chove. A maior parte do escoamento



que não infiltra acaba por ser descarregado no mar, pois não existem infraestruturas para a retenção de escoamento pluvial na cidade da Praia.

O número de pessoas no bairro, para os anos de 2025, 2035 e 2050, foi estimado em cerca de 9.500, 15.000 e 21.000 habitantes, respectivamente. As áreas de espaços verdes destinadas à irrigação e as áreas pavimentadas para lavagem foram retiradas do projeto do bairro (CMP, 2012) e as respectivas frequências foram fornecidas pelos seus responsáveis (Tabela 1).

**Tabela 1:** Áreas para irrigação e lavagens no Bairro de Palha Sé entre 2025 e 2050.

Elementos	2025 (PD2 e PD3)	2025 a 2050 (PD1, PD2, PD3 e PD4)	Frequência de lavagens
Área de espaços verdes (m <sup>2</sup> )	348.304	597.810	3/3 dias
Área de passeios, estacionamento, arruamentos e espaços públicos (m <sup>2</sup> )	284.044	571.734	2-3 vezes/mês

Fonte: Cabral (2016).

## CARACTERIZAÇÃO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DA PRAIA

O Aeroporto Internacional da cidade da Praia “Nelson Mandela” possui uma pista de 2.100 m de comprimento e 45 m de largura. Recebe voos internacionais procedentes da Europa, América do Sul, América do Norte e África, além dos voos domésticos provenientes de todas as outras ilhas de Cabo Verde e possui uma capacidade de até 1.000 passageiros/hora. O aeroporto encontra-se a uma altitude de 94 m ao nível do mar e está a cerca de 200 m do Bairro de Palha Sé. O aeroporto possui consumos de água elevados (cerca de 4.800 m<sup>3</sup>/mês), sendo grande parte da água potável (dessalinizada) utilizada para a irrigação de espaços verdes, lavagem de aeronaves, equipamentos, viaturas, pistas, arruamentos, passeio, pavilhões e outras áreas pavimentadas, bem como para simulação de combate a incêndios. O consumo de água representa cerca de 5% do orçamento anual da empresa que gere o aeroporto. O reúso de ART da ETE do Bairro de Palha Sé nessas atividades poderia levar a economias consideráveis em volume de água potável e em custos para o aeroporto.

A circulação de pessoas no aeroporto, para os anos de 2025, 2035 e 2050, foi estimada em 1.950, 2.725 e 3.850 usuários. O número de veículos e aeronaves para lavagem, as áreas de espaços verdes para irrigação, as áreas pavimentadas para lavagem, o número de viaturas para combate a incêndios e respectivas frequências, foram fornecidos pela empresa que gere o aeroporto e são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Quantidade de aeronaves, viaturas e equipamentos e áreas para irrigação e lavagens no Aeroporto Internacional da Praia entre 2025 e 2050.

Elementos	Quantidade			Frequência de lavagens
	2025	2035	2050	
Nº de veículos de apoio para lavagem	12	18	25	1 vez/semana
Nº de aviões para lavagem	6	10	15	2 vezes/mês
Área de espaços verdes para irrigação (m <sup>2</sup> )	5.000			3/3 dias
Nº de viaturas para combate a incêndios	3	3	4	6 vezes/semana
Área de pista para lavagem (m <sup>2</sup> )	159.116			1-2 vezes/mês
Área de passeios, parques, estacionamento de aeronaves, estacionamentos de veículos e arruamentos para lavagem (m <sup>2</sup> )	155.637			2-3 vezes/mês
Área de pavilhões e edifícios de apoio e serviços para lavagem (m <sup>2</sup> )	33.923			2-3 vezes/semana

**Fonte:** adaptado de Cabral (2016).


## OPORTUNIDADES DE REÚSO DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS NO BAIRRO DE PALHA SÉ E NO AEROPORTO INTERNACIONAL DA PRAIA

As oportunidades para reúso de ART são as decorrentes dos usos de água no bairro e no aeroporto. Com vistas a se desenvolver um balanço entre volumes a produzir (oferta) e a consumir (procura/demanda), foram calculadas as necessidades de água para fins considerados potáveis e não-potáveis para os anos de 2025, 2035 e 2050. Identificou-se ainda uma área agrícola, assinalada como São Tomé (Figura 2), que poderá, no futuro, vir a desenvolver atividades agrícolas, florestais ou com plantas ornamentais, podendo se beneficiar dessa origem de água.

O sistema para o tratamento e reúso das águas residuais produzidas no Bairro de Palha Sé incluiria as seguintes infraestruturas:

- ETE com tratamento secundário e de polimento, de acordo com os requisitos de qualidade dos diversos usos a serem destinados (p.e., Decreto Regulamentar Nº 4/2020, 2 de março, para irrigação);
- Reservatório de armazenamento de ART para satisfazer as necessidades de consumo/demanda;
- Rede para abastecimento de ART desde o reservatório até ao bairro e aeroporto;





- Sistema de *by-pass* para descarga dos excedentes da vazão não utilizada.

A ETE poderia ser localizada em um pequeno planalto (Figura 2), com uma área de aproximadamente 800 m<sup>2</sup>, que dista 500 m do bairro e 1,5 km do aeroporto, que se desenvolve entre as cotas 115 m e 117 m. O aeroporto se encontra à cota 94 m e o bairro entre as cotas 100 m e 150 m. A distribuição de ART para o aeroporto seria predominantemente de forma gravitacional, enquanto para o bairro necessitaria de um sistema elevatório ligado a um sistema para irrigação de espaços verdes e a lavagem de arruamentos, viaturas, equipamentos e áreas pavimentadas.

O volume operacional do reservatório deverá garantir volumes para compensar a flutuação de solicitações horárias ao longo do dia e de dia para dia, permitir o bom funcionamento das redes de distribuição e a regularização do funcionamento das bombas, garantir o equilíbrio de cargas piezométricas e permitir reservas para emergências. O reservatório deverá ainda ter um volume morto, cerca de 10% do volume operacional, para permitir a decantação de matéria sólida das ART (Marecos do Monte e Albuquerque, 2010).

No Bairro de Palha Sé identificaram-se as seguintes oportunidades para reúso de ART:

- i) Irrigação de espaços verdes;
- ii) Lavagem de passeios, áreas de estacionamento, arruamentos e espaços públicos.

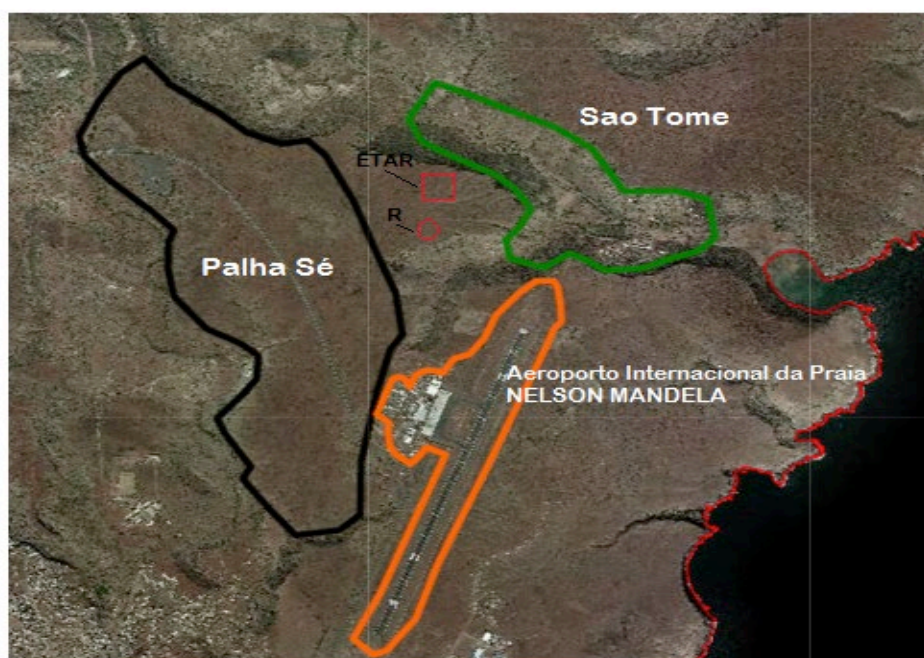
Para calcular os volumes de água a utilizar para a irrigação de espaços verdes foram tomadas as taxas de 2 L/m<sup>2</sup>.dia (2025), 1,7 L/m<sup>2</sup>.dia (2035) e 1,5 L/m<sup>2</sup>.dia (2050), de acordo com o intervalo sugerido na especificação técnica Portuguesa ETA 0701 (ANQIP, 2021). Para a estimativa de volumes de água para lavagem de áreas pavimentadas foram consideradas as taxas de 5 L/m<sup>2</sup>.dia (2025), 4,5 L/m<sup>2</sup>.dia (2035) e 4 L/m<sup>2</sup>.dia (2050), de acordo com o intervalo sugerido na ETA 0701 (ANQIP, 2021). Consideraram-se taxas decrescentes no tempo devido a medidas de poupança e usos eficiente da água que seriam implementadas no tempo.

Há outras oportunidades para reúso de ART no bairro, como em sistemas de refrigeração ou caldeiras de aquecimento de indústrias e até em algumas fases do processo produtivo de indústrias e áreas comerciais. Contudo, não foi possível apurar ainda a tipologia de indústria que seria instalada, bem como as taxas e frequências a utilizar.

No Aeroporto Internacional da Praia identificaram-se as seguintes oportunidades para reúso de ART:


- iii) Recarga de vasos sanitários;
- iv) Alimentação de veículos de bombeiros para simulação de combate a incêndios;
- v) Lavagem de aeronaves, veículos de apoio e equipamentos;
- vi) Irrigação de espaços verdes;
- vii) Lavagem de pistas, passeios, áreas de estacionamento de aeronaves, arruamentos (internos e externos), parques de estacionamento, pavilhões de passageiros e serviços e áreas de apoio.

**Figura 2:** Localização do Bairro de Palha Sé e do Aeroporto Internacional da Praia.



**Fonte:** Cabral (2016).

A demanda de água para 2025, 2035 e 2050, para a recarga de vasos sanitários, foi estimada a partir da diferença entre os volumes totais consumidos pelos passageiros e demais usuários do aeroporto, estimados para um consumo per capita de 40 L/usuário.dia (valor mínimo considerado no PLENAS de 2015), enquanto o volume de consumos sem descargas de vasos sanitários foi estimado para um consumo per capita de 28 L usuário.dia (2025 e 2030) e 30 L/usuário.dia (2050), conforme valores adaptados de Tchonanoglous, Burton e Stensel (2003) e da especificação técnica ETA 0701 (ANQIP, 2021).



O volume de água utilizada para encher os veículos dos bombeiros para simulação de combate a incêndio e a frequência de descarga foram fornecidos pela direção do Aeroporto (Tabela 2). São realizados diariamente testes de funcionamento dos equipamentos e das viaturas onde é consumido menos de 1% da capacidade de reserva de cada veículo (cerca de 1.000 L/veículo.dia) (JEFERSON *et al.*, 2005).

Para estimativa do consumo de água relacionado com a lavagem de aeronaves, veículos de apoio e equipamentos foi considerado o número atual e futuro de aeronaves, viaturas e equipamentos de apoio e as frequências de lavagem (Tabela 2). Considerou-se um consumo de água para lavagem de veículos de 50 L/veículo.dia, 45 L/veículo.dia e 40 L/veículo.dia em 2025, 2035 e 2050, respectivamente, de acordo com valores adaptados de Tchonanoglous, Burton e Stensel (2003). Para a lavagem de aeronaves considerou-se um gasto de 45,4 L/minutos durante 2 horas (*i.e.* 5.450 L/lavagem), de acordo com dados de AVIATOR (2014). Considerou-se que o consumo decresce no tempo devido a medidas de poupança e uso eficiente da água que se implementarão no futuro.

Para calcular os volumes de água a utilizar para a irrigação de espaços verdes foram tomadas as taxas de 2 L/m<sup>2</sup>.dia (2025), 1,7 L/m<sup>2</sup>.dia (2035) e 1,5 L/m<sup>2</sup>.dia (2050), de acordo com o intervalo sugerido na ETA 0701 (ANQIP, 2021). Para a estimativa de volumes de água para lavagem de áreas pavimentadas foram consideradas as taxas de 5 L/m<sup>2</sup>.dia (2025), 4,5 L/m<sup>2</sup>.dia (2035) e 4 L/m<sup>2</sup>.dia (2050), de acordo com o intervalo sugerido na ETA 0701 (ANQIP, 2021). Consideraram-se taxas decrescentes no tempo devido a medidas de poupança e usos eficiente da água.

Há outras oportunidades para reuso de ART no aeroporto, como os sistemas de refrigeração e remoção dos efluentes sanitários das aeronaves, que não foram considerados por não ser possível estimar os volumes e frequências utilizadas.

## **ANÁLISE DE RESULTADOS**

### **CONSUMOS DE ÁGUA NO BAIRRO DE PALHA SÉ**

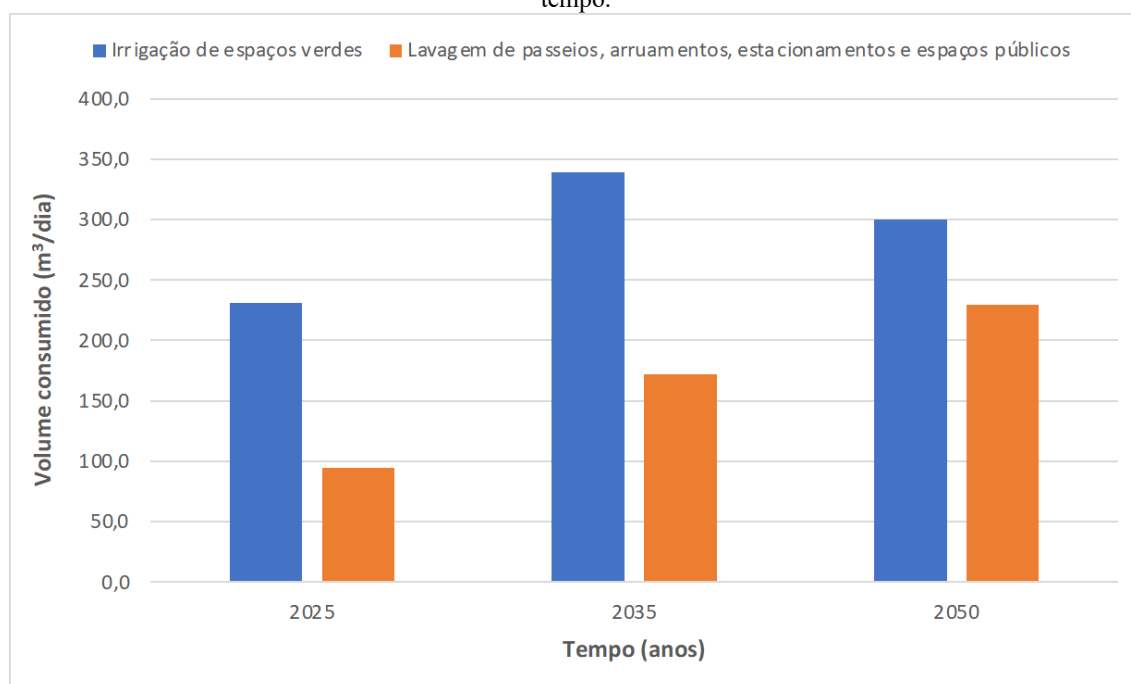
Tendo em vista a população estimada para os quatro setores do bairro (9.500, 15.000 e 21.000 habitantes), os consumos de água fornecidos pelos serviços municipalizados locais (90, 100 e 110 L/hab.dia) previstos para os anos 2025, 2035 e 2050, o consumo de água potável para todas as atividades foi estimado em cerca de 855 m<sup>3</sup>/dia (2025), 1.500 m<sup>3</sup>/dia (2035) e 2.310

m<sup>3</sup>/dia (2050). A água para fins potáveis, proveniente de dessalinização, deve ser utilizada para consumo humano e para usos em restauração, indústrias e serviços, mas não para irrigação de espaços verdes ou de culturas, nem para lavagens de pavimentos ou equipamentos ou para descarga de vasos sanitários, atividades que não necessitam de água dessalinizada. A produção proporcional de água residuais, considerando um coeficiente de afluência à rede de 0,8, seria de cerca de 684 m<sup>3</sup>/dia (2025), 1.200 m<sup>3</sup>/dia (2035) e 1.850 m<sup>3</sup>/dia (2050).

A partir da Tabela 1 estimaram-se os consumos de água para irrigação de espaços verdes em 232 m<sup>3</sup>/dia, 340 m<sup>3</sup>/dia e 300 m<sup>3</sup>/dia para os anos 2025, 2035 e 2050, respectivamente. Nos mesmos anos, as necessidades de água para lavagens de passeios, estacionamento, arruamentos e espaços públicos seriam de cerca de 95 m<sup>3</sup>/dia, 172 m<sup>3</sup>/dia e 230 m<sup>3</sup>/dia, respectivamente. Os resultados são apresentados na Figura 3.

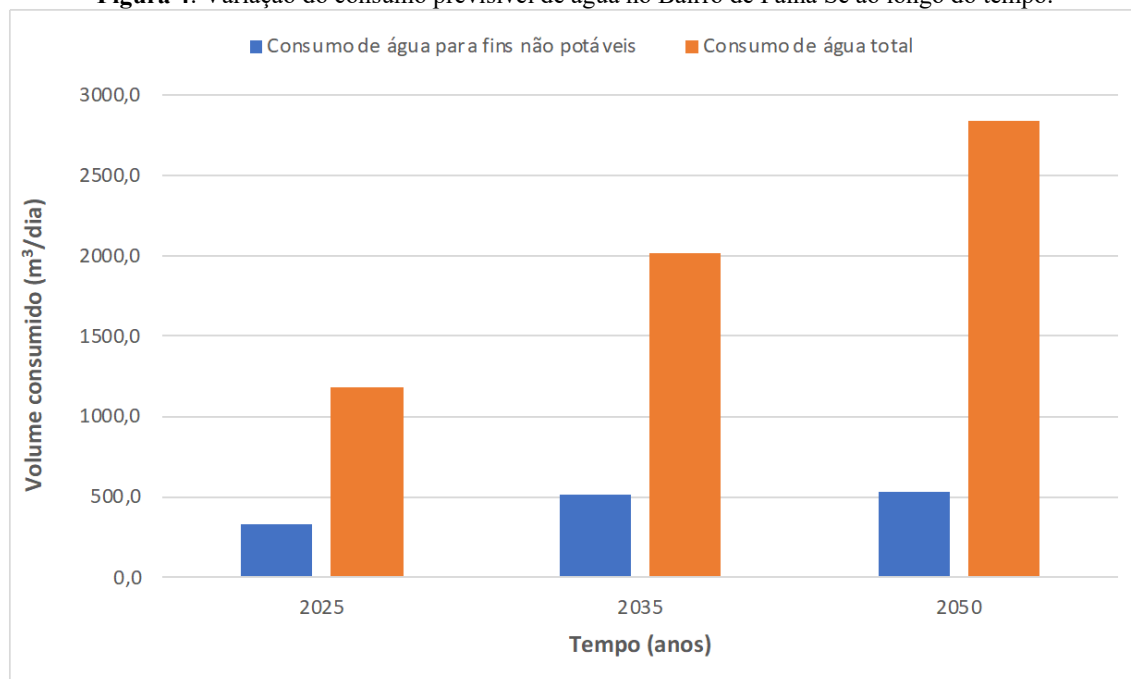
Observa-se que a necessidade de água para irrigação assume maior importância, com uma variação entre 57% (2050) e 71%, (2025) contra as necessidades para lavagens, que representam entre 29% (2025) e 43% (2050) das necessidades de água para fins não potáveis. A água necessária para usos não potáveis representa cerca de 28%, 25% e 17% do total de água a ser utilizada no bairro nos anos 2025, 2035 e 2050, respectivamente (Figura 4).

**Figura 3:** Variação do consumo previsível de água no Bairro de Palha Sé para diferentes atividades ao longo do tempo.



**Fonte:** Produzido pelos autores, 2022.

**Figura 4:** Variação do consumo previsível de água no Bairro de Palha Sé ao longo do tempo.



**Fonte:** Produzido pelos autores, 2022.

## CONSUMOS DE ÁGUA NO AEROPORTO INTERNACIONAL DA PRAIA

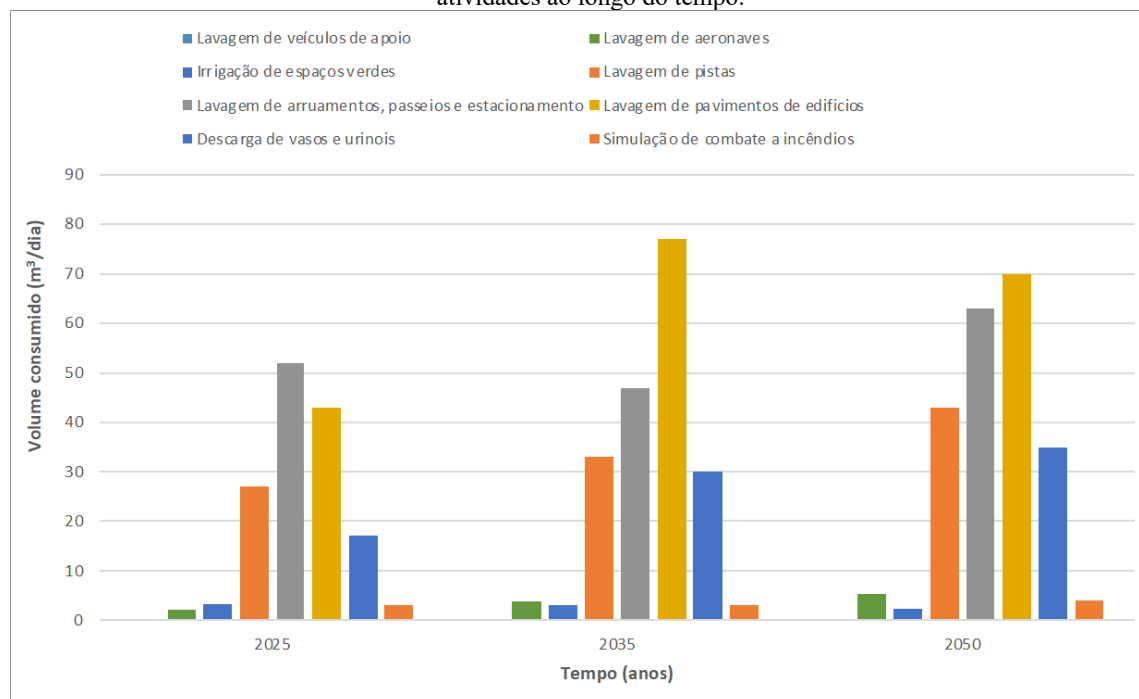
O volume total de consumo de água pelos usuários do aeroporto foi estimado em cerca de 78 m³/dia, 110 m³/dia e 154 m³/dia em 2025, 2035 e 2050, respectivamente. Os volumes associados a descargas de vasos sanitários, nos mesmos períodos, seriam de 17 m³/dia, 30 m³/dia e 35 m³/dia.

A partir dos dados da Tabela 2 estimaram-se os volumes de água (vazão média diária) necessários para satisfazer as descargas de vasos sanitários, lavagem de aeronaves, veículos e equipamentos, irrigação de espaços verdes e lavagem de arruamentos, pistas, passeios, pavilhões, parques de estacionamento e outras áreas pavimentadas do aeroporto da Praia. A sua variação no tempo é apresentada na Figura 5.

O maior consumo de água é para a lavagem de pavimentos em edifícios (entre 29% (2025) e 39% (2035)), seguido por lavagem de arruamentos, passeios e estacionamentos (entre 24% (2035) e 35% (2025)), lavagem de pistas (entre 17% (2025) e 19% (2035)) e descarga de vasos sanitários (entre 12% (2025) e 16% (2035)), representando os restantes usos, gastos entre 0,1% e 3%.



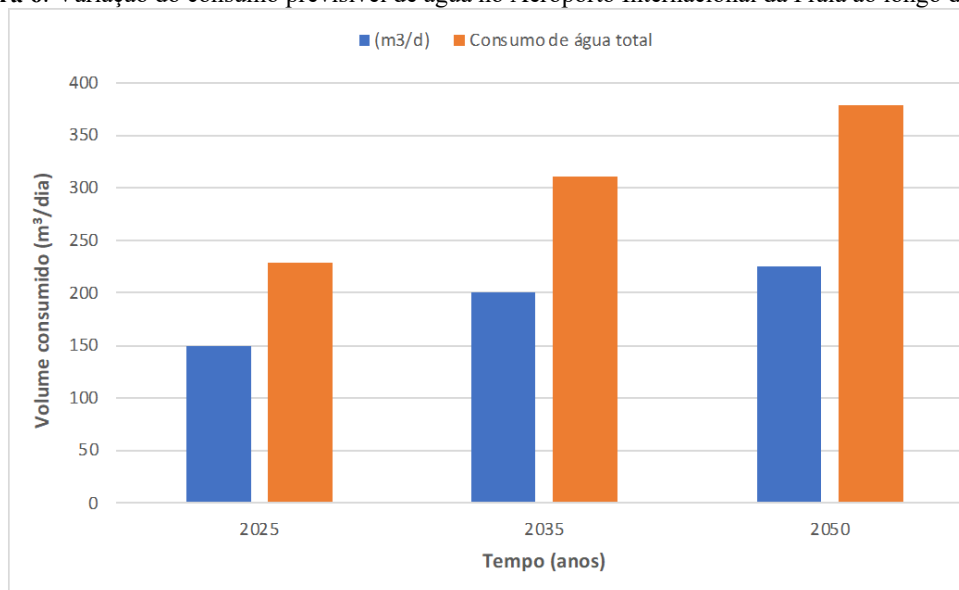
**Figura 5:** Variação do consumo previsível de água no Aeroporto Internacional da Praia para diferentes atividades ao longo do tempo.



Fonte: Produzido pelos autores, 2022.

Na Figura 6 mostra-se a relação entre os volumes de água necessários para atividades que necessitam de água potável e os volumes totais a consumir no aeroporto para 2025, 2035 e 2050, representando os gastos com atividades não potáveis cerca de 66% (2025), 65% (2035) e 60% (2050) do total de água a consumir.

**Figura 6:** Variação do consumo previsível de água no Aeroporto Internacional da Praia ao longo do tempo.



Fonte: Produzido pelos autores, 2022.



## VOLUMES DE ÁGUA A SEREM POUPADOS EM ATIVIDADES QUE NÃO NECESSITAM DE ÁGUA POTÁVEL

Tendo em atenção o volume de ART estimado na ETE para 2025, 2035 e 2050, e as necessidades pesquisadas para atividades que não necessitam de água potável no bairro e aeroporto, verifica-se que poderiam ser reutilizados cerca de 475 m<sup>3</sup>/dia (2025), 709 m<sup>3</sup>/dia (2035) e 753 m<sup>3</sup>/dia (2050) de ART, que não seriam descarregadas em mananciais, o que representaria um aproveitamento de ART de cerca de 70% (2025), 60% (2035) e 41% (2050).


Cerca de 70% da ART a se reutilizar seria aplicada em atividades que não necessitam de água potável no Bairro de Palha Sé (mais concretamente 69% (2025), 72% (2035) e 70% (2050)), e maioritariamente para irrigação de espaços verdes (71% (2025), 66% (2035) e 57% (2050)).

No Aeroporto Internacional da Praia, o reúso de ART poderia reduzir cerca de 31% (2025), 28% (2035) e 30% (2050) do consumo atual de água. As operações de lavagem totalizam mais de 81% dos gastos de água (mais concretamente 84% (2025), 82% (2035) e 81% (2050)). A utilização para irrigação de espaços verdes totaliza menos de 3% (mais concretamente 2,2% (2025), 1,5% (2035) e 1,1% (2050)).

No conjunto das aplicações, a irrigação seria o maior utilizador de ART até 2035 (consumiria, em média, cerca de 49% das necessidades, contra 46% das lavagens), mas, a partir daí, o consumo seria mais elevado para as atividades de lavagens (representariam cerca de 55% em 2050 para as lavagens, contra 40% para a irrigação).

Assim, sendo a irrigação e as lavagens os maiores consumidores de ART da ETE, mais concretamente de 455 m<sup>3</sup>/dia, 676 m<sup>3</sup>/dia e 714 m<sup>3</sup>/dia (i.e., representando 96%, 95% e 95% dos gastos de água em 2025, 2035 e 2050, respectivamente), a qualidade da ART teria de ser polida para satisfazer os requisitos de qualidade para estas duas práticas, i.e. com um nível superior ao tratamento secundário e deveria ser incluída uma abordagem de proteção multibarreira. De acordo com Marecos do Monte e Albuquerque (2010), uma boa qualidade do efluente final para irrigação e lavagens pode ser obtida com um sistema de filtração (filtro de areia ou membrana de microfiltração/ultrafiltração), seguido de desinfecção por UV.

O reúso de água deve ser suportado por uma abordagem de “adequar ao fim a que se destina” (*fit-for-purpose*), de acordo com normas de qualidade para cada uso, bem como a



proteção dos utilizadores através de uma avaliação de risco, tal como sugerido por APA (2019). A minimização de riscos poderá ser alcançada através de barreiras múltiplas de segurança e físicas ao nível do produtor e do utilizador (conceito multibarreira).


Assim, a utilização de ART para atividades não potáveis no Bairro de Palha Sé e Aeroporto Internacional da Praia representaria cerca de 70% (2025), 60% (2035) e 41% (2050) do consumo total de água naqueles empreendimentos, verificando-se ainda uma sobra de cerca de 209 m<sup>3</sup>/dia (2025), 491 m<sup>3</sup>/dia (2035) e 1097 m<sup>3</sup>/dia (2050) de ART, i.e. cerca de 30% (2025), 40% (2035) e 59% (2050). Esses volumes poderiam ser utilizados em outras atividades que necessitem de água não potável, quer no bairro, quer aeroporto, quer ainda em atividades de irrigação agrícola e florestal e para produção de plantas ornamentais que poderiam desenvolver-se em um vale com vocação agrícola, localizado em São Tomé.

## CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho permitiram verificar que o reúso de águas residuais tratadas pode ser uma prática vantajosa para a cidade da Praia, ilha de Santiago, Cabo Verde), tendo em vista os cenários futuros de aumento de consumos de água e do estresse hídrico que se verificarão na ilha, bem como da dependência de diversas atividades em relação à água proveniente de processos de dessalinização de água do mar. Cerca de 70% (2025), 60% (2035) e 41% (2050) das águas residuais produzidas no Bairro de Palha Sé, após tratamento superior a secundário, poderiam ser reutilizadas no próprio bairro e no Aeroporto Internacional da Praia para fins que não necessitam de água potável. No caso do aeroporto, o reúso de ART poderia reduzir em 66% (2025), 65% (2035) e 60% (2050) o consumo de água dessalinizada, enquanto no bairro essa poupança representaria 28% (2025), 25% (2035) e 17% (2050) de redução de consumo de água potável para fins não potáveis. Do total de ART produzidas ainda sobriariam cerca de 30% (2025), 40% (2035) e 59% (2050) para outras oportunidades de reúso.

## REFERENCIAS

ANQIP (ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA A QUALIDADE DAS INSTALAÇÕES PREDIAIS). **ETA 0701: Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (SAAP)**. Especificação Técnica N° 0701, versão 10, ANQIP, Aveiro, Portugal, 23 p., 2021.



ANQIP (ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA A QUALIDADE DAS INSTALAÇÕES PREDIAIS). **ETA 0905: Sistemas prediais de reutilização e reciclagem de águas cinzentas (SPRAC)**. Especificação Técnica Nº 0905, versão 2, ANQIP, Aveiro, Portugal, 17 p., 2011.

APA (AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE). **Guia para a reutilização de água. Usos não potáveis**. APA, Lisboa, Portugal, Outubro de 2019.

AVIATOR. **Washing systems**. Ground Handling International. AVIATOR, 58-59, Fevereiro 2014.

CHAVES, V.G. Tendência dos valores de precipitação em Cabo Verde e sua influência sobre a disponibilidade hídrica. In: **Atas do 15º Congresso da Água**, APRH, 22-26 de março de 2021, Lisboa, Portugal, 12 p., 2021.

CMP (CÂMARA MUNICIPAL DA PRAIA). **Programa Operacional do Parque Empresarial da Praia**. CMP. Cabo Verde Focus Group. Processo Nº 7069.21.01. Praia, Cabo Verde, 2012.

CABO VERDE. **Decreto nº 82/87, de 1 de agosto**. Estabelece normas destinadas a evitar a obstrução, esgotamento, inutilização, contaminação ou poluição de recursos hídricos e a propagação de doenças de base hídrica. Boletim Oficial da República de Cabo Verde, I Série, nº 31, 1987a.


CABO VERDE. **Decreto nº 168/87, de 31 de dezembro**. Estabelece as normas pelas quais se regem os serviços públicos de distribuição de água potável e esgotos. Boletim Oficial da República de Cabo Verde, I Série, nº 52, 1987b.

CABO VERDE. **Decreto-Lei nº 7/2004, de 23 de fevereiro**. Estabelece as normas de descarga das águas residuais provenientes de habitações isoladas, de aglomerados populacionais e de todos os sectores de actividade humana que originam águas residuais produzidas nos aglomerados populacionais e que correntemente são designadas por águas residuais domésticas, urbanas ou comunitárias. Boletim Oficial da República de Cabo Verde, I Série, nº 6, 82-83, 2004a.

CABO VERDE. **Decreto-Lei nº 8/2004, de 23 de fevereiro**. Estabelece os critérios e normas de qualidade de água e sua classificação, bem como os sistemas de controlo, o regime sancionatório e medidas de salvaguarda, tendo como objectivo proteger o meio aquático e melhorar, na generalidade, a qualidade da água para consumo humano. Boletim Oficial da República de Cabo Verde, I Série, nº 6, 83-105, 2004b.

CABO VERDE. **Decreto-legislativo nº 3/2015, de 19 de outubro**. Define os princípios fundamentais aplicáveis aos recursos hídricos e estabelece normas que garantem a sua preservação, qualidade, sustentabilidade e aproveitamento racional. Boletim Oficial da República de Cabo Verde, I Série, nº 63, 2010-2083, 2015a.

CABO VERDE. **Decreto Regulamentar nº 4/2020, de 2 de março de 2020**. Estabelece os critérios e os parâmetros para controle da qualidade da água para irrigação, águas de origem superficial ou subterrânea, água proveniente de processo de dessalinização, águas pluviais recuperadas ou águas residuais tratadas, com o objetivo de satisfazer ou complementar as



necessidades hídricas de culturas agrícolas, florestais, ornamentais, viveiros, áreas gramadas e outros espaços verdes, previamente à adição de fertilizante. Boletim Oficial da República de Cabo Verde, I Série, nº 24, 600-605, 2020.

CABO VERDE. **Resolução do Conselho de Ministros nº 10/2015, de 20 de fevereiro.** Aprova o Plano Estratégico Nacional de Água e Saneamento (PLENAS). Boletim Oficial da República de Cabo Verde, I Série, nº 13, 476-508, 2015b.

CABRAL, N. **Avaliação do potencial de reutilização de águas residuais produzidas em Palha Sé (Praia, Cabo Verde).** 2016, 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2016.

ICS (INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS). **Climas e seca em Cabo Verde.** Blogue “SHIFT”, Grupo de investigação Ambiente, Território e Sociedade, ICS da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2022. Disponível em: <https://ambienteterritoriosociedade-ics.org/2018/01/03/impactos-das-alteracoes-climaticas-em-cabo-verde-o-caso-das-secas> Acesso em: 20 de maio de 2022.

MDR (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL). **Transposição do São Francisco.** MDR Brasil, 2022. Disponível em: <https://transposicaoSaoFrancisco.com.br> Acesso em: 20 de maio de 2022.

FERREIRA, J. G. A transposição das águas do rio São Francisco na resposta à seca do Nordeste brasileiro. Cronologia da transformação da ideia em obra. **Campos Neutrais - Revista Latino-Americana de Relações Internacionais**, v. 1, n. 2, p. 53–72, 2021.

IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). **Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change.** IPCC, Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report, IPCC AR6 WG III, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 2913 p., 2022.


INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 16075-1. Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 1: The basis of a reuse project for irrigation.** International Organization for Standardization, 2020a.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 20426. Guidelines for health risk assessment and management for non-potable water reuse.** International Organization for Standardization, Geneva, Suíça, 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 20760-2. Water reuse in urban areas – Guidelines for centralized water reuse system – Part 2: Management of a centralized water reuse system.** International Organization for Standardization, Geneva, Suíça, 2017a.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 20761. Water reuse in urban areas – Guidelines for water reuse safety evaluation - Assessment parameters and methods.** International Organization for Standardization, Geneva, Suíça, 2017b.





JEFERSON, C.; PINELLI, M.; FELIZOLA, E.; PARIS, L. Plano de gerenciamento de recursos hídricos do Aeroporto Internacional de Brasília. In: **Atas do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, ABES, 18-23 setembro 2005, Campo Grande, Brasil, 12 p., 2005.

MARECOS DO MONTE, H.; ALBUQUERQUE, A. **Reutilização de águas residuais**. Guia Técnico Nº 14, ERSAR, Lisboa, Portugal, 339 p., 2010.

MFP. **Preparação do Plano Estratégico de Água e Saneamento, incluindo Avaliação Ambiental Estratégica**. Relatório final. Ambio. Praia, Cabo Verde, 2013.

OMS (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE). **Planeamento da segurança do saneamento: manual para o uso e eliminação segura de águas residuais, águas cinzentas e dejetos**. Organização Mundial da Saúde, Genebra, Suíça, 142 p., 2016.

OMS (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE). **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. Organização Mundial da Saúde, Vol. 1, Genebra, Suíça, 2013a.

OMS (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE). **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. Organização Mundial da Saúde, Vol. 2, Genebra, Suíça, 2013b.

ONU (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS). The Sustainable Development Goals Report 2020. Organização das Nações Unidas, Nova York, EUA, 68 p., 2020.

TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F.; STENSEL, H. **Wastewater engineering - Treatment, disposal and reuse**. Metcalf & Eddy. McGraw Hill. Nova York, EUA, 2003.

UNESCO (UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION). **Water reuse within a circular economy context**. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Series 2, Daejeon, República da Coreia, 221 p., 2020.