



ATRIBUTOS FUNCIONAIS NA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM FLORESTAS TROPICAIS: ESTRATÉGIAS E PERSPECTIVAS

ARTIGO DE REVISÃO

REIS, Bianca Nunes dos¹, NASCIMENTO, Marcelo Trindade²

REIS, Bianca Nunes dos. NASCIMENTO, Marcelo Trindade. **Atributos funcionais na restauração ecológica em florestas tropicais: estratégias e perspectivas.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 09, Ed. 02, Vol. 01, pp. 153-175. Fevereiro de 2024. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/biologia/restauracao-ecologica-em-florestas>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/biologia/restauracao-ecologica-em-florestas

RESUMO

As Florestas Tropicais possuem grande biodiversidade, porém estão enfrentando intensa fragmentação e isolamento devido ao desmatamento. A conservação dessas florestas requer a redução do desmatamento, ações de restauração de áreas degradadas e a expansão de áreas protegidas. As áreas em restauração, em geral, são ambientes que apresentam diferentes históricos de degradação, baixa disponibilidade de nutrientes e alta variabilidade ambiental. Nesse sentido, o uso de grupos funcionais vem sendo utilizado para avaliar a trajetória sucessional de florestas secundárias. O presente trabalho realizou uma revisão baseada na literatura empírica e teórica disponível nas bases indexadoras *Scopus®* e *Web of Science®* nos últimos 10 anos (2012-2022) dentro da temática “atributos funcionais na restauração ecológica”. No total, foram encontradas 1.941 publicações. Avaliamos e discutimos a literatura encontrada através de abordagem teórica do conteúdo dos artigos. Nossa pesquisa evidenciou que as características funcionais em áreas de restauração estão associadas a múltiplas funções dos serviços ecossistêmicos, abrangendo os serviços suporte, provisionamento, regulação, apoio e cultural. Identificamos estudos que enfatizam a importância de considerar os atributos funcionais (atributo resposta e atributos efeito) ao escolher as espécies para uso em projetos de restauração. Entretanto, a abordagem funcional em projetos de restauração, embora tenha crescido nos últimos anos, ainda é incipiente. Diante dos desafios propostos pela década da restauração, a compreensão das relações entre atributos funcionais e restauração ecológica em florestas tropicais se faz necessária a fim de suprir as lacunas existentes. Ressaltamos também a importância da divulgação e



disponibilização de informações locais sobre atributos funcionais em repositórios de dados visando a melhoria no acesso a estas informações.

Palavras-chaves: Revisão, Década da Restauração, Componente Arbóreo, Atributos Funcionais, Serviços Ecossistêmicos.

1. INTRODUÇÃO

A Restauração ecológica é definido como “o processo de assistir o estabelecimento e recuperação de um ecossistema que foi degradado, perturbado ou destruído (SER, 2004). Os atributos chave do ecossistema para os aspectos de restauração ecológica estão relacionados com a composição de espécies, diversidade estrutural, funcionalidade do ecossistema, ausência de ameaças, condições físicas e trocas externas (McDonald *et al.*, 2016). Nesse sentido, buscando a organização dos projetos de restauração, foram estabelecidos os princípios para a prática da restauração ecológica (Padrões)” do inglês *International Principles and Standards for the Practice of Ecological Restoration (the Standards)* neste foram estabelecidos diretrizes para realização das atividades de restauração dos ecossistemas (Gann *et al.*, 2019; Moraes *et al.*, 2019).

No cenário global, as florestas tropicais possuem uma grande biodiversidade distribuída em áreas, em geral, bem fragmentadas e isoladas (Brancalion *et al.*, 2019, Brinck *et al.*, 2017). O isolamento e a perda florestal ocasionada pelo desmatamento nos trópicos reduziram a área em 12,2 milhões de hectares de cobertura arbórea em 2020, com a perda de 4,2 ha de floresta primária tropical úmida (GFW, 2022a; 2022b). Portanto, ações para conservação das florestas tropicais remanescentes são necessárias para evitar eventos de extinção em massa nas próximas décadas (Chazdon & Brancalion, 2019). A conservação de áreas de florestas tropicais envolve restrição na destruição dos remanescentes florestais, restauração de áreas degradadas e ações de expansão das áreas protegidas.

Nesse sentido, a Convenção sobre Biodiversidade Biológica (CDB) realizada no Rio de Janeiro em junho de 1992 estabeleceu as diretrizes para conservação da diversidade biológica, o uso sustentável da biodiversidade e a repartição justa e



equitativa dos benefícios dos recursos genéticos (MMA, 2000). No qual, foram estabelecidas 20 Metas de Aichi para conservação da biodiversidade, dentre as quais a criação e manutenção de áreas protegidas de no mínimo 17% de área continental, incluindo águas territoriais, áreas marinhas e costeiras (CDB, 2023). Uma das estratégias proposta é avaliar o nível atual de degradação das ecorregiões (Olson & Dinerstein, 2002) e buscar equilibrar os resultados através de relação custo-benefício dos projetos de restauração em locais com poucas áreas protegidas. O cenário atual demonstra que as ecorregiões com maiores deficiências são as florestas tropicais e temperadas, regiões que possuem terras altamente antropizadas (Mappin *et al.*, 2019). Diante deste cenário devemos propor iniciativas para mitigar o mau uso da terra e os impactos antropogênicos através da utilização de projetos de restauração ecológica para reverter uma matriz de paisagem agrícola ou de pastagens (Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2013).

Em uma perspectiva global do tema restauração, podemos elencar iniciativas internacionais para recuperar florestas e paisagem. Uma destas iniciativas é o compromisso global Bonn Challenge (Dave *et al.*, 2019) que estabeleceu metas de restaurar 150 milhões de hectares de paisagens degradadas e desmatadas até 2020 e 350 milhões de hectares restaurados até 2030, proposto na declaração de Nova Iorque (Suding *et al.*, 2015). Alinhado a esses esforços, a ONU estabeleceu a Década da Restauração de ecossistemas no mundo (2021-2030) através do Programa das Nações Unidas para o meio ambiente e da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) (UNEP, 2019). O Brasil em 2016 assumiu o compromisso de restaurar 13 milhões de hectares até 2030, sendo 1 milhão assumidos através de parceria com Pacto pela Restauração da Mata Atlântica (Bonn Challenge *et al.*, 2020). Atualmente, a restauração ecológica enfrenta alguns problemas no desenvolvimento da composição florestal, tais como limitação de dispersão (Holl, 1999), recrutamento (Palma *et al.*, 2020), baixa diversidade beta taxonômica e funcional (Rother *et al.*, 2019). Novos desafios surgiram quando o foco foi direcionado para aspectos das características das espécies, uma delas está relacionada ao fato de que o plantio de árvores, embora de diferentes espécies, mas com mesmas características funcionais pode interferir na trajetória sucessional e



consequentemente homogeneizar a paisagem (Manhães *et al.*, 2022; Brancalion & Holl 2016; Palma & Laurance 2015).

Abordagens baseadas em atributos funcionais são alternativas para conectar os aspectos de funcionamento dos organismos de forma individual com a estrutura e dinâmica da comunidade (Zakharova; Meyer; Seifan, 2019), esses podem ser descritos por características fisiológicas, morfológicas ou história de vida (Violle *et al.*, 2007). A composição funcional das espécies pode afetar alguns parâmetros da comunidade como a decomposição, fertilidade do solo, incremento de biomassa, densidade da madeira, estabelecimento e a sobrevivência das mudas em projetos de restauração (Rosenfield, 2017; Dias, 2014; Martínez-Garza; Bongers; Poorter, 2013).

A utilização dos atributos funcionais das espécies em projetos de restauração é fundamental para fornecer informações cruciais sobre os fatores que promovem ou limitam a eficácia da restauração dos ecossistemas florestais. Essa análise permite identificar com maior precisão os elementos responsáveis pelo sucesso no processo de restauração. Levando em consideração todos os aspectos aqui apresentados em relação aos grandes desafios da década da restauração, podemos afirmar que é necessário compreender as respostas das espécies em diferentes condições de áreas degradadas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho de revisão foi realizado através de pesquisa bibliográfica de artigos publicados em revistas científicas indexadas nas bases Scopus® e Web of Science®. A primeira etapa foi a seleção do tema “Atributos funcionais em áreas de restauração nas florestas tropicais” e delimitação do espaço temporal de 10 anos (2012 – 2022). Segunda etapa realizada foi a busca dos artigos nas bases bibliográficas através dos termos (*restor* OR reflorest* OR recover OR regenerate OR revegetation OR recovery OR repair OR reconstruction*) and (*“function* trait*” OR “application *trait*” OR “strategy*trait” and “attribute”*) and (*“Tropic*” AND “Forest*”*) and (*“Tree*”*). Terceira etapa exclusão dos artigos duplicados no banco de dados com auxílio do aplicativo Rayyan (Ouzzani *et al.*, 2016) e quarta etapa seleção dos artigos que atendiam aos



critérios Restauração, Atributos funcionais, Florestas Tropicais como tópicos centrais no tema do artigo.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

O levantamento realizado nesta pesquisa obteve um total de 1941 publicações para o período de 2012-2022 que atenderam aos critérios estabelecidos na busca. Identificamos na literatura, que a abordagem do tema nos artigos era pequena (< 20 publicações/ano) na década de 90. No entanto, após o estabelecimento dos conceitos de características funcionais (Violle *et al.*, 2007) houve um avanço na temática de restauração com reflexo no aumento (> 100 publicações/ano) no número de artigos de pesquisas que abordam o uso de atributos funcionais em restauração nas últimas décadas, esses dados são evidenciados em artigos de revisão recentes (Loureiro *et al.*, 2023; Carlucci *et al.*, 2020; Caruso; Mason; Medeiros, 2020).

A utilização de atributos funcionais em restauração permite organizar as espécies ou indivíduos em grupos com funções ou respostas similares. Podemos classificar os atributos de acordo com suas características, que podem ser denominados atributos resposta e atributos efeito (Lavorel & Garnier 2002). Os **atributos resposta** determinam como uma espécie reage a uma perturbação ou mudança nos processos abióticos ou bióticos em seu ambiente (Lavorel *et al.*, 1997; Lavorel & Garnier, 2002) e o **atributos efeito** são aquelas características que determinam o efeito das plantas nas propriedades do ecossistema (i.e, cobertura do solo, aumento da biomassa, regeneração natural, ciclagem biogeoquímica).

No cenário de degradação das florestas tropicais, restaurar e estudar as relações das características das espécies e do ambiente devem ser destaque no cenário global da ecologia. Entre as primeiras iniciativas, podemos destacar o estudo de Wright *et al.* (2004) que descreve as principais propriedades químicas, estruturais e fisiológicas para as características foliares ("*leaf economic spectrum*" – LES / Espectro econômico Foliar). As características principais descritas foram: massa foliar por área (LMA), taxa de assimilação fotossintética, conteúdo de nitrogênio foliar (LNC), conteúdo foliar de fósforo (LPC) ou tempo de vida foliar. Em ambientes de alta intensidade luminosa,



como em geral são os ambientes de plantios, devemos levar em consideração inicialmente os atributos foliares (Schulze *et al.*, 1998, Fonseca *et al.*, 2000; Wright; Reich; Westoby, 2001; Wright *et al.*, 2004). As folhas são influenciadas pelos fatores ambientais, demonstra alterações nas estratégias de construção da folha e alocação de recursos podem variar de acordo com a intensidade do investimento (Volis; Ormanbekova; Yermekbayev, 2015; Wright *et al.* 2004).

Outro aspecto importante está relacionado com as características do espectro econômico do caule. Através da característica de densidade da madeira no caule podemos verificar a força estrutural da planta. Desta forma espécies com maiores valores de densidade específica da madeira (*Wood density* – WD) apresentam melhor estabilidade mecânica, maior altura, melhor resistência a patógenos (Chave *et al.*, 2009; Poorter *et al.*, 2008). Em contrapartida, os menores valores de densidade da madeira das espécies fazem com que as árvores apresentem maior crescimento em volume, maior condutividade e armazenamento de água e casca fina (Chave *et al.*, 2009; Baraloto *et al.*, 2010).

Novos conceitos foram adicionados às características funcionais por Reich (2014) que passou a incluir características do caule tais como a condutividade hidráulica, densidade da madeira, características de raízes (comprimento das raízes, longevidade e micorrizas) como atributos que auxiliam no desempenho e aptidão das espécies. As características de reprodução também foram incluídas em um espectro bidimensional com tamanho da planta e economia da folha (Díaz *et al.*, 2016).

A abordagem de atributos funcionais e serviços ecossistêmicos começou a ganhar ênfase após os trabalhos de Diaz *et al.* (2007) e De Bello *et al.* (2010). Alguns estudos demonstram que o perfil funcional de uma espécie está ligado às características do recurso: aquisição de recursos, limitação de recursos, investimento reprodutivo e padrões de alocação de recurso (Ostertag *et al.*, 2015). Atualmente é colocado como um grande desafio determinar quais características das espécies determinam quais serviços ecossistêmicos (Kollmann *et al.*, 2016; Carlucci *et al.*, 2020, Pan *et al.*, 2021).



Os serviços ecossistêmicos são os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas, alguns pontos são subdivididos em serviços de abastecimento, serviços de regulação, serviços culturais, serviços de apoio (MEA, 2005). Os projetos de restauração podem e devem apresentar diversos efeitos sobre os serviços ecossistêmicos (e.g. atributos do solo, recurso hídrico, reservatório de carbono e proteção da biodiversidade), como observado por Shimamoto *et al.* (2018) em uma meta-análise em florestas tropicais, onde foi constatado que ações de restauração contribuem positivamente com os serviços ecossistêmicos quando comparadas com áreas perturbadas.

A abordagem de características funcionais em projetos de restauração continua incipiente (Loureiro *et al.* 2023), com poucos trabalhos conectando condições ambientais, características funcionais e funcionamento dos ecossistemas na montagem de comunidade (Zirbel *et al.*, 2017; Weiher *et al.*, 2011; Lavorel & Garnier 2002; Díaz & Cabido 2001). Diante dos desafios propostos para a década da restauração, uma maior compreensão do papel dos atributos funcionais (atributos resposta e atributos de efeito) em áreas de restauração se faz necessária a fim de suprir as lacunas existentes.

Conforme destacado por Rosenfield & Müller (2020) e Zupo *et al.* (2022), atualmente no cenário de mudanças climáticas e alterações de uso do solo os projetos de restauração devem no seu planejamento e monitoramento levar em consideração, além da composição florística, características funcionais das espécies e do ecossistema. Entretanto, a abordagem de atributos funcionais na restauração depende da disponibilidade de informações destas características para as espécies utilizadas (Carlucci *et al.*, 2020; Petisco-Souza *et al.*, 2020). Segundo alertado por vários autores enquanto características funcionais para algumas poucas espécies são amplamente estudadas, boa parte das características funcionais das espécies encontram-se sem estudo (Noble & Gitay, 1996; Grime *et al.*, 1997; Lavorel *et al.*, 1997; Weiher *et al.*, 1999; Craine *et al.*, 2002; Wright *et al.*, 2004), principalmente espécies sem uso econômico ou espécies que ocorrem em áreas remotas, distantes de áreas urbanas e fora de unidades de conservação.



Em suas revisões sistemáticas, Pan *et al.* (2021) e Carlucci *et al.* (2020) destacaram os pontos mais importantes relacionados às características funcionais das plantas e serviços ecossistêmicos. Segundo Carlucci *et al.* (2020), é um desafio abordar características funcionais e serviços ecossistêmicos em projetos de restauração de ecossistemas tropicais. No entanto, deve haver cautela nesta abordagem, pois segundo Gornish *et al.* (2023) o que está faltando é uma ampla divulgação das informações em formato científico uma vez que essa informação se encontra muitas vezes em formato técnico através de profissionais com amplo conhecimento local. Por sua vez, na revisão sistemática de Loureiro *et al.* (2023) os autores destacaram que a restauração funcional se encontra no campo teórico e que novas iniciativas devem ser ampliadas para abordagens experimentais. Estes autores apontaram para os desafios da comunidade científica em interligar o conhecimento empírico dos profissionais com aplicação prática de características funcionais de resposta (i.e. tamanho da semente, conteúdo foliar de nitrogênio e fósforo, massa seca de raiz) e características funcionais de efeito que promovem alterações na estrutura e funcionamento do ecossistema nos projetos de restauração. O maior número de estudos encontrados referentes a atributos resposta em relação aos trabalhos que abordam atributos de efeito indicam lacunas no conhecimento das relações entre características e funções.

Neste contexto, as informações dos atributos funcionais permitem relacionar os componentes bióticos e abióticos ao nível de ecossistema, fornecendo informações sobre mecanismos de montagem de comunidade em processos de alterações ambientais (Laughlin, 2014) e podem servir como subsídio para prever serviços ecossistêmicos (Garnier & Navas, 2012). Segundo Pan *et al.* (2021) os serviços ecossistêmicos estão divididos em três categorias: serviço de provisão, serviço de regulação e serviço de suporte. A partir desta divisão foram realizadas análises para compreender quais características funcionais afetam cada serviço ecossistêmico. Foi observado a multifuncionalidade no ecossistema, com múltiplas funções e serviços ecossistêmicos ocorrendo ao mesmo tempo (Tabela 1), sendo necessário novas discussões e aprofundamentos sobre a temática.



Tabela 1 - Levantamento das características funcionais relacionadas aos diferentes serviços ecossistêmicos proposto por Millennium Ecosystem Assessment 2005 (MEA)

Tipo de serviço do ecossistema	Serviço de ecossistema	Definição	Traço Funcional Associado	Referência
Serviço de Suporte	Ciclagem de nutrientes (nitrogênio)	Fertilidade do solo	Área foliar específica (SLA)	Pan <i>et al.</i> , 2021 De Bello <i>et al.</i> , 2010 Allison & Vitousek 2004
	Ciclagem de nutrientes (carbono)	Armazenamento de carbono	Densidade da madeira (WD)	Chave <i>et al.</i> , 2009 Bunker <i>et al.</i> , 2005
	Formação e retenção do solo	Controle da erosão do solo (incluindo proteção das margens dos rios)	Densidade da folhagem	Burylo <i>et al.</i> , 2012
Serviço de provisionamento	Biomassa	A massa (massa seca) de todas as espécies no ecossistema	Área foliar específica	Pan <i>et al.</i> , 2021
			Conteúdo de matéria seca foliar	Adair <i>et al.</i> , 2018
	Produção primária líquida	A quantidade de energia química, normalmente expressa como biomassa de carbono, que o ecossistema acumula em um determinado período de tempo	Conteúdo de nitrogênio foliar	Grigulis <i>et al.</i> , 2013
			Altura máxima	De Bello <i>et al.</i> , 2010
Comida	Produção de alimentos	Teor de nitrogênio foliar da planta	Pan <i>et al.</i> , 2021 De Bello <i>et al.</i> , 2010	
		Teor de matéria seca foliar Teor de fósforo foliar Condutância estomática	Quétier <i>et al.</i> , 2007	
			Comestibilidade de frutos/sementes	Câmara-Leret <i>et al.</i> 2017 Clough <i>et al.</i> 2011 Van der Pijl, 1982

Fonte: Carlucci *et al.*, 2020 – Adaptado pela autora (2023).



Tabela 1.1 - Continuação Levantamento das características funcionais relacionadas aos diferentes serviços ecossistêmicos propostos por Millennium Ecosystem Assessment 2005 (MEA)

Tipo de serviço do ecossistema	Serviço de ecossistema	Definição	Traço Funcional Associado	Referência
Serviço de regulação	Regulação da água	Ecossistemas mitigam inundações e aumentam o fluxo de base na estação seca por meio de processos hidrológicos participantes	Altura máxima da planta Área foliar específica Forma de vida Densidade da madeira Vida da folha Densidade do tecido foliar Profundidade da Raiz Condutância estomática	Wen <i>et al.</i> , 2019 De Bello <i>et al.</i> , 2010
	Regulação de calor	Os ecossistemas regulam a temperatura do ar afetando a troca de calor	Altura máxima da planta Área foliar específica Teor de nitrogênio foliar Estrutura do dossel Condutância estomática foliar	Lundholm <i>et al.</i> , 2014
	Regulação climática	Resistência às mudanças climáticas (seca)	Densidade da madeira (WD)	Hacke <i>et al.</i> 2001
	Proteção contra riscos naturais	Resistência ao fogo	Espessura da casca	Pérez-Harguindeguy <i>et al.</i> 2013
	Controle de espécies de plantas invasoras	Resistência à invasão	Cobertura do dossel	Viani <i>et al.</i> 2017 Brançalion <i>et al.</i> 2016

Fonte: Carlucci *et al.*, 2020 - Adaptado pela autora (2023).



Tabela 1.2 - Continuação Levantamento das características funcionais relacionadas aos diferentes serviços ecossistêmicos propostos por Millennium Ecosystem Assessment 2005 (MEA)

Tipo de serviço do ecossistema	Serviço de ecossistema	Definição	Traço Funcional Associado	Referência
Serviço de regulação	Dispersão de sementes	Dispersão de sementes	Síndrome de dispersão	Pilon & Durigan, 2013 Van der Pijl, 1982
	Polinização	Polinização	Forma de flor (Crescimento e Composição)	Pan <i>et al.</i> , 2021 Garcia <i>et al.</i> , 2015 De Bello <i>et al.</i> , 2010 Olesen <i>et al.</i> , 2007 Fontaine <i>et al.</i> , 2006
	Teor de carbono orgânico do solo	Sequestro de carbono orgânico do solo nos ecossistemas	Altura máxima da planta Conteúdo de nitrogênio foliar Área foliar específica Conteúdo de matéria seca foliar Densidade da madeira Conteúdo de carbono foliar	Pan <i>et al.</i> , 2021 Adair <i>et al.</i> , 2018
	Retenção do solo	Ecossistemas retêm os solos e reduzem a erosão do solo	Área foliar da planta Diâmetro da raiz Teor de matéria seca do caule Área projetada do caule	Burylo <i>et al.</i> , 2012
	Biocontrole	Ecossistemas controlam pragas (por exemplo, insetos nocivos e ervas daninhas)	Tempo de floração da planta Altura máxima da planta Área foliar específica Teor de nitrogênio foliar Tipo de flor Comprimento da floração Tipo de néctar e cor da flor Química dos Tecidos (Taninos, Fenólicos, Terpenos, Lignina)	Santala <i>et al.</i> , 2019 Storkey <i>et al.</i> , 2013 De Bello <i>et al.</i> , 2010

Fonte: Carlucci *et al.*, 2020 - Adaptado pela autora (2023).



Tabela 1.3 - Continuação Levantamento das características funcionais relacionadas aos diferentes serviços ecossistêmicos propostos por Millennium Ecosystem Assessment 2005 (MEA)

Tipo de serviço do ecossistema	Serviço de ecossistema	Definição	Traço Funcional Associado	Referência
Serviço de apoio	Fertilidade do solo	A fertilidade do solo é aumentada pela promoção da decomposição e mineralização do material orgânico	Altura máxima da planta Área foliar específica Teor de matéria seca foliar Teor de nitrogênio foliar Forma de vida Profundidade de raiz Capacidade fotossintética Capacidade de fixação de nitrogênio diversidade de serrapilheira, Biomassa da raiz, Teor de Terpeno, Época de floração	Pan <i>et al.</i> , 2021 Handa <i>et al.</i> , 2014 De Bello <i>et al.</i> , 2010
	Polinização	Ecossistemas fornecem habitats para polinizadores para aumentar a produtividade	Tempo de floração da planta Altura máxima da planta Área foliar específica Teor de nitrogênio foliar Tipo de flor Comprimento da floração Tipo de néctar e cor da flor	Fornoff <i>et al.</i> , 2017 Robleño <i>et al.</i> , 2018
Serviço Cultural	Valores estéticos e Culturais	Lazer	Personagem ornamental Diversidade no tipo de Flor Densidade e tamanho da flor Nitrogênio da Folha Tanacidade da folha	Kendal <i>et al.</i> , 2012 De Bello <i>et al.</i> , 2010

Fonte: Carlucci *et al.*, 2020 - Adaptado pela autora (2023).

Merchant *et al.* (2023) defendem a utilização complementar dos atributos funcionais em ações de restauração, destacando quatro razões para a negligência desse tema nos projetos: distintos objetivos e abordagens, falta de estrutura operacional, restrição no estoque de plantas e ausência de informações sobre os atributos funcionais.

Neste sentido, são necessários estudos que reúnam as informações de pesquisas de campo, banco de dados, sensoriamento remoto e modelos ecológicos a fim de estabelecer padrões em escalas espaciais e temporais. Contudo, a aplicação do uso de atributos em modelos ecológicos é limitada pela disponibilidade de bancos de dados em menores escalas (He *et al.*, 2019). De modo geral, faltam informações disponíveis em escala regional para as características locais e intraespecíficas (Siefert *et al.*, 2015). A fim de superar essas limitações algumas iniciativas internacionais e locais estão sendo realizadas visando aumentar os estudos regionais focando os atributos funcionais e disponibilizando estas informações em bancos de dados locais.



Valer ressaltar que ao levarmos em consideração a utilização de bancos de dados internacionais de características funcionais das plantas, devemos verificar a acurácia das informações. Alguns bancos podem apresentar análises tendenciosas para algumas características, tais como de área foliar específica, massa de sementes, nitrogênio foliar por unidade de massa, altura máxima, capacidade fotossintética máxima por unidade de área foliar (Sandel; Corbin; Krupa, 2011). No entanto, uma forma de minimizar essa problemática é a utilização de diversos bancos de dados internacionais que são padronizados a fim de evitar possíveis tendências na amostragem. Existem alguns bancos de dados consolidados para características funcionais: *TRY/Plant Trait Data Base* (Kattge *et al.*, 2020; Kattge *et al.*, 2011) que integra 400 conjuntos de dados sendo alguns deles bancos de dados coletivos como (LEDA, GlopNet, BioFlor, SID, EcoFlora, FRED). Além destes, existem outras iniciativas de banco de dados como o BIEN (Rede de Informação Botânica e Ecologia) caracterizada por ser uma rede de ecólogos, botânicos e cientistas da computação trabalhando juntos para documentar padrões globais de diversidade, função e distribuição de plantas (Maitner *et al.*, 2018), Banco de dados de Comunidade de Árvores Neotropicais/TreeCo (De Lima *et al.*, 2015; De Lima *et al.*, 2020) que é fruto de um projeto que visa compilar e sintetizar o conhecimento existente sobre a estrutura e diversidade das comunidades arbóreas neotropicais e os atributos funcionais de suas espécies e o Repositório Digital DRYAD (Zanne *et al.*, 2009) que é um recurso que possui um trabalho de curadoria que torna os dados de pesquisa detectáveis, reutilizáveis livremente e citáveis. Além destes, ainda existem o Banco de dados FunAndes (Dados de características funcionais de plantas nos Andes tropicais) (Báez *et al.*, 2022) e no Brasil o banco de dados de características foliares de plantas em diferentes biomas e tipos de vegetação brasileiras denominado LT-Brasil (Mariano *et al.* 2021).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas últimas décadas, evidenciamos avanços na temática de uso de características funcionais em restauração ecológica, no entanto vale ressaltar que ainda



necessitamos de diretrizes mais específicas para direcionar políticas públicas de restauração ecológica de maneira prática e eficiente.

O grande desafio da década da restauração para atingir as metas globais de recomposição da vegetação em grandes áreas degradadas, está na dificuldade de aplicar a teoria nos aspectos práticos em campo pelos profissionais da área da restauração. Destacando que os projetos de restauração precisam fazer esse controle em todas as fases (i.e. seleção das espécies, planejamento, monitoramento e avaliação).

Em escala global, boa parte dos trabalhos envolvendo atributos funcionais busca aferir atributos através de busca sistemática em literatura ou por consultas em bancos de dados disponíveis. No entanto, a avaliação do aspecto funcional em escala local ou regional pode apresentar melhores resultados, pois leva em consideração as características locais de cada habitat. Um ponto importante é o baixo número de trabalhos associados aos serviços ecossistêmicos que serão restaurados, e quais atributos estão relacionados a esses serviços.

Levando em consideração as florestas tropicais, destacamos que a grande dificuldade de se utilizar características funcionais na seleção de espécies visando os serviços ecossistêmicos é dada por esse tipo florestal abrigar uma grande diversidade de espécies e poucas espécies com informações sobre seus atributos funcionais. No entanto, podemos observar que características funcionais, tais como atributos foliares, características reprodutivas, atributos arquitetônicos, densidade da madeira e atributos ecofisiológicos, têm sido cada vez mais consideradas como critérios importantes para a seleção de espécies em projetos de restauração.

É evidente que devemos buscar ter uma visão ampla da restauração que aborde o maior número de aspectos (organismos, espécies, população, ecossistema e paisagem) que devem ser levados em conta para avaliação do sucesso dos projetos de restauração. No entanto, ainda são grandes os desafios em sintetizar e estabelecer padronizações sistemáticas para os elementos de estrutura, função e composição uma vez que cada bioma apresenta diferentes características globais, regionais e



locais. Não existe uma abordagem fixa em projetos de restauração, o desafio nesse âmbito é constante e flexível, devemos sempre estar atualizados com os novos avanços de técnicas, ferramentas de plantios, monitoramento, indicadores ecológicos entre outros.

A ecologia da restauração vem demonstrando avanços significativos nos últimos anos, apresentando um crescimento e evolução em suas abordagens teóricas e práticas. O cenário atual é de destaque para a restauração ecológica, uma vez que esse tema é de relevância global. Fica evidente que ainda são necessários estudos focando o desenvolvimento de modelos em áreas de restauração que promovam mais eficientemente serviços ecossistêmicos, de forma a atingir sua efetiva funcionalidade.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ). Marcelo Trindade Nascimento conta com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil (CNPq: 312567/2021-9) e da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ E-26/201.007/2022). Agradecemos à Fabrício A. Carvalho, Igor S. Broggio, Karla M.P de Abreu, Luiz Fernando D. de Moraes e Mariana A. Fantanin pelas considerações e críticas nas primeiras versões do manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAIR, E. C. *et al.* Ecosystem context illuminates conflicting roles of plant diversity in carbon storage. **Ecology Letters**, v. 21, n. 11, p. 1604-1619, 2018.

ALLISON, S. D.; VITOUSEK, P. M. Rapid nutrient cycling in leaf litter from invasive plants in Hawai'i. **Oecologia**, v. 141, p. 612-619, 2004.

ARROYO-RODRÍGUEZ, V. *et al.* Plant β -diversity in fragmented rain forests: testing floristic homogenization and differentiation hypotheses. **Journal of Ecology**, v. 101, n. 6, p. 1449-1458, 2013.



BARALOTO, C. *et al.* Decoupled leaf and stem economics in rain forest Trees. **Ecology Letters**, Oxford, v. 13, n. 13, p. 13381347, 2010.

BÁEZ, S. *et al.* FunAndes—A functional trait database of Andean plants. **Scientific data**, v. 9, n. 1, p. 511, 2022.

BONN CHALLENGE. **Bonn Challenge Report**. IUCN. 2020. Disponível em: <<https://www.bonnchallenge.org/resources/bonn-challenge-2020-report>> Acesso: 20 jul 2023.

BRANCALION, P. H. *et al.* Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. **Science advances**, v. 5, n. 7, p. eaav3223, 2019.

BRANCALION, P. H. S; HOLL, K. D. Functional composition trajectory: a resolution to the debate between Suganuma, Durigan, and Reid. **Restoration Ecology**, v. 24, n. 1, p. 1-3, 2016.

BRINCK, K. *et al.* High resolution analysis of tropical forest fragmentation and its impact on the global carbon cycle. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, p. 14855, 2017.

BUNKER, D. E. *et al.* Species loss and aboveground carbon storage in a tropical forest. **Science**, v. 310, n. 5750, p. 10291031, 2005.

BURYLO, M. *et al.* Plant functional traits and species ability for sediment retention during concentrated flow erosion. **Plant and Soil**, v. 353, p. 135144, 2012.

CÁMARA-LERET, R. *et al.* Fundamental species traits explain provisioning services of tropical American palms. **Nature Plants**, v. 3, n. 2, p. 1-7, 2017.

CARLUCCI, M. B. *et al.* Functional traits and ecosystem services in ecological restoration. **Restoration Ecology**, v. 28, n. 6, p. 1372-1383, 2020.

CARUSO, C. M.; MASON, C. M.; MEDEIROS, J. S. The evolution of functional traits in plants: is the giant still sleeping?. **International Journal of Plant Sciences**, v. 181, n. 1, p. 1-8, 2020.

CDB – Convention on Biological Diversity. **Strategic Plan 2021-2020**. Aichi Biodiversity Targets. 2011. Disponível em: <<https://www.cbd.int/sp/targets/>>. Acesso: 9 abr 2023.

CHAVE, J. *et al.* Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, Oxford, v. 12, n. 4, p. 351-366, 2009.

CHAZDON, R; BRANCALION, P. Restoring forests as a means to many ends. **Science**, v. 365, n. 6448, p. 24-25, 2019.



CLOUGH, Y. *et al.* Combining high biodiversity with high yields in tropical agroforests. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 20, p. 8311-8316, 2011.

CRAINE, J.M. *et al.* Functional traits, productivity and effects on nitrogen cycling of 33 grassland species. **Functional Ecology**, v. 16, n. 5, p. 563574, 2002.

DAVE, R. *et al.* Second Bonn Challenge progress report. Application of the Barometer in 2018. **Gland, Switzerland: IUCN**. xii + 80pp, 2019.

DE BELLO, F. *et al.* Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. **Biodiversity and Conservation**, v. 19, n. 10, p. 2873-2893, 2010.

DE LIMA, R. A. *et al.* How much do we know about the endangered Atlantic Forest? Reviewing nearly 70 years of information on tree community surveys. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2135–2148, 2015.

DE LIMA, R. A. *et al.* The erosion of biodiversity and biomass in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. **Nature communications**, v. 11, n. 1, p. 1-16, 2020.

DIAS, E. **Atributos Funcionais Predizem Sobrevivência E Regeneração Arbórea Em Diferentes Modelos De Restauração Na Floresta Estacional Semidecidual**. 2014. 103p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2014.

DÍAZ, S.; CABIDO, M. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends in ecology & evolution**, v. 16, n. 11, p. 646-655, 2001.

DÍAZ, S. *et al.* Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 52, p. 20684-20689, 2007.

DÍAZ, S. *et al.* The global spectrum of plant form and function. **Nature**, v. 529, n. 7585, p. 167-171, 2016.

FONSECA, C.R. *et al.* Shifts in trait combinations along rainfall and phosphorus gradients. **Journal of Ecology**, v. 88, n. 6, p. 964-977, 2000.

FONTAINE, C. *et al.* Functional diversity of plant–pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. **PLoS biology**, v. 4, n. 1, p. e1, 2006.

FORNOFF, F. *et al.* Functional flower traits and their diversity drive pollinator visitation. **Oikos**, v. 126, n. 7, p. 1020-1030, 2017.

GANN, G.D. *et al.* International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. **Restoration Ecology**, v. 27, n.1, p. 1-46, 2019.



GARCIA, L.C. *et al.* Flower functional trait responses to restoration time. **Applied Vegetation Science**, v. 18, n. 3, p. 402-412, 2015.

GARNIER, E; NAVAS, M. A. trait-based approach to comparative functional plant ecology: concepts, methods and applications for agroecology. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 32, n. 2, p. 365-399, 2012.

GFW - Global Forest Watch. **Primary Forest Loss Global Forest Review**. Washington, DC: World Resources Institute. 2022a. Disponível em: <<https://research.wri.org/gfr/forest-extent-indicators/primary-forest-loss>>. Acesso: 20 mai. 2023.

GFW - Global Forest Watch. **Forest Loss Global Forest Review**. Washington, DC: World Resources Institute. 2022b. Disponível em: <<https://research.wri.org/gfr/forest-extent-indicators/forest-loss>>. Acesso: 20 mai. 2023.

GORNISH, E. S. *et al.* Functional traits are used in restoration practice: a response to Merchant *et al.* (2022). **Restoration Ecology**, p. e13880, 2023.

GRIGULIS, K. *et al.* Relative contributions of plant traits and soil microbial properties to mountain grassland ecosystem services. **Journal of Ecology**, v. 101, n. 1, p. 47-57, 2013.

GRIME, J. P. *et al.* Integrated screening validates primary axes of specialisation in plants. **Oikos**, p. 259-281, 1997.

HACKE, U. G. *et al.* Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. **Oecologia**, v. 126, p. 457-461, 2001.

HANDA, I. T. *et al.* Consequences of biodiversity loss for litter decomposition across biomes. **Nature**, v. 509, n. 7499, p. 218-221, 2014.

HE, N. *et al.* Ecosystem traits linking functional traits to macroecology. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 34, n. 3, p. 200-210, 2019.

HOLL, K. D. Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: Seed rain, seed germination, microclimate, and soil 1. **Biotropica**, v. 31, n. 2, p. 229-242, 1999.

KATTGE, J. *et al.* TRY plant trait database—enhanced coverage and open access. **Global change biology**, v. 26, n. 1, p. 119-188, 2020.

KATTGE, J. *et al.* TRY— a global database of plant traits. **Global change biology**, v. 17, n. 9, p. 2905-2935, 2011.

KENDAL, D.; WILLIAMS, K. J. H; WILLIAMS, N. S. G. Plant traits link people's plant preferences to the composition of their gardens. **Landscape and urban planning**, v. 105, n. 1-2, p. 34-42, 2012.



KOLLMANN, J. *et al.* Integrating ecosystem functions into restoration ecology-recent advances and future directions. **Restoration Ecology**, v. 24, n. 6, p. 722-730, 2016.

LAUGHLIN, D. C. Applying trait-based models to achieve functional targets for theorydriven ecological restoration. **Ecology Letters**, v. 17, n. 7, p. 771–784, 2014.

LAVOREL, S. *et al.* Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 12, n. 12, p. 474-478, 1997.

LAVOREL, S.; GARNIER, E. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. **Functional ecology**, v. 16, n. 5, p. 545-556, 2002.

LOUREIRO, N. *et al.* Use of the trait-based approach in ecological restoration studies: a global review. **Trees**, p. 1-11, 2023.

LUNDHOLM, J. *et al.* Leaf and life history traits predict plant growth in a green roof ecosystem. **PloS one**, v. 9, n. 6, p. e101395, 2014.

MAITNER, B. S. *et al.* The bien r package: A tool to access the Botanical Information and Ecology Network (BIEN) database. **Methods in Ecology and Evolution**. 2018.

MANHÃES, A. P. *et al.* Functional trajectory for the assessment of ecological restoration success. **Restoration Ecology**, v. 30, n. 8, p. e13665, 2022.

MAPPIN, B. *et al.* Restoration priorities to achieve the global protected area target. **Conservation Letters**, v. 12, n. 4, p. e12646, 2019.

MARIANO, E. *et al.* LT-Brazil: A database of leaf traits across biomes and vegetation types in Brazil. **Global Ecology and Biogeography**, v. 30, n. 11, p. 2136-2146, 2021.

MARTÍNEZ-GARZA, C.; BONGERS, F.; POORTER, L. Are functional traits good predictors of species performance in restoration plantings in tropical abandoned pastures ?. **Forest Ecology and Management**, v. 303, p. 35-45, 2013.

MCDONALD, T. *et al.* International standards for the practice of ecological restoration—including principles and key concepts. Society for Ecological Restoration: Washington, DC. **SoilTec, Inc., © Marcel Huijser, Bethanie Walder**. 48p. 2016.

MEA - Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and human wellbeing: wetlands and water**. World Resources Institute, 2005.

MERCHANT, T. K. *et al.* Four reasons why functional traits are not being used in restoration practice. **Restoration Ecology**, v. 31, n. 3, p. e13788, 2023.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **A Convenção sobre Diversidade Biológica – CDB**. Cópia do decreto Legislativo. n.2, p.32, Brasília. 2000. Disponível em <<https://www.gov.br/mma/pt-br/textoconvenoportugus.pdf>> Acesso: 30 jul 2023.



MORAES, L. F. D. *et al.* **Princípios e Padrões Internacionais para a prática da restauração ecológica**. Segunda edição: Novembro 2019. Sociedade Ecológica de Restauração. Disponível em: <<https://www.ser.org/page/SERDocuments>> Acesso: 14 jul. 2023.

NOBLE, I. R.; GITAY, H. A. functional classification for predicting the dynamics of landscapes. **Journal of Vegetation science**, v. 7, n. 3, p. 329-336, 1996.

OLESEN, J. M. *et al.* The openness of a flower and its number of flower-visitor species. **Taxon**, v. 56, n. 3, p. 729-736, 2007.

OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E. The Global 200: Priority ecoregions for global conservation. **Annals of the Missouri Botanical garden**, p. 199-224, 2002.

OSTERTAG, R. *et al.* Using plant functional traits to restore Hawaiian rainforest. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, n. 4, p. 805-809, 2015.

OUZZANI, M. *et al.* Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic reviews**, v. 5, p. 1-10, 2016.

PALMA, A. C. *et al.* Enhancing plant diversity in secondary forests. **Frontiers in Forests and Global Change**, v. 3, p. 571352, 2020.

PALMA, A. C.; LAURANCE, S. G. W. A review of the use of direct seeding and seedling plantings in restoration: What do we know and where should we go? **Applied Vegetation Science**, v. 18, n. 4, p. 561–568, 2015.

PAN, Q. *et al.* Effects of plant functional traits on ecosystem services: A review. **Chinese Journal of Plant Ecology**, v. 45, n. 6, p. 1140–1153, 2021.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N. *et al.* New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Aust. Bot.** 61, 167– 234. 2013.

PETISCO-SOUZA, A. C. *et al.* Minding the gap: range size and economic use drive functional trait data shortfall in the Atlantic Forest. **BioRxiv**, 2020.

PILON, N. A. L.; DURIGAN, G. Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de cerrado. **Scientia Forestalis**, p. 389-399, 2013.

POORTER, L. *et al.* Are functional traits good predictors of demographic rates? Evidence from five Neotropical forests. **Ecology**, New York, v. 89, n. 7, p. 1908-1920, 2008.

QUÉTIER, F.; THÉBAULT, A.; LAVOREL, S. Plant traits in a state and transition framework as markers of ecosystem response to land-use change. **Ecological monographs**, v. 77, n. 1, p. 33-52, 2007.



REICH, P. B. The world-wide 'fast–slow' plant economics spectrum: a traits manifesto. **Journal of ecology**, v. 102, n. 2, p. 275-301, 2014.

ROBLEÑO, I. *et al.* Using the response–effect trait framework to quantify the value of fallow patches in agricultural landscapes to pollinators. **Applied Vegetation Science**, v. 21, n. 2, p. 267-277, 2018.

ROSENFELD, M. F.; MÜLLER, S. C. Functional ecology as a tool for planning and monitoring ecosystems restoration. **Oecologia Australis**, v. 24, n. 3, p. 550–565, 2020.

ROSENFELD, M.F. **Processos ecossistêmicos e funcionalidade de florestas em restauração**. 2017, 181p. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2017.

ROTHER, D. C. *et al.* Ecological restoration increases conservation of taxonomic and functional beta diversity of woody plants in a tropical fragmented landscape. **Forest Ecology and Management**, v. 451, p. 117538, 2019.

SANDEL, B.; CORBIN, J. D.; KRUPA, M. Using plant functional traits to guide restoration: A case study in California coastal grassland. **Ecosphere**, v. 2, n. 2, p. 116, 2011.

SANTALA, K. *et al.* Managing conservation values and tree performance: Lessons learned from 10 year experiments in regenerating eastern white pine (*Pinus strobus* L.). **Forest Ecology and Management**, v. 432, p. 748-760, 2019.

SCHULZE, E.D. *et al.* Carbon and nitrogen isotope discrimination and nitrogen nutrition of trees along a rainfall gradient in northern Australia. **Functional Plant Biology**, v. 25, n. 4, p. 413-425, 1998.

SER - Society for Ecological Restoration. **Princípios da SER International sobre a restauração ecológica**. Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política - versão 2. Tucson: SER, 2004. Disponível em: <<https://www.ser.org/page/SERDocuments>>. Acesso: 14 jul. 2023.

SHIMAMOTO, C. Y. *et al.* Restoration of ecosystem services in tropical forests: A global meta-analysis. **PLoS ONE**, v. 13, n. 12, p. 1–16, 2018.

SIEFERT, A. *et al.* A global meta-analysis of the relative extent of intraspecific trait variation in plant communities. **Ecology letters**, v.18, n. 12, p. 1406-1419, 2015.

STORKEY, J. *et al.* Using functional traits to quantify the value of plant communities to invertebrate ecosystem service providers in arable landscapes. **Journal of Ecology**, v. 101, n. 1, p. 38-46, 2013.

SUDING, K. *et al.* Committing to ecological restoration. **Science**, v. 348, n. 6235, p. 638-640, 2015.



UNEP - United Nations Environment Programme. **Resolution adopted by the General Assembly on 1 March 2019.** New York. 2019. Disponível em: <<https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n19/060/16/pdf/n1906016.pdf?token=SJsp18IS6AHLiqlpEX&fe=true>> Acesso: 14 jul. 2023.

VAN DER PIJL, L. ***Principles of Dispersal in Higher Plants***, Berlin: Springer-Verlag, 1982.

VIANI, R. A. *et al.* Protocol for monitoring tropical forest restoration: perspectives from the Atlantic Forest Restoration Pact in Brazil. **Tropical Conservation Science**, v. 10, p. 1940082917697265, 2017.

VIOLLE, C. *et al.* Let the concept of trait be functional!. **Oikos**, v. 116, n. 5, p. 882-892, 2007.

VOLIS, S.; ORMANBEKOVA, D.; YERMEKBAYEV, K. Role of phenotypic plasticity and population differentiation in adaptation to novel environmental conditions. **Ecology and Evolution**, v. 5, p. 3818–3829, 2015.

WEIHER, E. *et al.* Advances, challenges and a developing synthesis of ecological community assembly theory. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 366, n. 1576, p. 2403-2413, 2011.

WEIHER, E. *et al.* Challenging Theophrastus: a common core list of plant traits for functional ecology. **Journal of vegetation science**, v. 10, n. 5, p. 609-620, 1999.

WEN, Z. *et al.* Functional diversity overrides community weighted mean traits in linking land-use intensity to hydrological ecosystem services. **Science of the Total Environment**, v. 682, p. 583-590, 2019.

WRIGHT, I. J. *et al.* The worldwide leaf economics spectrum. **Nature**, v. 428, n. 6985, p. 821-827, 2004.

WRIGHT, I. J.; REICH, P. B.; WESTOBY, M. Strategy shifts in leaf physiology, structure and nutrient content between species of high-and low-rainfall and high-and low-nutrient habitats. **Functional Ecology**, v. 15, n. 4, p. 423-434, 2001.

ZAKHAROVA, L.; MEYER, K. M.; SEIFAN, M. Trait-based modelling in ecology: A review of two decades of research. **Ecological Modelling**, v. 407, p. 108703, 2019.

ZANNE, A. E. *et al.* Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum. **Dryad Digital Repository**, 2009. Disponível em: <<https://datadryad.org/stash/dataset/doi:10.5061/dryad.234>>. Acesso: 10 mai. 2023.

ZIRBEL, C. R. *et al.* Plant functional traits and environmental conditions shape community assembly and ecosystem functioning during restoration. **Journal of Applied Ecology**, v. 54, n. 4, p. 1070–1079, 2017.



ZUPO, T. *et al.* Trends and knowledge gaps on ecological restoration research in the Brazilian Atlantic Forest. **Restoration Ecology**, v. 30, n. 8, p. 1–12, 2022.

NOTA

Os autores utilizaram a IA ChatGPT 3.5 para auxiliar na revisão gramatical e análise ortográfica do documento. No entanto, todas as buscas pelos conteúdos, classificação da qualidade dos artigos e dissertação do conteúdo foram realizadas de maneira autoral.

Material recebido: 07 de novembro de 2023.

Material aprovado pelos pares: 27 de novembro de 2023.

Material editado aprovado pelos autores: 13 de fevereiro de 2024.

¹ Mestra em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (2019). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4973-3606>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9550083180869691>.

² Orientador. Doutor em Ecologia, PhD, University of Stirling, Escócia (1994). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4492-3344> Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3704305950005564>.