

A RESPOSTA ECOLÓGICA AO TURISMO E OS DESAFIOS DE GESTÃO DAS FLORESTAS DA MACARONÉSIA – A FLORESTA NATIVA DOS AÇORES COMO CASO DE ESTUDO



RUI CARVALHO^{1*}

*rui.m.carvalho@gmail.com

¹ Departamento de Biologia e Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, Aveiro, Portugal.

cE3c – Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes & CHANGE – Global Changes and Sustainability Institute, Universidade dos Açores

LIBRe – Laboratory for Integrative Biodiversity Research, University of Helsinki

RESUMO

A ocupação portuguesa dos Açores desde o século XV teve efeitos dramáticos na vegetação do arquipélago. A Laurissilva, que ocupava quase a totalidade do território abaixo dos 600m, está hoje em risco. Acima desta altitude, protegidas pelo desafiante terreno montanhoso, as florestas de nuvens, também habitat de floresta nativa, sofreram menor impacto humano. Nestes habitats, a percentagem de espécies endémicas pode chegar aos 52%, algumas das quais presentes exclusivamente numa única ilha. Os Açores são caso ímpar de ocorrência de florestas de nuvens fora da zona tropical e subtropical. Nos últimos anos, verificou-se um acentuar da procura dos trilhos recreativos que atravessam estas florestas, já que são as infraestruturas que permitem aos turistas visitar esta relíquia paisagística. A raridade e a sensibilidade excecionais deste habitat, tornavam premente perceber se a atividade turística estava a ter impactos na integridade do ecossistema. Nesse sentido, e com base em mais de duas décadas de pesquisa ecológica desta floresta, foi criado um sistema de monitorização capaz de compreender a dinâmica entre o uso turístico e a resposta ecológica destas florestas. O seu desenho teve em conta a necessidade de providenciar indicações claras, às entidades gestoras, de como minimizar os impactos recreativos, otimizando dois mandatos por vezes contraditórios: salvaguardar a área protegida de ameaças à sua integridade e promover a sua visita.

CITAÇÃO RECOMENDADA A resposta ecológica ao turismo e os desafios de gestão das florestas da Macaronésia – A floresta nativa dos Açores como caso de estudo. *Lucanus* – Revista de Ambiente e Sociedade, Volume VII, Páginas 156-177.

Os resultados da monitorização demonstram que: i) os trilhos pedestres têm implicações na alteração das espécies das comunidades de plantas adjacentes ao trilho, tanto taxonómica como funcionalmente; e ii) a abundância de espécies invasoras aumenta com a proximidade ao trilho. Com recurso a uma experiência de pisoteio, compreendeu-se que, mesmo pressões muito baixas de pisoteio do subcoberto, nomeadamente em musgos, herbáceas e arbustivas, produzem danos muito significativos na altura e na abundância das espécies presentes. Testes com técnicas de construção sustentável de trilhos demonstraram que infraestruturas sustentáveis melhoram significativamente a capacidade de recuperação da vegetação pisoteada. Dentro das técnicas estudadas, os passadiços em madeira apresentaram uma diferença positiva observável na regeneração das plantas, sendo a sua construção menos exigente. Com os resultados obtidos, criou-se a possibilidade de gerir os impactos nestas florestas únicas com base no conhecimento, e de acompanhar a sua evolução através de um programa de monitorização a longo prazo.

PALAVRAS-CHAVE

Aranhas, atividades de lazer, construção de trilhos, ecologia do lazer, monitorização, plantas, pisoteio, turismo

ABSTRACT

The Portuguese occupation of the Azores from the XV century on had dramatic effects on the lowland (below 600m) vegetation. The laurel forest that occupied most of this territory is at the brink of disappearing. Above this altitude, protected by the challenge of mountainous terrain, lies another native forest habitat: the cloud forests. The percentage of endemic species in cloud forests can reach 52%, including several single island endemics. The Azorean cloud forests are a unique occurrence outside tropical or subtropical regions. In recent years there has been a steep increase in visitation of these forests through the pedestrian trails that cross them, as these are the infrastructures that allow tourists to visit this high-valued landscape. Given the exceptional sensitivity and rarity of this habitat, it would be important to understand to what extent the recreational activity was impacting the ecosystem's integrity. Based on research developed on these forests consistently over two decades, the monitoring system created allows us to understand the dynamics between recreation use and the forest's ecological response. Its design also considered the need to provide the protected area managers with clear directions on how to minimize recreational impacts, so they could optimize two sometimes conflicting needs: to safeguard the protected area from threats to its integrity and to promote visitation. Results show that the pedestrian trails are causing taxonomical and functional shifts in adjacent plant communities, and that are a cause for increase in the abundance of exotic plant species. We conducted a trampling experience to assess plant resistance to trampling in this environment with highly organic soil and constant presence of water. Mosses, herbaceous and shrubs suffered significant damage, resulting in decreasing plant height and abundance. We tested sustainable trail building techniques and verified that these significantly improved the surrounding vegetation recovery. Within the tested techniques, bog bridges had higher plant regeneration rates and were less demanding to build, both in budget and human resources. The acquired findings represent a significant advancement in trail management grounded in scientific knowledge. Continual monitoring will provide insight into the forest's ongoing response to recreational activities.

KEYWORDS

Monitoring, recreation ecology, recreational activities, spiders, trail building, trampling, tourism.



1 INTRODUÇÃO

Há séculos que as ilhas invocam fantasia, contato com a natureza selvagem, separação da Humanidade e aventura. O seu charme atrai a atenção de pessoas de todo o mundo e cria oportunidades de negócio que tornaram este fenómeno geográfico no segundo maior destino turístico do mundo. Sendo os ecossistemas insulares dos mais sensíveis a perturbações externas, tamanho fluxo humano levanta questões e desafios no que diz respeito ao planeamento, gestão e desenvolvimento (Sharpley 2012). Apesar de representarem apenas 5,3% da massa terrestre global, são verdadeiras caixinhas de tesouro da diversidade taxonómica, filogenética e funcional do mundo e apresentam elevados níveis de especiação e endemismo (Borges *et al.* 2018). Dado que as espécies endémicas são as mais afetadas pela perturbação do habitat e pela introdução de espécies exóticas (Cardoso *et al.* 2007; Cardoso *et al.* 2009; Gaspar *et al.* 2011), os habitats que albergam estas espécies constituem uma prioridade de conservação. Tal é o caso do arquipélago das florestas nativas dos Açores.

O arquipélago vulcânico dos Açores está localizado no Oceano Atlântico Norte, a 1 369 km do Cabo da Roca. É composto por nove ilhas principais – oito durante a última glaciação, que uniu o Pico e o Faial – e algumas pequenas ilhotas. A ilha mais antiga é a ilha Santa Maria, com seis milhões de anos, e a mais nova é o Pico, com cerca de 300 mil anos.



FIGURA 1 Arquipélago dos Açores e localização dos trilhos. Lagoinha (rosa), Mistérios Negros (azul), Guilherme Moniz (vermelho), Malhadas (púrpura).

Trata-se do arquipélago mais recente da Macaronésia – do grego “*makarios*” (feliz) e “*nesos*” (ilhas) – juntamente com os arquipélagos das Selvagens, Canárias, Cabo Verde e Madeira. É a região com mais biodiversidade endêmica da Europa, e local de muitas radiações filogenéticas, fruto da exploração de recursos e ambientes na mesma ilha, ou da especiação geográfica por isolamento. Dado os seus géneros dominantes serem paleoendémicos, as florestas que aí se poderão encontrar são uma viagem ao passado do que eram a Europa do Sul e Norte de África até à última glaciação (12 mil anos). O forte filtro à sua colonização imposto pela distância oceânica limita grandemente a diversidade de flora com origem paleotropical presente. Contudo, as espécies que venceram aquela barreira geográfica encontraram nestas ilhas o clima quente e húmido propício à sua sobrevivência. Estas florestas, denominadas de Laurissilvas oceânicas, instalaram-se desde a altura do mar até cerca dos 600 metros de altitude (Fernandez-Palacios *et al.* 2017). As espécies que chegaram aos Açores encontraram vários nichos ecológicos por ocupar e deram início a um processo de especiação que originou um grande número de endemismos, tanto para o arquipélago como para ilhas únicas (Fernandez-Palacios *et al.* 2017).

O clima da Macaronésia não mudou muito desde o Terciário. No caso dos Açores, o seu clima é subtropical oceânico e caracterizado por brandura térmica, uma humidade relativa do ar elevada e precipitações regulares e fortes. Nas altitudes mais elevadas ocorre um fenómeno de grande importância ecológica: a interceção de neblina pela montanha que resulta em zonas das ilhas imersas em nuvens (Azevedo 2016). É neste ambiente, entre os 600 e os 1000 metros de altitude, que se encontram as florestas montanas de nuvens. São caracterizadas pelo codomínio do Cedro *Juniperus brevifolia* e do Azevinho *Ilex perado* subsp. *azorica*, ou só de Cedro. Em resposta às condições ambientais, estas árvores desenvolvem troncos retorcidos de estatura baixa, mas em elevada densidade. Estes troncos são recobertos de plantas epífitas que lhes conferem complexidade e beleza paisagística. A interceção dos nevoeiros dá origem a gotículas que pairam e se movimentam com a brisa, denominadas de precipitação horizontal. O visitante deste habitat pode observar e sentir a deslocação destas gotas flutuantes, conferindo-lhe uma atmosfera ainda mais exótica (Elias 2014).

Apesar de existirem indícios da sua descoberta desde o século VIII pelos povos nórdicos (Gabriel *et al.* 2014), o povoamento deste arquipélago só se iniciou no século XV pelos portugueses. Gaspar Frutuoso, nos seus escritos “Saudades da Terra”, datados do final do século XVI, descrevia assim a vegetação: “...eram tão bastas as árvores que em muitas partes um cão não podia passar por entre elas, nem por debaixo delas; e muitas vezes se andava grande espaço de terra, sem porem os homens os pés no chão, senão por cima das árvores, que estavam verdes, (...) que não havia caminho senão por cima delas, e alguns bois se perdiam e andavam na serra três a quatro anos.” (Frutuoso 1987).



FIGURA 2 Vista de solo da floresta de nuvens dos Açores (©Rui Elias).

Esta floresta teria o destino das de muitas outras ilhas temperadas, semi-tropicais e tropicais. Os padrões históricos de desflorestação resultaram no desmatamento das terras baixas, poupando apenas os locais de mais difícil acesso: as montanhas, onde ficaram preservados os últimos fragmentos remanescentes da floresta pré-humana intocada que em tempos cobria a maior parte das ilhas vulcânicas oceânicas. Seis séculos de perturbação e alterações no uso do solo reduziram a cerca de 5% o território açoriano coberto por floresta nativa (Triantis *et al.* 2010), maioritariamente nas ilhas das Flores, Pico e Terceira (Gaspar *et al.* 2010). Esta redução resulta sobretudo da conversão em habitats antrópicos, de silvicultura e agricultura, habitats da orla que estão na origem de dinâmicas complexas de introdução de espécies, já que criam oportunidades para um constante fluxo de espécies não nativas para o interior daquelas florestas (Matthews *et al.* 2019). Tal processo pode alterar as interações bióticas estabelecidas, eventualmente proporcionando novas oportunidades ecológicas para invasores, e colocando em causa a sua conservação (Didham 2007).

É da capacidade de conservar esta floresta que está dependente a preservação de numerosas espécies endémicas, bem como de serviços de ecossistema tais como armazenamento de água, controlo da erosão, polinização,

controlo de pragas, abastecimento de alimentos, recreação e turismo. Os gestores de áreas protegidas estão conscientes da importância da visitação para sensibilizar a população para a relevância, beleza e necessidade de conservação desses locais. Os trilhos são responsáveis por permitir o acesso a estes habitats de grande qualidade, localizados em áreas protegidas onde o acesso humano é restrito a atividades pedestres. As redes de trilhos das áreas protegidas possibilitam o contacto com a fauna e flora destes locais, podendo o visitante experienciar fenómenos naturais na primeira pessoa e em proximidade, experiência que lhe permite a criação de vínculos com o local e gera bem-estar (Marion 2023).

Apesar das vantagens, este fluxo humano para o interior destas áreas sensíveis tem riscos para os habitats em questão. Há evidências de que a abundância e riqueza de espécies exóticas é significativamente maior em locais onde ocorrem atividades turísticas (Anderson *et al.* 2015), e os trilhos podem promover a propagação de plantas invasoras (Baret & Strasberg 2005). Na Macaronésia e, em particular, nos Açores, a importância dos trilhos naturais na propagação da fauna e da flora invasoras tem sido pouco estudada, sendo os seus efeitos considerados secundários quando comparados com outros fatores de perturbação já estabelecidos (Queiroz *et al.* 2014).

Ao contrário dos arquipélagos da Madeira e das Canárias, os Açores só em 2015 liberalizaram o seu espaço aéreo. Nesse ano duas companhias *low-cost* começaram a fazer voos para os Açores. Esta mudança de política regional gerou um notável aumento de visitas turísticas a estas ilhas (Vieira *et al.* 2019). O consequente aumento das atividades de turismo recreativo nos habitats nativos dos Açores (SREA 2018) é considerado um risco de conservação (Moreira *et al.* 2018).

FIGURA 3 Mancha de floresta de nuvens pristina (Caldeira de Santa Bárbara, Terceira).



2 COMPREENDER A DINÂMICA ECOLÓGICA DOS TRILHOS

As constatações da súbita mudança de circunstâncias em termos de intensidade de uso dos trilhos pedestres motivaram a criação de um projeto cujo objetivo principal era compreender qual era a dinâmica de causa-impacto entre o uso recreativo dos trilhos e a floresta nativa açoriana. As metodologias utilizadas foram selecionadas para que, além de contribuir para este objetivo principal, constituíssem por si mesmas unidades que individualmente forneciam direções inequívocas sobre questões de gestão de trilhos para as quais não existiam estudos científicos para apoiar a decisão.

A abordagem científica teve como base duas disciplinas da ecologia: Ecologia do Lazer e Ecologia Insular. A Ecologia do Lazer (*Recreation Ecology*) – define-se pelos estudos dos impactos ecológicos que as atividades recreativas ao ar livre representam em ambientes naturais e seminaturais (Liddle 1997; Hammit & Cole 1998). Atividades como caminhadas, campismo, uso de veículos todo-o-terreno e outras formas de recreação ao ar livre podem ter efeitos nos ecossistemas: desde a vida selvagem, a vegetação, o solo, a água e outros recursos naturais. O objetivo da ecologia do lazer é compreender estes impactos, a fim de desenvolver práticas de gestão sustentáveis que minimizem os efeitos negativos e, ao mesmo tempo, permitam que as pessoas desfrutem e beneficiem dessas atividades (Marion 2023).

A Ecologia Insular visa separar fatores históricos, ecológicos e antrópicos que moldaram as comunidades insulares, concentrando-se numa vasta gama de organismos e arquipélagos. Este projeto nasceu no seio do Grupo da Biodiversidade dos Açores – um grupo de investigação que muito tem investido nesta área científica e sido um forte centro de desenvolvimento da amostragem intensiva e padronizada em ilhas, gerando a base de dados mais completa disponível para artrópodes e espécies de plantas para um arquipélago (Borges *et al.* 2010). Isto permitiu testar várias teorias ecológicas (ver, por exemplo, Borges *et al.* 2009; Gaston *et al.* 2006) e desenvolver um quadro metodológico e estatístico unificado para o estudo de dados espaciais e temporais, incluindo os seus componentes filogenéticos e funcionais (Cardoso *et al.* 2014), juntamente com um pacote estatístico incorporando essas inovações (Cardoso *et al.* 2015).

3 EFEITOS DOS TRILHOS NA INTEGRIDADE DA FLORESTA NATIVA

Tradicionalmente, os estudos clássicos do efeito recreativo na biodiversidade são fragmentados, focando-se nas respostas de grupos taxonómicos específicos em vez de tentar compreender a resposta global da comunidade da floresta (Ballantyne & Pickering 2015). A compreensão da resposta das comunidades de floresta nativa tem sido o objetivo de um esforço de mais de 20 anos pelo Grupo da Biodiversidade dos Açores, que, baseado em amostragens padronizadas, conseguiu desenvolver metodologias, teorias ecológicas e abordagens estatísticas que, unidas, dão uma capacidade singular de interpretação ecológica. Partindo do conhecimento ecológico já gerado no arquipélago e com base nas metodologias desenvolvidas pela Ecologia do Lazer, foi possível desenhar um protocolo de monitorização muito eficiente na leitura da resposta ecológica.

Para obter a desejada percepção geral da comunidade da floresta selecionaram-se duas das comunidades mais influentes na dinâmica ecológica: a das plantas e a dos artrópodes. Os esforços de amostragem de artrópodes incidiram



FIGURA 4 Secção com graves lacunas de desenho e manutenção do trilho oficial da Serreta, ilha Terceira. A resposta dos visitantes (pisoteio) provoca destruição da vegetação e altera as propriedades do solo.

sobre as aranhas, um grupo de predadores exclusivo e altamente diverso, que demonstraram serem bons indicadores do estado da comunidade de artrópodes (Cardoso *et al.* 2010; Gaspar *et al.* 2010; Florencio *et al.* 2016).

Foram monitorizados trilhos que atravessavam a floresta nativa nas duas ilhas com maior atividade turística - São Miguel e Terceira. Em cada trilho foram selecionados quatro locais de amostragem, mais dois no interior da floresta, em áreas bem conservadas e onde os trilhos não teriam qualquer efeito.

Não foi detetado um efeito significativo das variáveis de recreação na diversidade, abundância ou estrutura das comunidades de aranhas. Este resultado poderá ser fruto de uma capacidade anteriormente reportada de as aranhas nativas conseguirem suportar uma entrada contínua de exóticas (Nunes 2017). Florêncio *et al.* (2016) estabeleceu que as variáveis de habitat da vegetação são bons preditores da riqueza de espécies nativas de aranhas. Mais especificamente, o habitat da floresta nativa e as plantas endémicas ou nativas permitem manter elevadas proporções de aranhas indígenas, apesar da proximidade de habitats exóticos e a sua contribuição constante de espécies exóticas. No caso dos trilhos, se a composição e estrutura da comunidade vegetal for substituída por espécies introduzidas, prevê-se que essas mudanças sejam estendidas às comunidades de aranhas. Há uma outra interpretação plausível dos resultados que remete para o pouco tempo passado entre o início do uso intensivo dos trilhos e a data do estudo. O uso do trilho pode estar a causar impactos nas comunidades de aranhas, mas o sistema poderá não ter acumulado impactos suficientes para que sejam estatisticamente detetáveis.



A comunidade de plantas demonstrou sofrer vários impactos derivados de atividades recreativas.”



A comunidade de plantas demonstrou sofrer vários impactos negativos derivados das atividades recreativas. A proximidade ao trilho de uma área de amostragem resulta no aumento da abundância de espécies invasoras. A relação entre a proximidade do trilho e o aumento de invasoras resulta sobretudo da existência da infraestrutura em si. Um trilho representa uma quebra na continuidade de vegetação da floresta, criando um ponto de acesso de raios solares ao solo, que confere uma oportunidade à vegetação de características funcionais associadas à pressão recreativa: heliofilia (afinidade com locais ensolarados), rápido crescimento, presença de órgãos de armazenamento subterrâneo, área foliar, lenhosidade, resistência ao pisoteio (Liddle 1991).

Como a literatura reportava que os primeiros metros são onde são depositadas a grande percentagem das sementes trazidas pelos visitantes, o efeito do início do trilho na abundância de invasoras foi testado. Contudo, como as áreas de floresta nativa eram precedidas de habitats seminaturais ou de sucessão, a oportunidade de se testar eficientemente a hipótese de serem os visitantes a transportar invasoras perdeu plausibilidade neste estudo. Neste contexto, a proximidade das orlas da floresta ao trilho e a zoocoria são fontes mais plausíveis para as plantas invasoras que encontraram condições para se instalarem no trilho.

As comparações de diversidade β entre as áreas do interior da floresta (controles) e as adjacentes ao trilho demonstraram uma mudança na composição de espécies destas últimas, acompanhada por uma substituição de características funcionais. As plantas adjacentes ao trilho têm características funcionais diferentes (hábito, presença de órgãos subterrâneos, tipo de folha, entre outros). Este era um resultado plausível dado que as evidências visuais de pisoteio eram múltiplas. A destruição de plantas nativas ou endêmicas pelo pisoteio cria áreas de solo nu que permite o crescimento de espécies oportunistas, geralmente com características funcionais resistentes ao pisoteio (Marion 2023). O pisoteio pode compactar o solo e alterar propriedades importantes, como o pH. A competição direta e a mudança de condições podem dificultar o restabelecimento de espécies locais.

A metodologia utilizada para as plantas representou um grande esforço de amostragem e teve como objetivo capturar os impactos da recreação de forma bastante extensiva. Ações de monitorização futuras vão beneficiar da otimização do protocolo conforme descrito em Cardoso (2009), de modo que as áreas de coleta e pontos de amostragem sejam reduzidas ao mínimo esforço possível para conferir a mesma sensibilidade aos impactos recreativos. Isto tornará este protocolo mais exequível por investigadores e equipas de áreas protegidas (Borges *et al.* 2018; ver também Cardoso 2009).

4 IMPACTO DO PISOTEIO

Os atuais trilhos nos Açores raramente foram concebidos utilizando boas práticas de sustentabilidade da infraestrutura. Muitas vezes os trilhos oficiais são herdados de caminhos de pastores, ou de madeireiros. Ainda recentemente, alguns trilhos criados de raiz não cumpriam os critérios estéticos e de sustentabilidade desejáveis para a sua homologação. Esta situação indesejável é agravada com os elevados níveis de precipitação e de matéria orgânica do solo, típicos destas montanhas, que favorecem a erosão dos trilhos (Leung & Marion 1996). Na ausência da intensa manutenção que estes trilhos requerem, as secções onde a água se desloca no trilho irá transportar partículas de solo e criar sulcos. Nas áreas de acumulação, a água e o solo orgânico transformam-se em lameiros (Marion 2023). Como os visitantes tendem a evitar a lama, acabam por pisar a vegetação circundante. Sem resposta, este problema causa um perpétuo alargamento que torna áreas anteriormente de vegetação em áreas com lama, o que leva novos visitantes a procurar novas áreas com vegetação. Este fenómeno fez com que secções do Trilho do Pico da Vara, um trilho oficial em São Miguel, se expandisse de aproximadamente meio metro para três metros de largura. Em contrapartida, o trilho dos Graminhais, adjacente ao Pico da Vara e sujeito às mesmas condições ambientais, foi construído sob supervisão especializada e orçamentado para garantir soluções duradouras, resultou numa infraestrutura que manteve e mantém o seu conforto, segurança e proteção ao pisoteio por muitos anos.

É importante reconhecer que o pisoteio é provavelmente a maior fonte de perturbação recreativa na floresta nativa açoriana. Para compreender o seu efeito numa escala precisa, foi desenhada uma experiência manipulativa de pisoteio da vegetação. Teve como objetivo avaliar como a vegetação de subcoberto (fetos, arbustos, herbáceas e musgos) respondia a diferentes intensidades de pisoteio. Esta experiência foi conduzida em áreas de acesso proibido ao público para garantir que os impactos observados eram do pisoteio realizado pelos intervenientes na experiência.

Os resultados demonstraram que a intensidade de pisoteio combinada com o tipo de vegetação são os melhores preditores dos impactos nas plantas. Os musgos foram o grupo mais sensível de todos os grupos testados. A sua baixa resistência e resiliência, aliadas ao seu contributo positivo para a qualidade visual da paisagem, entre outros serviços que prestam, fazem com que *Sphagnum* spp. seja um grupo de especial interesse quando se considera a seleção de áreas problemáticas de impacto ecológico recreativo. Cerca de 25



FIGURA 5 Dois trilhos adjacentes, com qualidades de construção díspares, e os efeitos na vegetação adjacente.

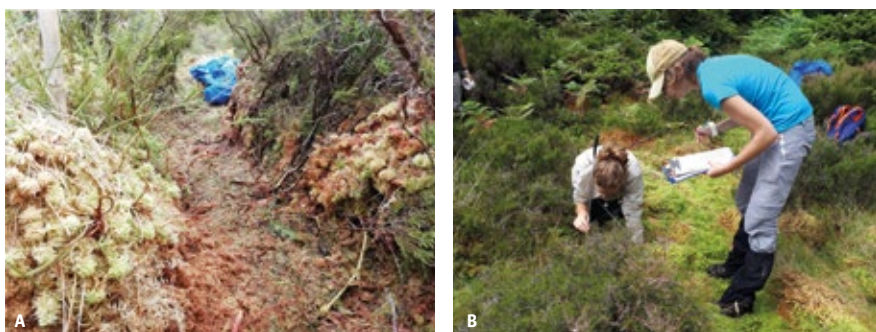


FIGURA 6 Experiência manipulativa de pisoteio. **A** – pisoteio a decorrer; **B** – monitorização das plantas pós-pisoteio.

passagens são suficientes para reduzir a altura da vegetação para metade, e 225 passagens reduzem a sua abundância para metade. Mesmo um pequeno evento de pisoteio implica impactos na capacidade de sobrevivência e na cobertura do solo dos indivíduos, diminuindo a sua área de ocupação. Sendo uma espécie de solo acidófilico e com baixo teor de nutrientes, a alcalinização dos solos geralmente causada pela presença de trilhos (Ballantyne & Pickering 2015) pode comprometer a sua capacidade de recuperar a área inicial de ocupação (Mendes *et al.* 2019). As plantas herbáceas ficaram em segundo lugar em termos de sensibilidade ao pisoteio. Porém, devido ao seu rápido desenvolvimento em áreas de solo despido, têm tendência a recuperar áreas anteriormente ocupadas por outras plantas.

Contradizendo as expectativas e a literatura, os fetos registaram apenas um efeito negativo ligeiro e não significativo. O motivo foi que se contabilizaram folhas de indivíduos cujos caules não se encontravam na zona de tratamento, e por isso não registaram danos independentemente do tratamento. Dadas estas circunstâncias, devido aos seus caules frágeis, os fetos são muito propensos a danos graves quando pisoteados (Hill & Pickering 2009) e, portanto, recomendamos que sejam considerados de alta sensibilidade quando se considera a avaliação do impacto recreativo.

Os arbustos demonstraram boa resistência inicial devido ao seu hábito lenhoso, mas após seis meses perdiam a vantagem sobre as plantas não lenhosas em termos de altura. Os indivíduos das herbáceas muitas vezes morriam e eram substituídos por outros. Já os de hábito de lenhoso mantêm-se vivos mais frequentemente, mas ficam limitados por uma lenta recuperação dos danos sofridos (Roovers *et al.* 2004).

Pode-se concluir, claramente, que áreas com elevado teor de água e presença de briófitos, ervas ou arbustos requerem infraestruturas de trilhos de boa qualidade para evitar impactos rápidos e cumulativos do pisoteio dos visitantes sobre a vegetação. Realizar estas ações preventivamente em vez de reactivamente é crucial, uma vez que locais altamente pisoteados podem sofrer alterações profundas nas propriedades do solo – mineralização, pH, sementes exóticas depositadas por caminantes, potencial diferencial de recolonização de sementes (Ballantyne & Pickering 2015) – que resultam numa menor capacidade, ou mesmo incapacidade, de as plantas originais reocuparem as áreas pisoteadas.



5 IMPACTO DA QUALIDADE DE CONSTRUÇÃO DO TRILHO

A construção da grande maioria dos trilhos oficiais dos Açores não foi planejada ou implementada por projetistas experientes. Muitos apresentam vários problemas derivados de procedimentos inadequados de construção de trilhos: secções de trilho paralelas para contornar lama, pisoteio e destruição de vegetação adjacente, compactação do solo, erosão, exposição de raízes de árvores (Hammit & Cole 1998; Leung & Marion 1996; Marion 2023).

Apesar de ser um problema há mais de uma década, a escassez de recursos financeiros e humanos alocados a esta questão, e a falta de *know-how* de construção de trilhos entre as entidades responsáveis têm feito com que estes problemas persistam (Queiroz *et al.* 2014b) e, por vezes, se agravem. Estes impactos são visualmente desagradáveis e podem prejudicar a experiência recreativa (Roggenbuck *et al.* 1993) e com ela a reputação do destino turístico.

Um trilho sustentável permite a conservação das comunidades naturais adjacentes, contribui para a satisfação, experiência e segurança do utilizador, e permite aos gestores dos trilhos mantê-lo nesse estado com manutenções de intervalos e custos razoáveis. As normas de construção de trilhos não se destinam apenas a novos trilhos a serem criados. Trilhos antigos que apresentem problemas podem ser alvo de reencaminhamento, reconstrução ou restauro das áreas circundantes (Birchard *et al.* 2000; Marion 2023).

O sucesso dos passadiços do Paiva desencadeou uma rápida adoção destas infraestruturas em Portugal, que estão a ter bastante sucesso em levar visitantes a áreas naturais com segurança e isolando o meio envolvente de impactos como o pisoteio. Apesar dos méritos desta solução, nos trilhos que acedem a áreas mais remotas há uma forte preferência em tornar o trilho o mais invisível possível ao olhar humano, de forma que o visitante se sinta imerso na natureza e não numa plataforma de onde a observa de fora. Sempre que o terreno permite, o trilho ideal seria construído de uma forma pouco conspícua, com materiais locais. No entanto, os projetistas de trilhos nem sempre podem evitar que um trilho atravesse terrenos mal drenados. Portanto, é altamente recomendável que, se for necessário que o trilho passe em áreas de escorrência ou acumulação de água, se reforce a estrutura antes que surjam problemas. Reforçar um trilho consiste na substituição do material original do solo por outros que desacelerem os processos de erosão

e de acumulação de água. Em trilhos mais antigos, o reforço dá à vegetação circundante melhores possibilidades de regenerar (Marion 2016).

Existem diversas técnicas para reforçar trilhos em terrenos de potencial acumulação de água. A escolha depende das características do problema a ser intervencionado, dos materiais de construção disponíveis, da mão-de-obra e do orçamento global para construção e manutenção. Os intervalos de monitorização e seus custos são a taxa invisível ao mau planeamento. Uma opção de construção mais barata pode ser mais cara a longo prazo, devido à necessidade de substituição de materiais ou à necessidade de horas de trabalho para manter a infraestrutura em plena funcionalidade. Em áreas ecologicamente sensíveis, onde a manutenção das características hidrológicas é essencial para atender às necessidades de um grupo especial de plantas ou animais, a técnica utilizada deve ser hidrológicamente invisível – isto é, que a infraestrutura não altere a forma como a água se desloca na paisagem – restringindo as opções de construção disponíveis (Birchard *et al.* 2000).

Pela reconhecida importância da qualidade das infraestruturas, era crucial gerar conhecimento sobre que técnicas de construção eram mais adequadas para as áreas problemáticas dos trilhos em floresta nativa. Precisavam de cumprir três objetivos em simultâneo: i) proteger a vegetação circundante, ii) proporcionar uma passagem duradoura e segura para os utilizadores e iii) ter manutenções reduzidas. Em suma, a definição de trilho sustentável (Marion 2023). Construimos estruturas em pedra e estruturas em madeira, e medimos a sua eficácia na proteção da vegetação circundante contra o pisoteio. Estes resultados foram comparados com parcelas de controlo onde não houve intervenção.



Um trilho sustentável permite a conservação das comunidades naturais adjacentes, contribui para a satisfação, experiência e segurança do utilizador, e permite aos gestores dos trilhos mantê-lo nesse estado com manutenções de intervalos e custos razoáveis.”



6 PISOS ELEVADOS

Os pisos elevados utilizam materiais locais, como pedras e solo inorgânico, para elevar a superfície do trilho acima do solo. A superfície é arqueada para promover a rápida saída da água, resultando num caminho seco e estável. Quando bem construídos, são mais duráveis do que os passadiços e requerem menos manutenção (Hesselbarth *et al.* 2007).

O solo orgânico deve ser removido para garantir a estabilidade da construção. Se necessário, podem ser colocados troncos de retenção nas laterais, ancorados por estacas. O preenchimento começa com pedras maiores, diminuindo gradualmente o tamanho à medida que atinge a altura pretendida. A camada final é de cascalho fino, que deve ser compactado para garantir a estabilidade da forma arqueada da superfície final.



FIGURA 7 Construção de pisos elevados. **A** – processamento de rocha local para fazer o enchimento; **B** – estrutura terminada.

7 PASSADIÇOS

São estruturas de madeira elevadas acima do solo, sustentadas por bases do mesmo material que é instalado na camada mineral do solo. Do ponto de vista ecológico, têm a vantagem de serem hidrológicamente invisíveis, porque permitem que a água flua livremente debaixo da estrutura. A desvantagem desta técnica é que a madeira não tratada dura apenas cerca de 10 anos (Birchard *et al.* 2000), e são estruturas inflamáveis. Mas para zonas em que há dificuldade em obter rocha ou gravilha para construir as portas, os passadiços são uma estrutura que cumpre todos os pressupostos de sustentabilidade.

Como resultado da construção obtivemos métricas de custo e eficiência para cada técnica. Os passadiços necessitam de uma média de 60 horas de mão-de-obra para finalizar a construção, ao passo que os pisos elevados necessitam de 100 horas, em média. Durante os trabalhos de construção a equipa deparou-se com a escassez de rochas para manter os padrões de qualidade da construção, resultando em secções cuja altura pouco ou nada se elevava do solo adjacente. Consequentemente, as construções de madeira retiveram a totalidade do conforto e segurança, ao passo que um dos pisos elevados apresentou ligeiros problemas e outro apresentava problemas de acumulação de lama pouco tempo após a sua construção. Todos os controlos mantiveram os seus problemas infraestruturais.



FIGURA 8 Construção de passadiços. A – secção antes da construção; B – estrutura terminada.

Todas as comunidades de vegetação adjacente aos tratamentos responderam de forma muito significativa, evidenciando uma recuperação evidente nas zonas de solo nu. Durante o mesmo período, os controlos mantiveram a incapacidade de regenerar a vegetação. Apesar de haver uma boa recuperação em termos de percentagem de ocupação total, a colonização inicial foi realizada por uma espécie que não consta da composição de espécies da floresta envolvente. A herbácea *Juncus bulbosus* ocupou a quase totalidade das áreas adjacentes às novas infraestruturas durante o primeiro ano. Após esse ano, já era evidente que o género original de ocupação destes micro-habitats, o *Sphagnum* spp., começava a ter uma taxa de ocupação discreta, mas uniformemente distribuída no espaço. Estes resultados indiciam que a regeneração da vegetação original é precedida de uma fase de sucessão, sem necessitar de ações específicas de recolonização – se existirem populações originais saudáveis anexas a estas áreas.

8 RECOMENDAÇÕES DE GESTÃO

Um dos instrumentos de gestão mais conhecidos para gerir impactos de turismo é o estabelecimento da capacidade de carga. A simplicidade e a segurança da ciência positivista que a capacidade de carga oferece aos gestores e formuladores de políticas tornou-a numa das ferramentas mais comuns de controlo de efeitos recreativos. No entanto, as décadas de desenvolvimento nesta disciplina demonstraram que a intensidade de uso é apenas um fator importante que influencia os impactos do turismo. Já existe um corpo de conhecimento criado ao longo de décadas que estabelece que as decisões de gestão não deveriam ser reduzidas a um fator. Por exemplo, o comportamento dos visitantes, o grau de proteção que o trilho fornece à comunidade vegetal, a sustentabilidade do trilho, e os fatores ambientais específicos, afetam a severidade dos impactos e podem ser mais importantes que o nível de uso.

Por este motivo, os países na vanguarda dos desenvolvimentos da gestão de atividades recreativas já não aderem à noção que a simples restrição de visitantes irá minimizar as mudanças indesejáveis. O foco da gestão passou da emissão de números máximos de visita para uma ênfase na compreensão das relações de uso-impacto e das causas específicas. Deste ponto de partida são depois construídos planos de Gestão do Uso pelo Visitante (Visitor Use Management, ou VUM's) – processos participativos, proativos e adaptáveis

que aplicam componentes ecológicas, sociais/culturais e de gestão para alcançar o melhor resultado possível.

Com o conhecimento gerado por este projeto passa a estar disponível conhecimento sobre a forma como se dá a interação entre o uso recreativo, as condições ambientais específicas da Região e a resposta das comunidades da floresta nativa. Esta informação é fundamental para criar as bases de um plano de gestão da rede de trilhos em floresta nativa.

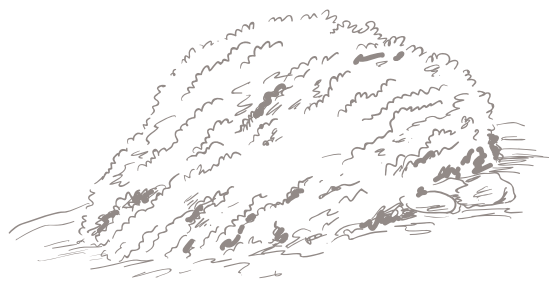
Comprovou-se que os trilhos recreativos alteram as comunidades de espécies das áreas adjacentes, levando a que espécies locais sejam substituídas por outras que apresentam características funcionais adaptadas ao tipo de pressão ecológica exercida nos trilhos. São um ponto de introdução de plantas invasoras, sobretudo pelas suas características de elemento de descontinuidade da paisagem da floresta nativa.

A resposta das plantas ao pisoteio está proximamente relacionada com a sua intensidade e o tipo de planta em questão. Os musgos são altamente sensíveis, seguidos pelas herbáceas e depois pelos arbustos. Apesar dos resultados obtidos neste estudo, considera-se aconselhável seguir a bibliografia e considerar os fetos igualmente sensíveis ao pisoteio.

Se com 250 pisadas a abundância diminui para metade e num ano não se observou sinais de recuperação das áreas afetadas, a vegetação circundante dos trilhos não sustentáveis está sob ameaça constante de declínio com taxas de visita acima deste valor/ano.



O foco da gestão passou da emissão de números máximos de visita para uma ênfase na compreensão das relações de uso-impacto e das suas causas específicas.”





Uma mudança de cultura técnica é a aposta que se defende para o melhor futuro da rede de trilhos e da floresta nativa.”

Dada a dimensão da rede de trilhos dos Açores e os seus problemas de degradação do piso, o potencial de destruição da vegetação por pisoteio torna-se a maior ameaça de origem recreativa à integridade da floresta nativa. A qualificação dos seus quadros em técnicas de construção de trilhos bem como a sensibilização dos seus trabalhadores são apostas da Região Autónoma dos Açores que visam alcançar uma imagem internacional de qualidade e sustentabilidade da atividade turística. Para o concretizar, é necessário que os elementos das equipas de trabalho, que operam diariamente no terreno, sejam capazes de identificar e priorizar áreas problemáticas, com base nos impactos para a segurança dos utilizadores e proteção da vegetação envolvente. De seguida, devem conseguir operacionalizar essas mudanças na infraestrutura, construindo secções novas que apresentem as características de um trilho sustentável no tempo.

A demora na aplicação deste novo paradigma de gestão da rede dos trilhos terá como consequência o contínuo aumento das áreas danificadas, perdendo a região mais área de vegetação endémica para terrenos lamacentos adjacentes ao trilho, mantendo as áreas de passagem inseguras e geradoras de perceções negativas por parte dos visitantes. A inversão desta situação tem um custo muito superior à sua prevenção, pelo que uma mudança de cultura técnica é a aposta que se defende para o melhor futuro da rede de trilhos e da floresta nativa.

Dados os desafios específicos resultantes do clima e da geografia Macaronésica serem semelhantes para vários destes arquipélagos, e os trabalhos semelhantes realizados noutros arquipélagos serem inexistentes, recomenda-se a criação de um congresso bienal de trilhos da Macaronésia. Este evento permitiria concentrar os vários *stakeholders*, proporcionando momentos de formação avançada, discussão e delineamento de políticas de gestão face a um desafio comum: permitir o acesso recreativo a estas florestas com o menor impacto possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson LG *et al.* (2015). The Role of Tourism and Recreation in the Spread of Non-Native Species: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS ONE*, 10(10), e0140833.
- Azevedo EB (2016). Enquadramento climático (Clima dos Açores). Vulcão das Sete Cidades - Guia de História Natural. Observatório Vulcanológico dos Açores.
- Ballantyne M & Pickering CM (2015). Shrub facilitation is an important driver of alpine plant community diversity and functional composition. *Biodiversity and Conservation*, 24, 1859-1875.
- Baret S & Strasberg D (2005). The effects of opening trails on exotic plant invasion in protected areas on La Réunion Island (Mascarene Archipelago, Indian Ocean). *Revue d'Ecologie (Terre Vie)*, 60, 325-332.
- Birchard W *et al.* (2000). Appalachian Trail design, construction, and maintenance. 2nd ed. Harpers Ferry, WV, Appalachian Trail Conference.
- Borges PAV & Hortal J (2009). Time, area and isolation: factors driving the diversification of Azorean arthropods. *Journal of Biogeography*, 36, 178-191.
- Borges PAV *et al.* (Eds.) (2010). A list of the terrestrial and marine biota from the Azores. Príncipe, Cascais..
- Borges PAV. *et al.* (2018). Global Island Monitoring Scheme (GIMS): a proposal for the long-term coordinated survey and monitoring of native island forest biota. *Biodiversity and Conservation*, 27, 2567-2586.
- Cardoso P *et al.* (2007). Biotic integrity of the arthropod communities in the natural forests of Azores. *Biodiversity and Conservation*, 16, 2883-2901.
- Cardoso P *et al.* (2009). A spatial scale assessment of habitat effects on arthropod communities of an oceanic island. *Acta Oecologica*, 35, 590-597.
- Cardoso P *et al.* (2010). Drivers of diversity in Macaronesian spiders and the role of species extinctions. *Journal of Biogeography*, 37, 1034-1046.
- Cardoso P *et al.* (2014). Partitioning taxon, phylogenetic and functional beta diversity into replacement and richness difference components. *Journal of Biogeography*, 41, 749-761.
- Cardoso P *et al.* (2015). BAT Biodiversity Assessment Tools, an R package for the measurement and estimation of alpha and beta taxon, phylogenetic and functional diversity. *Methods in Ecology and Evolution*, 6, 232-236.
- Didham RK *et al.* (2007). Interactive effects of habitat modification and species invasion on native species decline. *Trends in Ecology and Evolution*, 22(9), 489-96.
- Elias R (2014). Laurissilva: Mito ou realidade? *Pingo de Lava*, 38, 48-52.
- Florencio M *et al.* (2016). The role of plant fidelity and land-use changes on island exotic and indigenous canopy spiders at local and regional scales. *Biological Invasions*, 18, 2309-2324.
- Frutuoso G (1987). Livro quarto das saudades da terra (1589), Vol. III. Instituto Cultural de Ponta Delgada. Ponta Delgada, Açores, Portugal.
- Gabriel S *et al.* (2014). Of mice and the 'Age of Discovery': The complex history of colonization of the Azorean archipelago by the house mouse (*Mus musculus*) as revealed by mitochondrial DNA variation. *Journal of Evolutionary Biology*, 28, 130-145
- Gaspar C *et al.* (2010). Arthropods as surrogates of diversity at different spatial scales. *Biological Conservation*, 143(5), 1287-1294.
- Gaspar C *et al.* (2011). Selection of priority areas for arthropod conservation in the Azores archipelago. *Journal of Insect Conservation*, 15, 671-684.
- Gaston KJ *et al.* (2006). Abundance, spatial variance and occupancy: arthropod species distribution in the Azores. *Journal of Animal Ecology*, 75(3), 646-656.
- Hammitt WE *et al.* (2015). *Wildland recreation: Ecology and management*. John Wiley & Sons.
- Hesselbarth W (2000). *Trail construction and maintenance notebook*. USDA Forest Service, Technology & Development Program.

- Hill R & Pickering C (2009). Differences in resistance of three subtropical vegetation types to experimental trampling. *Journal of Environmental Management*, 90, 1305-1312.
- Leung YF & Marion JL (1996). Trail degradation as influenced by environmental factors: A state-of-the-knowledge review. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51, 130-136.
- Liddle MJ (1991). Recreation ecology: effects of trampling on plants and corals. *Trends in Ecology & Evolution*, 6(1), 13-17.
- Liddle M (1997). *Recreation Ecology: The Ecological Impact of Outdoor Recreation*. Springer.
- Llausàsa A *et al.* (2019). Carrying Capacity as a Tourism Management Strategy in a Marine Protected Area: A Political Ecology Analysis. *Conservation & Society*, 17(4), 366-376.
- Marion JL (2023). Trail sustainability: A state-of-knowledge review of trail impacts, influential factors, sustainability ratings, and planning and management guidance. *Journal of Environmental Management*, 340, 117868.
- Marion JL (2016). A Review and Synthesis of Recreation Ecology Research Supporting Carrying Capacity and Visitor Use Management Decisionmaking. *Journal of Forestry*, 114(3), 339-351.
- Marion JL *et al.* (2016). A review and synthesis of recreation ecology research findings on visitor impacts to wilderness and protected natural areas. *Journal of Forestry*, 114, 353-362.
- Matthews TJ *et al.* (2019). Differential temporal beta diversity patterns of native and non native arthropod species in a fragmented native forest landscape. *Ecography*, 42(1), 45-54.
- Mendes C *et al.* (2019). The distribution and naturalness of peatland on Terceira Island (Azores): instruments to define priority areas for conservation and restoration. *Mires and Peat*, 24, 1-16.
- Moreira M *et al.* (2018). Spatial assessment of habitat conservation status in a Macaronesian island based on the InVEST model: a case study of Pico Island (Azores, Portugal). *Land Use Policy*, 78, 637-649.
- Nunes R (2017). Whole Azorean arthropod diversity: understanding the trophic relations and functional diversity at a plot scale. Tese de Doutoramento, Universidade dos Açores.
- Queiroz R *et al.* (2014b). Plant diversity in hiking trails crossing Natura 2000 areas in the Azores: implications for tourism and nature conservation. *Biodiversity and Conservation*, 23, 1347-1365.
- Roggenbuck JW & Berrier DL (1982). A comparison of the effectiveness of two communication strategies in dispersing wilderness campers. *Journal of Leisure Research*, 14(1), 77-89.
- Roovers P *et al.* (2004). Experimental trampling and vegetation recovery in some forest and heathland communities. *Applied Vegetation Science*, 7, 111-118.
- Sharpley R (2012). Island Tourism or Tourism on Islands? *Tourism Recreation Research*, 37, 167-172.
- SREA – Serviço Regional de Estatística dos Açores (2018).
- Vieira J *et al.* (2019). Airline choice and tourism growth in the Azores. *Journal of Air Transport Management*, 77, 1-6.