

Caracterização Hidromorfológica das Massas de Água Interiores Superficiais na Região Autónoma dos Açores

Relatório da monitorização do 2º ano

CIBIO Açores
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade dos Açores
Ponta Delgada, dezembro 2024

Coordenador: Vítor Gonçalves

Equipa: Pedro Miguel Raposeiro, Martin Souto, Helena Marques, Ana Balibrea, Lidia Villaverde e Noemie Taymans



UNIVERSIDADE
DOS AÇORES

GASPAR
FRUTUOSO
FUNDAÇÃO



CIBIO

azorean

freswater
eCOlogy

Forma de citação deste relatório:

Gonçalves, V., Marques, H., Balibrea, A., Taymans, N., Vilaverde, L., Souto, M. e Raposeiro, P.M., 2024. *Caracterização Hidromorfológica das Massas de Água Interiores Superficiais na Região Autónoma dos Açores. Relatório da monitorização do 2º ano*. CIBIO Açores, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade dos Açores e Fundação Gaspar Frutuoso, Ponta Delgada, 79 pp.

ÍNDICE

NOTA PRÉVIA	4
1. INTRODUÇÃO	4
2. LOCAIS DE AMOSTRAGEM	6
3. METODOLOGIAS DE RECOLHA E TRATAMENTO DE DADOS.....	8
3.1. RIOS	8
3.1.1. Avaliação do Habitat Fluvial (RHS – River Habitat Survey).....	8
3.1.1.1 <i>Índice de Modificação do Habitat</i>	10
3.2. LAGOAS	13
3.2.1. Avaliação do Habitat do Lago (LHS – Lake Habitat Survey).....	14
3.2.1.1 <i>Índice de qualidade do habitat do lago (LHQA)</i>	16
3.2.1.2 <i>Índice de modificação do habitat do lago (LHMS)</i>	16
3.2.2. Avaliação dos níveis de pressão e de alterações hidromorfológicas - LUPLES	18
3.2.3. Avaliação da profundidade	19
4. AVALIAÇÃO DO ESTADO HIDROMORFOLÓGICO DAS MASSAS DE ÁGUA.....	20
4.1. RIOS	20
4.1.1. Avaliação do Habitat Fluvial (RHS – River Habitat Survey).....	20
4.1.1.1 <i>Índice de Modificação do Habitat</i>	49
4.1.2. Avaliação do caudal	53
4.1.3. Ocupação do solo das zonas ripícolas.....	54
4.2. LAGOAS	56
4.2.1. Avaliação do Habitat do Lago (LHS – Lake Habitat Survey).....	56
4.2.1.1 <i>Índices de qualidade do habitat do lago (LHQA) e de modificação do habitat do lago (LHMS)</i>	71
5. NOTAS FINAIS	75
6. REFERÊNCIAS	76

NOTA PRÉVIA

O presente relatório é elaborado na sequência da adjudicação à FGF – Fundação Gaspar Frutuoso dos trabalhos de “Caracterização Hidromorfológica das Massas de Água Interiores Superficiais na Região Autónoma dos Açores” – Ajuste Direto N.º 34/SRAAC/2021, da Secretaria Regional do Ambiente e Alterações Climáticas (SRAAC) do Governo dos Açores.

O objeto do contrato consiste na Caracterização Hidromorfológica das Massas de Água Interiores Superficiais na Região Autónoma dos Açores, com vista à avaliação do estado das massas de água superficiais, de acordo com a Diretiva Quadro da Água (DQA), em elementos biológicos e em elementos químicos e físico-químicos e elementos hidromorfológicos de suporte aos elementos biológicos.

Assim, a presente prestação de serviços consiste na recolha de atributos para a avaliação dos elementos hidromorfológicos nas massas de água interiores superficiais da Região Hidrográfica dos Açores que foram designadas no âmbito da Diretiva Quadro da Água (DQA), durante três anos. São abrangidas nesta prestação de serviços 24 locais em massas de água da categoria Rios, distribuídos pelas ilhas de Santa Maria (1), São Miguel (16), e Flores (7), e 23 locais em massas de água da categoria Lagos, nas ilhas de São Miguel (12), Pico (5), Flores (5) e Corvo (1), conforme indicado no respetivo Caderno de Encargos (CE). Neste relatório são apresentados os resultados obtidos no segundo ano da prestação de serviços.

1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos são influenciados por um conjunto diverso de fatores ambientais, incluindo climáticos, físico-químicos, hidrológicos, morfológicos e biológicos que determinam a sua estrutura e funcionamento. Os elementos hidrológicos e morfológicos, conjuntamente designados como elementos hidromorfológicos, constituem o ambiente vital dos organismos, influenciando a distribuição da biodiversidade e o funcionamento do ecossistema (Elosegi & Sabater, 2013; McParland & Barret, 2009). Deste modo, a caracterização dos componentes hidromorfológicos dos ecossistemas aquáticos e dos ecossistemas associados, bem como das suas alterações é fundamental para a conservação e restauração destes ecossistemas.

Este princípio fundamental foi incorporado na DQA, com o objetivo de avaliar o estado dos ecossistemas aquáticos interiores e costeiros para que todos alcancem, pelo menos, um bom estado. Embora os elementos de qualidade biológica sejam centrais para atingir esses objetivos, os elementos hidromorfológicos de suporte também são essenciais. No entanto, na

Região Hidrográfica dos Açores não existem dados consistentes e sistematizados sobre os componentes dos elementos hidromorfológicos que poderiam ser utilizados na avaliação da qualidade hidromorfológica (INAG, 2009), tendo se considerado nas classificações efetuadas que todas as massas de água das categorias Rios e Lagos apresentam condições hidromorfológicas adequadas ao suporte da vida aquática. Não tendo sido possível até à data avaliar os elementos hidromorfológicos das massas de água interiores de superfície na Região Hidrográfica dos Açores, imponha-se a implementação de um sistema de monitorização destes elementos de qualidade.

A DQA descreve a hidromorfologia dos rios com base em dois elementos relacionados com o regime hidrológico (caudais e condições de escoamento), com a sua continuidade e com três elementos indicadores das condições morfológicas (variação da profundidade e largura do rio, estrutura e substrato do leito do rio e estrutura da zona ripícola) (Tabela 1). Relativamente aos lagos, a DQA propões o recurso a três elementos para o regime hidrológico (quantidade e dinâmica do fluxo de água, tempo de residência e ligação às massas de água subterrânea) e outros três elementos para as condições morfológicas (variação da profundidade do lago, quantidade e estrutura do leito do lago, e estrutura da margem do lago) (Tabela 1).

Tabela 1. Elementos hidromorfológicos de qualidade para a classificação do estado ecológico de rios e lagos de acordo com a Diretiva Quadro da Água.

Categoria	Tipo	Elemento de qualidade
Rios	Regime hidrológico	Caudais e condições de escoamento
		Ligação a massas de águas subterrâneas
	Continuidade do rio	
	Condições morfológicas	Variação da profundidade e largura do rio
		Estrutura e substrato do leito do rio
		Estrutura da zona ripícola
Lagos	Regime hidrológico	Caudais e condições de escoamento
		Tempo de residência
		Ligação a massas de águas subterrâneas
	Condições morfológicas	Variação da profundidade do lago
		Quantidade, estrutura e substrato do leito do lago
		Estrutura das margens do lago

Muitos trabalhos foram realizados para o desenvolvimento de métodos para avaliar o estado hidromorfológico dos rios (Belletti et al., 2015; Benjankar et al., 2013; Fernández et al., 2011; Šípek et al., 2010; Raven et al., 2002) e a relação entre as características hidromorfológicas e a composição das comunidades biológicas em ecossistemas fluviais (Acreman et al., 2006).

Pelo contrário, a literatura científica centrada na hidromorfologia de lagos é menos abundante. Depois de alguns estudos pioneiros (e.g. Håkanson, 2005; Ostendorp et al., 2004) sobre a qualidade das margens dos lagos, foram publicados alguns métodos, como o Lake Habitat Survey (LHS), que tem sido amplamente adotado (Ciampittiello et al., 2017). Este método foi utilizado para explorar o impacto das alterações nas margens do lago na biologia das comunidades, como macroinvertebrados, macrófitas, peixes e aves limícolas. Existem poucas publicações detalhando métodos para caracterizar o regime hidrológico dos lagos ou sua alteração, e a maioria provém de lagos regulados para produção de energia hidroelétrica no Norte da Europa, existindo uma lacuna de métodos e abordagens comuns para avaliar o estado hidromorfológico dos lagos em vários países europeus.

2. LOCAIS DE AMOSTRAGEM

Conforme indicado na Cláusula 13.^a do Caderno de Encargos, na categoria Rios foram analisados 24 locais (Tabela 2), que abrangem todas as massas de água desta categoria na Região Hidrográfica dos Açores designadas no âmbito da DQA. Os locais selecionados em cada massa de água desta categoria correspondem aos locais que integram a rede de monitorização do estado das massas de água interiores de superfície da Região Hidrográfica dos Açores.

Tabela 2. Locais em estudo na categoria rios e respetiva localização.

Ilha	Nome da Ribeira	Local	Código	Coordenadas		Altitude (m)
				M	P	
Santa Maria	Ribeira de São Francisco	Almagreira	SMAR0011	667579	4092635	140
São Miguel	Ribeira Quente	Furnas	SMGR0041	650029	4182039	190
São Miguel	Ribeira Quente	Ribeira Quente	SMGR0042	649197	4178748	40
São Miguel	Ribeira da Povoação	Povoação	SMGR0071	654859	4179505	10
São Miguel	Ribeira da Povoação	Nossa Senhora dos Remédios	Ponto novo	655819	4183063	315
São Miguel	Ribeira do Faial da Terra	"Meio"	SMGR0051	659713	4182536	360
São Miguel	Ribeira do Faial da Terra	Faial da Terra	SMGR0052	658976	4178905	10
São Miguel	Ribeira do Guilherme	Tronqueira	SMGR0121	658195	4184976	573
São Miguel	Ribeira do Guilherme	Fajã do Rodrigo	SMGR0122	660700	4186523	260
São Miguel	Ribeira do Guilherme	Nordeste	Ponto novo	662504	4189663	50
São Miguel	Ribeira dos Caldeirões	"Foz"	SMGR0161	651876	4191411	70
São Miguel	Ribeira dos Caldeirões	"Montante"	Ponto novo	653689	4186883	680
São Miguel	Ribeira Grande	Lombadas	SMGR0061	635662	4182030	570
São Miguel	Ribeira Grande	Lombadas - Rosário	SMGR0062	635667	4182151	570
São Miguel	Ribeira Grande	Salto do Cabrito	SMGR0091	632524	4184179	200
São Miguel	Ribeira Grande	Ribeira Grande	SMGR0111	630338	4187079	23
São Miguel	Ribeira Teixeira	Pernarda	SMGR0081	632131	4183875	200
Flores	Ribeira da Badanella	"Montante"	FLOR0082	654124	4370577	730
Flores	Ribeira da Badanella	"Montante"	FLOR0081	654126	4370547	730
Flores	Ribeira da Badanella	Fazenda de Santa Cruz	FLOR0083	659809	4370535	20
Flores	Ribeira Grande	"Montante"	FLOR0041	654026	4366597	556
Flores	Ribeira Grande	"Montante"	FLOR0042	652188	4368056	555
Flores	Ribeira Grande	"Meio"	FLOR0043	651305	4366466	190
Flores	Ribeira Grande	Fajazinha	FLOR0044	649916	4366856	20

Santa Maria e São Miguel – Datum WGS84, Fuso 26N; Flores – Datum WGS84, Fuso 25N

Do mesmo modo para a categoria Lagos, de acordo com o estipulado na Cláusula 13.ª do Caderno de Encargos, foram analisados 23 locais (Tabela 2), que correspondem a todas as massas de água desta categoria na Região Hidrográfica dos Açores designadas no âmbito da DQA. As lagoas abrangidas por esta avaliação são as mesmas que integram a rede de monitorização do estado das massas de água interiores de superfície da Região Hidrográfica dos Açores.

Tabela 3. Locais em estudo na categoria lagos e respetiva localização.

Ilha	Nome da Lagoa	Código	Coordenadas		Altitude (m)
			M	P	
São Miguel	Sete Cidades - Azul	SMGL0211	607721	4192612	260
São Miguel	Sete Cidades - Verde	SMGL0191	606614	4189108	260
São Miguel	Canário	SMGL0171	609131	4188310	745
São Miguel	Santiago	SMGL0201	607870	4189728	360
São Miguel	Empadadas Norte	SMGL0151	610161	4187245	743
São Miguel	Empadadas Sul	SMGL0131	610283	4187075	743
São Miguel	Congro	SMGL0011	640253	4179995	420
São Miguel	São Brás	SMGL0101	640008	4184079	612
São Miguel	Fogo	SMGL0031	634431	4180852	575
São Miguel	Furnas	SMGL0021	646642	4180671	280
São Miguel	Rasa das Sete Cidades	SMGL0021	607376	4189099	549
São Miguel	Rasa da Serra Devassa	SMGL0021	609898	4187116	777
Pico	Capitão	PICL0051	384995	4260707	785
Pico	Peixinho	PICL0031	397549	4254687	870
Pico	Rosada	PICL0021	396496	4254479	925
Pico	Caiado	PICL0021	390851	4257181	810
Pico	Paúl	PICL0021	392451	4253983	790
Flores	Funda	FLOL001	623456	4363359	360
Flores	Rasa	FLOL0021	652877	4363715	530
Flores	Comprida	FLOL0051	653010	4367178	510
Flores	Negra	FLOL0061	652656	4367353	490
Flores	Lomba	FLOL0061	655917	4365527	650
Corvo	Caldeirão	CORL0011	661696	4397429	400

São Miguel e Pico – Datum WGS84, Fuso 26N; Flores e Corvo – Datum WGS84, Fuso 25N

3. METODOLOGIAS DE RECOLHA E TRATAMENTO DE DADOS

3.1. RIOS

3.1.1. Avaliação do Habitat Fluvial (RHS – River Habitat Survey)

Para a caracterização e avaliação do estado hidromorfológico das massas de água da categoria Rios foram implementadas metodologias assentes fundamentalmente na avaliação do habitat fluvial através do método River Habitat Survey (RHS), inicialmente desenvolvido para o Reino Unido (Raven et al. 1997). Nas regiões hidrográficas do território continental português, o método River Habitat Survey (RHS) foi adotado como ferramenta de caracterização e monitorização de massas de água da categoria rios para diversas valências descritas no elemento de qualidade hidromorfológica (INAG 2009). Este método é também adotado noutros países europeus (Balletti et al. 2015; Del Tánago et al. 2021), dado que permite avaliar a maioria dos atributos hidromorfológicos previstos no Anexo V da DQA e ser um método aplicado com sucesso há vários anos. Todavia, o RHS não avalia todos os elementos de qualidade hidromorfológica estabelecidos na DQA (Tabela 1), requerendo adaptações e/ou a sua combinação com outros métodos. Concretamente, o RHS não permite avaliar integralmente o regime hidrológico, pois apenas permite medir qualitativamente a corrente, não dando indicações sobre o caudal nem a ligação a massas de águas subterrâneas, apenas acede à continuidade do rio nos troços que são monitorizados, e avalia de forma limitada a estrutura da zona ripícola (Ferreira et al. 2011).

O método RHS foi aplicado de acordo com as orientações do guia, na sua versão 2003 (ENVIRONMENT AGENCY, 2003), com as mais recentes atualizações disponíveis em <https://www.riverhabitatsurvey.org/manual/rhs-manuals/>. O registo dos dados e o cálculo dos índices que esta metodologia permite obter (HQA – Avaliação da Qualidade do Habitat; HMS – Índice de Modificação do Habitat) foi realizado através do software River Habitat Survey Toolbox disponível em <https://www.riverhabitatsurvey.org/river-habitat-survey-toolbox-software/>.

Resumidamente, a aplicação do método RHS envolveu a avaliação de troços das ribeiras com 500 metros de comprimento, para a recolha de dados relativos à natureza e tipo de substrato, condições de escoamento, forma, estrutura, erosão e depósitos no leito e nas margens, estrutura e composição do coberto vegetal das margens, e usos do solo nas áreas limítrofes das margens (Figura 1). Em cada troço recolhem-se dados em 10 pontos de amostragem equidistantes, a que se juntou uma cobertura geral do troço ao longo de toda a sua extensão. Para além da observação *in situ* pela equipa de amostragem e o preenchimento imediato da ficha atualizada do método com recurso ao software River Habitat Survey Toolbox, seguindo

os critérios de preenchimento de acordo com o manual (ENVIRONMENT AGENCY, 2003), sempre que possível, foi realizada uma cobertura fotográfica de alta resolução de cada troço com recurso a drone. A partir desse registo fotográfico foram elaborados mapas digitais usando o software Agisoft Metashape Professional Edition que foram utilizados para complementar a caracterização hidromorfológica dos troços. Para além disso, a elevada definição dos mapas permitirá que estes sirvam de referência para a deteção de futuras alterações hidromorfológicas nestas ribeiras. Quando as condições não permitiram a utilização do drone, utilizaram-se imagens obtidas a partir do Google Earth para completar a caracterização dos troços.

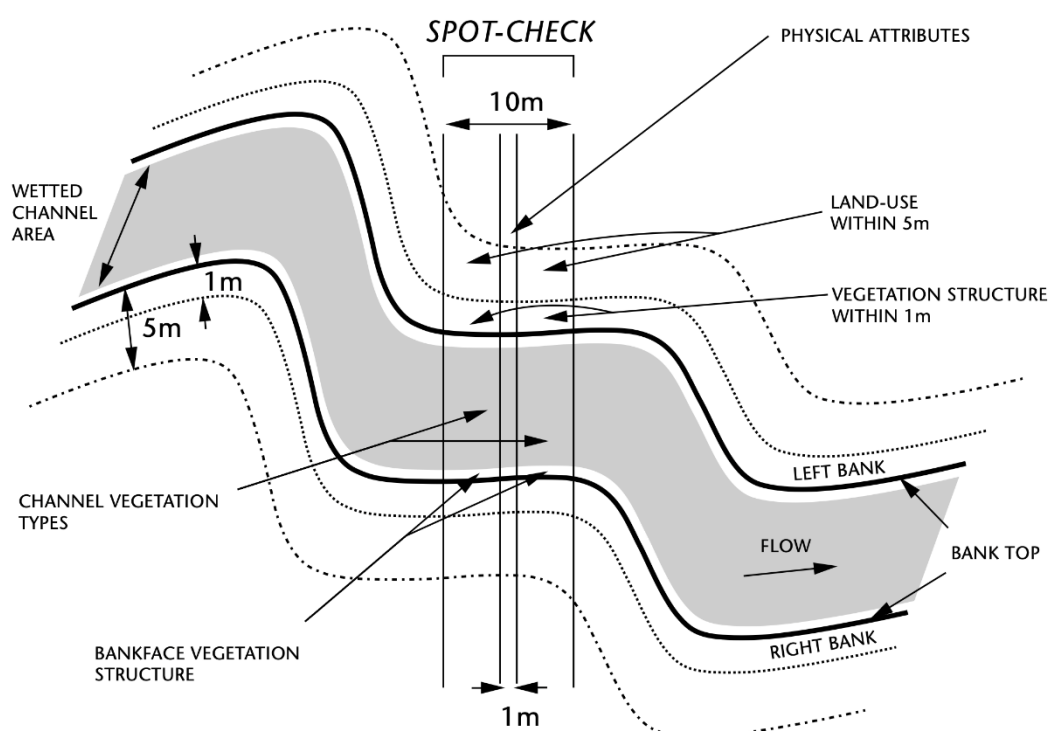


Figura 1. Esquema dos pontos de amostragem e respetivas dimensões para aplicação do RHS nos troços em avaliação (retirado de ENVIRONMENT AGENCY, 2003).

Para além das limitações anteriormente referidas, a utilização do RHS em Portugal continental já levantou várias questões quanto à sua adequação ao contexto nacional. Entre estas, as aplicáveis à região dos Açores são: inadaptação das categorias de uso do solo, diferenças nos tipos de vegetação e espécies invasoras diferentes do contexto em que os índices foram criados (Ferreira et al., 2011). A percentagem de espécies de plantas invasoras em ecossistemas de água doce é superior a 80% e mais de 60% das espécies de plantas presentes nos Açores são espécies introduzidas (Costa et al., 2021; Silva et al., 2008). É amplamente admitido que as espécies invasoras são uma ameaça crítica à biodiversidade e aos serviços

dos ecossistemas. Entre os 10 subcritérios utilizados para calcular o HQA, três baseiam-se no coberto vegetal e/ou na diversidade da vegetação. Por isso, pela inadequação das categorias de uso do solo ao contexto dos Açores, optou-se por utilizar apenas o HMS na nossa análise.

3.1.1.1 Índice de Modificação do Habitat

O Índice de Modificação do Habitat (HMC, do inglês Habitat Modification Score) quantifica a extensão, os impactos potenciais e a persistência dos efeitos das estruturas construídas pelo homem no leito, nas margens e na zona ribeirinha de um curso de água. Baseia-se na presença de elementos como barragens, margens reforçadas ou retificadas (Cortes et al., 2008). Quanto maiores forem as modificações, maior será a pontuação (Riverdene Consultancy, 2016). A pontuação obtida é utilizada para classificar as ribeiras em cinco classes de qualidade hidromorfológica (Tabela 4).

Tabela 4. Classes de Modificação do Habitat (HMC) em função da alteração dos cursos de água por intervenção humana (HMS).

HMC	Descrições	HMS
1	Prístino / Seminatural	0 -16
2	Predominantemente não modificado	17-199
3	Obviamente modificado	200-499
4	Significativamente modificado	500-1399
5	Severamente modificado	1400

O HMS é subdividido em vários índices que descrevem as seguintes estruturas: manilhas, leito de margem reforçado, leito de margem retificado, realinhado, bermas artificiais / aterros, açudes, pontes, zonas pisoteadas, passagens a vau, captações / descargas. Este índice só deve ser utilizado para comparar sítios que sejam semelhantes em termos de altitude, geologia e dimensão (Cortes et al., 2008).

3.1.2. Avaliação do caudal

Como referido acima, o método RHS não permite avaliar o caudal dos rios, nem a sua variação. Para esse efeito recorreu-se aos dados das estações hidrométricas automáticas que integram a Rede Hidrometeorológica dos Açores, disponível em

<http://redehidro.ambiente.azores.gov.pt>. Embora esta rede não cubra todas as ribeiras nem os locais de amostragem abrangidos por esta prestação de serviços (Tabela 5), os dados disponíveis permitem obter uma fotografia dos caudais atuais na maioria das ribeiras designadas na Região Hidrográfica dos Açores. Por outro lado, apesar de esta rede ter um conjunto de dados que cobrem um horizonte temporal relativamente curto, servem de referência para análises de variações temporais, quer em termos globais quer de sazonalidade, futuras.

Tabela 5. Estações hidrométricas em ribeiras dos Açores que integram a Rede Hidrometeorológica dos Açores e que foram alvo de avaliação neste trabalho.

Ilha	Nome da Estação	Ribeira	Período temporal abrangido
Santa Maria	São Francisco	Ribeira de São Francisco	Jan2011-Nov2024
São Miguel	Bispos	Ribeira da Povoação	Out2010-Nov2024
	Caldeirões	Ribeira dos Caldeirões	Jun2011-Nov2024
	Guilherme	Ribeira do Guilherme	Mar2011-Nov2024
	Lomba da Erva	Ribeira do Faial da Terra	Out2010-Nov2024
	Lombadas	Ribeira Grande	Out2010-Nov2024
	Lombo Frio	Ribeira Quente	Out2010-Nov2024
	Pernada	Ribeira Grande	Out2010-Nov2024
	Ribeira Grande	Ribeira Grande	Out2010-Nov2024
Flores	Rosário	Ribeira Grande	Out2010-Nov2024
	Ribeira Além Fazenda	Ribeira da Badanela	Out2018-Nov2024
	Ribeira do Ferreiro	Ribeira Grande	Set2018-Nov2024

Fonte: Rede Hidrometeorológica dos Açores <https://redehidro.ambiente.azores.gov.pt/>

3.1.3. Ocupação do solo das zonas ripícolas

Considerando as inadequações que se constataram, a ocupação do solo das zonas ribeirinhas foi analisada para além do HMS a fim de obter informações mais gerais sobre as pressões que afetam as zonas ripícolas das ribeiras monitorizadas. Essas pressões foram avaliadas a partir dos dados de usos do solo constantes da Carta de Uso e Ocupação do Solo da Região Autónoma dos Açores do ano 2018 (COSA2018), disponível na Direção-Geral do Território (DGT; <https://wssig3.azores.gov.pt/geoserver/web/wicket/bookmarkable/org.geoserver.web.demo.MapPreviewPage?0&filter=false>), relativamente aos usos do solo não naturais. Tendo em conta a importância acrescida da vegetação ripícola e da zona-tampão que ladeia as ribeiras na sua estrutura e funcionamento (e.g. Dosskey et al. 2010; Clerici et al. 2014; Warren et al. 2016; Ferreira et al. 2017), foi calculada a ocupação do solo

da zona ribeirinha numa faixa de 50 m ao longo dos cursos de água a montante de cada local de amostragem. Para o efeito, a rede hidrográfica das diferentes bacias monitorizadas foi cortada em secções nos locais de amostragem. As diferentes secções utilizadas são apresentadas na Figura 2. Foi utilizado o terceiro nível de precisão relativo às categorias de utilização do solo na COSA2018.

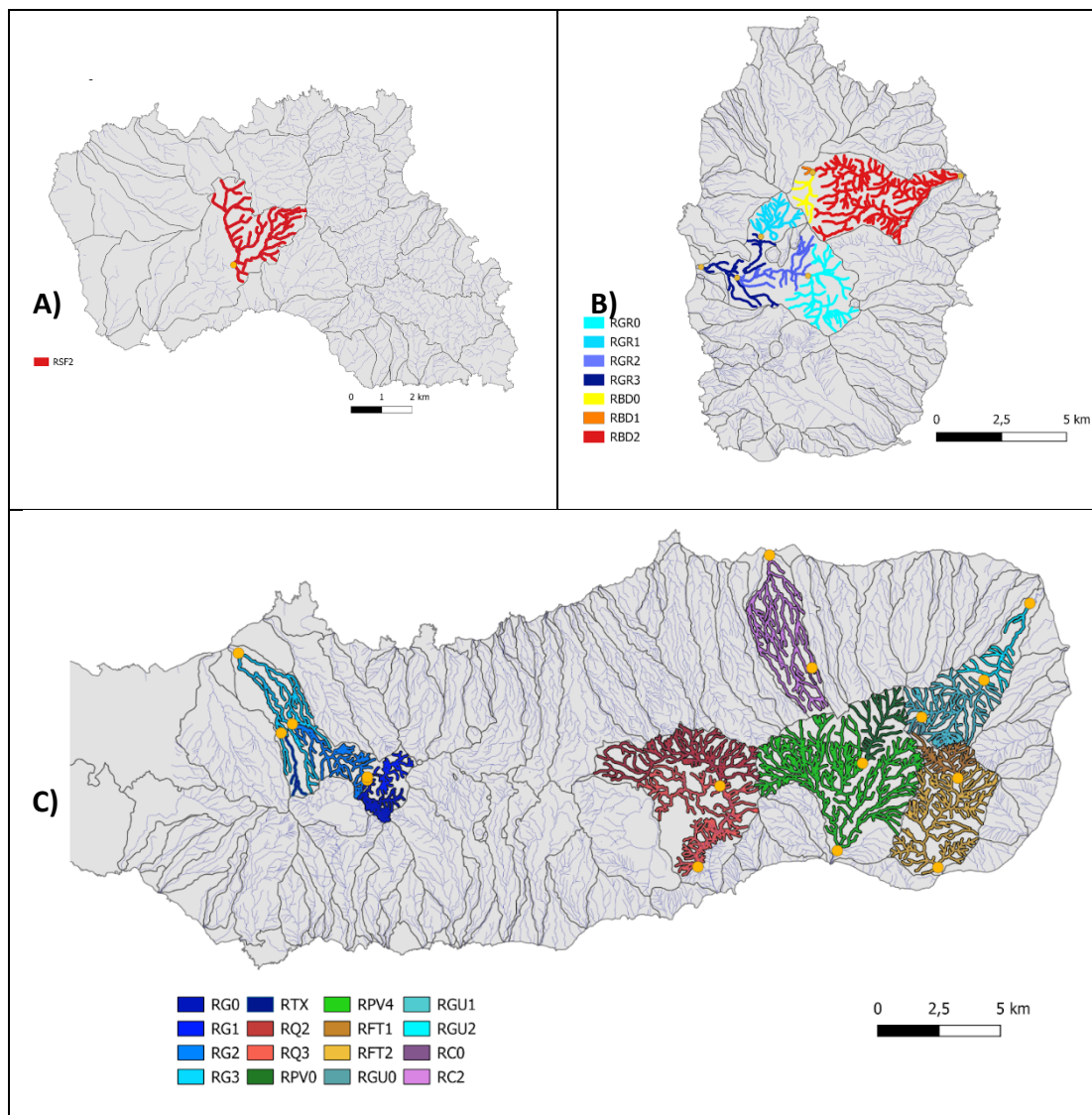


Figura 2. Faixas de 50 m em cada margem das ribeiras delimitadas a montante de cada local de amostragem estabelecidas para o cálculo dos diferentes usos do solo: A- Santa Maria; B- Flores; C- São Miguel.

As diferentes categorias de ocupação do solo da COSA2018 encontradas em zonas ripícolas e que apresentam uma pressão potencial sobre os cursos de água foram agrupadas em seis categorias: zonas agrícolas, zonas pecuárias, zonas urbanas, redes viárias, áreas de gestão de resíduos e zonas mineiras. A repartição adotada foi a seguinte:

- **Zonas agrícolas:** 211-Terras aráveis; 214-Áreas agrícolas heterogêneas; 212-Culturas permanentes;
- **Zonas pecuárias:** 213-Prados/pastagens;
- **Zonas urbanas:** 111-Tecido urbano contínuo; 112-Tecido urbano descontínuo; 121-Indústria, comércio, equipamentos gerais e infraestruturas; 133-Áreas em construção; 141-Espaços verdes urbanos; 142-Equipamentos desportivos, culturais, turísticos e de lazer;
- **Redes viárias:** 122-Redes viárias e espaços associados;
- **Lixeira:** 132-Áreas de gestão de resíduos;
- **Zonas mineiras:** 131-Áreas de extração de massas minerais;

A fim de normalizar os dados, estes são apresentados em percentagem da superfície das zonas ribeirinhas ocupadas por cada categoria.

3.2. LAGOAS

Contrariamente à relativa longa história de avaliação hidromorfológica dos rios, a avaliação do estado hidromorfológico dos lagos é muito recente e poucas metodologias foram desenvolvidas e testadas para o efeito (Carriere et al. 2024). Efetivamente, são raros os países europeus que avaliam todos os elementos de qualidade hidromorfológica indicados na DQA para este tipo de massas de água, o que é atribuído à falta de abordagens e métodos comuns (Argillier et al. 2023; Garron et al. 2024). Apesar disto, diversos países europeus utilizam a ferramenta Lake Habitat Survey (LHS) para avaliar o estado dos elementos hidromorfológicos em lagos (Rowan et al. 2006). Esta metodologia também foi proposta para a avaliação hidromorfológica das albufeiras portuguesas.

Outros métodos pretendem abordar as alterações nos lagos e suas bacias como forma de avaliar os níveis de pressão e de alterações hidromorfológicas a que estes estão sujeitos, como é o caso do método LUPLES (Morant et al. 2021).

Recentemente, foi proposto um novo método, denominado LHYMO (Carriere et al. 2024), que visa fornecer uma avaliação quantitativa do estado hidromorfológico dos lagos que pode ser utilizada para diversos fins, incluindo a aplicação da Diretiva-Quadro da Água (DQA) e da Diretiva Habitats (DH). Apesar de não ter sido possível aplicá-lo no ano a que respeita este relatório, alguns dos elementos de qualidade que o integram está já a ser avaliados e com a recolha de mais alguns elementos será possível testá-lo no terceiro ano desta prestação de serviços.

3.2.1. Avaliação do Habitat do Lago (LHS – Lake Habitat Survey)

O Lake Habitat Survey (LHS) é um método para avaliar e caracterizar os habitats de lagos, lagoas e reservatórios. Este método foi desenvolvido com o objetivo de cumprir os requisitos da (DQA), podendo, simultaneamente, desempenhar um papel importante na avaliação de impacto e nos programas de restauro e conservação de ecossistemas lacustres (Dalu et al., 2016). Os dados recolhidos através desta metodologia permitem calcular parâmetros de medida da (1) Qualidade do Habitat do lago (LHQA) e (2) Modificação do Habitat do Lago (LHMS) (Rowan et al. 2006).

O LHS é aplicado através da observação de parcelas do habitat (Hab-Plots) para registar todos os dados necessários. As parcelas de habitat são definidas de modo a registar as características predominantes do habitat na zona litoral do lago. Cada parcela corresponde a uma faixa de 15m de largura que se estende desde a zona ribeirinha até a zona costeira do lago (Figura 3). Em cada lagoa foram definidas pelo menos dez parcelas, que é o valor mínimo para um levantamento padrão do habitat do lago (Rowan et al. 2006). Antes do trabalho de campo, procedeu-se à localização aleatória da primeira parcela, sendo as restantes distribuídas de forma aproximadamente equidistante ao redor do lago. As parcelas foram definidas perpendicularmente à margem do lago e o seu comprimento dependente da posição da linha de água, isto é, da largura da margem (shore zone; Figura 3).

Para além das características gerais da morfologia do lago (profundidade máxima, perímetro, área, altitude), que foram obtidas através de medições no local, com recurso a fotografias captadas por drone ou através de análise de ortofotomapas, em cada parcela foram registadas características físicas do habitat (por exemplo, tipo de substrato, formas e dimensões das margens e litoral) e a cobertura vegetal nas distintas zonas que compõe a parcela.

Em cada lago, foi analisada a batimetria com recurso a uma ecosonda multifeixe operada a partir de uma embarcação. Para além da batimetria de alta resolução, a sonda permitiu determinar a distribuição da biomassa de vegetação aquática. A combinação dos dados de vegetação obtidos através da sonda com a composição específica determinada pela análise das parcelas permitiu obter mapas de distribuição das principais formações vegetais aquáticas.

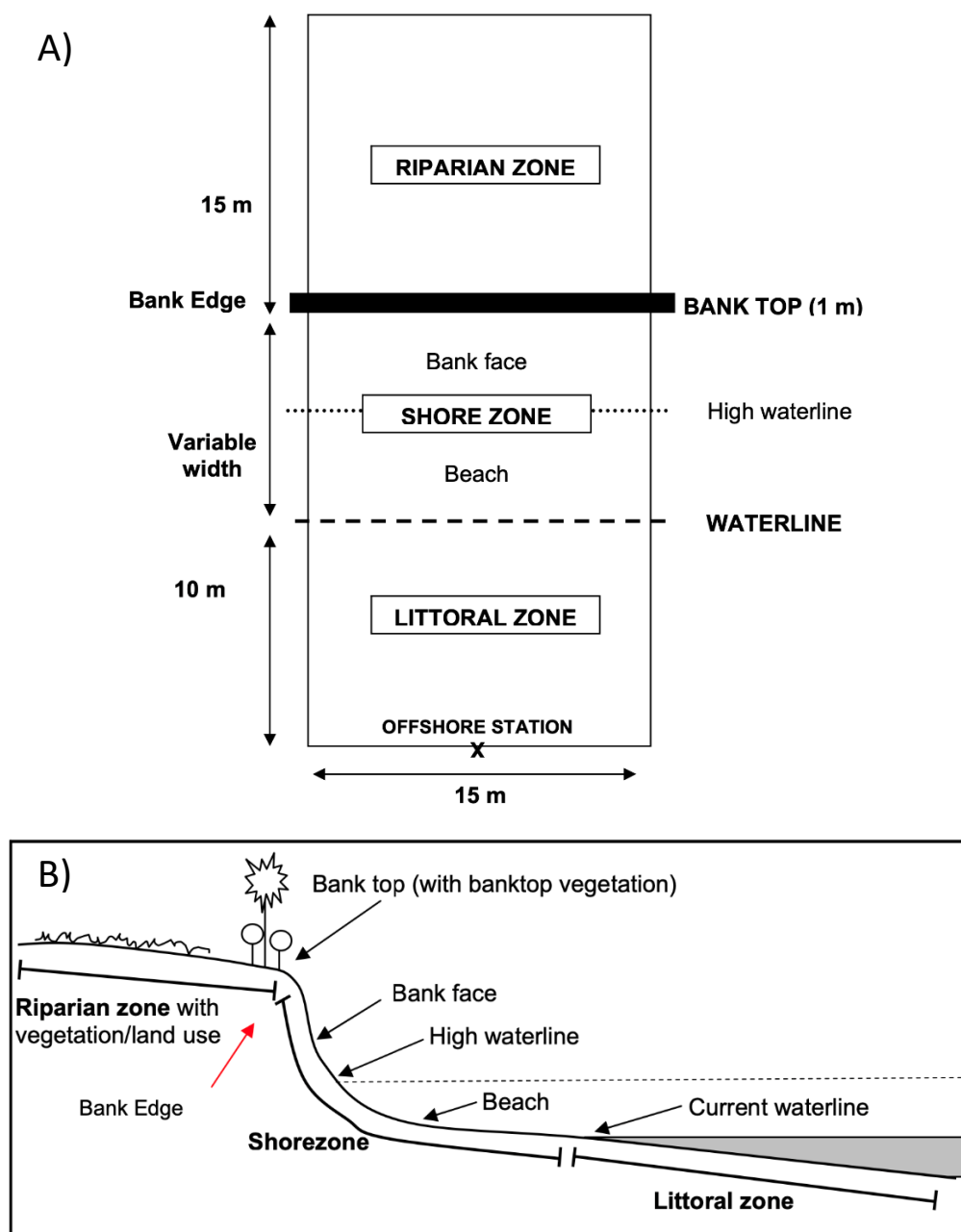


Figura 3. Parcelas (Hab-Plots) utilizadas para recolha de dados do LHS. A) Esquema de uma parcela com distribuição das respetivas zonas e suas dimensões. B) Perfil longitudinal de uma parcela. (retirado de Rowan et al. 2006)

Sempre que possível, excetuam-se os lagos de grandes dimensões ou os localizados em áreas com voo condicionado, foram obtidas imagens aéreas com recurso a drone, cobrindo quer da massa de água quer a respetiva bacia hidrográfica. Esta análise, juntamente com a observação direta da equipa de amostragem, permitiu recolher dados referentes a indicadores de pressão antrópica sobre o habitat, como urbanização, vias de comunicação, áreas de lazer, atividades agropecuárias, descarga de efluentes, entre outras.

3.2.1.1 Índice de qualidade do habitat do lago (LHQA)

O Índice de Qualidade do Habitat do Lago (LHQA, do inglês Lake Habitat Quality Assessment) fornece uma avaliação ambiental do sistema lacustre que nos permite conhecer o seu estado ecológico. Este índice baseia-se principalmente na pontuação obtida para um conjunto de variáveis (Tabela 6) na observação das parcelas do habitat (Hab-Plots) e na totalidade do lago, conforme descrito por Rowan et al. (2004, 2006). A pontuação final LHQA está compreendida numa escala aberta que varia entre 0 (zero), correspondente a um habitat severamente degradado, com características naturais quase completamente ausentes, e um máximo em torno de 100 (cem) nos habitats altamente diversificado e funcional, representando características naturais intactas.

3.2.1.2 Índice de modificação do habitat do lago (LHMS)

O Índice de Modificação do Habitat do Lago (LHMS, do inglês Lake Habitat Modification Score) é um índice que mede a alteração das características hidromorfológicas do lago devido à atividade humana. O cálculo dos mesmos é baseado em Rowan et al. (2004) e o sistema de pontuação de cada variável é efetuado conforme indicado na Tabela 7. O índice LHMS é amplamente utilizado para fins de classificação, especialmente na identificação de lagos e albufeiras que apresentam um elevado estado ecológico, bem como daqueles que estão em risco de não atingir um bom estado ecológico devido às atividades humanas (Dalu et al. 2016). Essa métrica possibilita comparar pressões hidromorfológicas e fatores relacionados, como sobrepesca, presença de espécies nocivas e modificação da linha de margem, entre outros, em diferentes Hab-Plots. O LHMS utiliza uma escala de 0 (zero) a 42 (quarenta e dois), onde 0 indica que o habitat é completamente natural e não sofreu modificações (estado excelente), enquanto 42 reflete habitats severamente impactados (estado mau).

Tabela 6. Sistema de pontuação para o índice de qualidade do habitat do lago (LHQA) com base Rowan et al. (2004).

Zona	Característica avaliada	Descritores	Pontuação
Riparia	Longevidade da vegetação	N.º de Hab-Plots com >10% de árvores grandes	1 para 1-3 2 para 4-6
	Extensão do coberto natural	N.º de Hab-Plots com coberto vegetal natural/seminatural	3 para 7-8 4 para 9-10
	Diversidade do coberto natural	N.º de tipos de vegetação natural registados	1 para cada tipo, com um máximo de 4
	Diversidade e características do topo do talude	N.º de características principais do topo do talude	
Margens	Presença de linha de lixo	N.º de Hab-Plots com linha de lixo	1 para 1-3 2 para 4-6 3 para 7-8 4 para 9-10
	Diversidade estrutural do talude	N.º de Hab-Plots com talude de areia >1m	
	Naturalidade do talude	N.º de Hab-Plots com material do talude natural	
	Naturalidade da praia	N.º de Hab-Plots com material de praia natural	
	Diversidade de materiais naturais no talude	N.º de tipos de materiais naturais de talude registados	1 para cada tipo, com um máximo de 4
	Diversidade de materiais naturais na praia	N.º e tipos de materiais naturais de praia registados	
Litoral	Variação hipsográfica	Coeficiente de variação para a profundidade a 10 m da margem (todos os Hab-Plots)	1 para >25 2 para >50 4 para >75
	Extensão de substratos naturais	N.º de Hab-Plots com substrato natural	1 para 1-3 2 para 4-6
	Diversidade de zonas litorais naturais	N.º de tipos de substratos naturais registados	3 para 7-8 4 para 9-10
	Volume de macrófitos	Média da cobertura total de macrófitos de todos os Hab-Plots	1 para 1 2 para 2 3 para 3 4 para 4
	Grau de extensão dos macrófitos para o interior do lago	N.º de Hab-Plots em que os macrófitos se estendem até ao interior do lago	1 para 1-3 2 para 4-6 3 para 7-8 4 para 9-10
	Diversidade estrutural dos macrófitos	N.º de tipos de macrófitos	1 para cada tipo, com um máximo de 4
	Extensão das características do habitat litoral	Média de cobertura total de peixes	1 para 1 2 para 2 3 para 3 4 para 4
	Diversidade das características do habitat litoral	N.º de características de habitat litoral registadas	1 para cada tipo, com um máximo de 4
Todo o Lago	Diversidade de habitats especiais	Número de habitats de zonas húmidas	5 para cada tipo, com um máximo de 20
	Número de ilhas	N.º de ilhas	2 para 1 5 para 2-4
	Número de depósitos deltaicos	N.º de depósitos deltaicos	10 para 5 ou mais, 2 para cada tipo

Tabela 7. Sistema de pontuação para o índice de modificação do habitat do lago (LHMS) com base Rowan et al. (2006).

Pressão	0 pontos	2 pontos	4 pontos	6 pontos	8 pontos
Modificação na zona de margem	Reforço das margens registado em 0-1 Hab-Plots	Reforço das margens registado em 2 Hab-Plots	Reforço das margens registado em 3-4 Hab-Plots	Reforço das margens registado em 5-7 Hab-Plots	Reforço das margens registado em 8 ou mais Hab-Plots
Uso intensivo da zona de margem	Material não natural registado nas margens de 0-1 Hab-Plots	Material não natural registado nas margens de 2 Hab-Plots	Material não natural registado nas margens de 3-4 Hab-Plots	Material não natural registado nas margens de 5-7 Hab-Plots	Material não natural registado nas margens de 8 ou mais Hab-Plots
Regime de sedimentação	Sedimento sobre substrato natural registado em 0-2 Hab-Plots	Sedimento sobre substrato natural registado em 3-4 Hab-Plots	Sedimento sobre substrato natural registado em 5-6 Hab-Plots	Sedimento sobre substrato natural registado em 7-8 Hab-Plots	Sedimento sobre substrato natural registado em 8 ou mais Hab-Plots
Usos dentro do lago	0 pressões	1 pressão	2 pressões	3 pressões	>3 pressões
Hidrologia	0-1 estruturas hidrológicas	2 estruturas hidrológicas	3 ou mais estruturas hidrológicas	Uso principal para energia hidroelétrica, controlo de inundações ou abastecimento de água	1 albufeira sem passagem para peixes
Espécies invasoras	0-1 espécies invasoras registadas	2-3 espécies invasoras registadas	4 ou mais espécies invasoras registadas	-	-

3.2.2. Avaliação dos níveis de pressão e de alterações hidromorfológicas - LUPLES

Tendo sido encontradas algumas limitações na aplicação do LHS no contexto dos Açores e os resultados pouco consistentes dos seus índices com ao estado ecológico das massas de água, foi testada uma abordagem complementar baseada no método LUPLES (Morant et al., 2021), que assenta na análise da ocupação do solo na bacia hidrográfica e nas alterações hidromorfológicas na zona litoral dos lagos. O método aqui aplicado aos Açores avalia os níveis de pressão exercidos pela ocupação do solo nas lagoas do arquipélago, tendo sido adaptado do referido método LUPLES: Land Uses for estimating Pressure Levels to approach the Ecological Status (Morant et al., 2021).

O conjunto de dados e o agrupamento em categorias de uso do solo que apresentam pressões potenciais é o mesmo que foi utilizado no estudo do uso do solo em zonas ribeirinhas. As seis categorias consideradas foram: zonas agrícolas, zonas pecuárias, zonas urbanas, redes viárias,

áreas de gestão de resíduos e zonas mineiras (ver secção 3.1.3). A fim de normalizar os dados, utilizou-se a percentagem da área ocupada por cada uma destas categorias de uso do solo relativamente à superfície total da bacia hidrográfica.

Para obter os valores de pressão, a percentagem de cobertura de cada área relativa dos diferentes grupos de uso do solo na bacia hidrográfica foi multiplicada pelo grau de contribuição associado ao tipo de pressão avaliado (eutrofização, enriquecimento orgânico, acidificação e poluentes específicos), de acordo com as seguintes equações (Morant et al., 2021):

- **Eutrofização** = Zonas agrícolas*0,3 + Zonas pecuárias*0,3 + Zonas urbanas*0,4 + Lixeira*0,7
- **Enriquecimento em matéria orgânica** = Zonas agrícolas*0,1 + Zonas pecuárias*0,4 + Zonas urbanas*0,6 + Lixeira*0,8
- **Acidificação** = Zonas pecuárias*0,3 + Zonas urbanas*0,2 + Redes viárias*0,2 + Zona Mineira*0,9 + Lixeira*0,8
- **Poluentes específicos** = Zonas agrícolas*0,3 + Zonas pecuárias*0,5 + Zonas urbanas*0,5 + Redes viárias*0,7 + Zona Mineira*0,9 + Lixeira*0,8

Os valores obtidos pela aplicação das equações anteriores são classificados em graus de pressão baixo (0-10; verde), moderado (10-20; amarelo), elevado (20 a 30; laranja) e muito elevado (>30; vermelho).

3.2.3. Avaliação da profundidade

Tal como acontece para o RHS, o LHS não avalia alguns elementos de qualidade morfológica definidos na DQA, como é o caso da profundidade. Para colmatar essa lacuna recorreu-se aos dados das estações limnográficas automáticas que integram a Rede Hidrometeorológica dos Açores (Tabela 8), disponível em <http://redehidro.ambiente.azores.gov.pt>. Os dados destas estações poderão permitir obter uma imagem mais fidedigna da variação da profundidade das lagoas designadas na Região Hidrográfica dos Açores do que a resultante das medições efetuadas dentro da lagoa no âmbito da monitorização do estado destas massas de água. Apesar desta rede ter um conjunto de dados que cobrem um horizonte temporal ainda relativamente curto, servirá de referência para analisar variações futuras, quer em termos globais quer de sazonalidade.

Tabela 8. Estações limnigráficas em lagoas dos Açores que integram a Rede Hidrometeorológica dos Açores e que foram alvo de avaliação neste trabalho.

Ilha	Lagoa	Período temporal abrangido
São Miguel	Azul	Abr2012-Nov2024
	Verde	Jul2015-Nov2024
	Canário	Jul2015-Nov2024
	Santiago	Set2020-Nov2024
	Empadadas Sul	Mar2012-Nov2024
	Empadadas Norte	Jun2020-Nov2024
	Congro	Abr2012-Nov2024
	São Brás	Abr2012-Nov2024
	Fogo	Abr2012-Nov2024
	Furnas	Abr2012-Nov2024
	Rasa das Sete Cidades	Out2020-Nov2024
	Rasa da Serra Devassa	Set2020-Nov2024
Pico	Capitão	Mar2012-Nov2024
	Peixinho	Out2020-Nov2024
	Rosada	Out2020-Nov2024
	Caiado	Mar2012-Nov2024
	Paúl	Jul2015-Nov2024
Flores	Funda	Mar2012-Nov2024
	Rasa	Out2020-Nov2024
	Comprida	Ago2015-Nov2024
	Negra	Ago2020-Nov2024
	Lomba	Ago2015-Nov2024
Corvo	Caldeirão	Set2015-Nov2024

Fonte: Rede Hidrometeorológica dos Açores <https://redehydro.ambiente.azores.gov.pt/>

4. AVALIAÇÃO DO ESTADO HIDROMORFOLÓGICO DAS MASSAS DE ÁGUA

4.1. RIOS

4.1.1. Avaliação do Habitat Fluvial (RHS – River Habitat Survey)

Para além dos dados quantitativos recolhidos através do RHS toolbox, foram obtidas fotografias de alta resolução e os modelos digitais do terreno que permitem completar de forma mais detalhada os elementos de qualidade hidromorfológica neste tipo de massas de água. Nos pontos seguintes são apresentados os resultados da caracterização efetuada nas secções de 500 metros a montante dos locais de amostragem de cada uma das massas de água estudadas.

Ribeira de São Francisco (Ilha de Santa Maria)

Na Figura 4 apresenta-se o aspeto geral do troço analisado na Ribeira de São Francisco (Almagreira; SMAR0011), evidenciando o elevado grau de alterações morfológicas e estruturais do habitat que esta ribeira apresenta. Este troço apresenta-se significativamente modificado, sendo os principais impactos o reforço, realinhamento e re-seccionamento do curso da ribeira e a presença de uma ponte. A zona é também utilizada para a deposição de resíduos que são abundantes nas margens da ribeira, especialmente a jusante da ponte. A vegetação ripária foi totalmente removida, encontrando-se o topo dos taludes ocupado por usos agrícolas, pastagens ou urbanizados.



Figura 4. Ribeira de São Francisco – Almagreira (Ilha de Santa Maria). Em cima: vista geral do troço analisado; Em baixo: detalhes das principais alterações no habitat.

Ribeira Quente (Ilha de São Miguel)

Na Figura 5 apresenta-se o aspeto geral do troço da Ribeira Quente localizado nas Furnas (SMGR0041), que se encontra obviamente modificado. Os principais fatores que impactam a qualidade hidromorfológica deste troço da ribeira são uma ponte de média dimensão e a presença de lixo. Para além disso, a vegetação ripária é dominada por espécies exóticas, a maioria delas de caráter invasor, e os usos do solo no topo dos taludes é essencialmente agrícola e agropecuário, com contaminações evidentes da massa de água.

A Figura 6 ilustra o ortofotomapa e mapa digital do terreno deste local obtido a partir de fotografia aérea de alta resolução através da utilização de drone.



Figura 5. Ribeira Quente – Furnas (Ilha de São Miguel). Em cima: vista geral do troço analisado; Em baixo: detalhes das principais alterações no habitat.

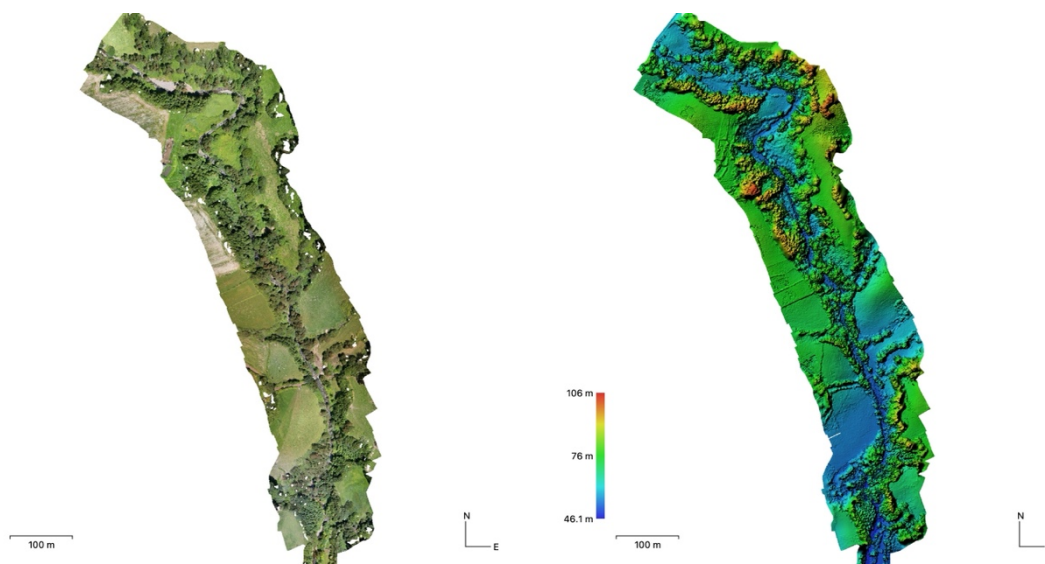


Figura 6. Ortofotomapa (à esquerda) e mapa digital de terreno (à direita) no local Furnas (SMGR0041) da Ribeira Quente.

Na Figura 7 apresenta-se o aspeto geral do troço da Ribeira Quente localizado à entrada da freguesia da Ribeira Quente (SMGR0042), que se apresenta como um troço severamente modificado. As principais alterações hidromorfológicas neste troço são o re-seccionamento e reforço das margens, a presença de números açudes, o assoreamento do leito, a captação e descarga de água para produção de energia hidroelétrica e a deposição de lixo.



Figura 7. Ribeira Quente – Ribeira Quente (Ilha de São Miguel). Em cima: vista geral do troço analisado mostrando re-seccionamento e reforço das margens, urbanização e descarga de água de hidroelétrica; Em baixo: detalhes de outras características e alterações no habitat.

Ribeira da Povoação (Ilha de São Miguel)

Na Figura 8 mostram-se alguns aspetos do troço da Ribeira da Povoação localizado na Nossa Senhora dos Remédios (SMGR0072) que se encontra obviamente modificado. A principal modificação encontrada é a passagem a vau e o re-seccionamento do curso da ribeira devido a esta estrutura.



Figura 8. Ribeira da Povoação – Nossa Senhora dos Remédios (Ilha de São Miguel). Em cima: vista geral do troço analisado; Em baixo: alterações do habitat por travessia a vau.

O troço desta ribeira localizado na vila da Povoação (SMGR0071) apresenta características hidromorfológicas severamente modificadas, sendo dos troços analisados em São Miguel o segundo com maior grau de modificação. A maior parte deste troço está inserida na zona urbana da Vila da Povoação, o que originou a regulação da ribeira. Os principais fatores que impactam a qualidade hidromorfológica deste troço da ribeira são o reforço e a re-seccionamento do curso da ribeira, a presença de numerosos açudes, o realinhamento e reforço das margens, a presença de pontes, descargas de água e a deposição de lixo (Figura 9). O ortofotomapa e mapa digital do terreno deste local obtido a partir de fotografia aérea de alta resolução através da utilização de drone são ilustrados na Figura 10.



Figura 9. Ribeira da Povoação – Povoação (Ilha de São Miguel). Em cima: vista geral do troço analisado mostrando re-seccionamento e reforço das margens, açudes e intensa urbanização; Em baixo: detalhes de alterações no habitat.

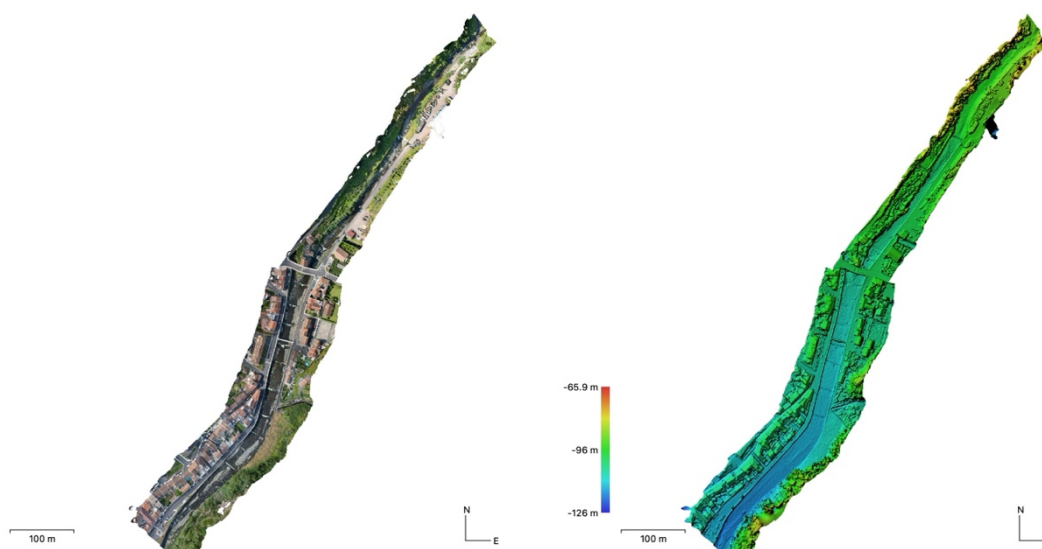


Figura 10. Ortofotomapa (à esquerda) e mapa digital de terreno (à direita) no local Povoação (SMGR0041) da Ribeira Quente.

Ribeira do Faial da Terra (Ilha de São Miguel)

Na Figura 11 mostram-se alguns aspetos do troço da Ribeira do Faial da Terra localizado na secção “Meio” desta ribeira (SMGR0051). Não foi encontrada qualquer modificação hidromorfológica humana neste troço da ribeira, encontrando-se em estado prístino.



Figura 11. Ribeira do Faial da Terra – “Meio” (Ilha de São Miguel). Vista geral do troço analisado e algumas características do habitat.

Na Figura 12 mostram-se alguns aspetos do troço da Ribeira do Faial da Terra localizado na freguesia do Faial da Terra (SMGR0052). Este troço encontra-se severamente modificado, sendo o que apresenta maior número de indicadores de alterações hidromorfológicas na ilha de São Miguel. As principais modificações são a urbanização das margens, o re-seccionamento do leito e o seu reforço, para além da presença de açudes, o realinhamento da ribeira e a presença de aterros.



Figura 12. Ribeira do Faial da Terra – Faial da Terra (Ilha de São Miguel). Vista gerais do troço analisado e principais alterações no habitat.

Ribeira do Guilherme (Ilha de São Miguel)

O troço da Ribeira do Guilherme localizado na Tronqueira (SMGR0121) não apresenta nenhuma alteração hidromorfológica, encontrando-se em estado prístino (Figura 13). A Figura 14 ilustra o ortofotomapa e mapa digital do terreno deste local obtido a partir de fotografia aérea de alta resolução através da utilização de drone.



Figura 13. Ribeira do Guilherme – Tronqueira (Ilha de São Miguel). Em cima e em baixo à direita: detalhes do habitat neste local; Em baixo à esquerda: vista geral do troço analisado.

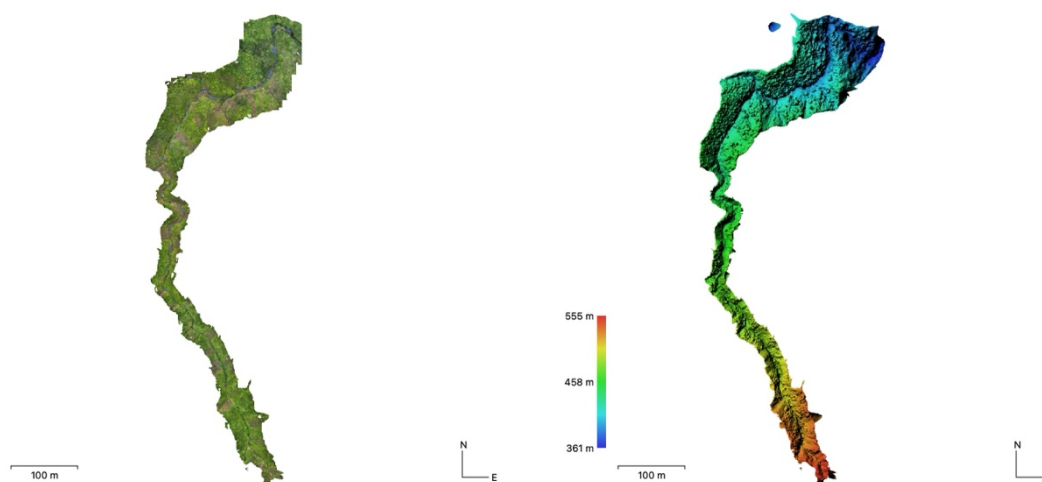


Figura 14. Ortofotomapa (à esquerda) e mapa digital de terreno (à direita) no local Tronqueira (SMGR0121) da Ribeira do Guilherme.

Na Figura 15 mostram-se alguns aspetos do troço da Ribeira do Guilherme no local Fajã do Rodrigo (SMGR0122). Este troço da Ribeira do Guilherme encontra-se obviamente modificado. A presença de um açude influencia significativamente o índice de modificação habitat. Efetivamente, embora este açude não seja a estrutura de grandes dimensões, este envolve o reforço e re-seccionamento da ribeira, além do realinhamento do leito e a presença de aterros.



Figura 15. Ribeira do Guilherme – Fajã do Rodrigo (Ilha de São Miguel). Em cima: vista geral do troço analisado; Em baixo: detalhes das principais características e alterações do habitat.

O troço a montante do local próximo da foz da Ribeira do Guilherme (SMGR0123), na freguesia do Nordeste, encontra-se em estado obviamente modificado. A existência de uma

ponte e o consequente re-seccionamento da ribeira, o reforço das margens, uma travessia a vau e o pisoteio são as principais alterações hidromorfológicas observadas (Figura 16).



Figura 16. Ribeira do Guilherme – Nordeste (Ilha de São Miguel). Em cima: vista geral do troço analisado; Em baixo: detalhes das principais alterações no habitat.

Ribeira dos Caldeirões (Ilha de São Miguel)

Na Figura 17 mostram-se alguns aspetos do troço da Ribeira dos Caldeirões “Montante” localizada na zona do Planalto dos Graminhais (SMGR0162). Este troço da Ribeira dos Caldeirões encontra-se em estado predominantemente não modificado. As únicas modificações observadas foram a captação de água de pequena dimensão e uma ponte em

ruínas. Para além disso, a zona evidencia uma desflorestação recente na bacia hidrográfica com destruição integral da vegetação ripícola.



Figura 17. Ribeira dos Caldeirões – “Montante” (Ilha de São Miguel). Vista geral do troço analisado e detalhes do habitat.

O troço mais próximo da foz da Ribeira dos Caldeirões (SMGR0161) encontra-se, também, em estado obviamente modificado (Figura 18). As principais alterações hidromorfológicas neste troço são a estria que acompanha uma das margens e a ponte existente na sua parte montante. A Figura 19 ilustra o ortofotomapa e mapa digital do terreno deste local obtido a partir de fotografia aérea de alta resolução através da utilização de drone.



Figura 18. Ribeira dos Caldeirões – “Foz” (Ilha de São Miguel). Vistas gerais do vale e troço analisado, com detalhes das características do habitat.

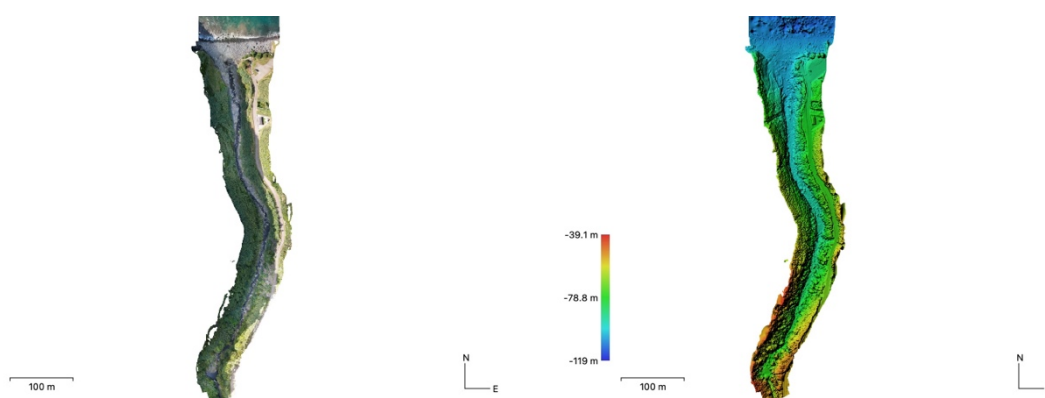


Figura 19. Ortofotomapa (à esquerda) e mapa digital de terreno (à direita) no local “Foz” (SMGR0161) da Ribeira dos Caldeirões.

Ribeira Grande (Ilha de São Miguel)

Na Figura 20 mostram-se alguns aspetos do troço da Ribeira Grande localizado na zona das Lombadas (SMGR0061). A Figura 21 ilustra o ortofotomapa e mapa digital do terreno deste local obtido a partir de fotografia aérea de alta resolução através da utilização de drone.



Figura 20. Ribeira Grande – Lombadas (Ilha de São Miguel). Em cima: vistas gerais do troço analisado; Em baixo: detalhe de nascente de águas com influência vulcânica e da principal alteração no habitat.

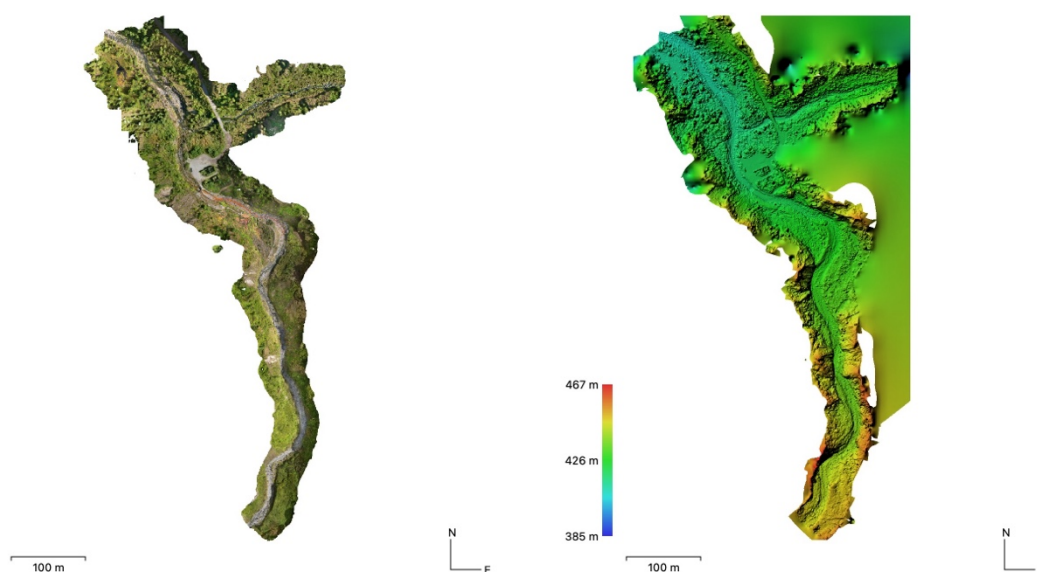


Figura 21. Ortofotomapa (à esquerda) e mapa digital de terreno (à direita) no local Lombadas (SMGR0061) da Ribeira Grande.

Este troço da Ribeira Grande é predominantemente não modificado. A principal alteração observada corresponde à estação hidrométrica existente no final do troço que implica um pequeno açude com reforço do leito e das margens. Para além disso, a pressão turística associada ao trilho pedestre que atravessa o local origina um pisoteio significativo em algumas secções das margens. Embora seja natural, de referir como característica particular deste local a presença de nascentes de água mineral com concentrações elevadas de metais que originam a formação de precipitados minerais e biofilmes microbianos de cor alaranjada (Figura 20).

Na mesma zona, mas num braço independente da Ribeira Grande, localiza-se o troço Lombadas-Rosário (SMGR0062). Na Figura 22 mostram-se alguns aspetos deste troço que se encontra em estado predominantemente não modificado. As únicas modificações são um reforço das margens e do leito. Estas características devem-se à presença de uma ponte a jusante do ponto de amostragem.

A Figura 23 ilustra o ortofotomapa e mapa digital do terreno da Ribeira Grande Lombadas-Rosário obtido a partir de fotografia aérea de alta resolução através da utilização de drone.



Figura 22. Ribeira Grande – Lombadas-Rosário (Ilha de São Miguel). Vistas gerais do troço analisado e em baixo à direita detalhe do reforço das margens e ponte.

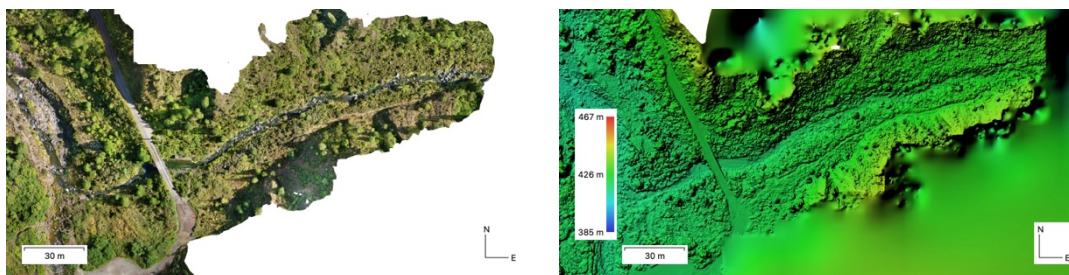


Figura 23. Ortofotomapa (à esquerda) e mapa digital de terreno (à direita) do local Lombadas-Rosário (SMGR0062) da Ribeira Grande.

O troço desta ribeira localizado na zona do Salto do Cabrito (SMGR0091) apresenta numerosas e significativas alterações hidromorfológicas (Figura 24), correspondentes a um estado severamente modificado. Entre essas modificações destacam-se a presença de vários açudes, um deles de grandes dimensões, o reforço, re-seccionamento e realinhamento do curso de água, captação e descarga de água associada à produção de energia hidroelétrica. O local está sujeito a elevada pressão turística causadora de pisoteio intenso.

A Figura 25 ilustra o ortofotomapa e mapa digital do terreno do local Salto do Cabrito obtido a partir de fotografia aérea de alta resolução através da utilização de drone.



Figura 24. Ribeira Grande – Salto do Cabrito (Ilha de São Miguel). Aspetos gerais do troço e detalhes das principais alterações no habitat.

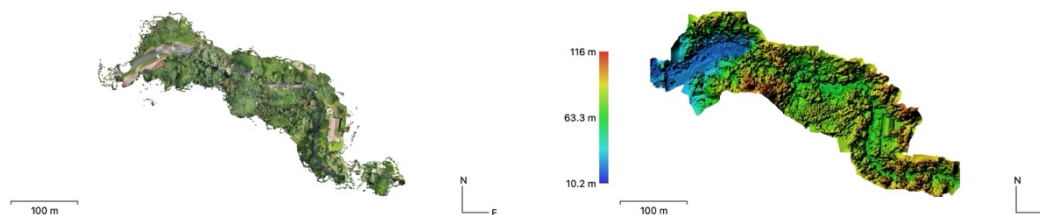


Figura 25. Ortofotomapa (à esquerda) e mapa digital de terreno (à direita) do local Salto do Cabrito (SMGR0091) da Ribeira Grande.

O troço mais a jusante desta ribeira, localizado na cidade da Ribeira Grande (SMGR0111) encontra-se em estado severamente modificado (Figura 26). Este é um dos troços de ribeiras



Figura 26. Ribeira Grande – Ribeira Grande (Ilha de São Miguel). Em cima: vista geral do troço analisado e da sua artificialização; Em baixo: detalhes das principais alterações no habitat.

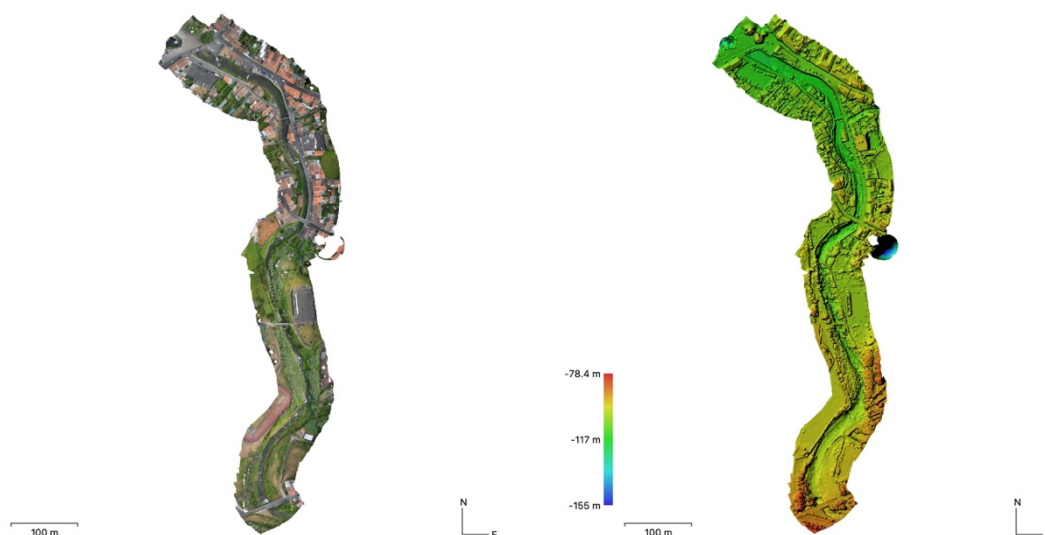


Figura 27. Ortofotomapa (à esquerda) e mapa digital de terreno (à direita) do local Ribeira Grande (SMGR0111) da Ribeira Grande.

mais modificados na ilha de São Miguel. As principais alterações encontradas neste troço são o re-seccionamento e reforço das margens da ribeira, a presença diversos açudes e pontes, captações e descargas de água, assim como o pisoteio e a deposição de lixo.

A Figura 27 ilustra o ortofotomapa e mapa digital do terreno deste local obtido a partir de fotografia aérea de alta resolução através da utilização de drone.

Ribeira Teixeira (Ilha de São Miguel)

Na Figura 28 mostram-se alguns aspetos do troço da Ribeira Teixeira localizado na Pernarda (SMGR0081). Este troço da ribeira apresenta várias alterações hidromorfológicas, encontrando-se obviamente modificado. As alterações humanas mais impactantes são a presença de pontes e pequenas captações de água, provavelmente ligadas às explorações agrícolas circundantes.

A Figura 29 ilustra o ortofotomapa e mapa digital do terreno deste local obtido a partir de fotografia aérea de alta resolução através da utilização de drone.



Figura 28. Ribeira Teixeira – Pernarda (Ilha de São Miguel). Em cima: vista geral do troço analisado; Em baixo: detalhes do habitat e das suas principais alterações.

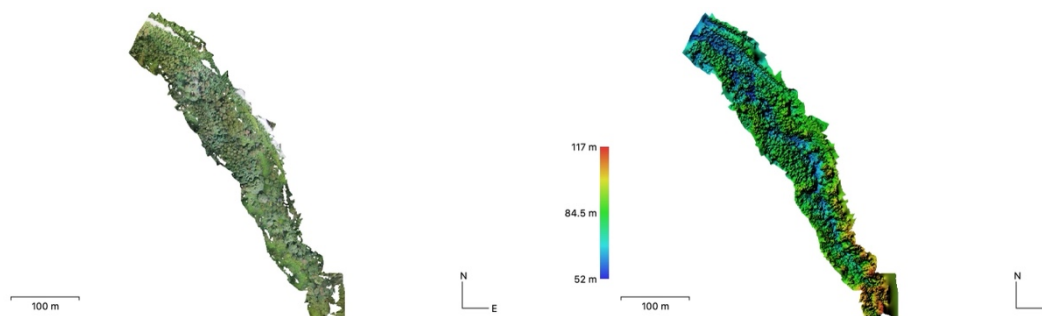


Figura 29. Ortofotomapa (à esquerda) e mapa digital de terreno (à direita) do local Pernarda (SMGR0081) da Ribeira Teixeira.

Ribeira da Badanela (Ilha das Flores)

Na Figura 30 mostram-se alguns aspetos do troço da Ribeira da Badanela localizado no planalto central da ilha (FLOR0081). Neste troço da ribeira não foram encontradas quaisquer modificações no habitat resultantes de ação humana, pelo que se considera que se encontra em estado prístino. Para além da ausência de alterações nas margens e no leito da ribeira, o topo dos taludes e toda a bacia encontram-se ocupados por vegetação natural.

A Figura 31 ilustra o ortofotomapa e mapa digital do terreno deste local obtido a partir de fotografia aérea de alta resolução através da utilização de drone.



Figura 30. Ribeira da Badanela – “Montante” FLOR0081 (Ilha das Flores). Em cima: vista geral do vale onde se insere o troço analisado; Em baixo: detalhes das características do habitat.

No troço a montante do local FLOR0082, situado ao lado do troço anterior, também não foram observadas quaisquer modificações no habitat nem nos usos do solo da bacia (Figura 32). Assim, este troço da ribeira encontra-se, também, em estado prístino. A Figura 33 ilustra o

ortofotomapa e mapa digital do terreno deste local obtido a partir de fotografia aérea de alta resolução através da utilização de drone.

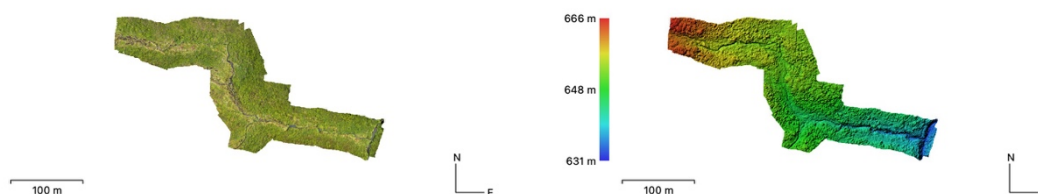


Figura 31. Ortofotomapa (à esquerda) e mapa digital de terreno (à direita) do local “Montante” (FLOR0081) da Ribeira da Badanela.



Figura 32. Ribeira da Badanela – “Montante” FLOR0082 (Ilha das Flores). Em cima: vista geral do trecho analisado; Em baixo: detalhes das características do habitat.

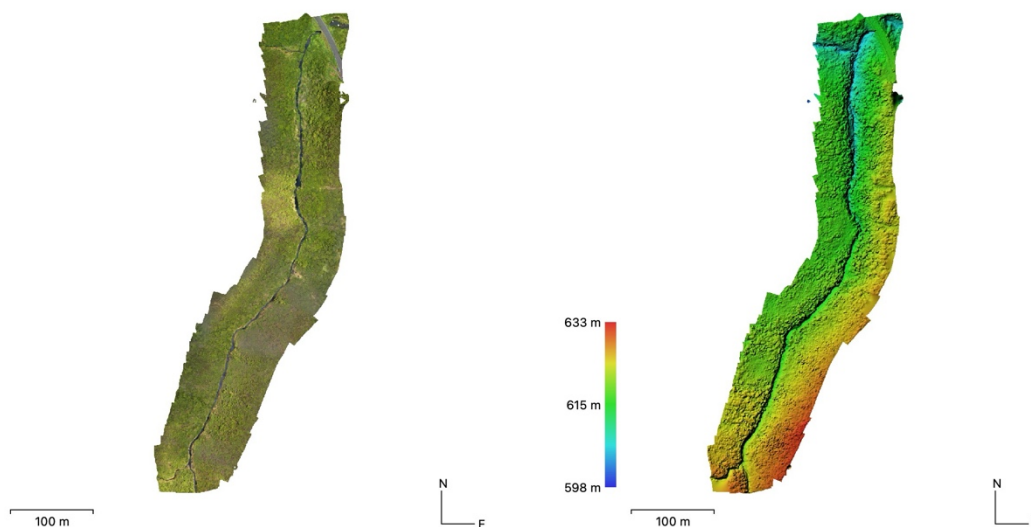


Figura 33. Ortofotomapa (à esquerda) e mapa digital de terreno (à direita) do local “Montante” (FLOR0082) da Ribeira da Badanela.

No troço próximo da foz desta ribeira, localizado na Fazenda de Santa Cruz (FLOR0083) já se observaram ligeiras alterações hidromorfológicas (Figura 34), sendo classificada como em estado predominantemente não modificado. Os impactos mais significativos na hidromorfologia neste local da ribeira são a existência de captação de água para produção de energia hidroelétrica, o reforço parcial das margens, a estrada existente numa das margens e algum pisoteio.

Ribeira Grande (Ilha das Flores)

Na Figura 35 mostram-se alguns aspetos do troço da Ribeira Grande localizado na zona “Montante” da ribeira (FLOR0041). Este local está em estado predominante não modificado. O principal impacto é uma grande ponte na parte final do troço. Contrariamente aos locais “Montante” da Ribeira da Badanela, este local da Ribeira Grande apresenta uma vegetação ripária bastante modificada, dominada por espécies exóticas, frequentemente invasoras.



Figura 34. Ribeira da Badanela – Fazenda de Santa Cruz (Ilha das Flores). Em cima e em baixo à esquerda: vista geral do troço analisado; Em baixo ao meio e à direita: detalhes das principais alterações no habitat.

A Figura 36 ilustra o ortofotomapa e mapa digital do terreno deste local obtido a partir de fotografia aérea de alta resolução através da utilização de drone. Existindo uma bifurcação imediatamente a montante do local FLOR0041 foram avaliadas as duas ramificações nos dois anos já decorridos, o braço Este em 2023 e o braço Sul em 2024. As duas ramificações apresentam estados hidromorfológicos similares.



Figura 35. Ribeira Grande – “Montante” FLOR0041 (Ilha das Flores). Em cima: vista geral do troço analisado; Em baixo: detalhes das principais alterações no habitat.

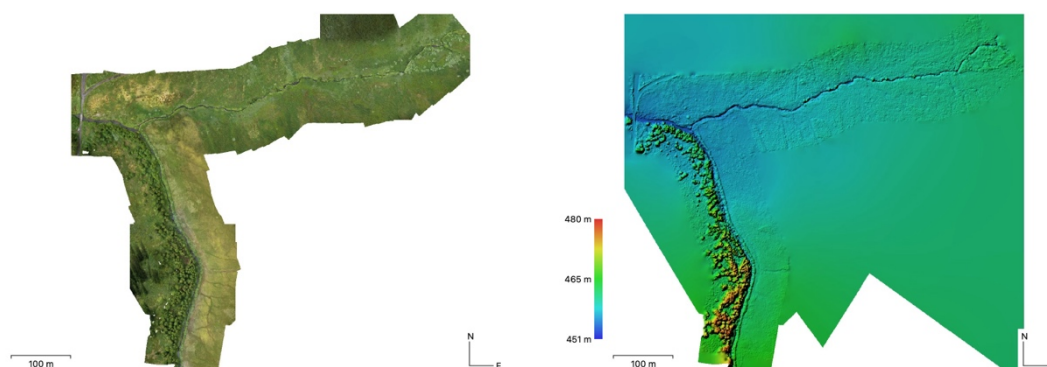


Figura 36. Ortofotomapa (à esquerda) e mapa digital de terreno (à direita) do local “Montante” (FLOR0041) da Ribeira Grande.

O segundo troço “Montante” da Ribeira Grande (FLOR0042), correspondente à Ribeira do Ferreiro, não apresenta qualquer modificação, considerando-se em estado prístino (Figura 37). Apesar do aparecimento mais frequente de espécies exóticas. A vegetação ripícola e na restante bacia deste troço é maioritariamente nativa.



Figura 37. Ribeira Grande – “Montante” FLOR0042 (Ilha das Flores). À esquerda: vista geral do vale onde se insere o troço analisado; à direita: detalhe das características do habitat.

Ao contrário dos restantes troços das ribeiras analisadas na Ilha das Flores, o troço da Ribeira Grande denominado “Meio” (FLOR0043) encontra-se severamente modificado. Efetivamente, este troço é o que mostra maior degradação hidromorfológica na ilha das Flores, decorrente do reforço e a re-seccionamento das margens da ribeira, a presença de açudes, uma passagem a vau, e pisoteio e aterro associados à extração recente de inertes (Figura 38).

A Figura 39 ilustra o ortofotomapa e mapa digital do terreno deste local obtido a partir de fotografia aérea de alta resolução através da utilização de drone.





Figura 38. Ribeira Grande – “Meio” (Ilha das Flores). Em cima: vista geral do troço analisado; Em baixo: detalhes das principais alterações no habitat.

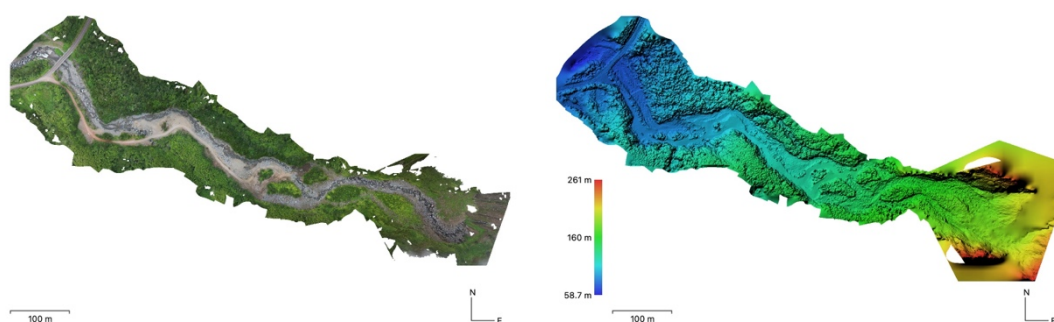


Figura 39. Ortofotomapa (à esquerda) e mapa digital de terreno (à direita) do local “Meio” (FLOR0043) da Ribeira Grande.

Na Figura 40 mostram-se alguns aspetos do troço da Ribeira Grande localizado na Fajãzinha (FLOR0044). Não foram encontradas quaisquer modificações humanas neste troço. É importante notar que há os reforços das margens junto a uma ponte em ruínas estão localizados a jusante do local não tendo por isso sido considerados na avaliação do estado hidromorfológico deste troço. O ortofotomapa e mapa digital do terreno deste local obtido a partir de fotografia aérea de alta resolução através da utilização de drone está ilustrado na Figura 41.



Figura 40. Ribeira Grande – Fajazinha (Ilha das Flores). Em cima: vista geral do troço analisado; Em baixo: detalhes das características do habitat.

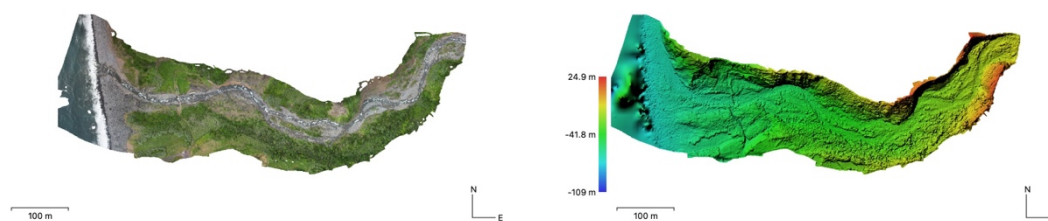


Figura 41. Ortofotomapa (à esquerda) e mapa digital de terreno (à direita) do local Fajazinha (FLOR0044) da Ribeira Grande.

4.1.1.1 Índice de Modificação do Habitat

Com base nas observações efetuadas em cada troço de 500 m a montante dos locais estudados, e cujas principais alterações foram descritas no ponto anterior, através da metodologia RHS determinou-se o Índice de Modificação do Habitat (HMS) para cada um desses locais, a correspondente classe (HMC) e estado do habitat (Tabela 9).

Tabela 9. Pontuação do Índice de Modificação do Habitat (HMS) em cada local de ribeira estudado e respetivas classes de estado (HMC).

Ilha	Ribeira	Local	HMS	HMC	Estado
Santa Maria	São Francisco	SMAR0011	740	4	Significativamente modificado
São Miguel	Ribeira Quente	SMGR0041	250	3	Obviamente modificado
	Ribeira Quente	SMGR0042	3260	5	Severamente modificado
	Ribeira da Povoação	SMGR0072	360	3	Obviamente modificado
	Ribeira da Povoação	SMGR0071	6865	5	Severamente modificado
	Ribeira do Faial da Terra	SMGR0051	0	1	Prístino / Seminatural
	Ribeira do Faial da Terra	SMGR0052	6880	5	Severamente modificado
	Ribeira do Guilherme	SMGR0121	0	1	Prístino / Seminatural
	Ribeira do Guilherme	SMGR0122	3155	5	Severamente modificado
	Ribeira do Guilherme	SMGR0123	480	3	Obviamente modificado
	Ribeira dos Caldeirões	SMGR0162	25	2	Predominantemente não modificado
	Ribeira dos Caldeirões	SMGR0161	200	3	Obviamente modificado
	Ribeira Grande	SMGR0061	90	2	Predominantemente não modificado
	Ribeira Grande	SMGR0062	80	2	Predominantemente não modificado
	Ribeira Grande	SMGR0091	1855	5	Severamente modificado
	Ribeira Grande	SMGR0111	4100	5	Severamente modificado
	Ribeira Teixeira	SMGR0081	225	3	Obviamente modificado
Flores	Ribeira da Badanela	FLOR0081	0	1	Prístino / Seminatural
	Ribeira da Badanela	FLOR0082	0	1	Prístino / Seminatural
	Ribeira da Badanela	FLOR0083	110	2	Predominantemente não modificado
	Ribeira Grande	FLOR0041	80	2	Predominantemente não modificado
	Ribeira Grande	FLOR0042	0	1	Prístino / Seminatural
	Ribeira Grande	FLOR0043	2205	5	Severamente modificado
	Ribeira Grande	FLOR0044	110	2	Predominantemente não modificado

O único local de amostragem localizado na Ilha de Santa Maria obteve um valor do HMS de 740. Este resultado indica-nos que o habitat do troço da Ribeira de São Francisco a montante do ponto SMAR0011, na localidade de Almagreira, se encontra significativamente modificado (Figura 42). Este resultado deve-se principalmente à presença de uma ponte e a presença de margens reforçadas e realinhadas. A proximidade da zona urbanizada de Almagreira explica a fraca qualidade hidromorfológica da ribeira observada nesta zona.



Figura 42. Estado do habitat na Ribeira de São Francisco na Ilha de Santa Maria de acordo com o HMS.

Os valores de HMS nas ribeiras da Ilha de São Miguel variaram em 2024 entre 0 e 6880, o que corresponde a quatro categorias de modificações do habitat: prístino, predominantemente não modificado, obviamente modificado e severamente modificado. Apenas dois dos 16 locais de amostragem analisados estão em estado prístino/seminatural (SMGR0121e SMGR0051), três estão em estado predominantemente não modificado (SMGR0162, SMGR0061 e SMGR0062), cinco estão em estado obviamente modificado (SMGR0041, SMGR0072, SMGR0123, SMGR0161 e SMGR0081) e seis estão severamente modificados (SMGR0042, SMGR0071, SMGR0052, SMGR0122 e SMGR0091 e SMGR0111).

Como está patente na Figura 43, existe uma correlação negativa entre o grau de alteração humana e a altitude dos locais de amostragem. Os sítios em estado prístino/seminatural ou predominantemente não modificado estão situados a altitudes superiores a 360 m, pertencendo todos à tipologia Ribeiras de Montanha. Os locais que apresentam um estado obviamente modificado situam-se a altitudes entre 50 e 315 m acima do nível do mar, integrando a maioria deles a tipologia Ribeiras de Baixa Altitude, tal como todos locais que se encontram severamente modificados que se situam a altitudes compreendidas entre 10 m e 260 m.

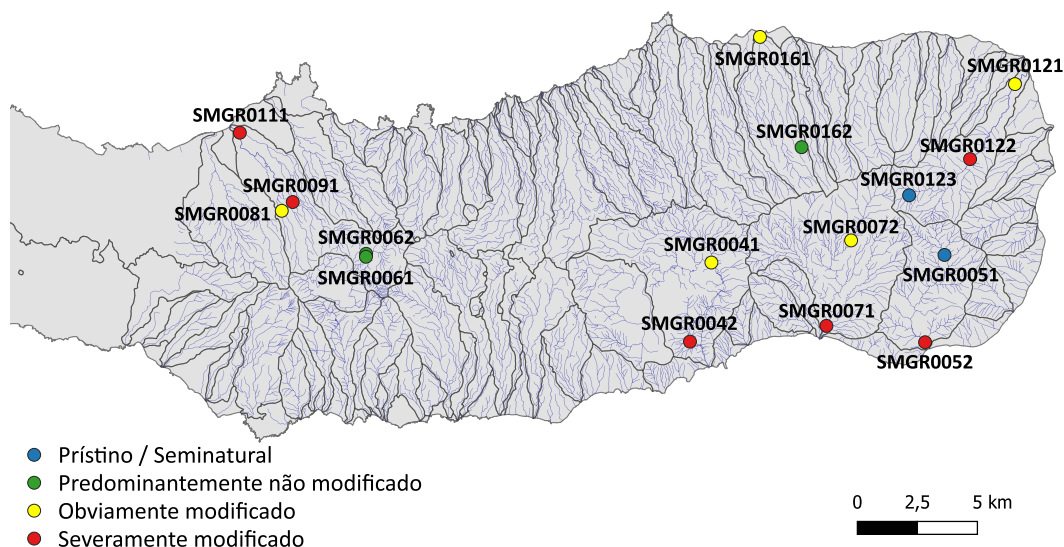


Figura 43. Estado do habitat nas ribeiras da Ilha de São Miguel de acordo com o HMS.

As alterações encontradas nas ribeiras predominantemente não modificadas são a presença de margens reforçadas e captações ou descargas de água. Os sítios que apresentam um estado obviamente modificado caracterizam-se pela presença de leito de margem reforçado, de pontes, de açudes, de passagens a vau e também pelo realinhamento do curso de água. É importante notar que os locais de amostragem estudados, e que correspondem aos locais que integram a rede de monitorização da qualidade das águas interiores de superfície, foram frequentemente selecionados pela sua acessibilidade, o que implica estarem próximos de pontes ou de passagens a vau, que originam pontuações relativamente elevadas do HMS. Além disso, as zonas de travessia das ribeiras apresentam frequentemente margens reforçadas, o que aumenta drasticamente a pontuação do índice HMS.

Relativamente aos sítios severamente modificados, quatro dos locais estão localizados em zonas urbanas a uma altitude inferior a 40 m (SMGR0111, SMGR0042, SMGR0071 e SMGR0052). Os outros dois locais na categoria mais severa do HMS são SMGR0091 e SMGR0062, que estão situados a 200 e 260 m de altitude, respetivamente. O local SMGR0091 pertence à Ribeira Grande, situando-se próximo da central hidroelétrica de Salto do Cabrito. As modificações ligadas a esta central hidroelétrica explicam grande parte do resultado elevado do HMS neste local, agravado pela pressão turística associada à existência da cascata com o mesmo nome. Esta secção de ribeira tem uma pontuação muito elevada devido à presença de leito de margem reforçado e de açudes. O local SMGR0062, Fajã do Rodrigo na Ribeira do Guilherme, situa-se a montante de um açude de média dimensão. Uma das

margens é reforçada e retificada na maior parte deste troço da ribeira, o que, juntamente com a presença do próprio açude, explica os resultados elevados do HMS neste local.

A Figura 43 permite-nos visualizar de forma mais clara as zonas que requerem uma atenção especial dentro das bacias hidrográficas das ribeiras da Ilha de São Miguel. As bacias hidrográficas de Ribeira Grande, Ribeira do Faial da Terra, Ribeira do Povoação apresentam troços severamente modificados na sua foz. Em geral, verificou-se um aumento do HMS de montante para jusante dos rios monitorizados.

Os valores de HMS nas ribeiras da Ilha das Flores variam entre 0 e 2205, distribuindo-se por três categorias de modificações: prístino, predominantemente não modificado e severamente modificado (Figura 44). Quatro dos sete locais monitorizados na Ilha da Flores encontram-se em estado prístino (FLOR0042, FLOR0044, FLOR0081 e FLOR0082). Dois dos restantes locais encontram-se em estado predominantemente não modificado (FLOR0041 e

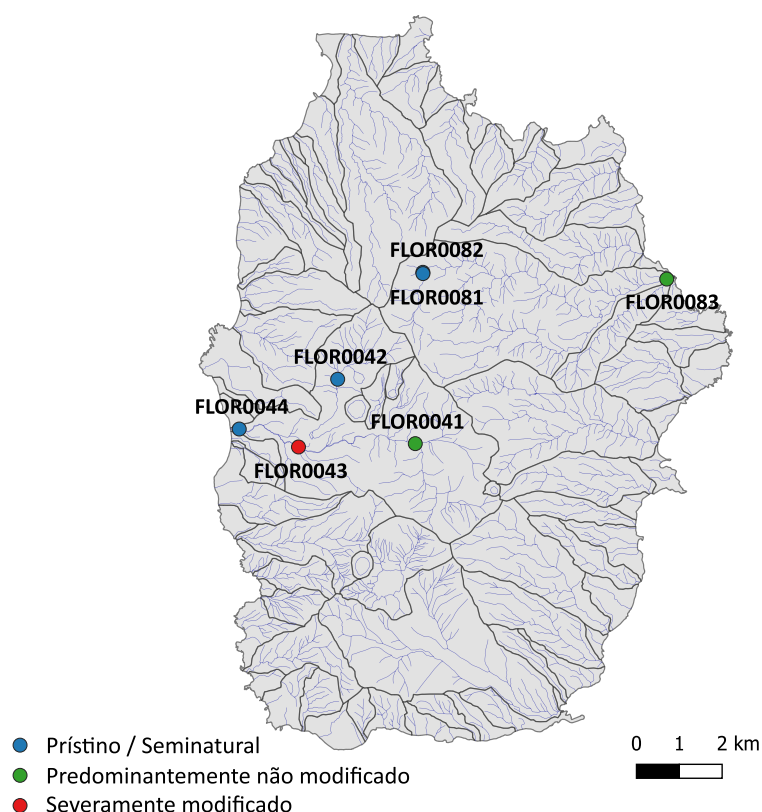


Figura 44. Estado do habitat nas ribeiras da Ilha das Flores de acordo com o HMS.

FLOR0083) e apenas o local FLOR0043 se encontra em estado severamente alterado. Este troço da Ribeira Grande, localizado entre a cascata e a estrada regional, apresenta uma pontuação muito elevada do HMS parcialmente pelo facto de estarem em curso trabalhos de manutenção e reordenamento do leito e margens da ribeira. Estes trabalhos refletem-se

sobre diversos parâmetros avaliados pelo HMS, nomeadamente a presença de leito de margem reforçado, de margens retificadas e realinhadas, de açudes, de zonas pisoteadas e de passagens a vau, e têm um impacto significativo nos habitats e nas comunidades aquáticas.

4.1.2. Avaliação do caudal

Com base nos registos das estações hidrométricas, foi avaliada a evolução dos caudais mínimos e máximos (Figura 45) e acumulados (Figura 46) das ribeiras estudadas. Os dados obtidos parecem indicar uma tendência de aumento dos três indicadores analisados (caudal mínimo, caudal máximo e caudal acumulado) na generalidade das ribeiras. Esta tendência é coerente com as análises de evolução climática no arquipélago efetuadas recentemente (Hernández et al. 2016) e que mostram um aumento da precipitação total nas últimas décadas.

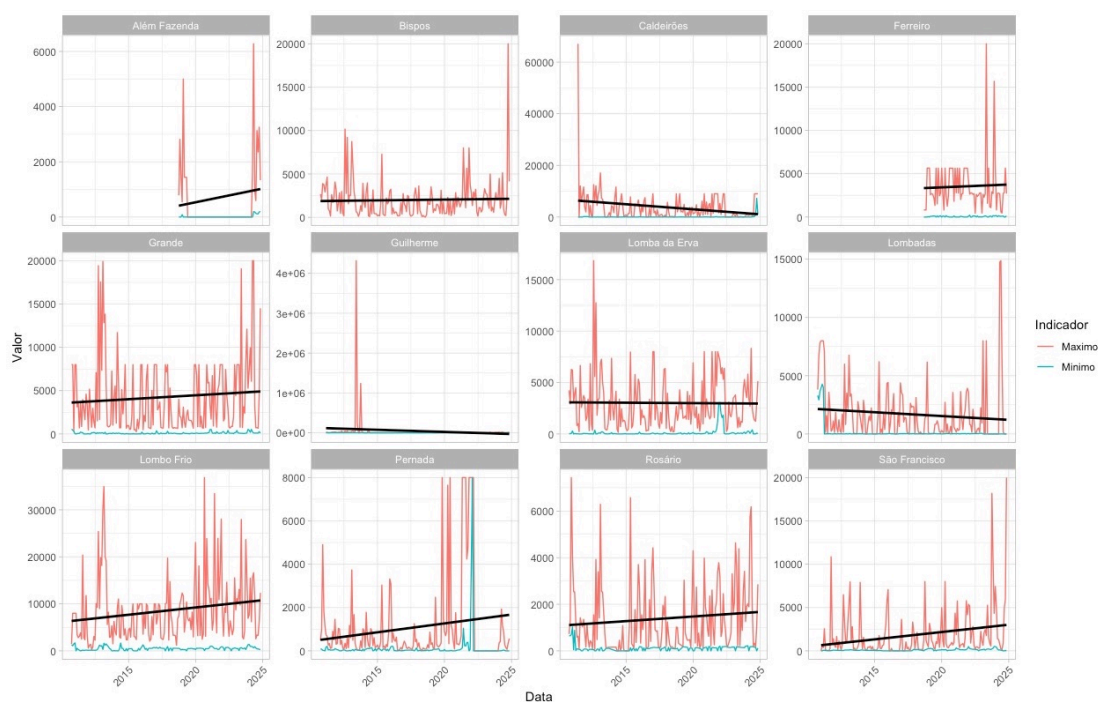


Figura 45. Evolução dos caudais mínimo e máximo (l/s) nas ribeiras estudadas neste trabalho. A linha negra representa a tendência evolutiva dos caudais. (ver correspondência entre o nome das estações com os códigos dos locais de estudo na Tabela 5)



Figura 46. Evolução dos caudais acumulados (l/s) nas ribeiras estudadas neste trabalho. (ver correspondência entre o nome das estações com os códigos dos locais de estudo na Tabela 5)

Foi possível detetar alguns valores pouco consistentes que requerem uma análise mais detalhada e específica para cada ribeira. Importa essencialmente aferir se as alterações hidromorfológicas, como a captação de água ou a sua retenção em barragens e açudes, afeta o caudal das ribeiras e as suas consequências nos processos de sedimentação e transporte e nas comunidades biológicas aquáticas. Esta análise será efetuada no terceiro ano da prestação de serviços após uma verificação e validação cuidada da base de dados.

4.1.3. Ocupação do solo das zonas ripícolas

Os resultados da análise da ocupação dos solos por usos não naturais nas zonas ripícolas das ribeiras analisadas são apresentados na Tabela 10.

No troço da Ribeira de São Francisco, em Santa Maria, 66,79% do solo na zona ribeirinha é ocupado por zonas pecuárias (pastagens), enquanto as zonas agrícolas ocupam 6,19% e as zonas urbanas 3,6%.

De forma idêntica, nas ribeiras da Ilha de São Miguel uma percentagem muito significativa da zona ripícola é ocupada por pastagens, atingindo em algumas ribeiras mais de 25%. de utilização do solo (ribeiras Quente, Povoação, Faial da Terra, Caldeirões e Grande). As zonas

Tabela 10. Percentagem de ocupação das zonas ripícolas das ribeiras estudadas por tipos de usos do solo.

Ilha	Ribeira	Local	Zonas agrícolas	Zonas pecuárias	Zonas urbanas	Redes viárias	Lixeira	Zona de extração mineral
Santa Maria	São Francisco	SMAR0011	6,19	66,79	3,6	0	0	0
São Miguel	Ribeira Quente	SMGR0041	3,28	29,79	0	0	0	0
	Ribeira Quente	SMGR0042	6,44	17,72	0	0	0	0
	Ribeira da Povoação	SMGR0072	0	0,3	0	0	0	0
	Ribeira da Povoação	SMGR0071	6,07	30,11	0,25	0	0	0
	Ribeira do Faial da Terra	SMGR0051	0	0,29	0	0	0	0
	Ribeira do Faial da Terra	SMGR0052	8,59	26,8	1,38	0	0	0
	Ribeira do Guilherme	SMGR0121	0	0	0	0	0	0
	Ribeira do Guilherme	SMGR0122	0	0	0	0	0	0
	Ribeira do Guilherme	SMGR0123	10,68	1,29	0	0	0	0
	Ribeira dos Caldeirões	SMGR0162	0	69,13	0	0	0	0
	Ribeira dos Caldeirões	SMGR0161	9,11	31,4	0,04	0,31	0	0
	Ribeira Grande	SMGR0061	0	0,54	0	0	0	0
	Ribeira Grande	SMGR0062	0	0	0	0	0	1,18
	Ribeira Grande	SMGR0091	0	5,34	0	0	0	0
	Ribeira Grande	SMGR0111	1,18	47,07	3,95	0,17	0	3,03
	Ribeira Teixeira	SMGR0081	0	1,06	0	0	0	0
Flores	Ribeira da Badanela	FLOR0081	0	0	0	0	0	0
	Ribeira da Badanela	FLOR0082	0	0	0	0	0	0
	Ribeira da Badanela	FLOR0083	0,14	9,34	0,39	0	0	0,03
	Ribeira Grande	FLOR0041	0	0	0	0	0	0
	Ribeira Grande	FLOR0042	0	0	0	0	0	0
	Ribeira Grande	FLOR0043	0	0	0	0	0	0,06
	Ribeira Grande	FLOR0044	0	7,15	0,34	0	0	0

agrícolas também atingem valores elevados em alguns troços (10,68% na Ribeira do Guilherme – Nordeste). Embora representem valores percentuais baixo, as zonas urbanas e as redes viárias preenchem uma faixa junto integral que ladeia os troços inferiores de várias ribeiras de São Miguel (Faial da Terra, Grande, Povoação e Quente). A percentagem máxima de área urbana na zona ripícola ocorre no local SMGR0111 da Ribeira Grande (3,95%) e de rede viária no local SMGR0161 da Ribeira dos Caldeirões (0,31%). Em alguns troços verifica-se a presença de zonas de extração de material mineral em percentagens reduzidas (entre 0,03 e 3,03%). As zonas agrícolas encontram-se em sete dos locais de amostragem (SMGR0111, SMGR0041, SMGR0042, SMGR0071, SMGR0123, SMGR0061 e SMGR0052). Zonas de pastagem estão presentes em todos os locais de amostragem, com exceção das zonas montante das ribeiras Grande (SMGR0062) e Guilherme (SMGR0121). Zonas urbanas estão presentes em quatro locais (SMGR0111, SMGR0071, SMGR0161 e SMGR0052). Os dois únicos

locais que não registam qualquer pressão em termos de utilização dos solos nas zonas ribeirinhas pertencem à Ribeira do Guilherme (SMGR0121 e SMGR0122).

A pressão por usos do solo não naturais que afeta o maior número de troços dos cursos de água é a presença da pecuária. Os troços mais afetados por esta pressão situam-se a montante de SMGR0162, SMGR0111, SMGR0161, SMGR0071, SMGR0041, SMGR0052 e SMGR0042. É também interessante notar que três dos seis locais com os piores índices HMS (SMGR0111, SMGR0071 e SMGR0052) têm áreas urbanas nas suas zonas ribeirinhas.

Na ilha das Flores, a ocupação do solo por usos não naturais é bastante inferior à observada nas ilhas de São Miguel e Santa Maria. A percentagem máxima de utilização do solo por usos não naturais corresponde a zonas de pastagem (9,34% na Ribeira da Badanela FLOR0083), zonas agrícolas (0,14% na Ribeira da Badanela FLOR0083) e zonas urbanas (0,34 na Ribeira Grande FLOR0044). Os locais de “Montante” tanto da Ribeira da Badanela como da Ribeira Grande apresentam a zona ripícola 100% coberta com usos de solo naturais.

4.2. LAGOAS

4.2.1. Avaliação do Habitat do Lago (LHS – Lake Habitat Survey)

Os resultados da avaliação do LHS permitiram fazer uma caracterização das comunidades vegetais aquáticas nas lagoas estudadas e elaborar um modelo geral da estrutura e distribuição dessas comunidades nas lagoas dos Açores (Figura 47). Este modelo corresponde a uma representação das diferentes comunidades de plantas aquáticas que podemos observar nas lagoas dos Açores. Ressalta-se que se trata de um gráfico idealizado, não existindo barreiras entre as diferentes comunidades que podem coexistir.

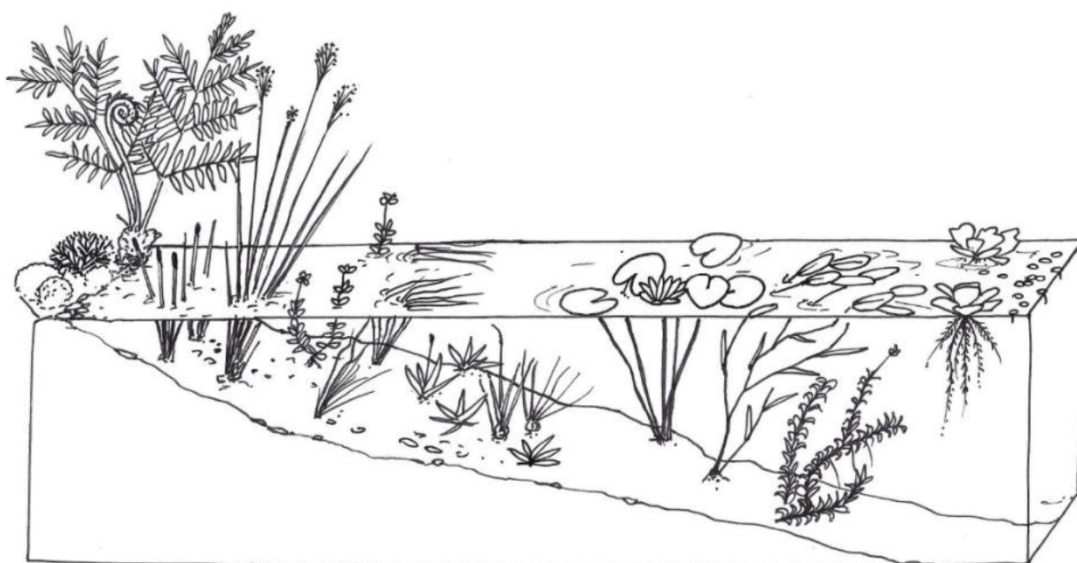


Figura 47. Diagrama representativo das diferentes comunidades de plantas aquáticas das lagoas dos Açores. (Ilustração de Martin Souto Souto)

A composição destas comunidades, distribuídas da margem para o interior das lagoas, é a seguinte:

- **Higrófitos:** Plantas expostas ao sol e bem adaptadas aos elevados níveis de humidade do ar envolvente. Integram esta comunidade espécies como *Sphagnum* sp. e *Osmunda regalis*;
- **Helófitos ou plantas emergentes:** Plantas que crescem em zonas húmidas e têm a maior parte do seu sistema vegetativo emerso, ou seja, enquanto os seus caules estão debaixo de água, as suas folhas e flores estão fora da água. Alguns exemplos de espécies encontradas nesta comunidade são *Juncus efusus* e *Heleocharis* spp..
- **Hidrófitas Submersas:** Plantas que ficam completamente submersas na água e não possuem interação com a atmosfera. Entre elas está a *Littorella uniflora*.
- **Hidrófitas Flutuantes:** Plantas parcialmente submersas. Os seus caules ficam enterrados no sedimento, enquanto as suas gemas vêm à superfície da água. Entre as espécies mais abundantes desta comunidade encontram-se as do género *Potamogeton*.
- **Hidrófitas Flutuantes Livres ou Pleustófitas:** Plantas que flutuam na superfície da água, mas não têm acesso ao solo. Como não estão ligadas substrato, podem ocorrer em toda a área da lagoa, dependendo da direção do vento. A *Pistia* e a *Lemna* são exemplos de espécies que ocorrem nesta comunidade.

Tendo em conta a descrição das comunidades de plantas aquáticas já referidas, optou-se por organizar as listas de espécies em cada lagoa de acordo com essa tipologia. Foi dada atenção especial às espécies exóticas, e de entre estas particularmente às invasoras, das quais existem nas lagoas dos Açores um grande número de espécies, entre as quais se destacam entre as higrófitas *Cryptomeria japonica*, *Pittosporum undulatum*, *Hedychium gardenarum*, *Hydrangea macrophylla* e *Polygonum capitatum*. Sem levar em conta as espécies invasoras, as espécies mais representativas da comunidade higrófitas são *Calluna vulgaris*, *Eleocharis multicaulis*, *Osmunda regalis*, *Polytrichum commune*, *Selaginella kraussiana* e *Sphagnum* sp.. Entre as helófitas, as espécies mais frequentes são *Juncus efusus* e *Hydrocotyle vulgaris*. A *Littorella uniflora* é a mais abundante entre as hidrófitas submersas e o *Potamogeton polygonifolius* entre as hidrófitas flutuantes.

De referir que quase não existem higrófitas nas lagoas do Pico e as espécies invasoras nas lagoas desta ilha, tal como na ilha das Flores, são muito menos abundantes do que nas lagoas de São Miguel. Existem também espécies que só podem ser encontradas nas lagoas das ilhas do Pico e das Flores como *Anagallis tenella*, *Carex demissa*, *Centarium scilloides*, *Ranunculus flammula* ou *Viola* sp.. A lagoa do Caiado destaca-se pela existência de uma grande presença

de espécies endêmicas ou protegidas, como *Laurus azorica*, *Breutelia azorica*, *Culcita macrocarpa*, *Erica azorica*, *Lysimachia azorica* ou *Tolpis azorica*.

A tipologia das lagoas, particularmente as características geomorfológicas, é um fator determinante na composição e distribuição das comunidades de macrófitos aquáticos. Nos mapas de distribuição da vegetação (Figura 57 Figura 61) podemos observar as diferentes associações de plantas aquáticas formando zonas de colonização concêntricas ao redor do lago. Ao mesmo tempo, eles seguem um padrão de transição de higrófitas para hidrófitas submersas à medida que a profundidade aumenta.

As lagoas Grandes caracterizam-se por possuírem vastas áreas de margens e relevo irregular no seu interior, o que permite o desenvolvimento de diferentes espécies de plantas aquáticas e elevada riqueza. Contudo, esses sistemas estão afetados pela atividade humana e são muito vulneráveis à entrada de espécies invasoras. Esses lagos são dominados por hidrófitas submersas, compostas principalmente pela espécie alóctone *Egeria densa*.

As lagoas profundas inseridas em *Maars* (e.g. Congro, Santiago, Comprida, Negra e Funda) distinguem-se principalmente pela verticalidade dos seus fundos e grande profundidade. Essas características resultam em áreas litorais muito limitadas para o crescimento de helófitas e, juntamente com as hidrófitas flutuantes e submersas, destacam-se pela escassez de vegetação. Caracterizam-se por serem dominados por plantas higrófitas, as únicas capazes de habitar essas zonas. Além disso, esses lagos sobressaem por abrigarem uma elevada percentagem de espécies endêmicas em comparação com os outros dois grupos. Este fato relaciona-se com a pouca degradação associada ao difícil acesso humano.

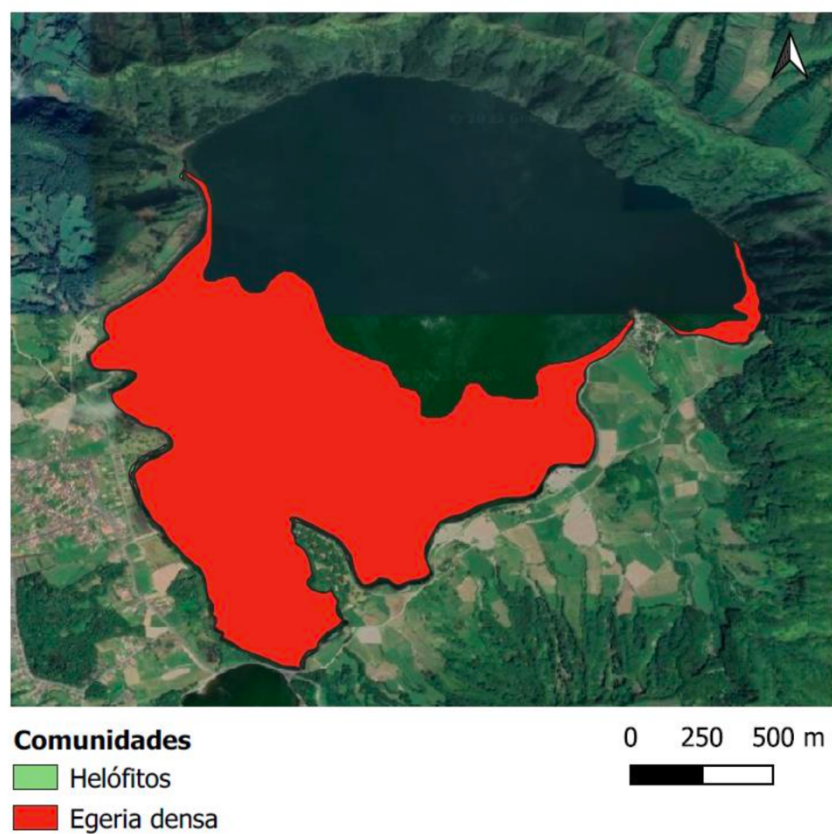


Figura 48. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa Azul das Sete Cidades, ilha de São Miguel.



Figura 49. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa Verde das Sete Cidades, ilha de São Miguel.

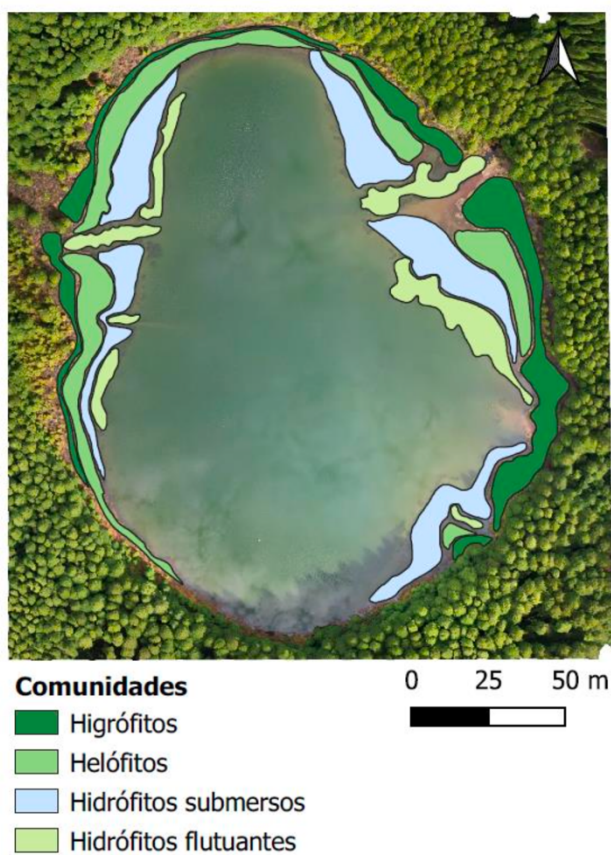


Figura 50. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa do Canário, ilha de São Miguel.

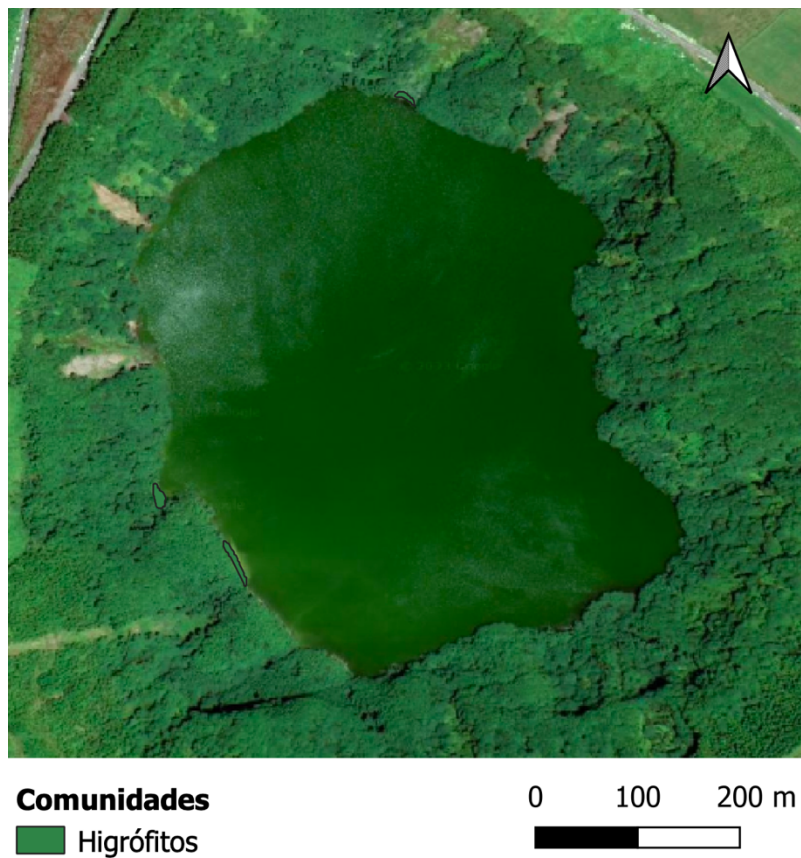


Figura 51. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa e Santiago, ilha de São Miguel.

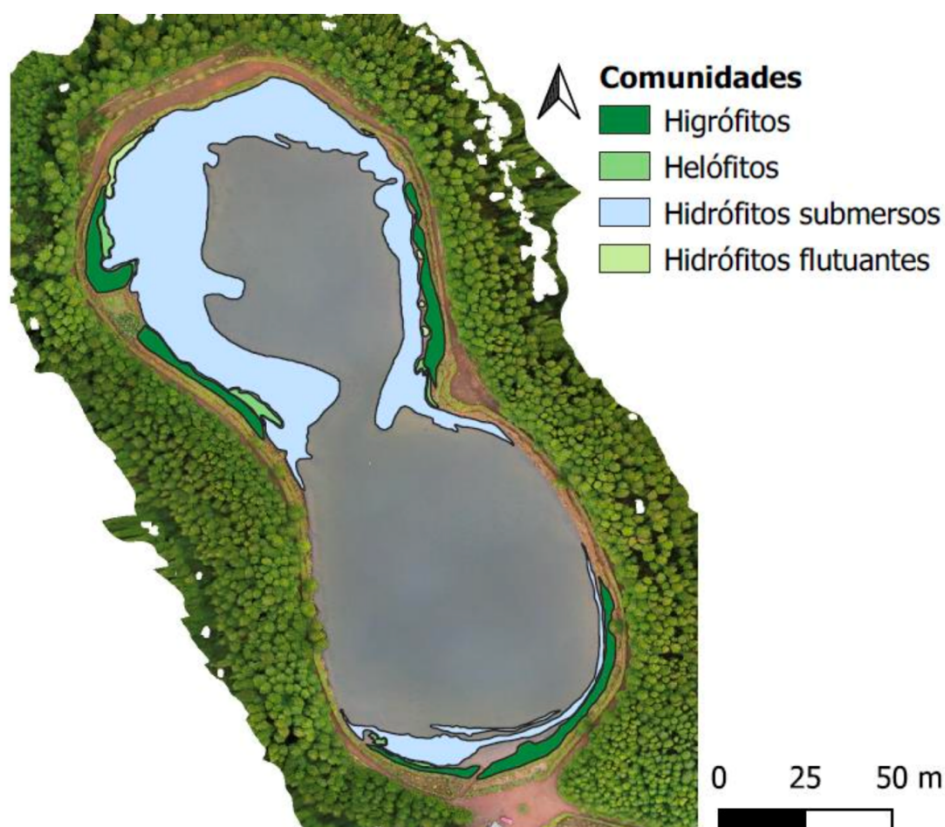


Figura 52. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa das Empadadas Norte, ilha de São Miguel.

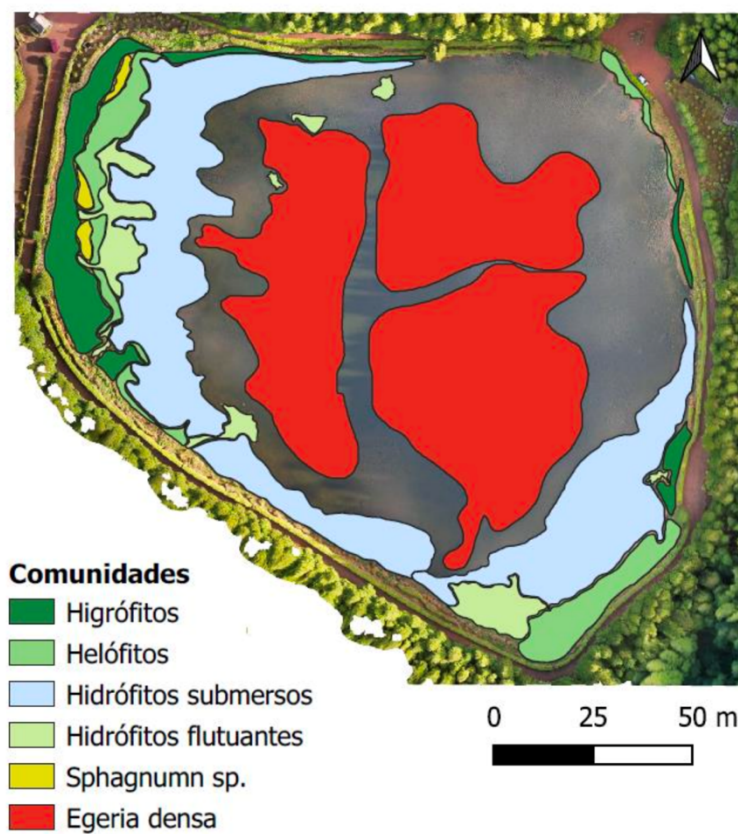


Figura 53. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa das Empadadas Sul, ilha de São Miguel.



Figura 54. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa do Congro, ilha de São Miguel.

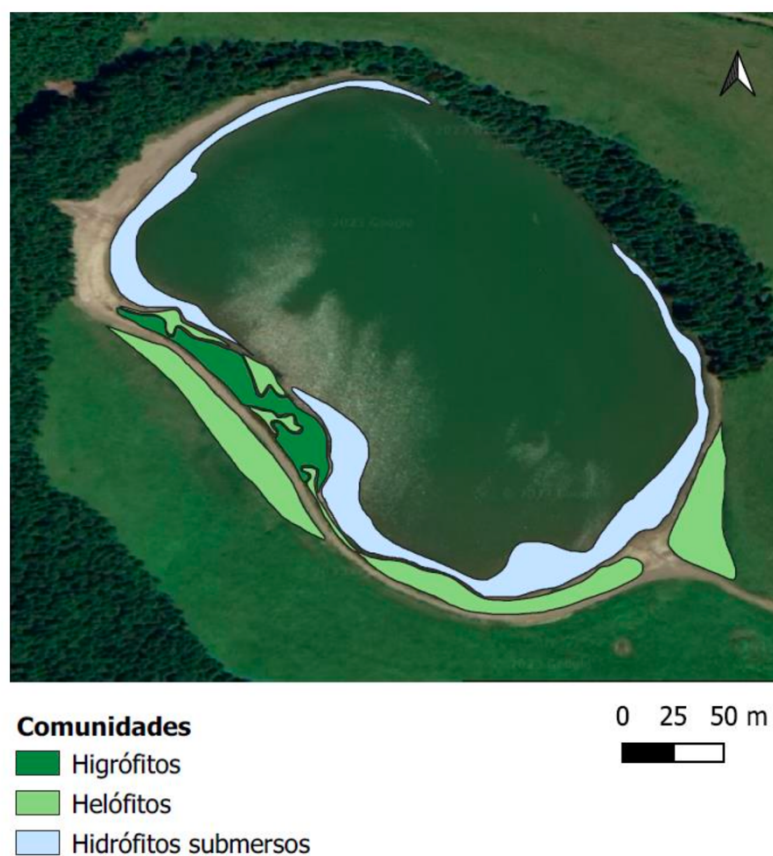


Figura 55. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa de São Brás, ilha de São Miguel.

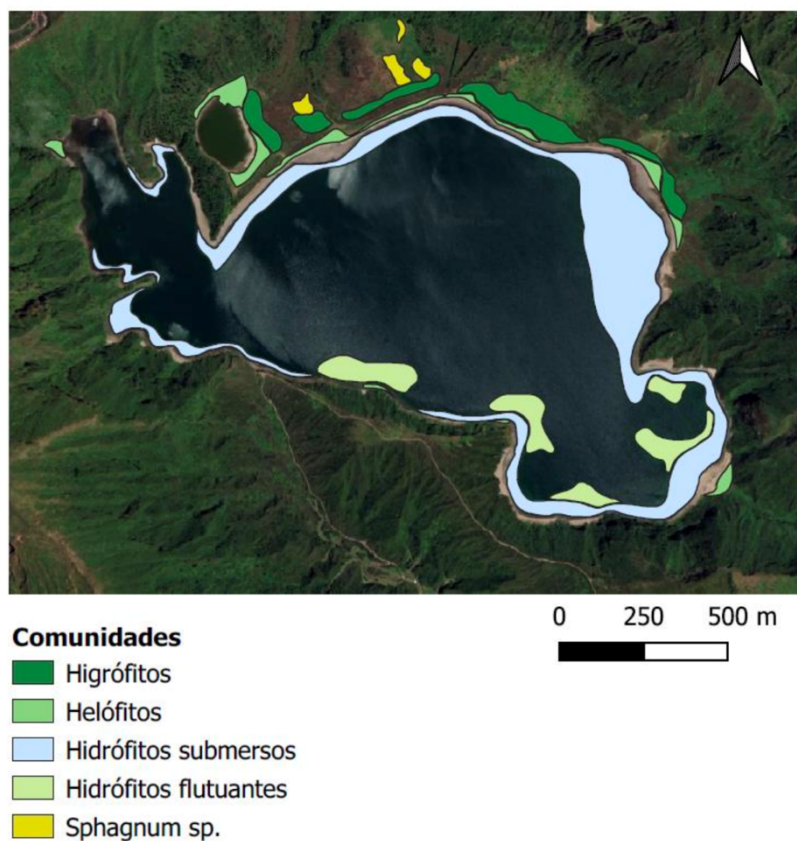


Figura 56. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa do Fogo, ilha de São Miguel.

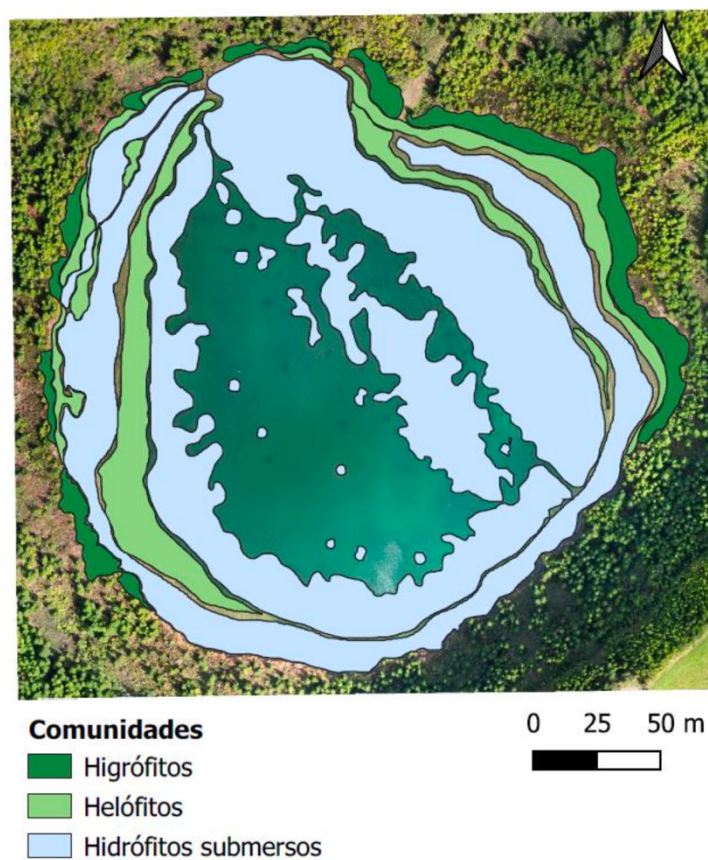


Figura 57. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa Rasa das Sete Cidades, ilha de São Miguel.

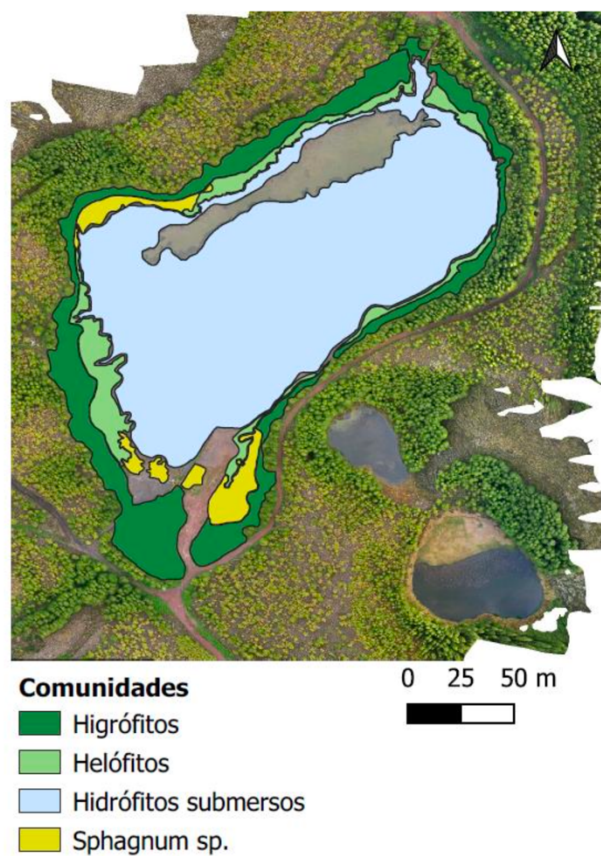


Figura 58. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa Rasa da Serra Devassa, ilha de São Miguel.

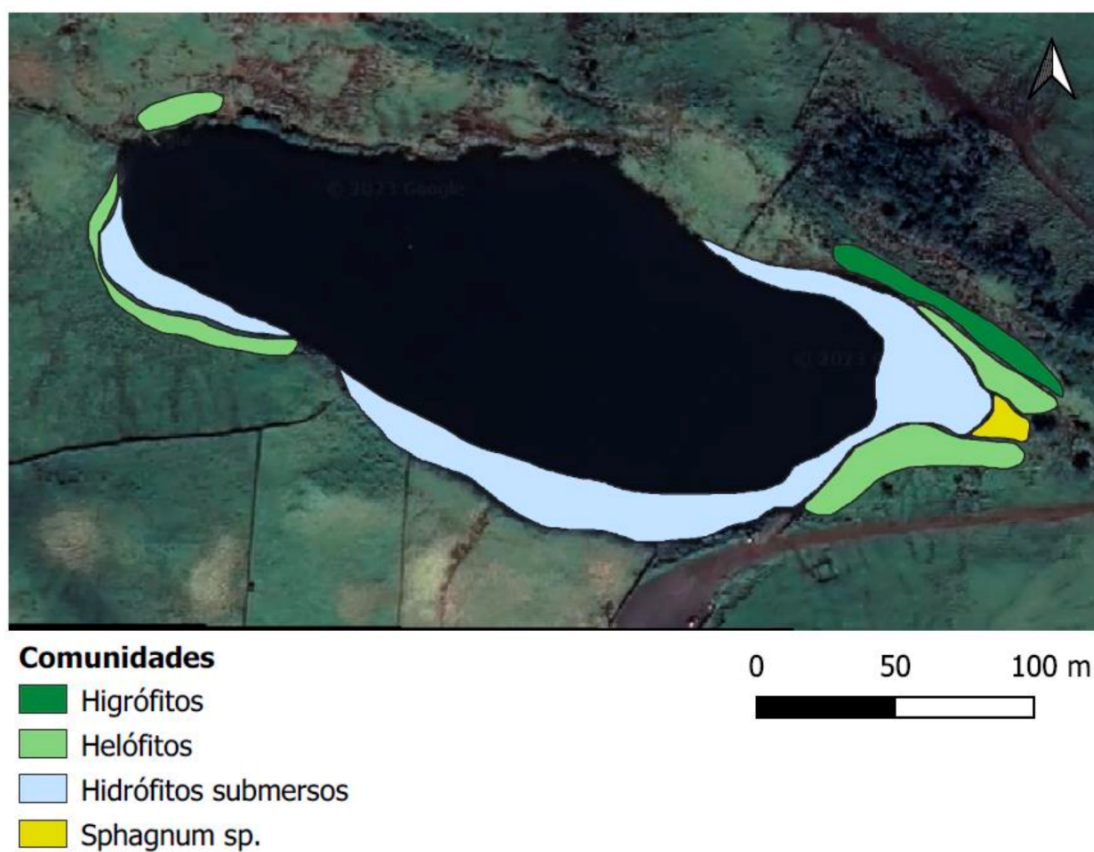


Figura 59. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa do Capitão, ilha do Pico.

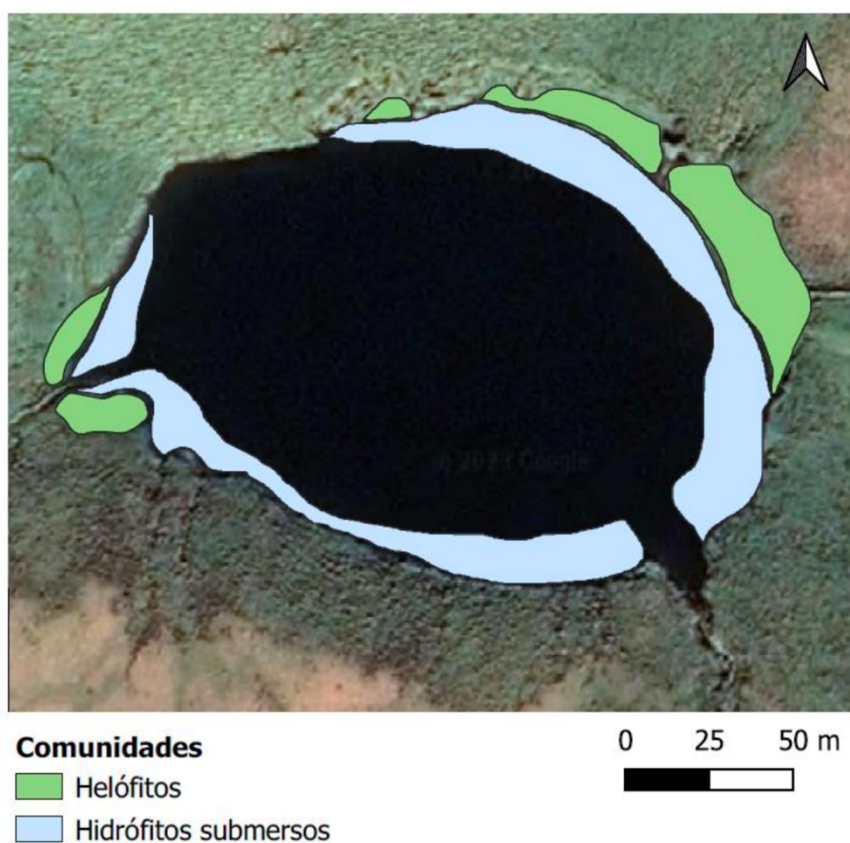


Figura 60. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa do Peixinho, ilha do Pico.

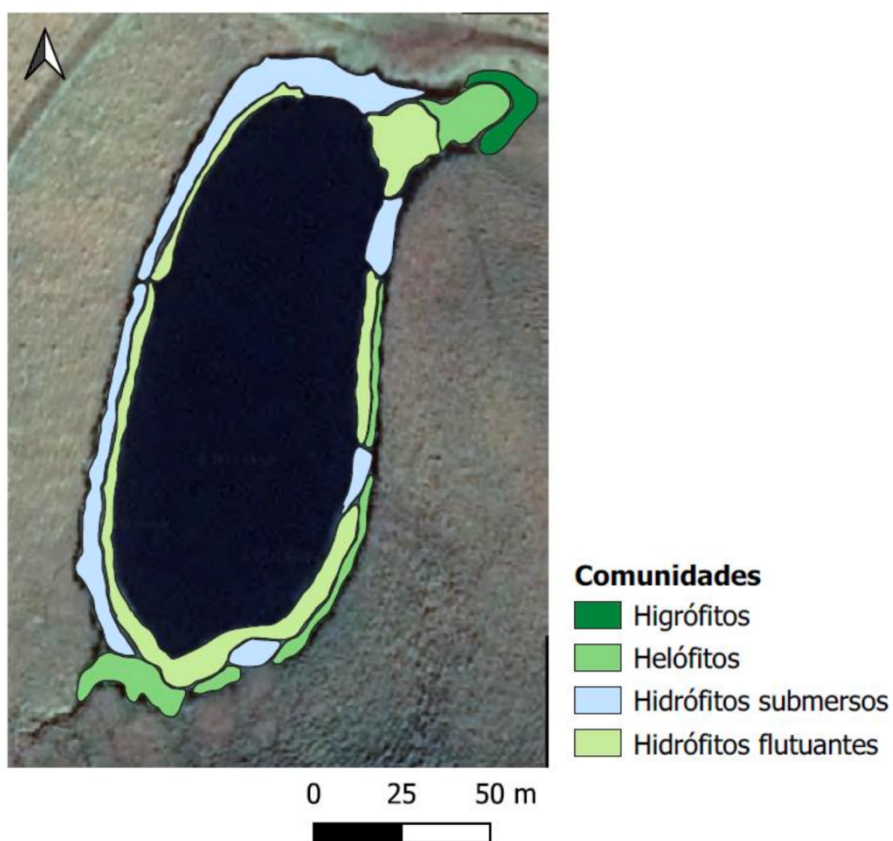


Figura 61. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa Rosada, ilha do Pico.

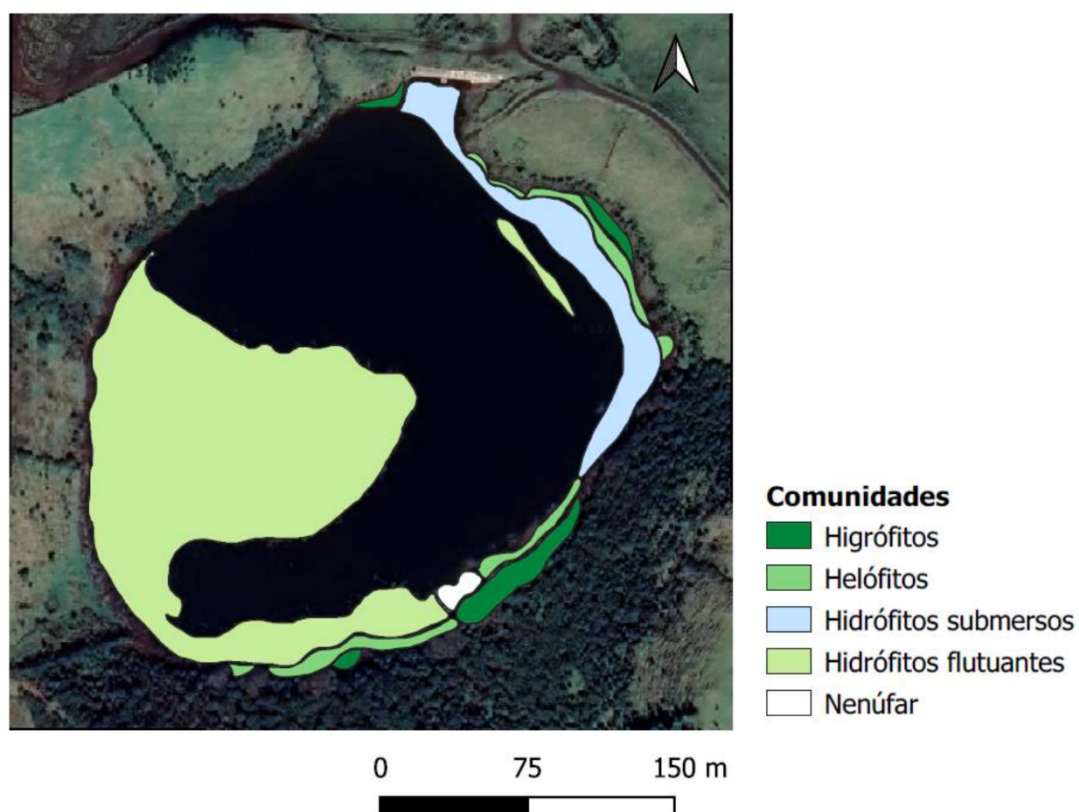


Figura 62. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa do Caiado, ilha do Pico.

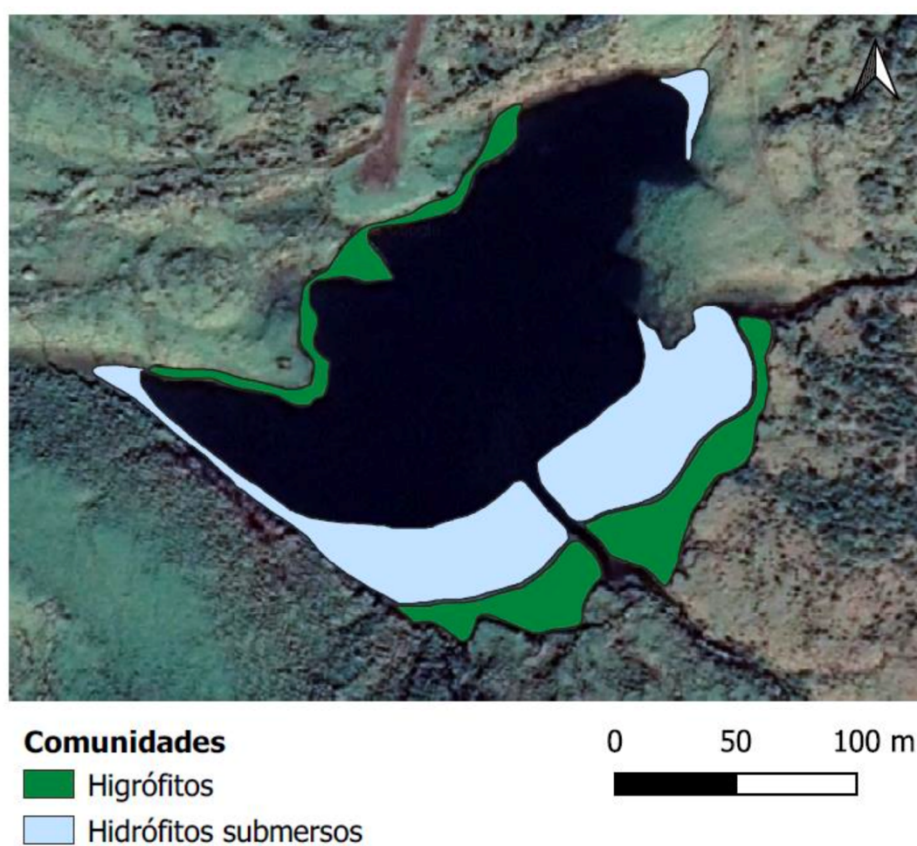


Figura 63. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa do Paúl, ilha do Pico.

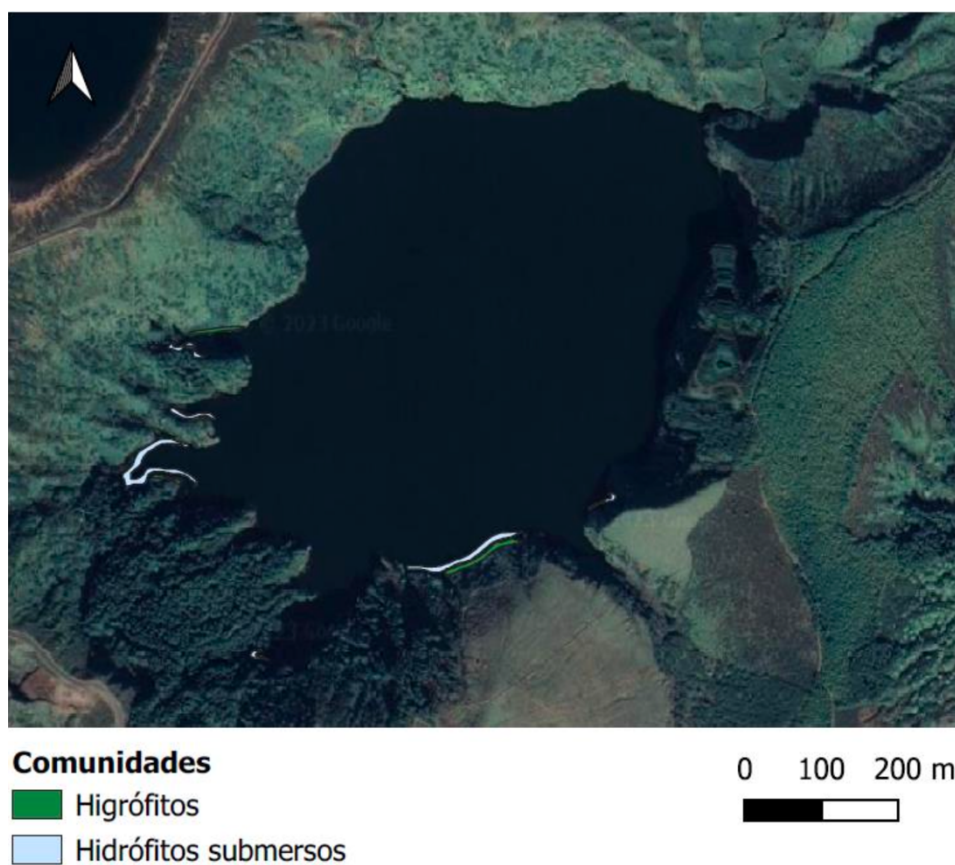


Figura 64. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa Funda, ilha das Flores.

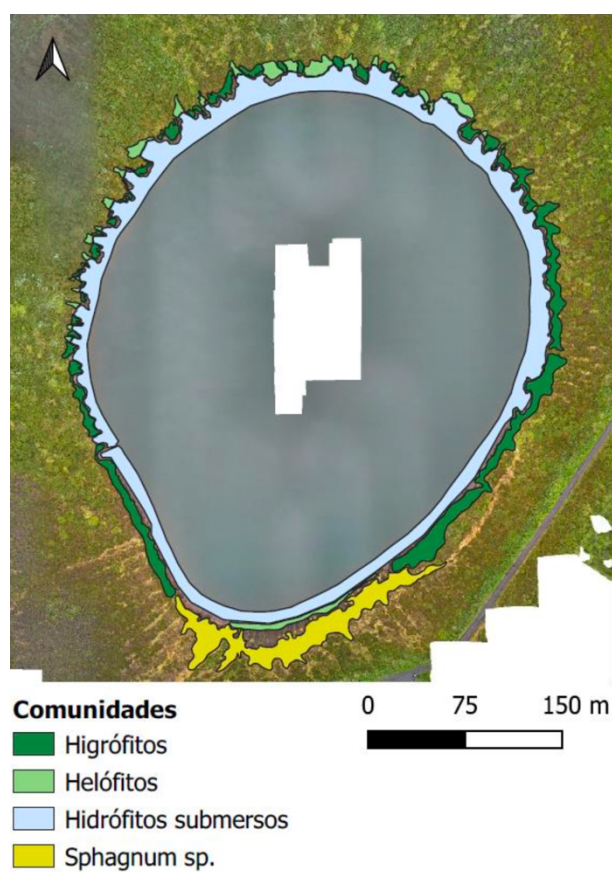


Figura 65. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa Rasa, ilha das Flores.



Figura 66. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa Comprida, ilha das Flores.

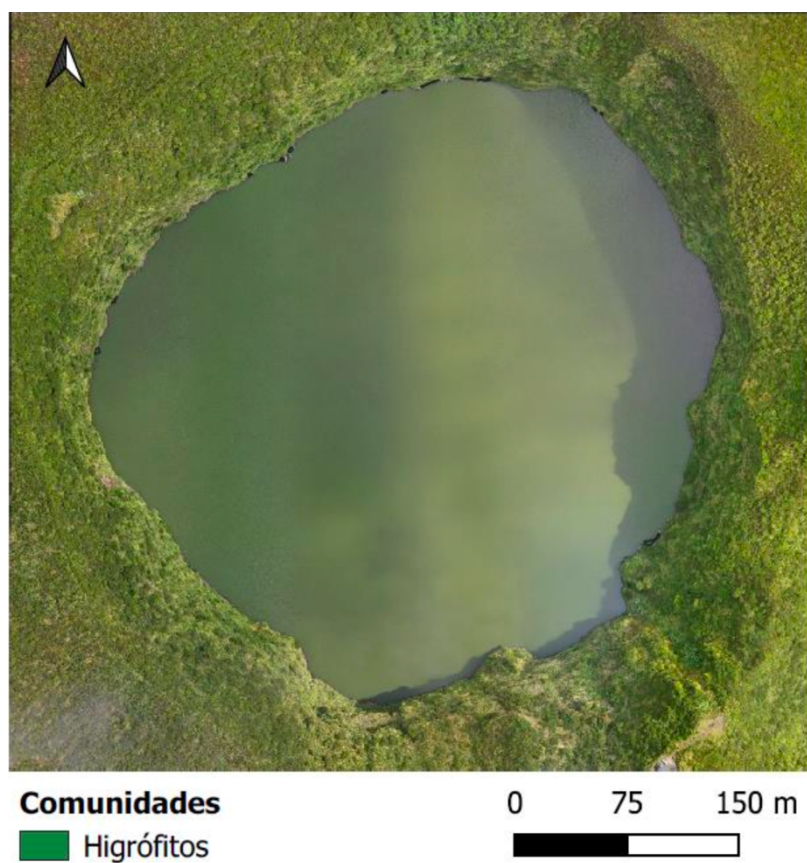


Figura 67. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa Negra, ilha das Flores.

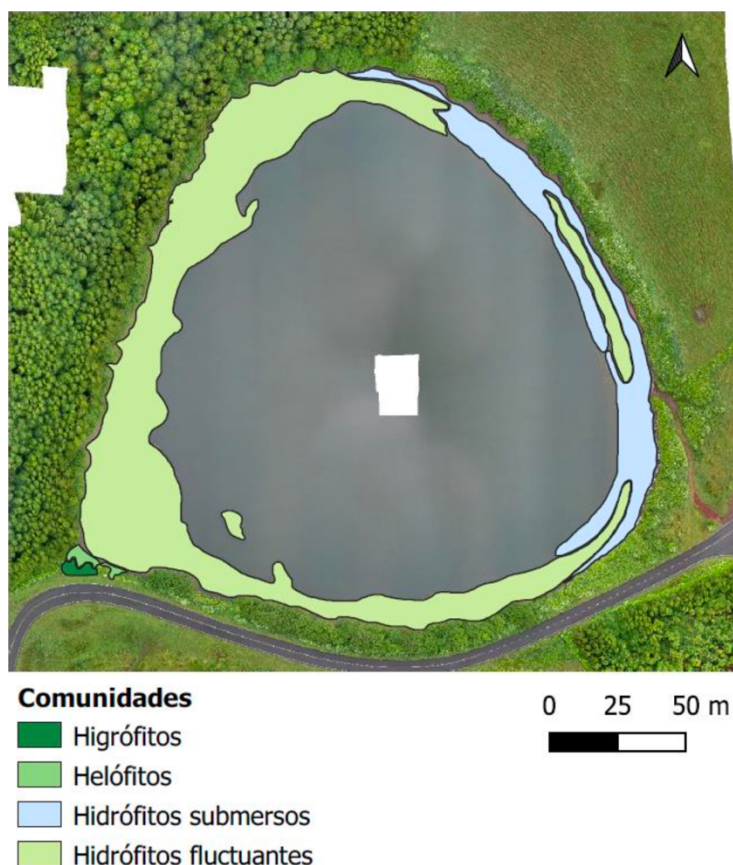


Figura 68. Mapa de distribuição da vegetação na lagoa da lomba, ilha das Flores.

As lagoas Pouco Profundas têm como particularidade uma grande cobertura vegetal, chegando a ocupar quase toda a sua área. Destacam-se as hidrófitas submersas, mas, de forma geral, há presença de todas as comunidades de plantas aquáticas. Devido à sua pequena extensão, a riqueza não é muito elevada.

Foi possível identificar a diversidade de espécies adaptadas às condições específicas de cada lago, o que leva a uma apreciação da complexidade das interações entre fatores geológicos e biológicos que moldam esses ecossistemas.

Nas lagoas inseridas em *maars* a cobertura de macrófitos é extremamente reduzida e dominada por higrófitos. Com uma zona litoral muito reduzida e uma profundidade elevada, estas lagoas não dispõem de habitat para o crescimento de helófitos ou de hidrófitos. Pelo contrário, nas lagoas pouco profundas ou nas profundas, mas com zonas litorais desenvolvidas, existe um extenso habitat para o crescimento de helófitos e hidrófitos submersos e flutuantes.

Com base na caracterização da vegetação, podemos afirmar que as espécies mais representativas da comunidade higrófitas nas lagoas são *Calluna vulgaris*, *Eleocharis multicaulis*, *Osmunda regalis*, *Polytrichum commune*, *Selaginella kraussiana* e *Sphagnum* sp..

Dentre as helófitas, as mais frequentes são *Juncus efusus* e *Hydrocotyle vulgaris*. A *Littorella uniflora* é a mais abundante entre as hidrófitas submersas e o *Potamogeton polygonifolius* entre as hidrófitas flutuantes.

Porém, o que mais se destaca é a forte presença de espécies invasoras como *Cryptomeria japonica*, *Pittosporum undulatum*, *Hedychium gardenarianum*, *Hydrangea macrophylla*, *Polygonum capitatum* e *Egeria densa*. De acordo com a literatura, existem pelo menos 41 espécies de plantas invasoras que se estabeleceram com sucesso nos ecossistemas de água doce do Arquipélago (Costa et al. 2021) e a sua forte presença provoca a alteração de habitats e a substituição de espécies nativas.

A presença de higrófitas como *Hedichium gardenarianum*, *Hydrangea macrophylla* nas margens das águas, mesmo que não sejam plantas estritamente aquáticas, influencia negativamente os ecossistemas de água doce, criando problemas na estrutura, no estado natural e a sucessão desses ecossistemas. A alteração da zona ribeirinha é de grande importância, pois é habitat e alimento de muitos organismos e influencia a composição das comunidades microbianas (Ferreira et al., 2017).

A *Egeria densa* é uma das espécies recentemente introduzidas nos ecossistemas lacustres e o problema já foi reportado nas Sete Cidades, Furnas. Neste trabalho, foi possível observar que esta espécie também se encontra na lagoa das Empadadas Sul. Esta espécie constitui um grave problema ambiental porque para além de apresentar uma taxa de reprodução muito elevada devido à sua fragmentação e posterior reprodução vegetativa, mas também é muito resistente e tolera uma ampla gama de condições de nutrientes, oxigênio e pH. A introdução desta espécie, como de muitas outras, está provavelmente relacionada com fugas de aquários ou plantações de plantas ornamentais e sua posterior dispersão devido às correntes de água ou à atividade humana (Matthews et al., 2014).

Por outro lado, é conhecido que as ilhas oceânicas acolhem uma grande proporção das espécies endémicas do mundo. Infelizmente, a expansão de espécies invasoras coloca em risco alguns fragmentos de vegetação nativa, assumindo-se que algumas comunidades de briófitas, líquenes e plantas vasculares endémicas dos Açores estão em perigo (Silva et al., 2008). Neste sentido destaca-se a lago do Caiado na ilha do Pico onde podemos encontrar espécies endémicas como *Laurus azorica*, *Breutelia azorica*, *Culcita macrocarpa*, *Erica azorica*, *Lysimachia azorica* ou *Tolpis azorica*.

A perturbação do habitat e a presença de espécies invasoras têm sido os fatores que mais têm afetado os índices, fazendo com que o índice de modificação do habitat atinja valores elevados, especialmente nas lagoas Verde e Azul. Relativamente ao índice de qualidade do

habitat obtiveram-se valores em torno de 40, sendo o mais elevado o da Lagoa Caiado e o mais baixo o Capitão. Consideramos que estes índices não representam corretamente o estado hidromorfológico das lagoas dos Açores, pois, mesmo que a cobertura vegetal seja natural ou seminatural, não é a mesma se se trata de espécies alóctones ou nativas. Além disso, a dimensão do lago também deve ser levada em consideração, pois o mesmo número de parcelas não representa um lago pequeno da mesma forma que um lago grande.

Em suma, os lagos dos Açores são ecossistemas lacustres vulcânicos únicos na Macaronésia e são protegidos pela União Europeia através da Diretiva Habitat, consubstanciada no estabelecimento de uma rede ecológica denominada Natura 2000. Esta identifica mais de 200 tipos de habitats e mais de 900 espécies de animais e plantas e determina a necessidade de conservar esses habitats. Nos lagos estudados encontramos habitats classificados como águas oligotróficas com muito baixo conteúdo mineral e *Littorelletalia uniflorae* (3110) ou águas estagnadas oligotróficas a mesotróficas com vegetação de *Littorelletea uniflorae* ou *Isoeto-Nanojuncetea* (3130).

4.2.1.1 Índices de qualidade do habitat do lago (LHQA) e de modificação do habitat do lago (LHMS)

Como pode ser observado nas Tabela 11 e

Tabela 12 e na Figura 69, o maior valor do índice de qualidade do habitat (LHQA) foi obtido pela lagoa do Caiado, seguido das lagoas Paúl, Rasa das Sete Cidades e Verde. No extremo oposto encontram-se as lagoas Negra, Congro e Santiago. Estes resultados revelam a este índice responde mais à complexidade da zona litoral dos lagos do que ao seu estado ecológico ou hidromorfológico. Lagoas com zonas litorais reduzidas ou homogéneas, como acontece nas lagoas incluídas em *maars*, apresentam menores valores de LHQA. Pelo contrário, lagoas com uma zona litoral extensa e complexa, com declives e tipos de vegetação aquática e de margem variados, obtêm pontuações mais elevadas (e.g. lagoas Caiado e Verde).

Relativamente ao índice de modificação do habitat (LHMS), a sua resposta às pressões ambientais que causam modificação dos habitats nas lagoas dos Açores parece ser mais coerente. Como se pode observar na Figura 69, os valores mais elevados, que correspondem a maiores graus de modificação dos habitats foram alcançados nas lagoas Azul, Verde e Furnas, onde efetivamente a presença humana é mais intensa e permanente. Pelo contrário, lagoas localizadas a maior altitude ou de acesso mais difícil tendencialmente obtêm valores mais baixos de LHMS. No entanto, o valor mais baixo deste índice foi obtido na lagoa do Paúl onde algumas modificações do habitat estão presentes. Estes resultados revelam que o índice

poderá ser aplicado para a avaliação do estado hidromorfológico das lagoas mediante algumas adaptações das suas métricas e inclusão de outras mais adaptadas à Região.

Tabela 11. Resultados dos índices Qualidade de Habitat (LHQA) e Modificação do Habitat (LHMS) para as lagoas da Ilha de São Miguel.

	São Miguel											
Índice	Azul	Verde	Canário	Santiago	Empadadas Sul	Empadadas Norte	Congro	São Brás	Fogo	Furnas	Rasa das Sete Cidades	Rasa da Serra Devassa
LHQA	39	42	40	27	36	38	27	37	39	39	42	38
LHMS	36	34	16	18	24	26	22	20	26	34	16	22

Tabela 12. Resultados dos índices Qualidade de Habitat (LHQA) e Modificação do Habitat (LHMS) para as lagoas das ilhas Pico, Flores e Corvo.

	Pico					Flores					Corvo
Índice	Capitão	Peixinho	Rosada	Caiado	Paúl	Funda	Rasa	Comprida	Negra	Lomba	Caldeirão
LHQA	34	37	41	46	42	35	35	31	26	39	36
LHMS	14	14	16	18	12	14	16	16	16	28	26

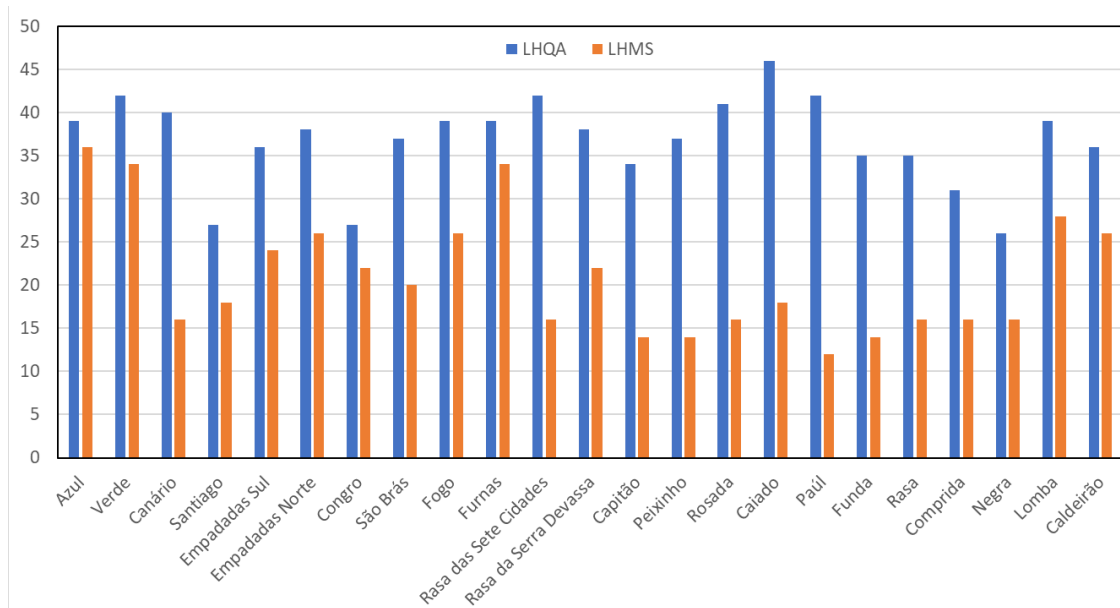


Figura 69. Índices Qualidade de Habitat (LHQA) e Modificação do Habitat (LHMS) nas lagoas estudadas.

4.2.2 Avaliação dos níveis de pressão e de alterações hidromorfológicas - LUPLES

Para complementar o método LHS, foi testada uma outra metodologia desenvolvida para a avaliação de pressões sobre os sistemas lânticos (Morant et al. 2021) mas que permite,

também, avaliar alterações morfológicas nestes ambientes. Para a sua aplicação nas lagoas do arquipélago, foram utilizados dados de ocupação do solo das bacias hidrográficas.

De acordo com este método, várias lagoas da ilha de São Miguel estão sujeitas a pressão moderadas de eutrofização, contaminação orgânica, acidificação e contaminação por poluentes específicos (Tabela 13).

As lagoas com os resultados mais elevados em termos de pressão de eutrofização e poluição devido à presença de matéria orgânica são as lagoas Azul e Verde, São Brás, Furnas e Congro. Os lagos com os níveis de pressão mais elevados para a ocorrência de acidificação são São Brás, Congro e Furnas. As lagoas com o maior nível de pressão ligado à presença de poluentes específicos são Azul, Verde, São Brás, Congro, Furnas e Canário.

Tabela 13. Grau de diferentes tipos de pressão sobre as lagoas da Ilha de São Miguel avaliado pelo método LUPLES (Morant et al. 2021).

Tipo de Pressão	Azul	Verde	Canário	Santiago	Empadadas Sul	Empadadas Norte	Congro	São Brás	Fogo	Furnas	Rasa da Serra Devassa	Rasa das Sete Cidades
Eutrofização	14,52	9,58	6,23	0,56	1,58	1,20	10,98	11,16	0,02	10,01	1,59	1,59
Matéria orgânica	15,29	14,18	7,79	0,75	2,11	0,40	14,64	14,88	0,03	13,34	2,12	2,12
Acidificação	9,52	5,32	5,72	0,56	1,58	0	10,98	11,16	0,02	10,00	1,59	1,59
Poluentes específicos	20,76	12,43	10,04	0,93	2,64	1,20	18,30	18,60	0,04	16,67	2,65	2,65

De acordo com este método, todas as lagoas estudadas nas ilhas Pico, Flores e Corvo, têm níveis de pressão considerados baixos para todos os tipos analisados (Tabela 14). Destas ilhas, a Lagoa do Caldeirão no Corvo é a que apresenta níveis de pressão de eutrofização, contaminação orgânica, acidificação e poluentes específicos mais elevados, no entanto todos avaliados como baixos.

Tabela 14. Grau de diferentes tipos de pressão sobre as lagoas das ilhas Pico, Flores e Corvo avaliado pelo método LUPLES (Morant et al. 2021).

	Pico					Flores					Corvo
Tipo de Pressão	Capitão	Peixinho	Rosada	Caiado	Paúl	Funda	Rasa	Comprida	Negra	Lomba	Caldeirão
Eutrofização	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	5,64
Matéria orgânica	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	7,52
Acidificação	0	0	1,22	0	0	0,07	0	0	0	0	5,64
Poluentes específicos	0	0	1,22	0	0	0,07	0	0	0	0	9,40

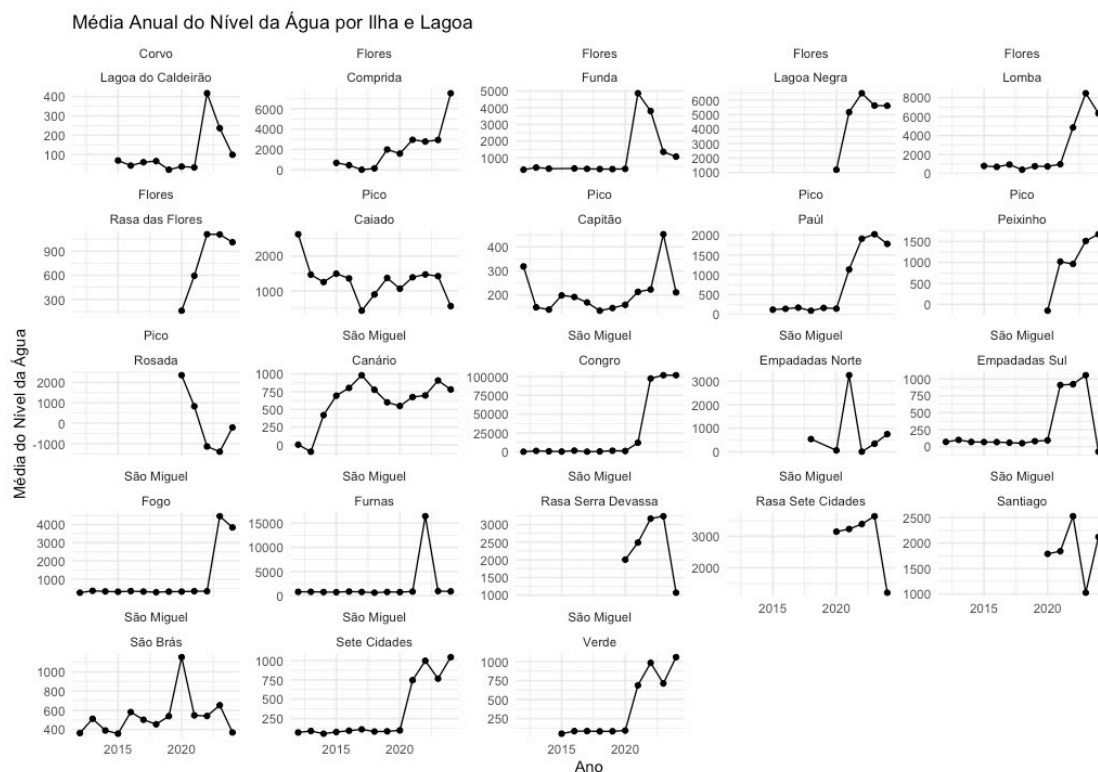


Figura 71. Variação do nível médio anual nas lagoas estudadas.

5. NOTAS FINAIS

Os resultados obtidos permitem verificar que as massas de água interiores de superfície da Região Hidrográfica dos Açores apresentam numerosas alterações no seu habitat que podem pôr em causa o suporte da vida aquática. O índice de avaliação da qualidade do habitat, tanto para rios (HQA) como para lagos (LHQA), resultante da aplicação dos métodos RHS e LHS, respetivamente não se adequam às especificidades dos ecossistemas açorianos e não são úteis, pelo menos sem uma adaptação, para a avaliação da qualidade hidromorfológica das massas de água destas categorias na Região Autónoma dos Açores. Por seu turno, os índices de modificação do habitat (HMS e LHMS para rios e lagos, respetivamente), embora mais adaptados e reveladores das alterações hidromorfológicas existentes em cada massa de água. Os novos elementos de qualidade e metodologias aplicadas neste segundo ano da prestação de serviços, juntamente com outras que serão testadas no terceiro ano (e.g. LHYMO), irão permitir obter um conjunto de métricas que por um lado respondam às exigências da DQA e por outro permitam a avaliação correta do estado hidromorfológico de cada massa de água.

6. REFERÊNCIAS

- Acreman, M. C., Dunbar, M. J., Hannaford, J., Black, A., Bragg, O., Rowan, J. & King, J. (2006) Development of environmental standards (Water Resources). Stage 3: Environmental Standards for the Water Framework Directive. Report to the Scotland and Northern Ireland Forum for Environment Research. Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford and University of Dundee, Dundee, UK.
- Argillier, C., Carriere, A., Wynne, C., Hellsten, S., Vartia, K., & Poikane, S. (2023). Lake hydromorphology assessment in Europe: Where are we 20 years after the adoption of the Water Framework Directive?. *Science of The Total Environment*, 855, 158781.
- Belletti, B., Rinaldi, M., Buijse, A. D., Gurnell, A. M., & Mosselman, E. (2015). A review of assessment methods for river hydromorphology. *Environmental Earth Sciences*, 73, 2079-2100.
- Benjankar, R., Koenig, F., & Tonina, D. (2013). Comparison of hydromorphological assessment methods: Application to the Boise River, USA. *Journal of hydrology*, 492, 128-138.
- Carriere, A., Reynaud, N., Gay, A., Baudoin, J. M., & Argillier, C. (2024). LHYMO: A new Water Framework Directive-compliant multimetric index to assess lake hydromorphology and its application to French lakes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 34(1), e4029.
- Ciampittiello, M., Dresti, C., & Saidi, H. (2017). A review of assessment approaches for lake hydro-morphology before and after the European Water Framework Directive (WFD). *Current World Environment*, 12(3), 491.
- Clerici, N., Paracchini, M. L., & Maes, J. (2014). Land-cover change dynamics and insights into ecosystem services in European stream riparian zones. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 14(2), 107-120.
- Cortes, R. M. V., Varandas, S. D. G. P., Hughes, S. J., & Ferreira, M. T. (2008). Combining habitat and biological characterization: Ecological validation of the river habitat survey. *Limnetica*, 27 (1): 39-56.
- Costa, A. C., Balibrea, A., Raposeiro, P. M., Santos, S., Souto, M., & Gonçalves, V. (2021). Non-indigenous and invasive freshwater species on the Atlantic Islands of the Azores Archipelago. *Frontiers in Ecology and Evolution* 9: 631214.

- Dalu, T., Tambara, E., Chari, L. D., Moyo, S., & Nhiwatiwa, T. (2016). A test of the Lake habitat survey method in Cleveland reservoir and Lake chivero (Manyame River basin, Zimbabwe). *Water SA*, 42(1), 102-111.
- Del Tánago, M. G., Martínez-Fernández, V., Aguiar, F. C., Bertoldi, W., Dufour, S., de Jalón, D. G., ... & Rodríguez-González, P. M. (2021). Improving river hydromorphological assessment through better integration of riparian vegetation: Scientific evidence and guidelines. *Journal of Environmental Management*, 292, 112730.
- Dosskey, M.G., Vidon, P., Gurwick, N.P., Allan, C.J., Duval, T.P. and Lowrance, R. (2010). The Role of Riparian Vegetation in Protecting and Improving Chemical Water Quality in Streams1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 46: 261-277. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2010.00419.x>
- Elosegi, A., Sabater, S. (2013). Effects of hydromorphological impacts on river ecosystem functioning: a review and suggestions for assessing ecological impacts. *Hydrobiologia* 712: 129–143. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1226-6>
- Environment Agency (2003). *River Habitat Survey in Britain and Ireland: Field Survey Guidance Manual*. Environment Agency.
- Fernández, D., Barquin, J., & Raven, P. (2011). A review of river habitat characterisation methods: indices vs. characterisation protocols. *Limnetica*, 30(2), 0217-234.
- Ferreira, J., Pádua, J., Hughes, S. J., Cortes, R. M. V., Varandas, S. D. G. P., Holmes, N., & Raven, P. (2011). Adapting and adopting River Habitat Survey: Problems and solutions for fluvial hydromorphological assessment in Portugal. *Limnetica* 30(2): 263-272.
- Ferreira, V., Faustino, H., Raposeiro, P. M., & Gonçalves, V. (2017). Replacement of native forests by conifer plantations affects fungal decomposer community structure but not litter decomposition in Atlantic island streams. *Forest Ecology and Management*, 389, 323–330. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.01.004>
- Garron, C., Pangaud, A., Taubaty, M., Rolan-Meynard, M., Argillier, C., Raymond, J. C., Dublon, J. & Westrelin, S. (2024). Towards the development of a standardized method to monitor lakeshore hydromorphological restoration measures. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 34(4), e4152.
- Håkanson, L. (2005). The importance of lake morphometry for the structure and function of lakes. *International Review of Hydrobiology: A Journal Covering all Aspects of Limnology and Marine Biology*, 90(4), 433-461.

Hernández, A., Kutiel, H., Trigo, R. M., Valente, M. A., Sigró, J., Cropper, T., & Santo, F. E. (2016). New Azores archipelago daily precipitation dataset and its links with large-scale modes of climate variability. *Int. J. Climatol*, 36(14), 4439-495.

INAG, I.P. (2009). Critérios para a Classificação do Estado das Massas de Água Superficiais – Rios e Albufeiras. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.

Magee (2016). Changing forests—changing streams: riparian forest stand development and ecosystem function in temperate headwaters. *Ecosphere* 7(8): e01435. 10.1002/ecs2.1435

Matthews, J., Koopman, K. R., Beringen, R., Odé, B., Pot, R., van der Velde, G., van Valkenburg, J.L.C.H., & Leuven, R.S.E.W. (2014). Knowledge document for risk analysis of the non-native Brazilian waterweed (*Egeria densa*) in the Netherlands. *Rep. Environ. Sci.* 468, 1–58.

McParland, C., Barrett, O. (2009). Hydromorphological Literature Reviews for Lakes. Environ. Agency, Bristol, UK.

Morant, D., Perennou, C., & Camacho, A. (2021). Assessment of the pressure level over lentic waterbodies through the estimation of land uses in the catchment and hydro-morphological alterations: The LUPLES method. *Applied Sciences* 11(4): 1633.

Ostendorp, W., Schmieder, K., & Jöhnk, K. D. (2004). Assessment of human pressures and their hydromorphological impacts on lakeshores in Europe.

Raven, P. J., Fox, P., Everard, M., Holmes, N. T. H., & Dawson, F. H. (1997). River Habitat Survey: a new system for classifying rivers according to their habitat quality. *Freshwater quality: defining the indefinable*, 215-234.

Raven PJ, Holmes NTH, Charrier P, Dawson FH, Naura M, Boon PJ (2002) Towards a harmonized approach for hydromorphological assessment of rivers in Europe: a qualitative comparison of three survey methods. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst* 12(4):405-424

Riverdene Consultancy (2016). Instructions for calculating the River Habitat Quality Class using RHS. Riverdene Consultancy.

Rowan, J. S., Duck, R. W., Carwardine, J., Bragg, O. M., Black, A. R., & Cutler, M. E. J. (2004). Development of a technique for Lake Habitat Survey (LHS): Phase 1. Scotland and Northern Ireland Forum for Environmental Research (SNIFFER). <http://www.sniffer.org.uk/files/5413/4183/8023/WFD40.pdf>

Rowan, J. S., Carwardine, J., Duck, R. W., Bragg, O. M., Black, A. R., Cutler, M. E. J., ... & Boon, P. J. (2006). Development of a technique for lake habitat survey (LHS) with applications for the European Union Water Framework Directive. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16(6), 637-657.

Silva L, E Ojeda Land & JL Rodríguez Luengo (2008). Evaluation of IAS in Macaronesia. In: Silva L, E Ojeda Land & JL Rodríguez Luengo (eds.) *Flora y Fauna Terrestre Invasora en la Macaronesia. TOP 100 en Azores, Madeira y Canarias*, pp. 167-189. ARENA, Ponta Delgada.

Šípek, V., Matoušková, M., & Dvořák, M. (2010). Comparative analysis of selected hydromorphological assessment methods. *Environmental monitoring and assessment*, 169, 309-319.

Warren, D.R., Keeton, W.S., Kifney, P.M., Kaylor, M.J., Bechtold, H.A., Magee, J. (2016) Changing forests-changing streams: riparian forest stand development and ecosystem function in temperate headwaters. *Ecosphere* 7

Ponta Delgada, 13 de dezembro de 2024