

# Programa de monitorização

## *Qualidade da Água das Ribeiras do Funchal*

Maio 2025



# Índice

---

<b>1. Introdução .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Área de estudo .....</b>	<b>4</b>
2.1 Condições meteorológicas .....	5
2.2 Enquadramento Geológico .....	13
2.3 Solos .....	13
<b>3. Materiais e Métodos.....</b>	<b>14</b>
<b>4. Resultados e Discussão .....</b>	<b>16</b>
4.1 Ribeira de São João .....	16
4.2 Ribeira de Santa Luzia .....	18
4.3 Ribeira de João Gomes.....	20
<b>5. Qualidade da água das ribeiras do Funchal como ecossistema aquático: Indicador 6.3.2 .....</b>	<b>24</b>
<b>6. Bibliografia .....</b>	<b>27</b>

# 1. Introdução

Os sistemas de água doce são um recurso essencial para a vida, o equilíbrio dos ecossistemas e o bem-estar das comunidades. Apesar de ocuparem menos de 1% da superfície terrestre e de conterem apenas cerca de 0,01% da água do planeta, desempenham funções ecológicas e ambientais determinantes. Nos ecossistemas naturais, os cursos de água doce transportam água e sedimentos das cabeceiras até ao mar, garantindo o aporte de nutrientes essenciais aos ecossistemas costeiros. Além disso, contribuem para a regulação do escoamento das chuvas, sustentam a biodiversidade e integram a paisagem natural e cultural que partilhamos.

A disponibilidade, a qualidade e a distribuição espacial da água estão cada vez mais sob pressão devido às alterações climáticas, à poluição, ao uso excessivo e à degradação dos ecossistemas. Estes fatores representam desafios importantes para a produtividade socioeconómica e para a resiliência de setores-chave como a agricultura, a energia, as infraestruturas e a indústria (OECD, 2025)

No concelho do Funchal, existem três cursos de água principais: as ribeiras de São João, Santa Luzia e João Gomes, que atravessam o centro urbano, desde as zonas montanhosas até às respetivas fozes. Ao longo do seu percurso, estas ribeiras atravessam áreas urbanas, industriais, turísticas e de serviços, o que reforça a importância de garantir a qualidade da água. A degradação da qualidade hídrica pode resultar em riscos à saúde pública, perda de biodiversidade e contaminação das zonas costeiras.

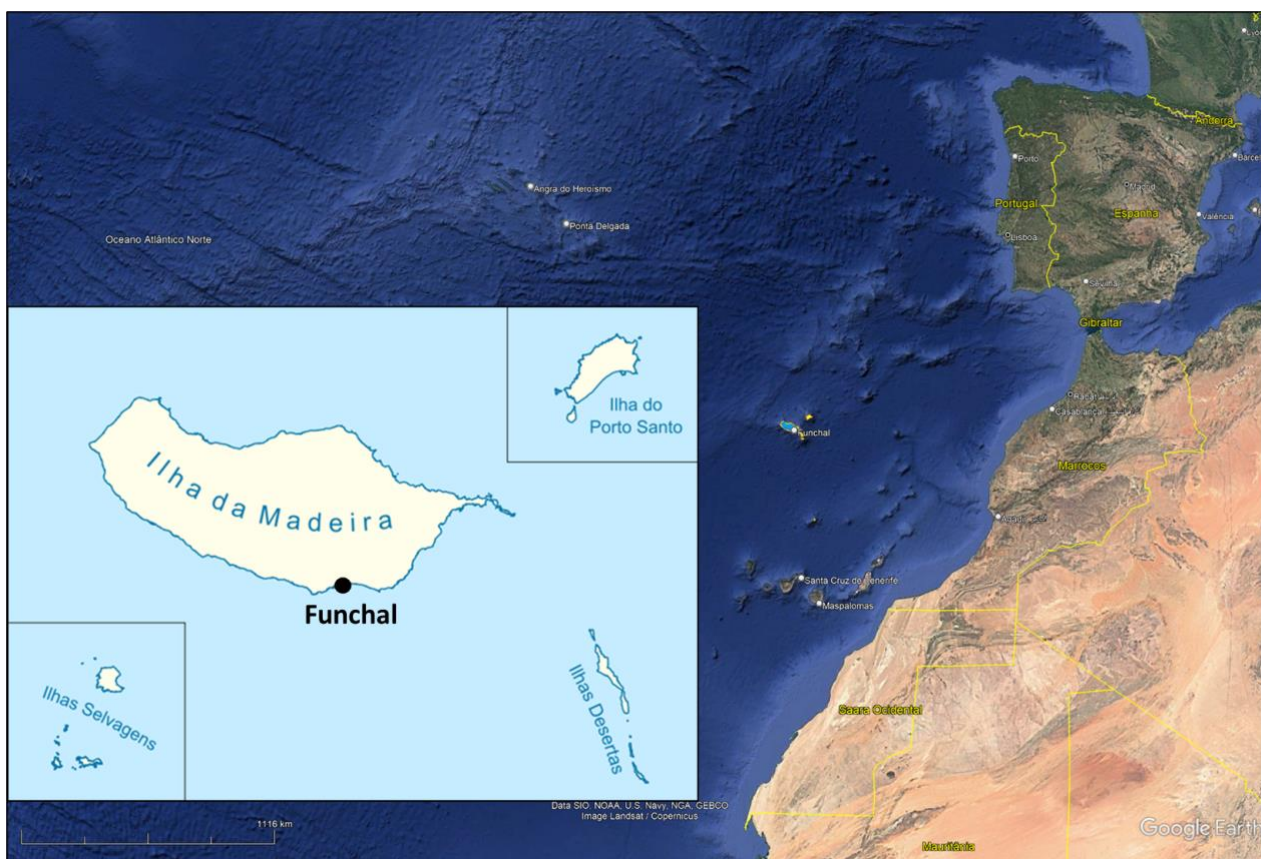
Este relatório apresenta, de forma clara e acessível, os resultados da avaliação da qualidade da água das três ribeiras enquanto ecossistema aquático, de acordo com o indicador 6.3.2 da UNEP (2022), referentes ao mês de maio de 2025.

Com a divulgação destes resultados, pretende-se reforçar a consciência coletiva sobre o valor ecológico e social das ribeiras de Funchal e promover a responsabilidade partilhada pela sua proteção. Este documento não é apenas um exercício técnico: é também um convite à participação cidadã na preservação de um recurso natural essencial.

## 2. Área de estudo

A área de estudo situa-se no concelho do Funchal, na costa sul da ilha da Madeira, entre a zona montanhosa e a zona costeira, na foz de cada ribeira. A cidade do Funchal é a cidade insular mais populosa de Portugal e a capital do Arquipélago da Madeira, localizado no Oceano Atlântico, a sudoeste de Portugal continental (Figura 1).

A Ilha da Madeira tem uma área total de 737 km<sup>2</sup> e uma população de cerca de 240.000 habitantes; a população residente no Funchal é de cerca de 120.000 habitantes, segundo a Direção Regional Estatística da Madeira (2021). Devido à sua origem vulcânica, a ilha é montanhosa, com uma cordilheira central a cerca de 1200 m acima do nível do mar, e as montanhas mais altas acima de 1.800 metros (Pico Ruivo, 1.861 m e Pico do Areeiro, 1.820 m) (Ganança et al., 2018).



*Figura 1 - Localização geográfica da área do estudo*

A Figura 2 apresenta a localização geográfica das ribeiras estudadas e mencionadas neste relatório. A ribeira de São João tem o percurso pelas freguesias do Santo António, São Pedro e Sé. A ribeira de Santa Luzia encontra-se no limite das freguesias de São Roque e Monte, além da parte intermédia e jusante nas freguesias de São Pedro, Imaculada Conceição de Maria, Santa Luzia e Sé. Por fim, a ribeira de João Gomes cruza as freguesias do Monte, Santa Luzia, Santa Maria Maior e de Sé.

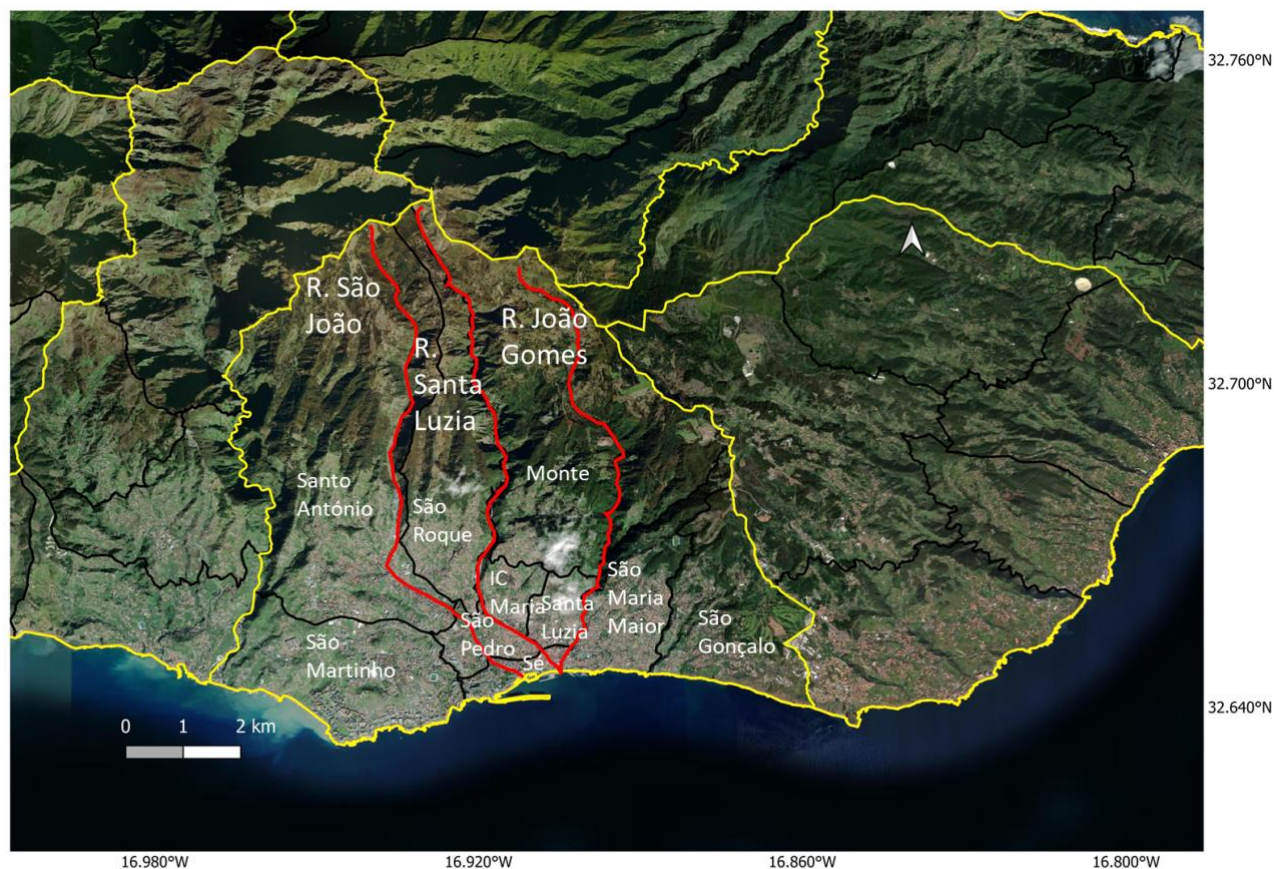


Figura 2 - Localização das ribeiras estudadas e das freguesias associadas ao seu percurso

## 2.1 Condições meteorológicas

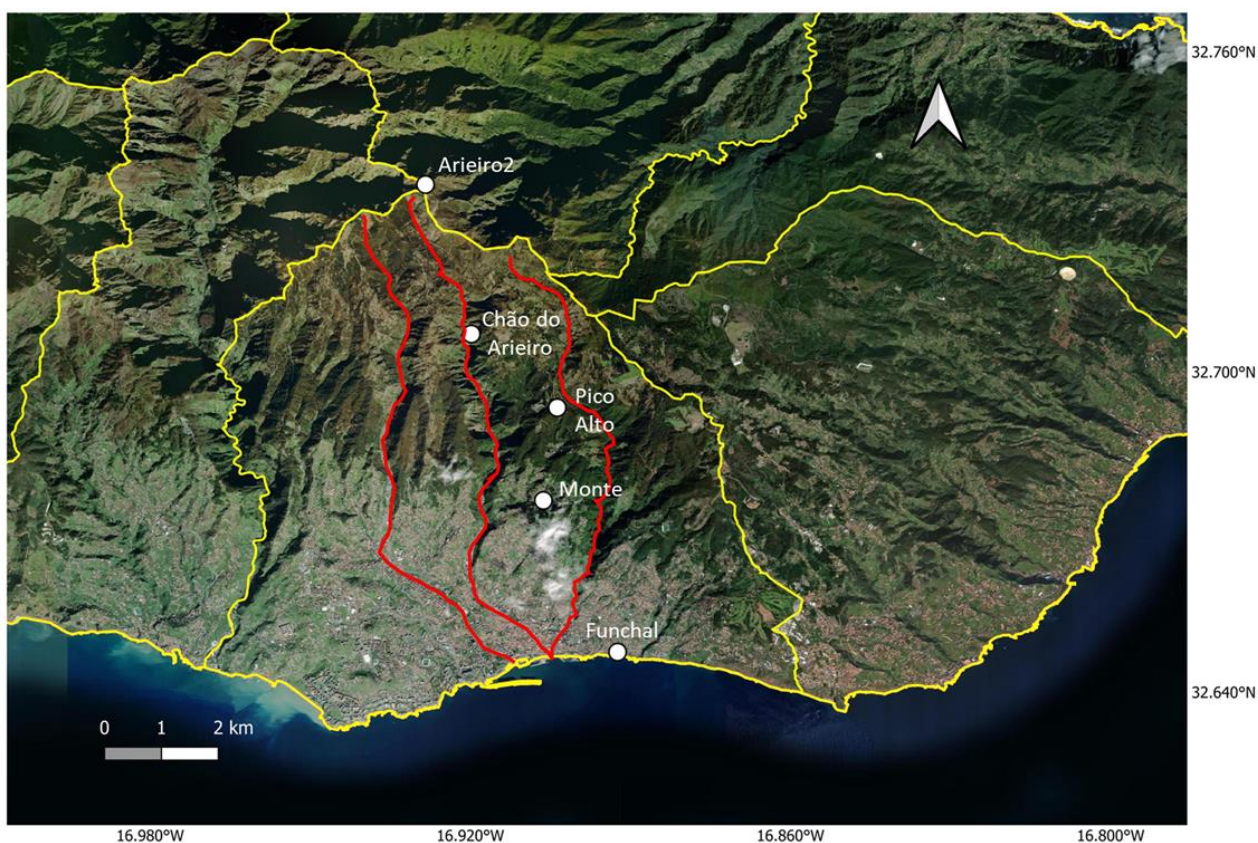
A ilha da Madeira tem um clima temperado de influência oceânica e mediterrânica. Na costa sul o clima é do tipo oceânico mediterrânico, e o Funchal situa-se entre as zonas termo-submediterrânicas e termomediterrânicas (Rivas-Martínez, 2001). Segundo o *Atlas Climático dos arquipélagos das Canárias e dos Açores* (2011), predominam climas temperados (tipo C) com três variantes:

- i) **Csa** – temperado com verão seco e quente, nas zonas costeiras;
- ii) **Csb** – temperado com verão seco e ameno, o mais comum em toda a ilha;
- iii) **Csc** – temperado com verão seco e fresco, presente apenas nas áreas mais altas, como o Pico Ruivo e o Pico do Arieiro.

A ilha tem temperaturas amenas durante todo o ano (temperatura média de 18,7 °C), variando entre 15,9 °C em fevereiro e 22,3 °C em agosto, com humidade relativa entre 55 % e 75 % e precipitação anual entre 500 e 1000 mm. Ao longo do ano, a direção predominante do vento na ilha da Madeira é de nordeste, associada aos ventos alísios, especialmente na primavera e no verão. No outono e

no inverno, verifica-se maior variabilidade, com ventos provenientes dos quadrantes sul e sudoeste, associados à passagem de sistemas frontais atlânticos e à deslocação do anticiclone dos Açores. A complexa orografia da ilha ainda gera efeitos locais, como acelerações, turbulência e vórtices em sotavento, que modificam significativamente a direção e a intensidade do vento em curto alcance (Santos et al., 2004).

Na área de estudo encontram-se cinco estações meteorológicas (Figura 3), que foram utilizadas para avaliar a temperatura do ar (instantânea, máxima e mínima (TINST, TMAX, TMIN)), precipitação (RR), humidade relativa (U), velocidade do vento (FFX) e direção do vento, durante o período de 13 a 16 de maio de 2025. A estação Arieiro2 é a mais alta (cerca de 1800 metros), sendo que o Chão de Arieiro se situa na alta montanha, aproximadamente a 1500 m. A estação Pico Alto está situada num relevo isolado e a estação Monte está situada numa vertente sobre o Funchal, com altitude intermédia. Por fim, a estação Funchal está localizada na zona costeira e urbana.



*Figura 3 - Localizações geográficas das estações meteorológicas na área do estudo.*

Os valores dos parâmetros da estação meteorológica Arieiro 2 são apresentados na Figura 4. No entanto, embora as medições dos parâmetros não tenham sido contínuas, a média de temperatura observada foi de 6,8 °C, com máximos de 13,1 °C e mínimos de 2,4 °C durante o período analisado. Não se observaram valores de precipitação superiores a 0 mm, o que indica a ausência de precipitação no período analisado. O valor médio da humidade relativa (U) foi de 75%. A estação não registou valores de velocidade do vento nem de direção durante o período de análise.

Estação Meteorológica Arieiro2 (13–16 maio 2025)

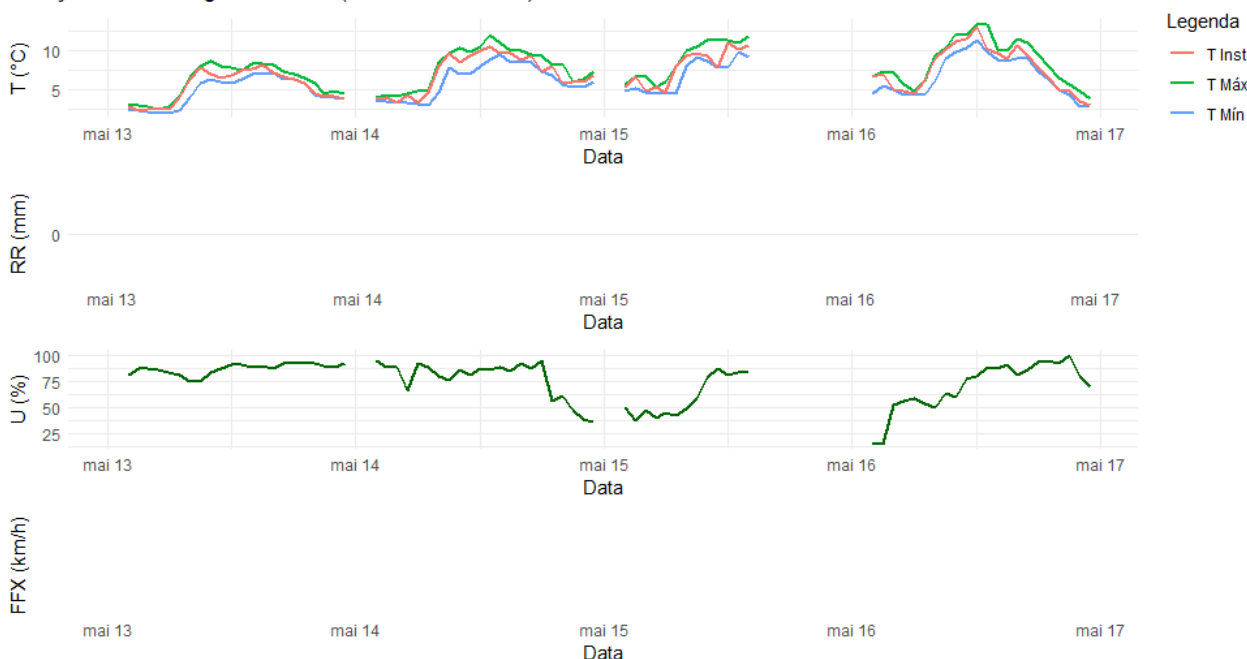


Figura 4 - Parâmetros meteorológicos da Estação Arieiro2 no período de 13 a 16 de maio de 2025.

A estação Chão do Arieiro registou valores médios de temperatura de 7,7 °C, com máximos de 13 °C e mínimos de 3,4 °C durante o período analisado. Não se observaram valores de precipitação superiores a 0 mm, o que indica ausência de pluviosidade neste período. O valor médio da humidade relativa (U) foi de 80,22 % e a velocidade média do vento oscilou entre 4 km/h e 27 km/h (Figura 5).

Estação Meteorológica Chão do Arieiro (13–16 maio 2025)

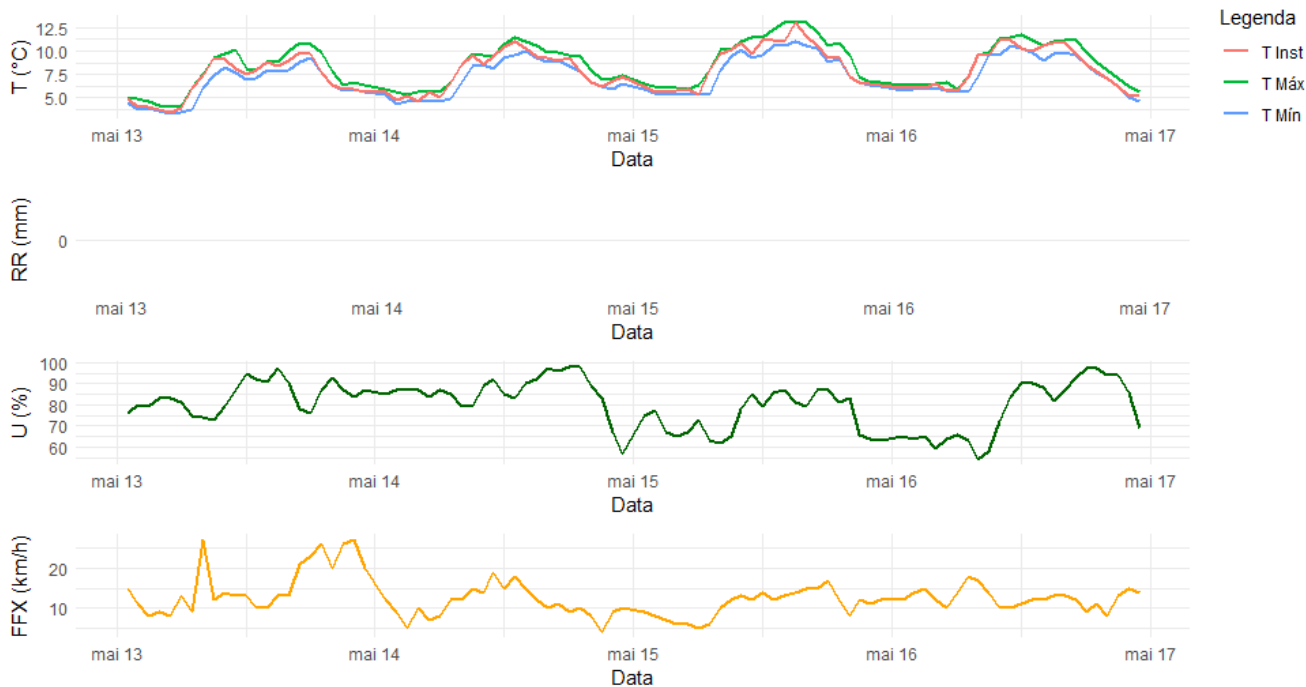


Figura 5 - Parâmetros meteorológicos da Estação do Chão do Arieiro no período de 13 a 16 de maio de 2025.

No caso da estação do Pico Alto, o valor médio de temperatura foi de 10,1 °C, com um máximo médio de 10,7 °C e um mínimo médio de 9,6 °C, durante o período analisado. Não se observaram valores de precipitação superiores a 0,5 mm, o que indica ausência de pluviosidade neste período. A humidade relativa apresentou um valor médio de 82,32%. A velocidade média do vento oscilou entre 4 km/h e 24 km/h. A Figura 6 ilustra a variação temporal dos diferentes parâmetros meteorológicos observados.

Estação Meteorológica Pico Alto (13–16 maio 2025)

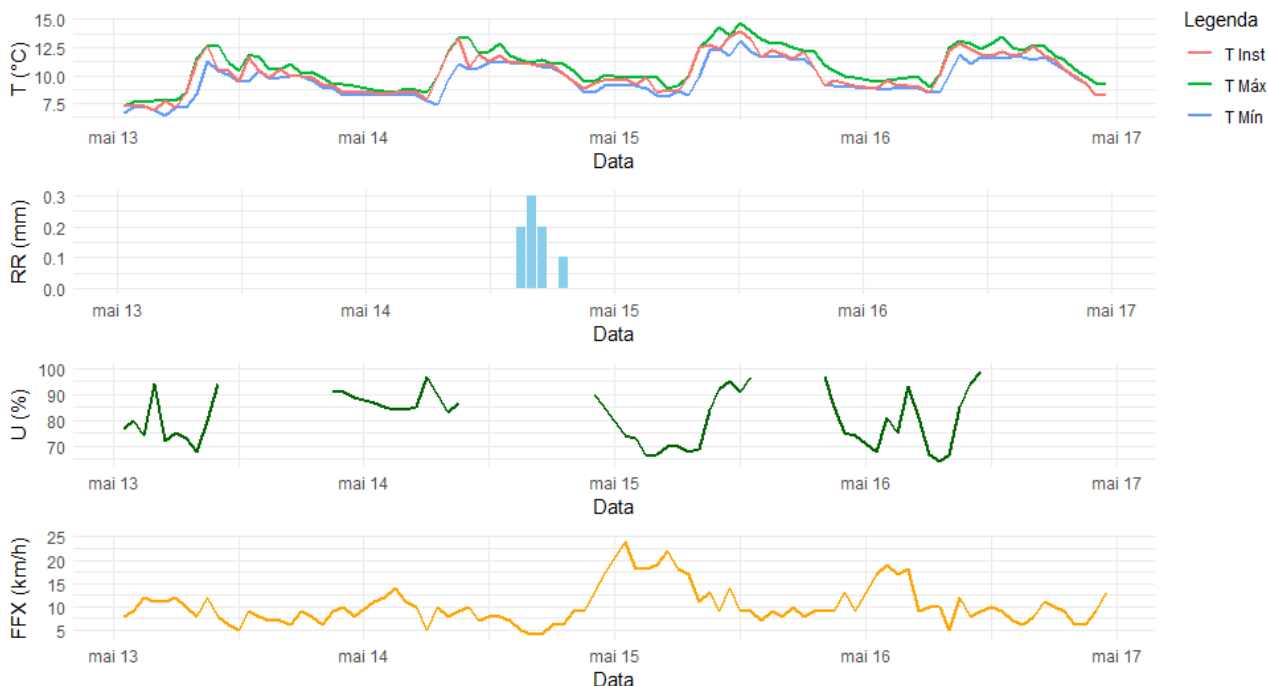


Figura 6 - Parâmetros meteorológicos da estação do Pico Alto no período de 13 a 16 de maio de 2025.

Na estação Monte, o valor médio de temperatura foi de 16,9 °C, com valor máximo de 21,5 °C e mínimo de 12,4 °C durante o período analisado. Os valores de precipitação foram menores que 0,1 mm, o que indica ausência de pluviosidade neste período. A humidade relativa apresentou um valor médio de 87,32%. A velocidade média do vento oscilou entre 5 km/h e 15 km/h. A Figura 7 ilustra a variação temporal dos diferentes parâmetros meteorológicos observados.

Estação Meteorológica Monte (13–16 maio 2025)

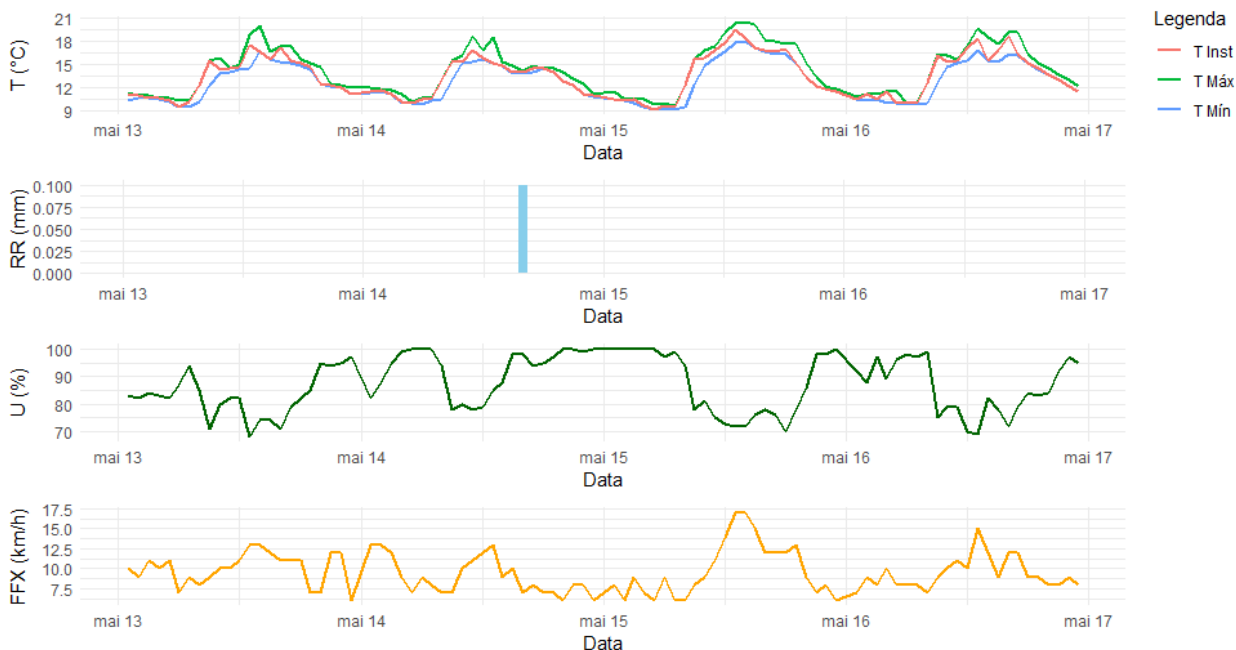


Figura 7 - Parâmetros meteorológicos da estação do Pico Alto no período de 13 a 16 de maio de 2025.

As medições da estação do Funchal indicaram uma temperatura média de 18,4 °C, com um valor máximo de 21,6 °C e um mínimo de 16,2 °C. Os valores de precipitação indicam ausência de chuvas no período analisado. A humidade relativa não foi reportada pela estação meteorológica. A velocidade média do vento oscilou entre 0 km/h e 24 km/h. A Figura 8 ilustra a variação temporal dos diferentes parâmetros meteorológicos observados.

Estação Meteorológica Funchal (13–16 maio 2025)

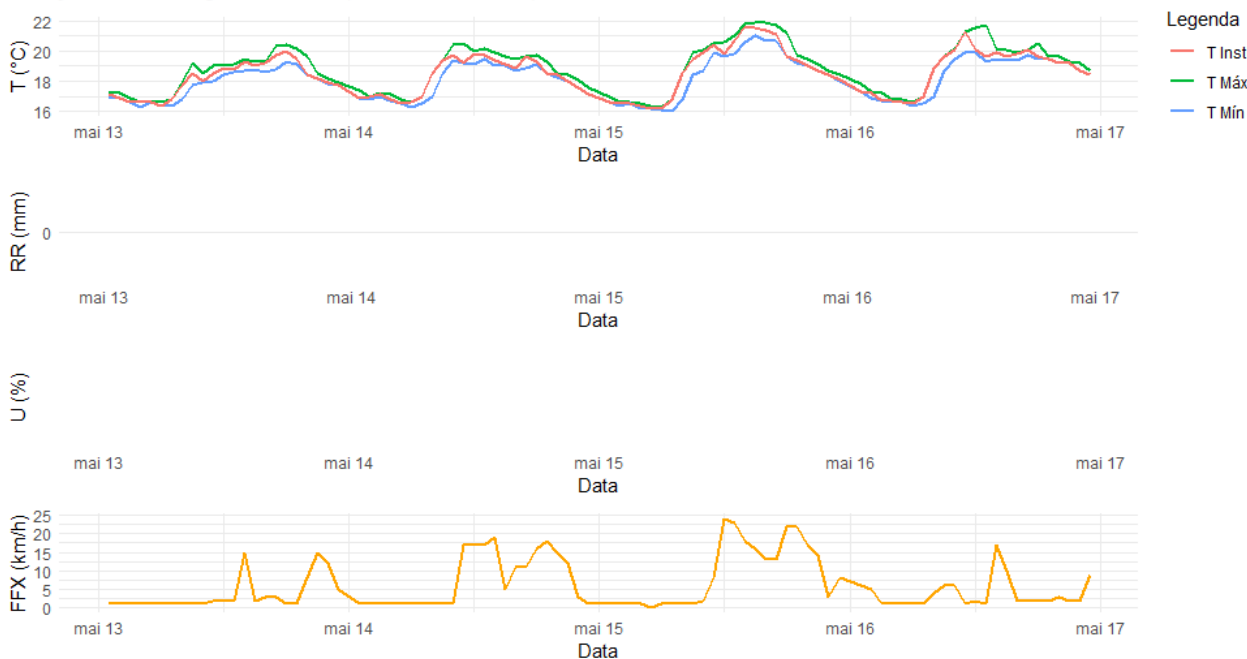


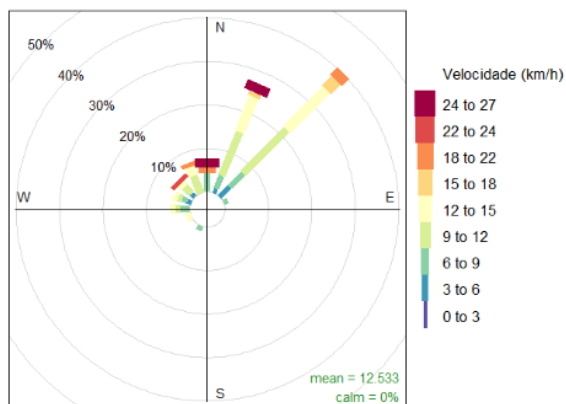
Figura 8 - Parâmetros meteorológicos da estação do Funchal no período de 13 a 16 de maio de 2025.

A Figura 9 apresenta as rosas dos ventos relativas ao período de 13 a 16 de maio de 2025 para as quatro estações meteorológicas que influenciam a área das três ribeiras do Funchal. Observam-se diferenças significativas no regime de vento entre as estações, refletindo um gradiente altitudinal claro e distintos níveis de controlo orográfico. A estação Arieiro2 não registou valores de velocidade do vento nem de direção durante o período de análise.

Na estação Chão de Areeiro, 30-40% dos ventos registrados são do quadrante E-NE. As velocidades médias predominantes vão de 9 a 15 km/h. As de menor frequência têm velocidade entre 0 e 6 km/h. Na estação do Pico Alto, observa-se um padrão mais radial e mais disperso do que na estação anterior. Mantêm-se contribuições de até 15% nos quadrantes N-NE e de 10% nos quadrantes W-S. E 5% nos quatro quadrantes. As velocidades medias situam-se entre 6 e 12 km/h. Não se identifica um eixo dominante.

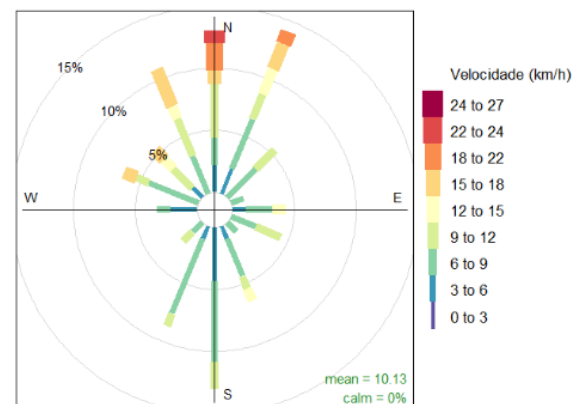
Na estação Monte, o comportamento observado é disperso, com 15-20% dos ventos registrados no quadrante N-W. Registam-se velocidades medias entre 6 e 9 km/h, com menos episódios do que nas estações de maior altitude. Por último, na estação Funchal, observa-se que 20% dos ventos estão concentrados no quadrante E-S e 80% no quadrante N. As velocidades, no quadrante E-S, variam de 15 a 24 km/h e, no quadrante N, as mais frequentes têm velocidades de 3 a 6 km/h

**Estação Meteorológica Chão do Arieiro (13–16 maio 2025)**



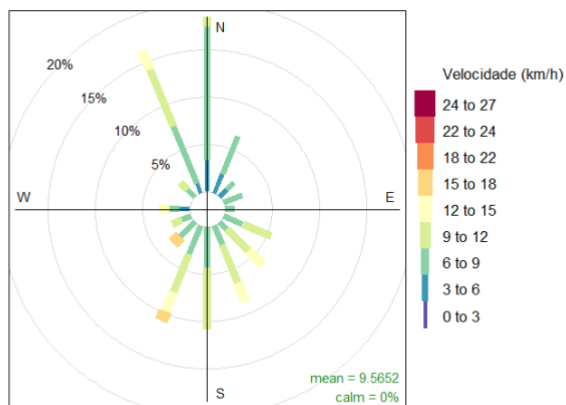
Frequency of counts by wind direction (%)

**Estação Meteorológica Pico Alto (13–16 maio 2025)**



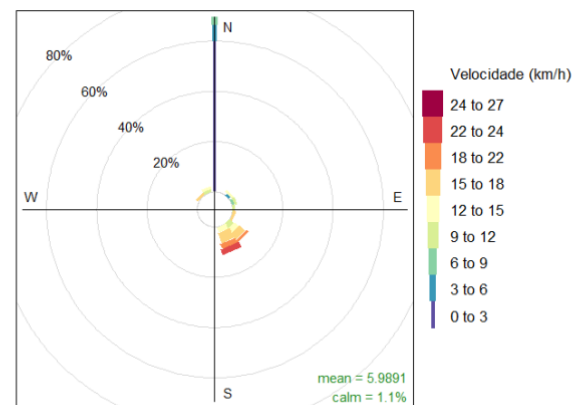
Frequency of counts by wind direction (%)

**Estação Meteorológica Monte (13–16 maio 2025)**



Frequency of counts by wind direction (%)

**Estação Meteorológica Funchal (13–16 maio 2025)**



Frequency of counts by wind direction (%)

*Figura 9 - Rosa dos ventos das quatro estações na área de estudo no período de 13 a 16 de maio de 2025.*

## 2.2 Enquadramento Geológico

A ilha da Madeira é dominada principalmente pelas rochas basálticas vulcânicas do Mioceno e corresponde à parte emersa de um grande edifício vulcânico de tipo escudo, da idade miocénica a holocénica (7 Ma), construído sobre crosta oceânica de idade cretácica, na Placa Africana (Núbia). A sua edificação ocorreu, por atividade vulcânica submarina e, posteriormente, por empilhamento de erupções subaéreas geradas maioritariamente por atividade vulcânica fissural, ao longo de um eixo principal de direção aproximada E-O. As suas lavas são alcalinas, predominando litótopos de carácter pouco diferenciado, como basanites e basaltos alcalinos, estando as rochas intermédias, como mugearitos e traquitos, representadas em raros afloramentos.

Na ilha da Madeira, foram identificados três complexos vulcânicos, compostos por um total de sete unidades ou formações estratigráficas principais, limitadas por superfícies de inconformidade expressas à escala regional da ilha.

- O Complexo Vulcânico Inferior (CVI): Miocénico > 7 Ma, representa o final da fase submarina do vulcão escudo e subdivide-se em: Formação de Porto da Cruz (CVI1) e Formação dos Lameiros (CVI2)
- O Complexo Vulcânico Intermedio (CVM): Plio-Plistocénico~5.7-1.8 Ma, corresponde à principal fase de construção subaérea do vulcão escudo, subdividindo-se em: Formação da Encumeada (CVM1), Formação de Penha de Águia (CM2) e Formação do Curral das Freiras (CVM3)
- O Complexo Vulcânico Superior (CVS): Plisto-Holocénico~1.8-0.007 Ma, corresponde à fase de revestimento vulcânico da ilha e ao vulcanismo pós-erosivo, em centros eruptivos ou sistemas fissurais situados ao longo de zonas de rift vulcânico de direção NW-SE a WNW-ESE, sendo formado por: Formação dos Lombos (CVS1) e Formação do Funchal (CVS2).

## 2.3 Solos

Os solos da ilha pertencem predominantemente à classe dos andosóis, que são solos altamente porosos e de cor escura, desenvolvidos a partir de material parental de origem vulcânica, como cinzas vulcânicas, tufos e pedras-pomes, que ocorrem tipicamente em áreas montanhosas (Wada 1985). Por outro lado, Furtado et al. (1990) reportaram que os solos da Madeira estão divididos em vertisols, andosols e rankers, encontrados ao nível do mar na parte sul. A mais alta, os solos do tipo cambisols e andosols são os mais característicos.

Nas altitudes entre 150 m e 1200 m, a grande parte dos solos é ácida e rica em matéria orgânica (Ganança et al., 2018). O pH destes solos variou de 3,83 a 7,97, com um valor médio de 5,01, o que evidencia a grande prevalência de solos ácidos na ilha.

### 3. Materiais e Métodos

Das diversas ribeiras existentes na ilha da Madeira, foram selecionadas para este estudo as três mais relevantes que atravessam a cidade do Funchal, uma vez que se situam em áreas de elevada densidade populacional ao longo de seu percurso. Cada uma das ribeiras foi dividida em três seções (Montante, Intermediário e Jusante), com o objetivo de representar diferentes zonas. Para caracterizar áreas naturais, sem intervenção antrópica, os locais de amostragem foram selecionados nas zonas mais elevadas das montanhas (montante). Enquanto zonas mais intervencionadas e que sofrem com a pressão urbana foram definidas como mais próximas da embocadura das ribeiras (jusante).

As ribeiras selecionadas foram São João (RSJo), Santa Luzia (RStL) e João Gomes (RJG). A Tabela 4 apresenta a localização geográfica dos pontos de amostragem definidos em cada uma destas ribeiras, os quais têm como objetivo caracterizar estes pequenos corpos de água.

*Tabela 1- Localização geográficas dos pontos de amostragens das três ribeiras*

Ribeira	Ponto de amostragem	Latitude	Longitude
RSJo	RSJo_M	32.692538°	-16.935010°
	RSJo_I	32.662088°	-16.930385°
	RSJo_J	32.647709°	-16.915465°
RStL	RStL_M	32.695282°	-16.917504°
	RStL_I	32.660453°	-16.919308°
	RStL_J	32.648934°	-16.906698°
RJG	RJG_M	32.705367°	-16.901370°
	RJG_I	32.663164°	-16.897717°
	RJG_J	32.649254°	-16.904188°

Com frequência mensal, as amostras de água superficial foram coletadas nos pontos indicados na Tabela 4. Em campo, mediram-se vários parâmetros físicos e químicos (pH, OD, T, EC, TDS, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NH<sub>3</sub>), e coletou-se uma amostra de água superficial, com três réplicas, para a análise de nutrientes:

nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) and phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). The water samples were filtered *in situ* with a 0,45  $\mu\text{m}$  filter; subsequently, they were placed in polyethylene tubes, previously identified and kept in the cold until reaching the laboratory, where they were frozen for later analysis.

The determinations of nitrate, nitrite and phosphate were performed in the laboratory with a flow segmented autoanalyzer (QuAatro39, SEAL Analytical), according to the standardized colorimetric methods for dissolved nutrients in natural waters. The parameters pH, electrical conductivity (CE,  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), dissolved oxygen (OD, mg/L), ammonium and ammonia were measured *in situ* with a multiparametric probe YSI-Pro Quatro, previously calibrated before each sampling campaign.

For the calculation of the quality of the surface water as an aquatic ecosystem, the indicator 6.3.2 (Level 1) of the United Nations Environmental Programme (UNEP, 2022) was used. In this, five physico-chemical parameters can give a quick overview of what is happening in the body of fresh water. The parameters used were: pH, CE, OD,  $\text{N}_{\text{inorg}}$  and  $\text{P}_{\text{inorg}}$ . The total dissolved inorganic nitrogen ( $\text{N}_{\text{inorg}}$ ) was calculated by the sum of the concentrations of ammonium ( $\text{NH}_4^+-\text{N} + \text{NH}_3-\text{N}$ ), nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) and nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ).

The values of the physico-chemical parameters measured at the upstream of each stream were used as a reference (*baseline*) for the values of pH, CE and OD. For  $\text{N}_{\text{inorg}}$  and  $\text{P}_{\text{inorg}}$ , the limit values of 1 mg/L and 0,1 mg/L (CCME, 2004; APA, 2022), respectively, were adopted. These values were used to evaluate the quality of the water in the upstream, considered representative of natural ecosystems, and, subsequently, served as a “*baseline*” comparative for the intermediate and downstream sections. This approach follows the orientations of the Water Framework Directive (2000/60/CE), which establishes that the limit values corresponding to the “good ecological state” must be defined at the national level with a reference base in conditions that describe the natural state of each type of water mass, as provided in article 5 (Characterization and analysis of water masses), and in article 8 (Monitoring programme) and in Annex V (Classification of the ecological state).

## 4. Resultados e Discussão

Os resultados são apresentados por ribeira e por sítio, indicando-se o valor limite e os sítios de amostragem acima e abaixo do patamar.

### 4.1 Ribeira de São João

Os pontos de amostragem da Ribeira São João (RSJo) estão representados na Figura 8. O ponto RSJo\_M, localizado a montante, caracteriza-se por apresentar relevo acentuado e leito ribeirinho rochoso. Nesta área, observa-se a influência indireta da atividade de pedreiras situadas a jusante, na margem direita, inseridas numa zona industrial. O ponto de amostragem intermédio (RSJo\_I) localiza-se na área urbana da Freguesia de Santo António, enquanto o ponto de jusante (RSJo\_J) foi estabelecido na zona baixa do Funchal, caracterizada por elevada urbanização, presença de atividades industriais e proximidade ao centro comercial anteriormente designado La Vie.



Figura 10 - Localização dos pontos de amostragem da Ribeira São João (RSJo).

Na Ribeira de São João, apresentada na Figura 9, observa-se um comportamento distinto entre os parâmetros físico-químicos e biológicos avaliados nos três pontos de amostragem: montante (RSJo\_M), intermédio (RSJo\_I) e jusante (RSJo\_J). O pH mantém-se próximo do limite superior recomendado (linha vermelha), ultrapassando-o ligeiramente no ponto a jusante. Isto pode indicar uma ligeira alcalinização da água, possivelmente associada à influência de descargas com características básicas ou a processos de fotossíntese mais intensos a jusante. A condutividade elétrica (CE) apresenta aumento progressivo ao longo do curso da ribeira, sendo significativamente mais elevada no ponto a jusante, o que sugere maior concentração de iões dissolvidos. Este padrão é típico de zonas com maior influência antrópica ou maior acumulação de sais, devido à menor diluição.

O oxigénio dissolvido (OD) mantém-se acima do valor mínimo de referência (linha azul) em todos os pontos, o que indica boas condições de oxigenação e, portanto, qualidade aceitável para a vida aquática. No entanto, observa-se uma ligeira diminuição de montante para jusante, possivelmente devido ao aumento da carga orgânica e da atividade biológica, que consomem oxigénio. Quanto aos nutrientes, tanto o azoto inorgânico (N\_inorg) quanto o fósforo inorgânico (P\_inorg) aumentam consideravelmente no ponto a jusante, ultrapassando os limites recomendados (linhas vermelhas). Este aumento sugere aporte de nutrientes provenientes de fontes difusas ou pontuais, como escoamento agrícola, águas residuais ou deposição urbana.

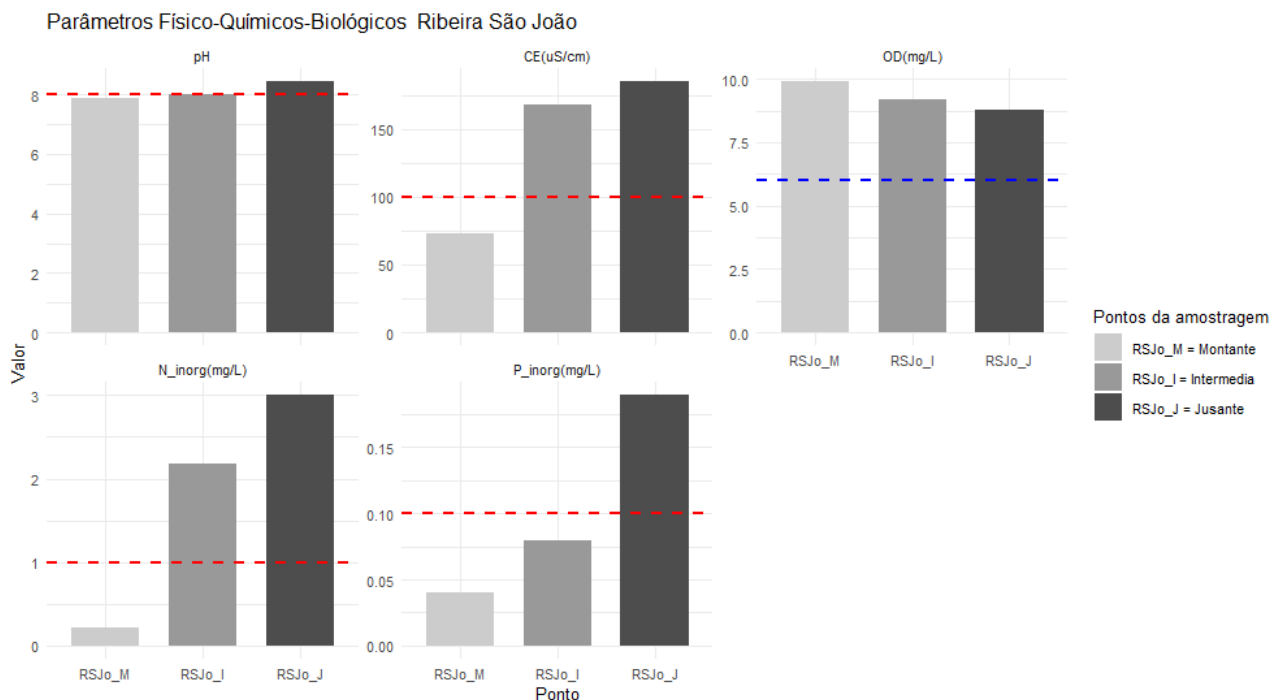


Figura 11 - Valores dos cinco parâmetros representativos da qualidade da água na RSJo, como ecossistema aquático, do Indicador 6.3.2, e dos valores-limite.

## 4.2 Ribeira de Santa Luzia

Os sítios de amostragem da Ribeira Santa Luzia (RStL) estão representados na Figura 10. A parte montante caracteriza-se por ser uma área montanhosa, onde o leito da ribeira se apresenta repleto de rochas, encontrando-se associada à atividade de pedreiras localizada, águas abaixo, na margem direita, dentro de uma zona industrial similar à RSJo. O ponto de amostragem intermédio situa-se na área urbana, na freguesia de São Roque, perto do Centro Comercial Continente Modelo, na rotunda dos Viveiros, enquanto o ponto a jusante foi colocado na zona baixa do Funchal, perto das atividades comerciais das ruas 31 de Janeiro e 5 de Outubro, no centro da cidade do Funchal.

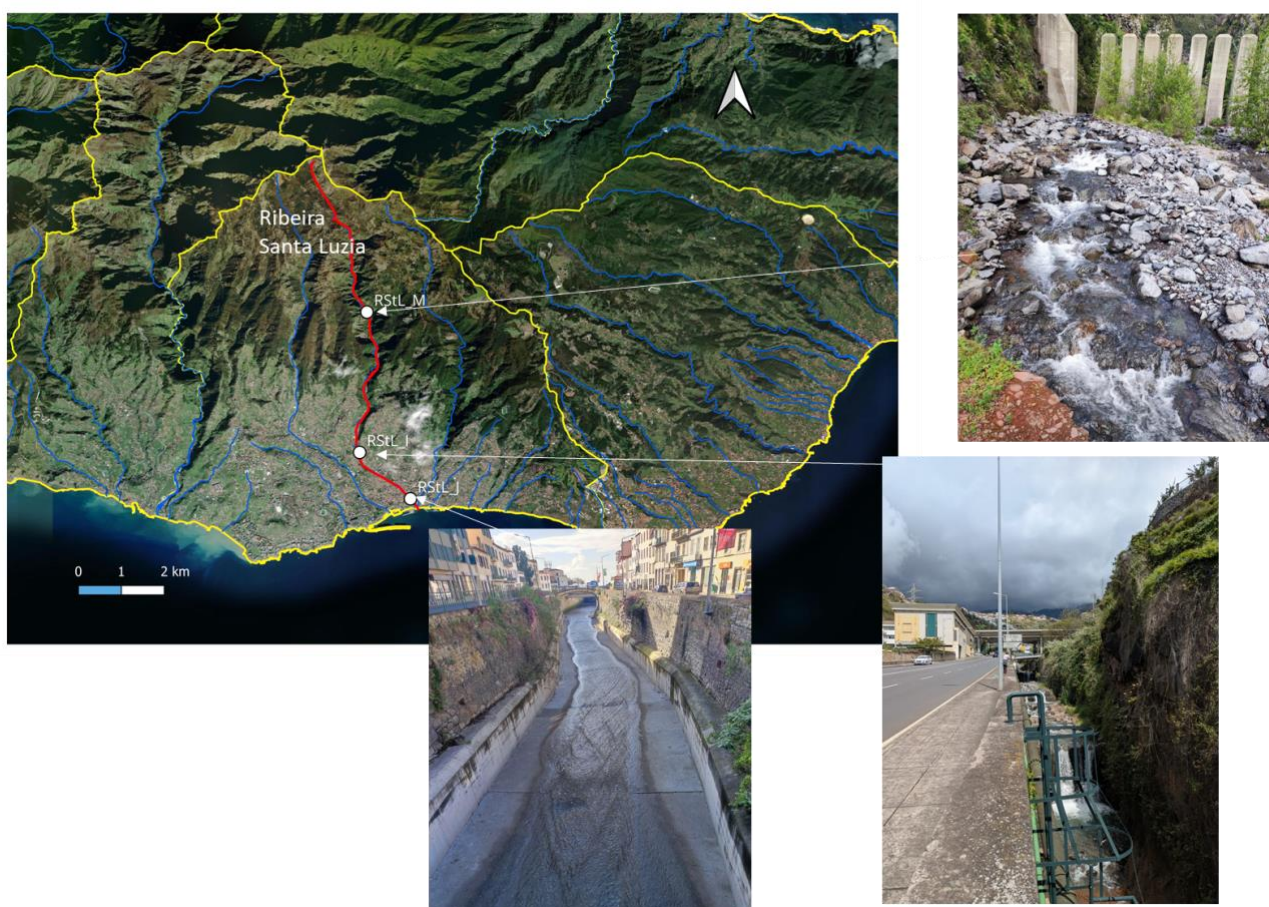


Figura 12 - Localização dos pontos de amostragem da Ribeira Santa Luzia (RStL).

Na Ribeira de Santa Luzia (Figura 11), observa-se um comportamento distinto entre os parâmetros físico-químicos e biológicos avaliados nos três pontos de amostragem: montante (RStL\_M), intermédio (RStL\_I) e jusante (RStL\_J). Nos resultados apresentados, o pH é ligeiramente alcalino e mantém-se relativamente constante entre os três pontos de amostragem, com valores próximos de 8. A estabilidade sugere que não há influência significativa de descargas ácidas ou alcalinas ao longo do curso da ribeira. A ligeira alcalinidade pode estar relacionada à natureza geológica carbonatada do substrato ou à presença de águas residuais domésticas tratadas, que tendem a elevar o pH.

Por outro lado, observa-se um aumento progressivo da condutividade elétrica (CE) desde o ponto montante (RStL\_M) até à jusante (RStL\_J), sendo este último o valor mais elevado. Este comportamento indica a acumulação de sais e nutrientes ao longo do percurso da ribeira, possivelmente devido à entrada de efluentes urbanos, à escorrência superficial agrícola ou a menor renovação de água na zona jusante, onde o fluxo tende a ser mais lento. No caso do oxigénio dissolvido (OD), os valores são mais elevados no montante e diminuem gradualmente até à jusante. Esta redução pode dever-se ao aumento da carga orgânica e de nutrientes a jusante, que promove o consumo de oxigénio por processos de decomposição biológica, bem como a menor turbulência da água, o que reduz a oxigenação natural.

O azoto inorgânico (N) engloba principalmente nitratos, nitritos e amónia, compostos relacionados à poluição por escoamento agrícola, águas residuais ou descargas urbanas em ambientes contaminados, mas, no sistema natural, faz parte do ciclo biogeoquímico do azoto. Nos valores observados, verifica-se um aumento marcado desde o parâmetro na jusante, atingindo o valor mais elevado em RStL\_J. Isto indica uma entrada significativa de nutrientes provenientes de fontes difusas (como fertilizantes agrícolas) ou pontuais (como descargas domésticas). A acumulação na jusante reforça a hipótese de processos de eutrofização incipientes. O fósforo (P) é outro nutriente essencial, frequentemente associado a detergentes e fertilizantes em ambientes poluídos. A origem do fósforo no meio ambiente está relacionada a processos geoquímicos, principalmente os de rochas fosforadas e vulcânicas. Na ribeira Santa Luzia, tal como o azoto, o P\_inorg aumenta de montante para jusante, com o valor mais elevado registado no ponto RStL\_J. Esta tendência sugere o enriquecimento progressivo da água em nutrientes, provavelmente decorrente do escoamento urbano. O fósforo é um dos principais promotores da proliferação de algas e da redução do oxigénio dissolvido, o que compromete a qualidade ecológica do curso da água.

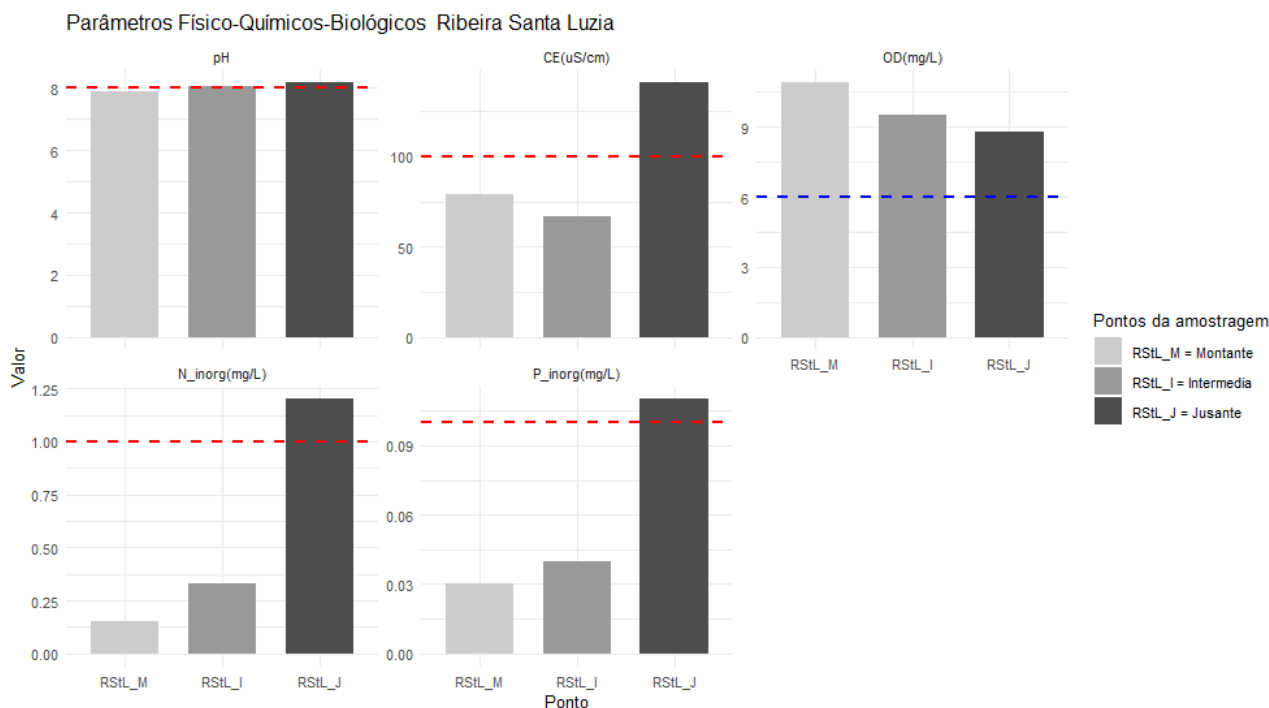


Figura 13 - Valores dos cinco parâmetros representativos da qualidade da água na RStL, como ecossistema aquático, do Indicador 6.3.2 e dos valores-limite.

### 4.3 Ribeira de João Gomes

Os sítios de amostragem da Ribeira João Gomes (RJG) estão representados na Figura 12. A zona a montante (RJG\_M) caracteriza-se por uma área de relevo acentuado, na qual o leito da ribeira apresenta caudal contínuo e menos fragmentos rochosos do que nas duas ribeiras anteriormente descritas. Esta secção localiza-se no Parque Ecológico do Funchal, onde, além das atividades de conservação da natureza, desenvolve-se também o turismo de montanha. O ponto de amostragem intermédio situa-se na área urbana das freguesias de Santa Maria Maior e Santa Luzia, enquanto o ponto de jusante foi estabelecido na zona baixa do Funchal, nas proximidades do Mercado dos Lavradores e do centro comercial Anadia, uma área intensamente urbanizada e caracterizada por forte atividade comercial, turística e de transeuntes.



*Figura 14 - Localização dos pontos de amostragem da Ribeira João Gomes (RJG).*

Na Ribeira de João Gomes observa-se, na Figura 13, um comportamento distinto entre os parâmetros físico-químicos e biológicos avaliados nos três pontos de amostragem: montante (RJG\_M), intermediário (RJG\_I) e jusante (RJG\_J).

O valor do OD no montante é elevado, próximo da saturação, o que é típico de um curso de água bem oxigenado, com baixa interferência humana e alguma turbulência pelas pequenas quedas de água. No ponto intermediário, observa-se um decréscimo, que pode ser explicado pela possível presença de matéria orgânica em decomposição (e.g., atividades agrícolas). A subida inesperada do OD no ponto jusante pode parecer pouco comum, mas é explicada pela possível reaeração atmosférica, pela presença de quedas de água, de turbulências ou de pequenos açudes. O incremento do OD na jusante também pode ser devido à produção primária, decorrente do aumento de nutrientes (azoto e fósforo; ver Figura 13), que podem promover o crescimento de algas e plantas aquáticas. Durante o dia, por meio da fotossíntese, estes organismos liberam oxigênio para a água, podendo elevar os níveis de OD acima do normal. Este processo é considerado eutrofização incipiente.

As medições de CE são muito baixas no ponto montante, indicando água pouco mineralizada, características de zonas de cabeceiras, sem poluição e com rochas pouco solúveis. O aumento acentuado no ponto intermédio sugere a entrada de íons dissolvidos na água. As possíveis fontes podem ser o escoamento agrícola, as descargas de águas residuais. No ponto jusante, o valor de EC é o mais elevado, o que confirma a entrada de poluentes iônicos na zona urbana, provenientes de descargas de águas residuais não tratadas, do escoamento de superfícies impermeáveis (estradas) e de efluentes comerciais.

Por outro lado, o pH a montante é neutro, o que é normal para águas superficiais em ambientes naturais. A tendência de alcalinização ao longo do curso (RJG\_I e RJG\_J) está associada a processos de fotossíntese, comentados para OD, a remoção de dióxido de carbono de água durante a fotossíntese desloca o equilíbrio químico da água, levando a um aumento do pH. Também tem a ver com a descarga de efluentes (domésticos ou industriais).

No que se refere aos nutrientes, o valor mais baixo de azoto inorgânico foi observado no ponto de amostragem no montante; é o esperado para um ecossistema sem intervenção antrópica. No ponto intermediário, observa-se um ligeiro aumento que poderia estar relacionado a fontes difusas de nitrogênio (e.g., agricultura). O aumento drástico e exponencial no ponto jusante é um claro indicador de poluição por fontes pontuais de origem urbana, decorrentes da descarga de águas residuais não tratadas e de efluentes das atividades comerciais do setor (mercados, centros comerciais, etc.). Este padrão é um dos marcadores mais fiáveis da influência de esgotos domésticos em um curso de água.

Tal como o azoto inorgânico, o fósforo a montante é baixo; a ligeira descida no ponto intermediário não é significativa e pode dever-se a variáveis naturais. Agora, o aumento acentuado a jusante, novamente, é um forte indicador de poluição antrópica. O P é um nutriente limitante em ecossistemas aquáticos, o que se observa em concentrações muito baixas e em que um aumento está frequentemente associado a detergentes fosfatos, provenientes de águas residuais domésticas e de descargas de esgotos. O fósforo sempre foi considerado um bom indicador de poluição de origem urbana. Além destas fontes, deve-se fazer referência à presença de patos na ribeira, outro indicador de altas concentrações de matéria orgânica, a sua vez, estes animais com seus excrementos poderiam estar a contribuir para a maior concentração de fósforo inorgânico.

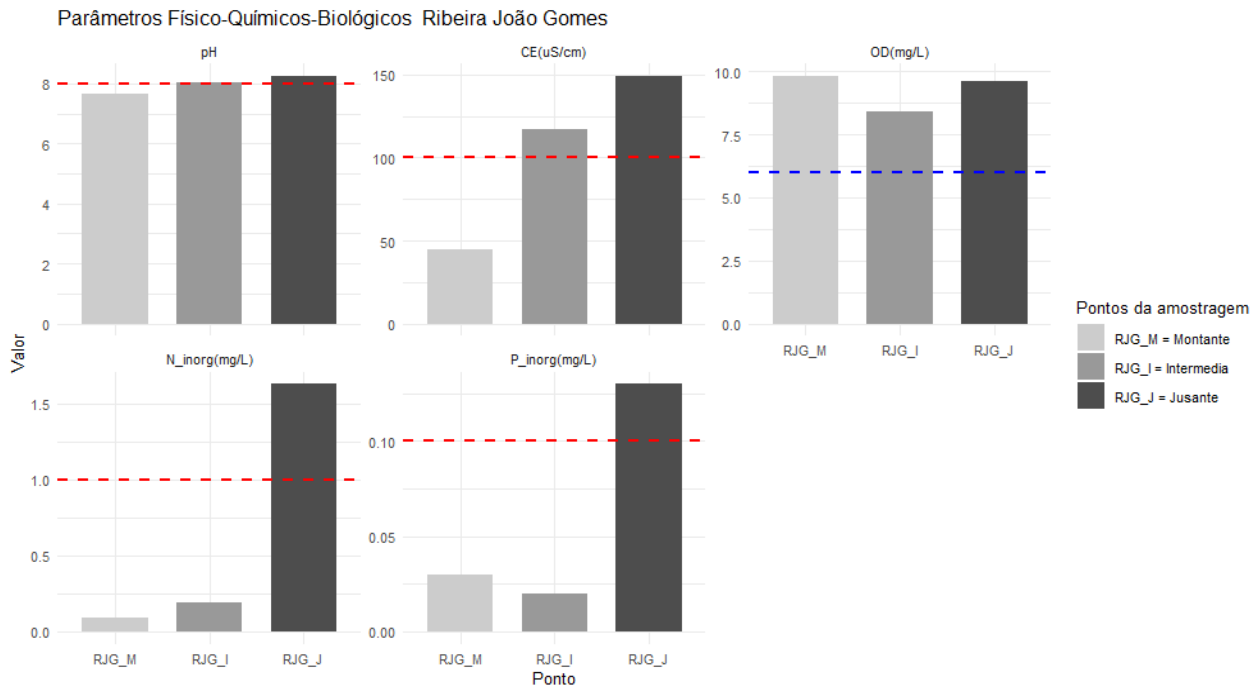


Figura 15 - Valores dos cinco parâmetros representativos da qualidade da água na RJG, como ecossistema aquático do Indicador 6.3.2 e dos valores-limite.

A evolução dos parâmetros de qualidade da água ao longo das três ribeiras (RSJo, RStL, RJG) revela um padrão claro de degradação da qualidade da água de montante para jusante, indicativo de impactos antropogénicos crescentes. Em linhas gerais, estas ribeiras a montante, sem efeitos urbanos consideráveis, encontram-se em condições ótimas, mas à medida que a pressão urbana é maior (aumento do turismo, comércio e atividades industriais), na parte baixa do Funchal, próximo à foz das ribeiras, a qualidade da água se vê comprometida pelos esgotos urbanos e industriais.

Os resultados revelam uma clara deterioração da qualidade da água das três ribeiras à medida que flui da zona natural (Montante) para a zona urbana (Jusante). O aumento significativo da condutividade elétrica, do azoto inorgânico e do fósforo inorgânico no ponto jusante indica consistentemente a entrada maciça de efluentes de origem urbana, muito provavelmente associados ao elevado movimento turístico, urbano e comercial. A subida do oxigênio dissolvido e do pH a jusante pode ser um sinal de ativação do processo de eutrofização, impulsionado precisamente pelo enriquecimento em nutrientes (N e P).

## 5. Qualidade da água das ribeiras do Funchal como ecossistema aquático: Indicador 6.3.2

A avaliação da qualidade da água das ribeiras realiza-se de acordo com o estipulado no indicador 6.3.2 das Nações Unidas, pois não se busca saber se pode servir de uso industrial, agrícola ou potável, mas sim tentar ilhar para seu uso como ecossistema aquático; de aí o porquê de o indicador ser utilizado.

O Indicador 6.3.2 das Nações Unidas (UNEP) avalia a proporção de água de boa qualidade, integrando o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6.3: “Melhorar a qualidade da água até 2030”. Este indicador é calculado com base em dados de parâmetros físico-químicos e biológicos obtidos em pontos de monitorização representativos de cada massa de água. Para cada ponto de amostragem, atribui-se uma pontuação de qualidade conforme o cumprimento dos valores de referência definidos nacionalmente.

A ponderação dos parâmetros é feita de igual maneira: cada parâmetro tem o mesmo peso no cálculo, no valor de 20%. Assim, o indicador 6.3.2 expressa, em termos percentuais, o estado geral da qualidade das águas superficiais, permitindo acompanhar a evolução temporal.

Na Tabela 5, mostram-se os valores dos cinco parâmetros em cada ponto de amostragem da ribeira, bem como o valor do indicador e sua qualidade, que vão de 100 % Excelente, 60-80 % Bom, 40-60 % Moderado, 20-40 % Fraco e 0-20 % Má. Os valores-limite para OD (< 6 mg/L), N inorgânico (< 1 mg/L) e P inorgânico (< 0,01 mg/L) têm como referência o Decreto-Lei n.º 236/98 (Anexo XIX), a Directiva 2000/60/CE, a UNEP/WHO (1996) – Water Quality Guidelines, o Anexo XIX e o OECD (1982) – *Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control*.

Da mesma maneira, na Figura 14, observam-se os valores do Indicador 6.3.2, em que se verifica que, na parte montante das três ribeiras, as águas superficiais apresentam excelente qualidade. No entanto, constata-se um gradiente de degradação significativo à medida que se percorre o curso fluvial no sentido montante-jusante, com vários trechos a serem classificados como de qualidade fraca ou má. Este padrão é sugestivo de um impacto antropogénico cumulativo, provavelmente resultante da descarga de efluentes e do escoamento urbano nas áreas mais densamente povoadas a jusante, que comprometem a qualidade ambiental do corpo de água, apesar das condições favoráveis na origem

É comum observar um gradiente de qualidade da nascente à foz. Pontos a montante (em zonas mais altas e menos urbanizadas) podem apresentar qualidade "Excelente", enquanto a jusante (perto da foz, em áreas urbanas densas) a qualidade pode degradar-se para "Fraca" ou "Má". Isto é indicativo de poluição difusa (e.g., escoamento de superfícies urbanas) e pontual (e.g., descargas de efluentes) que se acumulam ao longo do percurso fluvial.

*Tabela 2 - Valores do Indicador 6.3.2 para as Ribeiras: São João, Santa Luzia e João Gomes, durante o mês de maio de 2025*

Ribeira	Sítio	OD (mg/L)	EC (uS/cm)	pH	N_inorg (mg/L)	P_inorg (mg/L)	Indicador	Qualidade	Longitude	Latitude
RSJo	RSJo_M	9,9	73	7,89	0,21	0,04	100	Excelente	-16.935462	32.691248
	RSJo_I	9,2	168	8,02	2,18	0,08	20	Má	-16.930501	32.662202
	RSJo_J	8,9	185	8,44	3,01	0,19	0	Má	-16.915538	32.647807
RStL	RStL_M	10,9	69	7,89	0,15	0,03	100	Excelente	-16.918741	32.697205
	RStL_I	9,5	67	8,06	0,33	0,03	40	Fraca	-16.919314	32.660497
	RStL_J	8,8	141	8,18	1,20	0,11	20	Má	-16.906678	32.649013
RJG	RJG_M	9,8	45	7,67	0,08	0,03	100	Excelente	-16.901412	32.705334
	RJG_I	8,4	117	8,04	0,19	0,02	40	Fraca	-16.897737	32.66316
	RJG_J	9,6	149	8,24	1,63	0,13	20	Má	-16.904162	32.649285



*Figura 16 - Qualidade da água dos pontos de amostragem de acordo com o Indicador 6.3.2 das Nações Unidas.*

O resultado do indicador 6.3.2 fornece uma ferramenta para cientistas e decisores políticos, permitindo não só avaliar o estado atual das massas de água superficiais no Funchal, mas também planear intervenções corretivas e monitorizar a eficácia dessas intervenções ao longo do tempo. A variação na qualidade da água observada espacialmente é um reflexo direto dos diferentes níveis de stress antropogénico a que cada trecho da ribeira está sujeito. Os pontos da montante estão em ótima qualidade da água, valorados como excelentes, mas, à medida que a população passa a ter atividades antrópicas, observa-se deterioro na qualidade da água do ecossistema de água doce.

## 6. Bibliografia

Agência Portuguesa do Ambiente (2022) Critérios para a classificação das massas de água (Rios e Albufeiras). Lisboa. <https://apambiente.pt/dqa/assets/crit%C3%A9rios-classifica%C3%A7%C3%A3orios-e-albufeiras.pdf>

Atlas Climático (2011). Atlas Climático dos Archipélagos das Canárias, da Madeira e dos Açores.

Canadian Council of Ministers of the Environment (2004) Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: Phosphorus: Canadian Guidance Framework for the Management of Freshwater Systems.

Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto. (1998). *Normas, critérios e objetivos de qualidade da água*. Diário da República, I Série-A, n.º 176. Lisboa, Portugal.

Directiva 91/676/CEE do Conselho, de 12 de dezembro de 1991. (1991). *Relativa à proteção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola*. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L375/1.

Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000. (2000). *Estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água*. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L327/1.

Direção Regional de Estatística da Madeira (2021) Estatísticas Demográficas da Região Autónoma da Madeira. Funchal.

Furtado A, Madeira M, & Jeanroy E (1990) Mineralogy of soils from Madeira Island (Portugal). Solubility of the iron oxides/Minéralogie des sols de l'île de Madère (Portugal). Solubilité des oxydes de fer. *Sciences Géologiques, bulletins et mémoires*, 43(2), 139-149.

Ganança JFT, Abreu I, Sousa NF, Paz RF, Caldeira P, Dos Santos TMM., ... & Pinheiro de Carvalho MÂA (2018) Soil conditions and evolution of aluminium resistance among cultivated and wild plant species on the Island of Madeira. *Plant Soil and Environment*, 53(6), 239. <https://doi.org/10.17221/2218-PSE>

OECD. (1982). *Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.

OECD (2025) Embedding Water-related Risks in Financial Stability Frameworks. OECD Studies on Water. OECD Publishing. Paris. <https://doi.org/10.1787/ee1757f9-en>.

Rivas-Martínez S, Penas Á, Díaz González TE, Ladero Álvarez M, Asensi Marfil A, Díez Garretas B, ... & Herrero L (2011) Mapa de series, geoseries y geopermaseries de vegetación de España (Memoria del mapa de vegetación potencial de España). Parte II.

Santos FD, Valente MA, Miranda PMA., Aguiar A, Azevedo EB, Tomé AR, & Coelho F (2004) Climate change scenarios in the Azores and Madeira Islands. *World Resource Review*, 16(4), 473-491.

UNEP/WHO. (1996). *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring* (2ª ed.). Chapman & Hall, Londres.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2018). *Water Quality Criteria and Standards Plan: Priorities for the Future*. Washington, D.C.

Wada K (1985) The distinctive properties of Andasols. *Adv. Soil Sci.*, 2: 173-229



**Observatório Oceânico da Madeira**  
Edifício Madeira Tecnopolo, Piso 0  
Caminho da Penteada, 9020-105 Funchal, Portugal  
oomteam@arditi.pt | (+351) 291 721 216

