

MONITORIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATURAL DOS AÇORES AO LONGO DO TEMPO: ILHAS PICO, TERCEIRA, FLORES E SÃO MIGUEL

MARIANA AGUIAR SOUSA¹, RUI ANDRADE^{2,3}, RUI BENTO ELIAS^{2,4}, LEILA NUNES MORGADO², XENIA DAVIDE⁵, LUCIE FATKOVÁ⁶, FERNANDO PEREIRA^{1,4} E ROSALINA GABRIEL^{2,4}

1 ASSOCIAÇÃO OS MONTANHEIROS, RUA DA ROCHA Nº 8, 9700-169 ANGRA DO HEROÍSMO.

2 UNIVERSIDADE DOS AÇORES, CE3C / GBA – CENTRO DE ECOLOGIA, EVOLUÇÃO E ALTERAÇÕES AMBIENTAIS / GRUPO DA BIODIVERSIDADE DOS AÇORES. RUA CAPITÃO JOÃO D'ÁVILA, SN. 9700-042 ANGRA DO HEROÍSMO.

3 DOUTORAMENTO EM BIOLOGIA – 3CBIO – FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DOS AÇORES. RUA DA MADRE DE DEUS. 9500-321 PONTA DELGADA.

4 UNIVERSIDADE DOS AÇORES, FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DOS AÇORES. RUA CAPITÃO JOÃO D'ÁVILA, SN. 9700-042 ANGRA DO HEROÍSMO.

5 MASTER IN FOREST AND NATURE CONSERVATION – WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH. WAGENINGEN, PAÍSES BAIXOS.

6 PHD IN BIOLOGY, FACULTY OF SCIENCE – CHARLES UNIVERSITY, PRAGA, REPÚBLICA CHECA.

FLORESTAS NATURAIS DOS AÇORES E O SEU ESTUDO

As florestas naturais dos Açores são ecossistemas belíssimos, organizadas em diferentes estratos que se sobrepõem, das árvores aos musgos, garantindo a sobrevivência de grande número de espécies e comunidades biológicas (ex. Tsafack *et al.*, 2023). Estes ecossistemas, desempenham um papel central na regulação do clima, conservação da biodiversidade e provisão de serviços de ecossistema, mas enfrentam pressões crescentes devido, por exemplo, às alterações climáticas, à introdução de espécies exóticas invasoras e a alterações no uso do solo (Florencio *et al.*, 2021).

Antes da colonização humana no século XV, estima-se que mais de 90 % da área original das ilhas era coberta por florestas, sendo que cerca de 75% era coberta por florestas dominadas por louro-da-terra e outras espécies de folha larga e persistente, a conhecida floresta laurissilva (Alexander, 2024; Elias *et al.*, 2016). Ainda hoje, depois de uma redução apreciável da área que ocupam no arquipélago (Gaspar *et al.*, 2008; Triantis *et al.*, 2010), as florestas naturais dos Açores são hotspots de diversidade vegetal e albergam espécies endémicas da Região, absolutamente únicas no mundo (Silva *et al.*, 2023).

Num contexto de grandes alterações ambientais, a monitorização sistemática e de longo prazo é essencial para detetar tendências, quantificar impactos e orientar estratégias de gestão adaptativa na preservação da biodiversidade (Guerrero-Ramírez *et al.*, 2025; Borges *et al.*, 2025). Esta necessidade faz-se sentir de modo ainda mais premente em ecossistemas insulares, como por exemplo a região biogeográfica da Macaronésia, que inclui os Açores, a Madeira, as Canárias e, em algumas interpretações, Cabo Verde. Estas ilhas apresentam elevadas taxas de endemidade, mas também grande vulnerabilidade ambiental, tornando estas regiões laboratórios naturais para a ecologia e conservação (Florencio *et al.*, 2021).

Várias iniciativas procuraram ao longo do tempo recolher informação acerca da biodiversidade dos Açores. Além dos naturalistas portugueses, como Gaspar Frutuoso, pelo menos

desde o século XVIII diversos investigadores, portugueses e estrangeiros, visitaram a região e publicaram listas de espécies e dados da sua distribuição. No século XX destaca-se o Professor Erik Sjögren, da Universidade de Uppsala (Suécia), que visitou o arquipélago de 1965 a 2005 e publicou inúmeros estudos sobre a flora das ilhas. A Universidade dos Açores, estabelecendo em 1976 uma presença *in loco* no território, permitiu ampliar estes estudos. Salienta-se aqui a importância do Portal da Biodiversidade dos Açores (<http://azoresbioportal.uac.pt>) que, para cada espécie existente nos Açores, apresenta informação taxonómica atualizada, espacializa os dados de distribuição publicados e fornece outras informações relevantes (Borges *et al.*, 2010). O conhecimento da diversidade também beneficiou das políticas de conservação promovidas pela Região ao longo do tempo, nomeadamente a caracterização das áreas Natura 2000, dos Parques Naturais, das Reservas da Biosfera, etc. (European Commission, 1992; Governo Regional dos Açores, 2007; Borges *et al.*, 2010). O trabalho das associações de defesa do ambiente, como a Associação Os Montanheiros ou os Amigos dos Açores, por exemplo, também têm contribuído para o avanço do conhecimento, educação e sensibilização para esta temática.

Precisamente por existir tanta informação de qualidade acerca da presença e distribuição de espécies no arquipélago, e por existirem pressões ambientais sobre estas áreas, é da maior importância verificar o que está a suceder ao território e às espécies que o ocupam. Nesse sentido, os estudos longitudinais, que acompanham as mesmas áreas ao longo do tempo, utilizando métodos comparáveis, contribuem para melhorar a gestão ambiental dos espaços naturais, permitindo quantificar os efeitos que podem observar-se no terreno.

No século XXI, a partir de 2012 e até 2019, o projeto MOVECLIM permitiu estabelecer um conjunto de locais perfeitamente geolocalizados em sete das nove ilhas do arquipélago, ao longo de um gradiente altitudinal, com estações a cada 200 m de altitude em áreas protegidas ou com boa cobertura de plantas nativas. Em cada local foram obtidos dados de diversos grupos ta-

xonômicos, incluindo briófitos e plantas vasculares. Alguns estudos foram publicados com a caracterização de base da vegetação destes locais, nomeadamente para a ilha do Pico (Coelho et al., 2016, 2021, Gabriel et al., 2024a), Terceira (Gabriel et al., 2024b, Henriques et al., 2016), ilha das Flores (Gabriel et al., 2025) e ilha de São Miguel (Andrade et al., em prep.). De modo semelhante, o projeto MACDIV permitiu comparar as plantas vasculares de três grandes plots por ilha (50 m x 50 m), instalados na Ilha Terceira, em Tenerife (Canárias) e na Reunião (Mascarenhas) (Borges et al., 2025).

O projeto BioMonI – *Biodiversity Monitoring of Island Ecosystems* – pretende estabelecer uma rede global de parcelas permanentes para monitorizar a biodiversidade insular, integrando levantamentos de campo com tecnologias como laser terrestre (TLS), drones e teledeteção por satélite, com o objetivo de gerar as variáveis essenciais para a biodiversidade (EBVs – *Essential Biodiversity Variables*) e para os serviços de ecossistemas (ESVs – *Essential Ecosystem Service Variables*), comparáveis entre ilhas no mundo inteiro (Guerrero-Ramírez et al., 2025). Desse modo, a integração de parcelas permanentes, séries bióticas e teledeteção nos Açores constitui uma excelente oportunidade para acompanhar a dinâmica das florestas nativas, produzir EBVs comparáveis e informar políticas de gestão adaptativa da natureza na Região (Guerrero-Ramírez et al., 2025; Borges et al., 2025).

Para se identificarem alterações na biodiversidade ao longo do tempo é necessário fazer reamostragens periodicamente. Assim, no âmbito do projeto BioMonI, e tirando partido das localidades já referenciadas nos projetos MOVECLIM e MACDIV, foi possível iniciar uma repetição dos inventários de plantas vasculares e a recolha de

briófitos nos plots (10 m x 10 m) instalados em 2012 (Pico e Terceira) e 2013 (Flores e São Miguel), 12 anos após o seu estabelecimento no âmbito do projeto MOVECLIM.

ÁREA DE ESTUDO

Apresenta-se seguidamente uma breve descrição dos locais estudados em 2024 e 2025 em quatro ilhas, da mais ocidental à mais oriental, 12 anos após a sua primeira investigação.

FLORES

Na ilha das Flores, a recolha de dados sobre a bioflora e plantas vasculares foi realizado do dia 29 de junho ao dia 5 de julho de 2025 pelos autores: MAS, LNM, RA, RBE e RG. Nesta ilha foram amostradas cinco altitudes ao longo do gradiente de 70 m a 800 m.

A 60 metros de altitude, a comunidade vegetal corresponde a um bosque costeiro com uma altura de 8 m, dominado por Pau-branco, Faia-da-terra e Incenso, e apresentando uma cobertura de briófitos concentrada sobretudo nos troncos arbóreos. Aos 200 metros, observa-se já um núcleo de floresta com 7 m de altura onde dominam Urze, Incenso, Faia-da-terra, Uva-da-serra, e Feto-do-botão, destacando-se a maior incidência de briófitos nas superfícies rochosas. No patamar intermédio (400 m de altitude) encontramos uma floresta com um porte de 6 m e dominada por pau-branco, louro-da-terra e incenso, com a presença de outras espécies como a invasora conteira e o feto endémico Driopteris dos Açores. Os briófitos distribuem-se principalmente pelo solo e pelos troncos. A 600 metros, a formação florestal atinge cerca de 3 m de altura e é dominada por cedro-do-mato, feto-do-cabelinho, Uva-da-serra e azevinho. Nesta faixa altitudinal, a cobertura de briófitos é expressiva tanto no solo



FIGURA 1 Mapa com as cinco altitudes amostradas na ilha das Flores em 2025 (Google Earth).

TABELA 1 Localização dos Plots ao longo do gradiente altitudinal na ilha das Flores em 2025

| ALTITUDE ESTIMADA | LOCAL | PLOT | LATITUDE | LONGITUDE |
|-------------------|----------------------------|--------|------------|------------|
| 60 m | Ponta do Ilhéu | Plot 1 | 39°30'23"N | 31°11'41"W |
| | | Plot 2 | 39°30'22"N | 31°11'40"W |
| 200 m | Caminho para Ponta Delgada | Plot 1 | 39°30'24"N | 31°12'46"W |
| | | Plot 2 | 39°30'23"N | 31°12'46"W |
| 400 m | Outeiros | Plot 1 | 39°30'06"N | 31°12'20"W |
| | | Plot 2 | 39°30'06"N | 31°12'20"W |
| 600 m | Ribeira do Cascalho | Plot 1 | 39°28'58"N | 31°11'25"W |
| | | Plot 2 | 39°28'57"N | 31°11'24"W |
| 800 m | Morro Alto | Plot 1 | 39°27'47"N | 31°13'33"W |
| | | Plot 2 | 39°27'47"N | 31°13'33"W |



FIGURA 2 Vegetação nos diversos gradientes altitudinais na ilha das Flores, em 2025. 1 – 70 m; 2 – 200 m; 3 – 400 m; 4 – 600 m; 5 – 800 m

como nas árvores. Finalmente, a 800 metros, no Morro Alto, área classificada como reserva natural, predomina uma vegetação de baixo porte (50 cm de altura) composta por Cedro-do-mato, Uva-da-serra, Feto-pente e a juncácea Saragasso. O solo encontra-se densamente coberto por briófitos, com particular destaque para espécies de Musgão.

PICO

Na ilha do Pico, o trabalho de campo foi realizado nos períodos de 25 de junho a 5 de agosto de e de 14 a 16 de outubro de 2024, pelos autores: RA, FP, LF, XD, RBE e RG e Léa Pichon. Nesta ilha foram amostradas 12 altitudes ao longo do gradiente de 10 m a 2200 m.

Aos 10 metros de altitude encontramos um bosque costeiro (com cerca de 5 m de altura) dominado por Faia-da-terra mas com coberturas importantes de Urze e Pau-branco e Incen-

so. Neste local observou-se uma grande quantidade de ramos secos no solo. Aos 200 metros de altitude a vegetação (com 6 m de altura) é dominada por Pau-branco, Faia-da-terra e Incenso e, ao nível do solo, Erva-das-galinhas. Aos 400 metros, predomina o Incenso, Louro-da-terra e Pau-branco. Foram encontradas boas populações do musgo endémico considerado em perigo crítico de extinção pela IUCN (Hodgetts et al., 2019) *Echinodium renauldii*, que já tinha sido identificada em 2012. Esta floresta tem cerca de 8 m de altura. Aos 600 m encontramos a vegetação com maior riqueza de espécies de plantas vasculares nativas e endémicas. Trata-se de uma floresta com porte de 6 m, dominada por Louro-da-terra e Azevinho, com a presença frequente de Sanguinho, Uva-da-serra, Tamujo e uma grande variedade de fetos. Grande quantidade de fetos e briófitos epífitos. Aos 800 m a altura da vegetação baixa para cerca de 5 m. O solo é muito

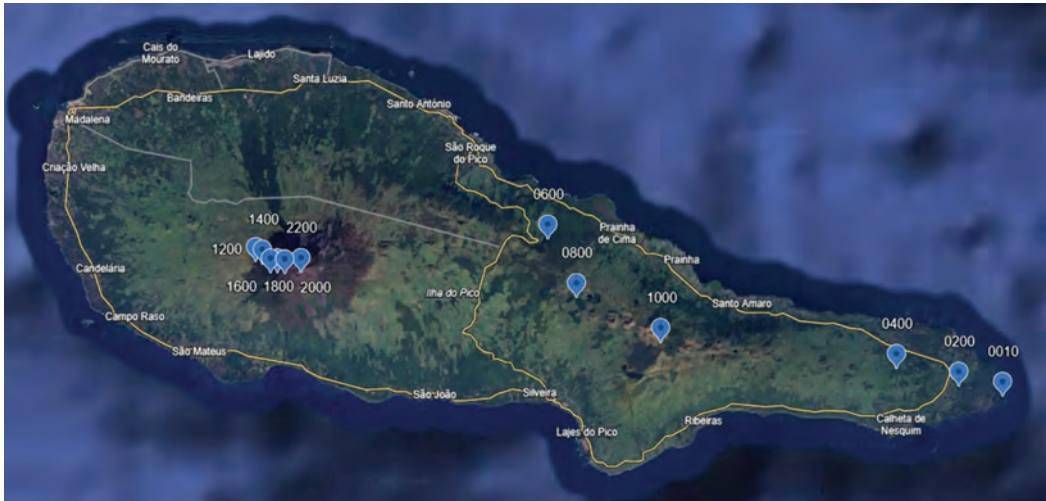


FIGURA 3 Mapa com as 12 altitudes amostradas na ilha do Pico em 2024 (Google Earth).

húmido e a vegetação muito densa. Predomina a vegetação endêmica e nativa, com Cedro-do-mato, Azevinho, Tamujo, Uva-da-serra, Trovisco-macho, Feto-do-cabelinho e Driopteris dos Açores, entre outras espécies. Aos 1000 m, a floresta tem a copa dominada por Cedro-do-mato, e Azevinho, existindo igualmente vários fetos, herbáceas e Musgão. O porte da vegetação baixa para os 3 m. Entre os 1200 e os 1600 m de altitude encontramos matos subalpinos dominados por Rapa e Urze, a vegetação torna-se cada vez mais rasteira (geralmente inferior a 1 m de altura), enquanto acima dos 1600 m entramos no domínio dos matos alpinos, dominados por Rapa, Queiró e Tomilho. A altura da vegetação é geralmente inferior a 50 cm.

TERCEIRA

Na ilha Terceira, a recolha de dados de flora foi realizada entre 20 de junho e 29 de novembro de 2024, em várias saídas de campo, pelos autores: RA, FP, LF, XD, RBE e RG e Léa Pichon. Nesta ilha foram amostradas 6 altitudes ao longo do gradiente de 10 m a 1000 m.

Aos 40 metros o terreno é muito rochoso e as espécies predominantes são a Urze e a Faia-da-terra. A vegetação tem uma altura média de cerca de 3 m, mas com zonas mais abertas e de menor porte, e zonas com vegetação mais densa e maior altura. Aos 200 metros, a floresta (com uma altura a rondar os 7 m) é dominada por Urze, Faia-da-terra, Pau-branco e Incenso. Infelizmente, a exótica invasora Metrosidero atinge também valores de cobertura importantes, o que não acontecia em 2012. Aos 400 metros, predominam Incenso, Urze, Faia-da-terra e Cedro-do-mato. A altura da vegetação é de cerca de 5 m. Aos 600 m, encontramos uma floresta onde as espécies endêmicas e nativas já se tornam claramente dominantes. As árvores mais comuns são Cedro-do-mato, Azevinho e Louro-da-terra. Por baixo do dossel arbóreo dominam arbustos como Uva-da-serra e o Tamujo, bem como o Feto-do-cabelinho. A presença de fetos e briófitos

TABELA 2 Localização geográfica dos plots ao longo do gradiente altitudinal na ilha do Pico em 2024

| ALTITUDE ESTIMADA | LOCAL | PLOT | LATITUDE | LONGITUDE |
|-------------------|---------------------------------|--------|------------|------------|
| 10 | Manhenha | Plot 1 | 38°24'49"N | 28°01'47"W |
| | | Plot 2 | 38°24'50"N | 28°01'47"W |
| 200 | Cabeço da Hera | Plot 1 | 38°25'05"N | 28°03'14"W |
| | | Plot 2 | 38°25'05"N | 28°03'12"W |
| 400 | Fetais | Plot 1 | 38°25'33"N | 28°05'14"W |
| | | Plot 2 | 38°25'33"N | 28°05'14"W |
| 600 | Caminho dos Burros - Chão Verde | Plot 1 | 38°28'47"N | 28°16'20"W |
| | | Plot 2 | 38°28'46"N | 28°16'20"W |
| 800 | Caiado | Plot 1 | 38°27'20"N | 28°15'25"W |
| | | Plot 2 | 38°27'19"N | 28°15'25"W |
| 1000 | Caveiro | Plot 1 | 38°26'14"N | 28°12'46"W |
| | | Plot 2 | 38°26'14"N | 28°12'45"W |
| 1200 | Trilho da Montanha | Plot 1 | 38°28'14"N | 28°25'30"W |
| | | Plot 2 | 38°28'14"N | 28°25'30"W |
| 1400 | Trilho da Montanha | Plot 1 | 38°28'10"N | 28°25'16"W |
| | | Plot 2 | 38°28'09"N | 28°25'16"W |
| 1600 | Trilho da Montanha | Plot 1 | 38°27'57"N | 28°24'59"W |
| | | Plot 2 | 38°27'55"N | 28°24'59"W |
| 1800 | Trilho da Montanha | Plot 1 | 38°27'57"N | 28°24'45"W |
| | | Plot 2 | 38°27'57"N | 28°24'44"W |
| 2000 | Trilho da Montanha | Plot 1 | 38°27'56"N | 28°24'29"W |
| | | Plot 2 | 38°27'56"N | 28°24'28"W |
| 2200 | Cratera da Montanha | Plot 1 | 38°27'59"N | 28°23'57"W |
| | | Plot 2 | 38°28'00"N | 28°23'57"W |



FIGURA 4 Vegetação nos diversos gradientes altitudinais na ilha do Pico, em 2024. 1 – 10 m; 2 – 200 m; 3 – 400 m; 4 – 600 m; 5 – 800 m; 6 – 1000 m; 7 – 1200m; 8 – 1400 m; 9 – 1600 m; 10 – 1800 m; 11 – 2000 m; 12 – 2200 m.

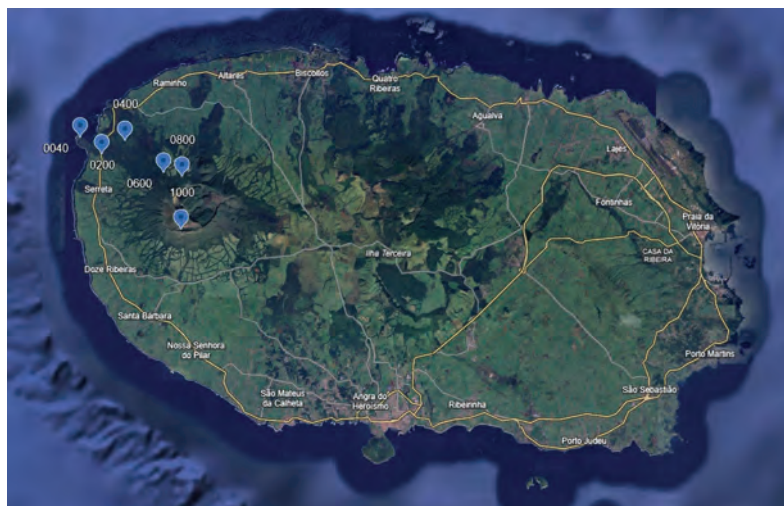


FIGURA 5 Mapa com as seis altitudes amostradas na ilha Terceira em 2024 (Google Earth).

epífitos é elevada. Nos 800 m, está estabelecida uma floresta pluvial montana, com 4 m de altura, dominada por Cedro-do-mato e Azevinho, onde Louro-da-terra, Uva-da-serra, Tamujo, Feto-do-cabelinho e Driopteris dos Açores são espécies muito frequentes. Entre os fetos epífitos podemos encontrar o Himenófilo-dos-ramos-altos, exclusivo destas florestas de maior altitude. Grande quantidade de briófitos em todos os substratos. Aos 1000 m, existe um mato de montanha com 1,5 m de altura, dominado por Cedro-do-mato, Rapa e Feto-do-cabelinho.

SÃO MIGUEL

Na ilha de São Miguel, o trabalho de campo foi realizado do dia 19 ao dia 26 de julho de 2025, pelos autores: MAS, LNM, RA, RBE e RG. Nesta ilha foram amostrados seis níveis altitudinais (50-1000 m), todos na zona Este da ilha (Figura 7).



FIGURA 6 Vegetação nos diversos gradientes altitudinais na ilha Terceira, em 2024. 1 – 10 m; 2 – 200 m; 3 – 400 m; 4 – 600 m; 5 – 800 m; 6 – 1000 m.

TABELA 3 Localização geográfica dos plots ao longo do gradiente altitudinal na ilha Terceira em 2024

| ALTITUDE ESTIMADA | LOCAL | PLOT | LATITUDE | LONGITUDE |
|-------------------|-----------------------------|--------|------------|------------|
| 40 | Farol da Serreta | Plot 1 | 38°45'59"N | 27°22'31"W |
| | | Plot 2 | 38°45'59"N | 27°22'30"W |
| 200 | Canada das Covas, Serreta | Plot 1 | 38°45'35"N | 27°21'49"W |
| | | Plot 2 | 38°45'36"N | 27°21'50"W |
| 400 | Pico do Carneiro | Plot 1 | 38°45'55"N | 27°21'06"W |
| | | Plot 2 | 38°45'54"N | 27°21'06"W |
| 600 | Pico da Lagoinha | Plot 1 | 38°45'09"N | 27°19'53"W |
| | | Plot 2 | 38°45'09"N | 27°19'52"W |
| 800 | Trilho da Lagoa do Pinheiro | Plot 1 | 38°45'03"N | 27°19'19"W |
| | | Plot 2 | 38°45'03"N | 27°19'19"W |
| 1000 | Serra de Santa Bárbara | Plot 1 | 38°43'49"N | 27°19'19"W |
| | | Plot 2 | 38°43'50"N | 27°19'17"W |

TABELA 4 Localização geográfica dos plots ao longo do gradiente altitudinal na ilha de São Miguel em 2025

| ALTITUDE ESTIMADA | LOCAL | PLOT | LATITUDE | LONGITUDE |
|-------------------|---------------------|--------|------------|-------------|
| 50 m | Miradouro do Pelado | Plot 1 | 37.8499463 | -25.1502947 |
| | | Plot 2 | 37.8499441 | -25.1504978 |
| 200 m | Ribeira Quente | Plot 1 | 37.7406484 | -25.3035615 |
| | | Plot 2 | 37.7407195 | -25.3030705 |
| 400 m | Lomba do Botão | Plot 1 | 37.7740418 | -25.2751394 |
| | | Plot 2 | 37.7739161 | -25.2752572 |
| 600 m | Tronqueira | Plot 1 | 37.7990842 | -25.183523 |
| | | Plot 2 | 37.7990448 | -25.1833739 |
| 800 m | Salto do Cavalo | Plot 1 | 37.7878383 | -25.2771875 |
| | | Plot 2 | 37.7875838 | -25.2771529 |
| 1000 m | Pico da Vara | Plot 1 | 37.8097018 | -25.213963 |
| | | Plot 2 | 37.809657 | -25.2143218 |



FIGURA 7 Mapa com as seis altitudes amostradas na ilha de São Miguel em 2025 (Google Earth).



A 50 metros de altitude, encontra-se uma área protegida onde se destacavam algumas espécies vasculares nativas, nomeadamente Urze e Faia-da-terra, com abundância de briófitos no solo. Infelizmente, temos de realçar que em ambos os quadrados de amostragem que tínhamos instalado neste local a vegetação nativa que encontramos em 2013 (com 2,4 m de altura e dominada por pequenas árvores de Urze e Faia-da-terra) foi quase totalmente destruída por ação humana (Figura 8).

Aos 200 metros, a floresta tem cerca 7 m de altura e é dominada por Incenso, Pau-branco e Louro-da-terra, estando o chão coberto de Conteira. Os briófitos são mais frequentes nas rochas e nos troncos das árvores. Na cota dos 400 metros, a vegetação um porte elevado (cerca de 13 m) e é caracterizada pelo predomínio de Louro-da-terra e pela elevada cobertura de Conteira, enquanto os briófitos ocorrem sobretudo em forma epífita.



FIGURA 8 1 - Fotografia da vegetação dos 50 m de altitude em 2013; 2 - Fotografia da vegetação dos 50 m de altitude em 2025.



FIGURA 9 Vegetação nos diversos gradientes altitudinais na ilha de São Miguel, em 2025. 1 – 50 m; 2 – 200 m; 3 – 400 m; 4 – 600 m; 5 – 800 m; 6 – 1000 m.

A 600 metros, a floresta nativa tem 4 m de altura e encontra-se bem preservada, com predominância de Azevinho (azevinho), Louro-da-terra, Cedro-do-mato e Urze. No entanto, nesta altitude, é também registada a presença significativa de Cletra (Folhadeiro-da-Madeira), espécie exótica com comportamento invasor em São Miguel. A cobertura de briófitos é expressiva, ocorrendo tanto nas árvores como no solo. Aos 800 metros dominam o Louro-da-terra, Azevinho e a espécie invasora, Cletra. Destaca-se igualmente a cobertura significativa do Feto-arbóreo-da-Tasmânia, outra espécie exótica invasora. A altura média da floresta é também de 4 m. Os briófitos concentram-se predominantemente nos troncos. Por fim, a 1000 metros, encontramos um mato de montanha com porte inferior a 100 cm, dominado por Rapa, Uva-da-serra e Canicão, uma gramínea endémica. Nesta zona, os briófitos são particularmente abundantes, cobrindo extensivamente o solo e os arbustos.

CONCLUSÃO

O presente estudo evidencia o valor inestimável das florestas nativas dos Açores como reservatórios de biodiversidade endémica e como ecossistemas particularmente sensíveis às pressões ambientais. A repetição das amostragens realizadas inicialmente no âmbito dos projetos MOVECLIM e MACDIV, agora integradas no BioMonI, permitiu detetar alterações relevantes na composição estrutural das comunidades, resultantes tanto de processos de sucessão natural como da crescente influência de espécies invasoras e de perturbações antrópicas. Estes resultados demonstram a necessidade de continuar a investir em programas de monitorização sistemática e de longo prazo, que permitam quantificar as tendências de mudança e antecipar potenciais impactos no funcionamento dos ecossistemas de modo a melhorar a gestão ambiental e garantir a conservação da natureza.

Ao integrar metodologias de campo padronizadas, tecnologias de deteção remota e uma rede internacional de parcelas permanentes, o BioMonI proporciona um quadro único para a produção de variáveis essenciais de biodiversidade e serviços de ecossistema, comparáveis entre diferentes ilhas do mundo. Esta abordagem permite avançar na compreensão global das dinâmicas de ecossistemas insulares e no desenho de estratégias de gestão adaptativa baseadas em evidência científica. Assim, a continuidade deste esforço coletivo é fundamental para garantir a preservação da singularidade biológica dos Açores e para contribuir de forma relevante para a conservação da biodiversidade em contextos insulares à escala planetária.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos quantos nos acompanha-

ram no trabalho de campo em 2012 e 2013, os colegas Claudine Ah-Peng [Pico], Débora Sofia Gouveia Henriques [Pico, Terceira], Márcia Catarina Mendes Coelho [Pico, Terceira], Raquel Hernandez-Hernandez [Terceira], e também em 2024 no Pico, e Léa Pichon. Sem a sua ajuda, este trabalho não teria sido possível.

Agradecemos de forma especial ao grupo *BioMonI – Biodiversity Monitoring of Island Ecosystems*, pelo enquadramento científico, pela coordenação e pela criação de uma rede colaborativa internacional que potencia a investigação sobre biodiversidade insular.

Todos os autores agradecem o financiamento do projecto BioMonI (BiodivMon/0003/2022) e as bolsas individuais que lhes permitiram participar neste trabalho: **MAS** Bolsa EL2447407 do programa Estagiar-L e Associação Os Montanheiros; **RA** Bolsa de doutoramento UI/BD/154689/2023 da FCT; **XD** Bolsa 2024-1-NL01-KA131-HED-000208070 do programa Erasmus+; **LF** Bolsa 2023-1-CZ01-KA-131-HED-000142004 do programa Erasmus+.

CAIXA 1 – COMO SÃO AMOSTRADAS AS FLORESTAS?

Os plots de 10 m x 10 m foram marcados há 12 anos, em 2012 ou 2013, e para remarcar estes pontos foram utilizadas as coordenadas GPS dos cantos, tendo as cordas que já existiam em cada local ajudado a reencontrar os locais. Em 2024 e 2025, as coordenadas geográficas foram marcadas com um recetor GPS de alta precisão (modelo Spectra Geospatial SP30) para facilitar o trabalho futuro. Adicionalmente cada canto foi marcado com uma serrilha colorida, indicando a orientação, por exemplo Norte (1), vermelho, Norte (2), verde, Sul (1), amarelo, Sul (2), azul.

Para a recolha dos briófitos foi utilizada a metodologia GIMS (Borges et al., 2018). Cada plot é subdividido em 25 quadrats de 2 m x 2 m, numerados de 1 a 25. Destes quadrats são selecionados três aleatoriamente, que são meticulosamente explorados, recolhendo três réplicas de pequenas amostras de briófitos (5 cm x 10 cm), de forma sistemática em cada um dos substratos disponíveis. São recolhidas amostras de briófitos que crescem em rocha, no solo, sobre húmus, em matéria orgânica em decomposição, sobre troncos vivos e sobre folhas ou frondes. No caso da amostragem de troncos, são obtidas amostras em três níveis de altura: baixo (1 cm – 50 cm); médio (51 cm – 100 cm); alto (101 cm – 200 cm). Os dados fotográficos, biológicos e ambientais que acompanham cada uma das amostras foram recolhidos utilizando uma aplicação criada para o efeito na plataforma Epicollect5.

Os inventários das plantas vasculares também seguiram o protocolo GIMS (Borges et al., 2018). O mesmo plot de 10 m x 10 m é subdividido em quatro sub-plots, de 5 m x 5 m, cada. Em cada sub-plot as espécies de plantas vasculares são inventariadas, e registadas as suas coberturas na escala OTV de nove níveis (van den Maarel, 1979). Para além das coberturas, medem-se as alturas e os valores do diâmetro à altura do peito de todas as plantas que tenham um diâmetro superior a 10 cm a 130 cm do solo. A regeneração das espécies também é considerada em cinco quadrats (2 m x 2 m), os quatro exteriores do plot, e no seu centro. Nestas áreas, são contados o número de rebentos basais de árvores e arbustos, de plântulas e de juvenis, registando ainda a respetiva espécie, altura máxima, número de folhas, e vitalidade.

CAIXA 2 — QUAL O NOME CIENTÍFICO DAS ESPÉCIES DE PLANTAS?

Apresentam-se mais algumas informações acerca das espécies referidas neste artigo.

| GRUPO | NOME COMUM | NOME CIENTÍFICO | ESTATUTO DE COLONIZAÇÃO |
|--------------------------------------|----------------------------|---|-------------------------|
| Musgos | Musgo endêmico | <i>Echinodium renauldii</i> (Cardot) Broth. | END - AZ |
| | Musgão | <i>Sphagnum</i> | |
| Fetos | Feto-do-botão | <i>Woodwardia radicans</i> (L.) Sm. | Nativa |
| | Driopteris dos Açores | <i>Dryopteris azorica</i> (Christ) Alston | END - AZ |
| | Feto-do-cabelinho | <i>Culcita macrocarpa</i> C.Presl | Nativa |
| | Feto-pente | <i>Struthiopteris spicant</i> (L.) Weis | Nativa |
| | Himenófilo-dos-ramos-altos | <i>Hymenophyllum wilsonii</i> Hook. | Nativa |
| | Feto-arbóreo-da-Tasmânia | <i>Dicksonia antarctica</i> Labill. | Invasora |
| Gimnospérmicas | Cedro-do-mato | <i>Juniperus brevifolia</i> (Hochst. ex Seub.) Antoine | END - AZ |
| Angiospérmicas - Dicotiledóneas | Azevinho | <i>Ilex azorica</i> Gand. | END - AZ |
| | Cletra | <i>Clethra arborea</i> Aiton | Invasora |
| | Faia-da-terra | <i>Morella faya</i> (Aiton) Wilbur | Nativa |
| | Incenso | <i>Pittosporum undulatum</i> Vent. | Invasora |
| | Louro-da-terra | <i>Laurus azorica</i> (Seub.) Franco | END - AZ |
| | Metrosídero | <i>Metrosideros excelsa</i> Gaertn. | Invasora |
| | Pau-branco | <i>Picconia azorica</i> (Tutin) Knobl. | END - AZ |
| | Queiró | <i>Daboecia azorica</i> Tutin & E.F.Warb. | END - AZ |
| | Rapa | <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull | Nativa |
| | Sanguinho | <i>Frangula azorica</i> Grubov | END – AZ |
| | Tamujo | <i>Myrsine retusa</i> Aiton | END – AZ |
| | Tomilho | <i>Thymus caespitius</i> Brot. | Nativa |
| | Trovisco-macho | <i>Euphorbia stygiana</i> H.C.Watson subsp. <i>stygiana</i> | END – AZ |
| | Urze | <i>Erica azorica</i> Hochst. ex Seub. | END – AZ |
| | Uva-da-serra | <i>Vaccinium cylindraceum</i> Sm. | END - AZ |
| Angiospérmicas - Monocotiledóneas | Canicão | <i>Holcus rigidus</i> Hochst. ex Seub. | END - AZ |
| | Conteira | <i>Hedychium gardnerianum</i> Sheppard ex Ker-Gawl. | Invasora |
| | Erva-das-galinhas | <i>Tradescantia fluminensis</i> Vell. | Invasora |
| | Saragasso | <i>Luzula urpúreo-splendens</i> Seub. | END – AZ |

REFERÊNCIAS

- Alexander, M. (2024). *Azores temperate mixed forests*. EBSCO Research Starters.
- Borges, P.A.V., Gabriel, R., Arroz, A., Costa, A., Cunha, R., Silva, L., Mendonça, E. Martins, A.F., Reis, F. & Cardoso, P. (2010). The Azorean Biodiversity Portal: an internet database for regional biodiversity outreach. *Systematics and Biodiversity*, 8, 423-434.
- Borges, P. A. V., Bried, J., Costa, A. C., Cunha, R. T. D., Gabriel, R., Gonçalves, V., Martins, A. F., Melo, I., Parente, M., Raposeiro, P., Rodrigues, P., Santos, R. S., Silva, L., Vieira, P., Vieira, V., Mendonça, E. & Boieiro, M. (2010). Description of the terrestrial and marine biodiversity of the Azores. In P. A. Borges, A. Costa, R. Cunha, R. Gabriel, V. Gonçalves, A. F. Martins, I. Melo, M. Parente, P. Raposeiro, P. Rodrigues, R. S. Santos, L. Silva, P. Vieira & V. Vieira (Eds.), *A list of the terrestrial and marine biota from the Azores* (pp. 9-33). Principia, Cascais. 429 pp.
- Borges, P. A. V., Morgado, L. N., Gabriel, R., Elias, R. B., Gauche, M., Ah-Peng, C., Otto, R., Nascimento, L., Strasberg, D., Guerrero-Ramírez, N., Kreft, H. & Fernández-Palacios, J. M. (2025). Integrating plot-based methods for monitoring biodiversity in island habitats under the scope of BIODIVERSA + project BioMonI: Tree monitoring in Terceira, Tenerife and Réunion Islands. *Biodiversity Data Journal*, 13, e1587423. DOI:10.3897/bdj.13.e158423
- Borges, P.A.V., Cardoso, P., Kreft, H., Whittaker, R. J., Fattorini, S., Emerson, B., et al. (2018). Global Island Monitoring Scheme (GIMS): a proposal for the long-term coordinated survey and monitoring of native island forest biota. *Biodiversity Conservation*, 27, 2567–2586. DOI:10.1007/s10531-018-1553-7
- Coelho, M.C.M., Elias, R. B., Kluge, J., Pereira, F., Henriques, D.S.G., Aranda, S.C., Borges, P.A.V., Ah-Peng, C. & Gabriel, R. (2016). Long-term monitoring across elevational gradients (II): Vascular plants on Pico Island (Azores) transect. *Arquipélago. Life and Marine Sciences*, 33, 21-44.
- Coelho, M., Gabriel, R., Hespanhol, H., Borges, P. A., & Ah-Peng, C. (2021). Bryophyte Diversity along an Elevational Gradient on Pico Island (Azores, Portugal). *Diversity*, 13(4), 1-32. DOI:10.3390/d13040162
- Elias, R.B., Gil, A., Silva, L., Fernández-Palacios, J.M., Azevedo, E.B. & Reis, F. (2016) Natural zonal vegetation of the Azores Islands: characterization and potential distribution. *Phytocoenologia* 46(2), 107-123.
- European Commission. (1992). *Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora*. Official Journal of the European Communities, L206, 7–50.
- Florencio, M., Patiño, J., Nogué, S., Traveset, A., Borges, P. A., Schaefer, H. et al. (2021). Macaronesia as a fruitful arena for ecology, evolution, and conservation biology. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 718169. DOI:10.3389/fevo.2021.718169
- Gabriel, R., Morgado, L., Borges, P.A.V., Coelho, M.C.M., Aranda, S.C., Henriques, D.S.G., et al., (2024a). The MOVECLIM–AZORES project: Bryophytes from Pico Island along an elevation gradient. *Biodiversity Data Journal*, 12, e117890.
- Gabriel, R., Morgado, L., Henriques, D., Coelho, M.C.M., Hernández-Hernández, R. & Borges, P.A.V. (2024b). The MOVECLIM – AZORES project: Bryophytes from Terceira Island along an elevation gradient. *Biodiversity Data Journal*, 12: e131935. DOI:10.3897/BDJ.12.e131935
- Gabriel, R., Morgado, L. N., Poponessi, S., Henriques, D. S. G., Coelho, M. C. M., Silveira, G. M., Pereira, F., & Borges, P. A. V. (2025). *The MOVECLIM – AZORES project: Bryophytes from Flores Island (2013) (Version 1.0)* [Dataset]. GBIF. <https://www.gbif.org/dataset/f846b120-a1a7-4b1d-a4b5-e0baf6f46775>
- Gaspar, C., P. A. V. Borges & K. J. Gaston (2008). Diversity and distribution of arthropods in native forests of the Azores archipelago. *Arquipélago — Life and Marine Sciences*, 25, 1–30.
- Governo Regional dos Açores. (2007). *Decreto Legislativo Regional n.º 15/2007/A, de 25 de junho. Criação dos Parques Naturais de Ilha*. Jornal Oficial da Região Autónoma dos Açores.
- Guerrero-Ramírez, N., Ah-Peng, C., Borges, P. A. V., Camperio, G., de Nascimento, L., Elias, R. B., Essl, F., Gabriel, R., Lenzner, B., Mologni, F., Morgado, L., Patiño, J., Suter, S., Wildpret Martin, W., Zemp, C., Kreft, H. (2025). Biodiversity monitoring of island ecosystems (BioMonI). *ARPHA Conference Abstracts*, 8, e155875. DOI:10.3897/aca.8.e155875
- Henriques, D., Borges, P.A.V., Ah-Peng, C. & Gabriel, R. (2016). Mosses and liverworts show contrasting elevational distribution patterns in an oceanic island (Terceira, Azores): the influence of climate and space. *Journal of Bryology*, 38(3): 183-194. DOI:10.1080/03736687.2016.1156360
- Hodgetts, N., Calix, M., Englefield, E., Fettes, N., García Criado, M., Patin, L., et al. (2019). *A miniature world in decline: European Red List of mosses, liverworts and hornworts*. Brussels, Belgium, IUCN. DOI:10.2305/IUCN.CH.2019.ERL.2.en.
- Silva, L. B., Madeira, P., Pavão, D., Elias, R. B., Moura, M., & Silva, L. (2023). Vascular plant taxa occurrences in exotic woodland and in natural and production forests on the Islands of São Miguel, Terceira and Pico (Azores). *Biodiversity Data Journal*, 11, e109082.
- Triantis, K. A., P. A. V. Borges, R. J. Ladle, J. Hortal, P. Cardoso, C. Gaspar, ... & R. J. Whittaker (2010). Extinction debt on oceanic islands. *Ecography*, 33(2), 285–294.
- Tsafack, N., Pozsgai, G., Boieiro, M., Ros-Prieto, A., Nunes, R., Ferreira, M. T., & Borges, P. A. (2023). Edge effects constrain endemic but not introduced arthropod species in a pristine forest on Terceira (Azores, Portugal). *Forest Ecology and Management*, 528, 120646.