



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
BOTÂNICA TROPICAL**

JUCELINO DA SILVA COUTINHO

**EFEITOS DAS MUDANÇAS NO USO DA TERRA SOBRE ATRIBUTOS
FUNCIONAIS DE PLANTAS EM FLORESTAS NEOTROPICAIS**

**Belém, PA
2022**

JUCELINO DA SILVA COUTINHO

**EFEITOS DAS MUDANÇAS NO USO DA TERRA SOBRE ATRIBUTOS
FUNCIONAIS DE PLANTAS EM FLORESTAS NEOTROPICAIS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Museu Paraense Emílio Goeldi em parceria com a Universidade Federal Rural da Amazônia como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Botânica Tropical para obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Ecologia, Manejo e Conservação

Orientadora: Dr.^a Grazielle Sales Teodoro

Coorientador: Dr. Leandro Maracahipes

**Belém, PA
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Bibliotecas da Universidade
Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C871e Coutinho, Jucelino
Efeitos das mudanças no uso da terra sobre os atributos funcionais de
plantas em florestas neotropicais
/ Jucelino Coutinho. - 2023.
47 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Ciências
Biológicas (CB), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal
Rural Da Amazônia, Belém, 2023.
Orientador: Profa. Dra.
Grazielle Teodoro
Coorientador: Prof. Dr.
Leandro Maracahipes.
1. perturbações antrópicas . 2. atributo funcional. 3. florestas tropicais .
4. filtro ambiental. 5. Espectro econômico foliar. I. Teodoro,
Grazielle, *orient.* II. Título

JUCELINO DA SILVA COUTINHO

**EFEITOS DAS MUDANÇAS NO USO DA TERRA SOBRE ATRIBUTOS
FUNCIONAIS DE PLANTAS EM FLORESTAS ÚMIDAS NEOTROPICAIS:
UMA META-ANÁLISE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, área de concentração Botânica Tropical, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Dra. Grazielle Sales Teodoro

Coorientador: Dr. Leandro Maracahipes

31 de maio de 2022

Data da Aprovação

Banca Examinadora:

Grazielle Sales Teodoro

Orientadora

Dra. Grazielle Sales Teodoro
Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG

Jean Carlo Gonçalves Ortega

Membro 1

Dr. Jean Carlo Gonçalves Ortega
Universidade Federal do Pará – UFPA

Lucas Erickson Nascimento da Costa

Membro 2

Dr. Lucas Erickson Nascimento da Costa
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Marina C. Scalon

Membro 3

Dra. Marina Corrêa Scalon
Universidade Federal do Paraná – UFPR

AGRADECIMENTO

À DEUS,

Aquele dotado de inteligência suprema, que me concedeu o dom da vida, que sempre está ao meu lado guiando meus passos, me dando sabedoria e forças para que eu chegasse até aqui. Muito obrigado por permite essa conquista.

Ao MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI em conjunto com a UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA, pela estrutura, programa e oportunidade de concluir o mestrado.

A minha bolsa que foi financiada pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

Ao laboratório ECOPRO, por todo acolhimento da equipe e pelas grandes amizades que fiz por lá: KAROL CHAVES, RAYSSA, LUIZ, AUGUSTO, LIZIANE, VANESSA e LUANE.

À minha família, e em especial, minha querida mãe, TEREZINHA SILVA, que é o meu alicerce, meu porto seguro, que apesar dos pesares, nunca desistiu de mim, sempre quis o meu melhor. Muito obrigado mãe! Essa vitória é sua também.

À minha irmã, PATRÍCIA COUTINHO, por tolerar esse irmão chato que sou (rs), mas que apesar disso, se preocupa comigo e com meu futuro.

À minha orientadora, GRAZIELLE TEODORO, por me acompanhar durante toda minha trajetória acadêmica. Muito obrigado por toda sua ajuda, pela empatia nos meus momentos de falta de saúde e por sempre acreditar em mim.

Ao meu coorientador, LEANDRO MARACAHIPES que foi essencial para o resultado desse trabalho. Obrigado pela disponibilidade, pela dedicação, por toda paciência e conhecimento repassado ao longo desses dois anos.

Ao ANTONIO AUGUSTO, por sempre ter me ajudado a respeito do tema, das análises, gráficos. Muito obrigado, mano!

A minha banca de mestrado JEAN ORTEGA, MARINA SCALON e LUCAS COSTA por todas as considerações que foram super válidas.

Meu muito obrigado pelas minhas irmãs de coração VANESSA COUTINHO, TAYSSA MENEZES, LUANA GODOT, DANI FREIRE, DAMILLYS MIRANDA, GLEISON CRUZ, MONALIZA MAGALHÃES e DEYVSON por terem cuidado de mim quando eu estava com depressão. Amo todos vocês!

Meu muito obrigado também para aqueles que não foram citados, que de alguma forma me ajudou a chegar até aqui, mesmo que indiretamente!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Diagrama adaptado/resumido do fluxo de informações PRISMA da revisão sistemática e meta-análise (MOHER et al., 2009).....	21
Figura 2- Mapa mostrando a área de estudo e sua atual cobertura vegetal na região Neotropical	21
Figura 3- Número de estudos publicados por países da região Neotropical envolvendo a abordagem de atributos funcionais e alteração ambiental em florestais tropicais	26
Figura 4- Produção anual dos artigos relacionados aos efeitos do uso e mudança da terra sobre atributos funcionais das plantas de florestas na região Neotropical	26
Figura 5- Os cinco principais periódicos em que artigos relacionados aos efeitos do uso e mudança da terra sobre atributos funcionais das plantas foram publicados	27
Figura 6- Tipos de ambientes onde foram realizados os estudos envolvendo a abordagem de atributos funcionais e alteração ambiental em florestais tropicais na região Neotropical.	28
Figura 7- Tipos de mudanças do uso da terra que foram analisados nos estudos da região Neotropical envolvendo a abordagem de atributos funcionais e alteração ambiental em florestais tropicais	28
Figura 8- Atributos funcionais mais estudados de acordo com os trabalhos selecionados para a região Neotropical envolvendo a abordagem de atributos funcionais e alteração ambiental em florestais tropicais	29
Figura 9- Distribuição dos estudos a nível local, regional, nacional ou global envolvendo a abordagem de atributos funcionais e alteração ambiental em florestais tropicais da região Neotropical	30
Figura 10- Tipo de vegetação dos estudos incluídos na meta-análise envolvendo a abordagem de atributos funcionais e alteração ambiental em florestais tropicais da região Neotropical	31
Figura 11- Número de trabalhos e uso da terra que foram analisados nos estudos região Neotropical envolvendo a abordagem de atributos funcionais e alteração ambiental em florestais tropicais	31
Figura 12- Variação entre os estudos gerado pelo gráfico forest plot dos estudos selecionados para a região Neotropical envolvendo mudanças do uso da terra e seus efeitos nos atributos funcionais das plantas.....	32
Figura 13- Gráfico de funil dos estudos analisados para a região Neotropical envolvendo mudanças do uso da terra e seus efeitos nos atributos funcionais das plantas	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Relação de informações extraídas de todos os estudos conduzidos na região Neotropical selecionados a partir das bases do Web of Science e Scopus.....	22
Tabela 2 - Quantidade de trabalhos avaliando a diferença nos atributos ($p < 0,05$) funcionais comparando as áreas conservadas e áreas com mudanças no uso da terra	29

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2. Objetivo Geral	12
2.1. Questões específicas a serem respondidas.....	12
3. HIPÓTESE E PREDIÇÕES	13
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
4.1. Mudanças no uso da terra e a fragmentação florestal	14
4.2. Atributos funcionais e por que medí-los no contexto de fragmentação e mudanças no uso da terra?	15
4.3. Revisão sistemática e meta-análise	18
5. MATERIAL E MÉTODOS	20
5.1. Revisão sistemática: Coleta de dados	21
5.2. Meta-análise	23
5.2.1 Compilação de dados.....	23
5.2.2 Tamanho do efeito.....	23
5.2.3 Modelos meta-analíticos de efeitos aleatórios.....	24
5.2.3 Viés de publicação.....	24
6. RESULTADOS	25
6.1 Cienciometria	25
6.2 Meta-análise	30
9. DISCUSSÃO	33
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

RESUMO

As diferentes mudanças no uso e cobertura da terra têm promovido expressivas perdas de biodiversidade e serviços ecossistêmicos, sobretudo nas florestas tropicais. A conversão de florestas nativas para fins agropecuários, mineração, extração de madeira, dentre outros usos têm comprometido o funcionamento das florestas tropicais e alterado as estratégias ecológicas das espécies. Estudar os atributos funcionais das plantas ajuda a compreender como elas conseguem adquirir, investir e usar seus recursos mediante as novas condições ambientais. O desenvolvimento deste trabalho, baseado em revisão de literatura, busca responder a seguinte questão: como as mudanças no uso e cobertura da terra afetam os atributos funcionais de plantas em florestas úmidas Neotropicais? Para responder essa questão, nós avaliamos 122 artigos por uma abordagem cienciométrica e meta-análise dos atributos funcionais de plantas amostradas em ambientes com diferentes tipos de conversões de uso e cobertura da terra. A maioria dos estudos foram realizados no Brasil e houve um crescente interesse pelo tema a partir de 2015. Os principais tipos de uso da terra estudadas foram pastagem e agricultura, já os atributos mais avaliados foram área foliar específica, área foliar e densidade da madeira. Individualmente, grande parte dos estudos (~65%) observaram diferenças significativas entre os atributos em áreas conservadas e perturbadas. No entanto, utilizando a meta-análise não foi registrado diferença significativa tanto considerando todos os estudos em conjunto, quanto quando avaliamos cada traço funcional de plantas individualmente em uma análise de subgrupo. No entanto, nossos resultados indicam o quão promissor é avaliar os atributos funcionais nesse contexto de mudanças do uso da terra, no qual, pode-se entender desde a resposta das plantas individuais até escalonar para a compreensão do funcionamento de florestas tropicais na região Neotropical.

Palavras-chave: Espectro econômico foliar, filtro ambiental, perturbações antrópicas, florestas tropicais, demandas conflitantes, atributo funcional

ABSTRACT

The different changes in land use and cover have promoted significant losses of biodiversity and ecosystem services, especially in tropical forests. The conversion of native forests for agricultural purposes, mining, logging, among other uses, has compromised the functioning of tropical forests and altered the ecological strategies of plants. Studying the functional traits of plants helps to understand how they are able to acquire, invest and use their resources under the new environmental conditions. The development of this work, based on a literature review, seeks to answer the following question: how changes in land use and land cover affect the functional traits of plants in Neotropical humid forests? To answer this question, we carried out an evaluation of 122 articles through a scientometric and meta-analysis approach of plant functional traits that were sampled in environments with different types of land use and land cover. Most studies were carried out in Brazil and there was a growing interest in the topic from 2015 onwards. The main types of land use found were pasture and agriculture, and the attributes more commonly evaluated were specific leaf area, leaf area and wood density. Individually, most studies (~65%) observed significant differences between attributes in conserved and disturbed areas. However, the results we show indicate how promising it is to evaluate functional traits in this context of land use changes, in which one can understand from the response of individual plants to scaling up to the functioning of tropical forests in the Neotropical region.

Keywords: Leaf economic spectrum, environmental filter, human disturbances, tropical forests, trade-offs, functional traits

1. INTRODUÇÃO GERAL

As florestas tropicais são consideradas grandes reservatórios que abrigam quase a metade da biodiversidade global (SULLIVAN et al., 2017). Estima-se que as florestas tropicais abriguem um pouco mais que 53.000 espécies de árvores em todo o mundo (SLIK et al., 2015), sendo que a Amazônia detém a maior extensão de floresta tropical a nível global com aproximadamente 7,8 milhões de km² (NAZARENO et al., 2020). Essas florestas são responsáveis por realizar inúmeros serviços e bens ecossistêmicos (MACE et al., 2012), como ciclagem de nutrientes (DRAKE et al., 2021), trocas de água e carbono junto com a atmosfera, contribuindo para a manutenção das condições climáticas em grande escala (WANG et al., 2014).

Apesar da relevante importância da flora e fauna associada às florestas tropicais, a biodiversidade destes habitats tem sido ameaçada pelas rápidas taxas de mudanças de uso e cobertura da terra que fragmentam a paisagem (PERES et al., 2010; WATSON et al., 2016, LAURANCE et al., 2018). A conversão de vegetação nativa para uso em atividades agropecuárias é o principal fator de declínio da biodiversidade a nível global (BETTS et al., 2019), o que muda todo o funcionamento e entrega dos serviços ecossistêmicos e afetando até mesmo o bem-estar humano (DIRZO et al., 2014).

Uma vez que as florestas tropicais são perturbadas pelo homem, o ambiente passará ter tanto de florestas primárias perturbada quanto para floresta secundárias. As florestas primárias perturbada são as que nunca foram alteradas, mas que já sofreram com atividades de extração madeireira seletiva (BERENGUER et al., 2018). Já as florestas secundárias, que são aquelas que foram totalmente derrubadas (BARLOW et al., 2016). Independente da sua categorização, o gradiente de perturbação gerado pode comprometer o desempenho e funcionamento das plantas (LIU et al., 2018), desequilibrando a disponibilidade de recursos para outros níveis tróficos ou estratos da vegetação (e.g., água, nutrientes e luz). As alterações nas florestas tropicais promovem maior heterogeneidade da luz por todo o ambiente (URIARTE et al., 2018), tornando determinante nos processos vitais das espécies (SEVIK et al., 2016). Nessas condições, a sobrevivência e a capacidade competitiva são decisivas e variam dependendo das características morfofisiológicas de cada organismo (HARPER e OGDEN, 1970; REICH, 2014).

As mudanças no uso da terra geram na paisagem um mosaico formado por manchas vegetacionais circundadas por uma matriz antrópica (TAUBERT et al., 2018). A mancha pode ser definida como uma área homogênea que sofreu diferenciação em relação aos seus arredores, com uma extensão menor e não-linear (PEREIRA et al., 2001). A matriz, por sua vez, é definida como maior componente da paisagem (ARROYO-RODRIGUEZ et al., 2017), e que, quando alterada pelo homem, experiencia uma substituição de seus elementos de composição da paisagem (SANTOS e MACHADO, 2015), para outros associados à atividades antropogênicas como por exemplo na agricultura ou silvicultura (FERRANTE et al., 2017).

Mediante a isso, entender melhor como as plantas reagem as perturbações ambientais é fundamental para propor estratégias de manejo para recuperar ou amenizar os impactos sobre essas áreas afetadas (PIMENTEL et al., 2016). Uma das formas de avaliar a resposta das plantas ao ambiente é por meio do entendimento das características funcionais de cada espécie, os seus atributos funcionais (ZIRBEL et al., 2017). Os atributos funcionais estão diretamente relacionados a história de vida, aptidão e desempenho ecológico das espécies (REICH, 2014). Nesse sentido, fornecem um elo para a compreensão das mudanças no uso da terra e as respostas das espécies aos novos filtros ambientais que estão expostas (LALIBERTE et al., 2010).

Aqui, realizamos uma revisão sistemática da literatura e meta-análise para sintetizar as evidências empíricas das avaliações do efeito de alterações do uso e cobertura da terra em atributos funcionais de plantas. O presente projeto responderá a seguinte questão: como as mudanças no uso da terra e na cobertura da floresta afetam os atributos funcionais de plantas na região Neotropical?

2. Objetivo Geral:

Avaliar através de uma análise cienciométrica e meta-análise dos trabalhos da literatura a resposta dos atributos funcionais de plantas em ambientes florestais perturbados e não perturbados na região Neotropical, buscando entender quais os efeitos da alteração do habitat sobre os atributos funcionais e nas estratégias ecológicas das plantas.

2.1. Questões específicas a serem respondidas:

Pretende-se responder as seguintes perguntas com a **cienciometria**:

- 1) Quais foram as tendências de publicações ao longo dos anos?
- 2) Em quais as revistas os artigos foram mais publicados?
- 3) Quais os países que tiveram mais estudos publicados?
- 4) Os estudos são mais local, regional, nacional ou global?
- 5) Em quantos trabalhos houve diferença nos atributos funcionais mediante as mudanças no uso da terra?
- 6) Quais as mudanças de uso da terra foram analisadas em trabalhos envolvendo efeitos sobre os atributos funcionais de plantas na região neotropical?
- 7) Dentre os usos de terra, quais atributos mais utilizados?
- 8) Os estudos se concentram mais em florestas tropicais úmidas ou secas?
- 9) Quais as lacunas no conhecimento em relação as mudanças no uso da terra e atributos funcionais nas comunidades de plantas em ambientes perturbados antropicamente?
- 10) Há uma mudança nas estratégias ecológicas das espécies em resposta às alterações ambientais?

Perguntas a serem respondidas com a **meta-análise**:

- 11) Qual o efeito das mudanças do uso da terra sobre os atributos funcionais foliares e de madeira de plantas na região Neotropical?

3. HIPÓTESE E PREDIÇÕES

-As mudanças do uso da terra pelo homem afetam o fenótipo das espécies e atributos funcionais das plantas que ocorrem em florestas Neotropicais impactadas em relação aos ecossistemas conservados.

- Há alteração nas estratégias ecológicas das espécies, nas quais as mudanças podem ser em diferentes direções: a) de aquisitiva para conservativa, uma vez que, as novas condições do ambiente, pelos diferentes usos, são mais estressantes, favorecendo características mais conservativas no uso de recursos; b) de conservativa para aquisitiva,

visto que podem ser favorecidas espécies pioneiras, de crescimento rápido, devido as alterações no ambiente.

- O atributo mais comumente estudado, independente do uso de terra, são atributos foliares, como a área foliar específica (SLA), uma vez que este atributo está diretamente relacionado ao custo energético que a planta tem para a construção e manutenção foliar, e é facilmente mensurado.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Mudanças no uso da terra e a fragmentação florestal

O estado de conservação das florestas oferece indício de como estão as condições do meio ambiente, uma vez que ela desenvolve o papel de proteção dos recursos naturais e oferece serviços ecossistêmicos (COHN et al., 2019), como a regulação climática pela transpiração da floresta, no qual as plantas bombeiam a água que está em solo profundo para a atmosfera (MOLINA et al., 2019). Da evapotranspiração, estima-se que 80 a 90% do vapor d'água são liberados pelas árvores, resultando em aproximadamente 62.000 a 68.000 km² de água todo ano para atmosfera (JASECHKO et al., 2013). Com isso, florestas ajudam qualidade e disponibilidade de água para os processos vitais da planta, indiretamente na estabilização dos regimes dos rios, bem como na regulação dos regimes de chuvas da região (GHARBIA et al., 2018).

No entanto, as biodiversas florestas tropicais, são visadas economicamente pelo homem (RODRIGUEZ-ROMERO et al., 2018) e, com isso, há uma intensificação do processo de exploração e da fragmentação florestal. A fragmentação de habitats, em geral, é resultado da ação desordenada do uso e ocupação da terra, tornando a paisagem menos biodiversa, além de mudanças nas condições microclimáticas do fragmento (ABDALLA e MADUREIRA, 2015). Esse processo é definido como conversão da área contínua florestada em várias parcelas menores, que dependendo do número de manchas, independente do seu tamanho, podem se tornar isoladas uma das outras dentro de uma matriz dissimilar do natural (FAHRIG, 2019, LINDENMAYER e FISCHER, 2013; FARDILA et al., 2017; LAURANCE et al., 2018).

A fragmentação florestal forma bordas novas, expondo porções internas da mancha às novas condições microclimáticas (EWERS e BANKS-LEITE, 2013; NAGY et al., 2015, MARACAHIPES-SANTOS et al., 2020). Essas mudanças no microclima são impulsionadas pelo aumento da temperatura (DAVIS et al., 2019) devido à maior entrada

de luz, promove a dessecação do solo, reduz a umidade relativa do ar e aumenta a frequência de ventos fortes. Tais alterações tornam esses ambientes menos favoráveis para as espécies tolerantes a sombra (ARROYO-RODRIGUES et al., 2017), podendo prejudicar seu crescimento e regeneração (COLLINS et al., 2017).

Em diversas regiões do mundo, as atividades agropecuárias são apontadas como uma das grandes influenciadoras nas mudanças das paisagens naturais (OLIVEIRA, et al., 2015), assim como a mineração (SIQUEIRA-GAY et al., 2020) e a exploração madeireira (GRECCHI, 2017), causando perdas significativas de florestas globalmente (HANSEN et al., 2013). Por exemplo, nas últimas décadas na Amazônia Brasileira, a região do “Arco do desmatamento” sofreu uma das maiores taxa de perda de floresta de todo o mundo, que foi inicialmente acometida por práticas pecuaristas, mas que a partir do ano de 2000 muitas áreas foram convertidas para terras agrícolas, principalmente para plantio de soja (MACEDO et al., 2012). Práticas econômicas como essas em áreas florestadas resultam em perturbações, principalmente na diminuição da porcentagem do dossel de floresta (KHALEDIAN et al., 2017). Portanto, direcionar estudos para análise da paisagem que está sendo perturbada, sobretudo voltados para fragmentação, são importantes por ajudar no emprego de medidas (e.g.: reflorestamento) para reverter a agressão ambiental e seus efeitos sobre as espécies (FEARNSIDE, 2017).

4.2. Atributos funcionais e por que medi-los no contexto de fragmentação e mudanças no uso da terra?

Os atributos funcionais das plantas estão diretamente relacionados a sua história de vida, desempenho ecológico e reprodução (REICH, 2014). Os atributos funcionais fornecem evidências de como as espécies se comportam, onde conseguem se desenvolver, além de ajudar no entendimento das interações entre as plantas e demais organismos (REICH, 2014). Em geral, os atributos são considerados bons indicadores ecológicos quando o ambiente está sendo modificado de forma natural ou antrópica (FONSECA et al., 2018).

As variações nos atributos relacionam-se às diferenças nas estratégias de investimento em carbono e nutrientes apresentada pelas espécies e são fundamentais para determinar sua sobrevivência no ambiente (BU et al., 2019). As variações nos atributos das plantas podem ocorrer tanto entre espécies (interespecífica) como dentro da espécie (intraespecífica). As alterações ocorrem de acordo com o ambiente que elas estão

submetidas, história de vida e variabilidade genética (BU et al., 2017). A variação intraespecífica em características funcionais diz respeito as mudanças que existe dentro da mesma espécie devido à genética, processos epigenéticos (DES ROCHES et al., 2018) ajudando a entender como as plantas vão responder aos filtros abióticos e as interações bióticas (FRIDLEY e GRIME, 2010). Já a variação interespecífica, vem ser a diversidade genética de mais de uma espécie contida em determinado ambiente ou região (ZUPPINGER-DINGLEY et al., 2014).

As diferentes formas dos atributos funcionais podem ser correlacionadas e/ou variar entre as espécies e populações (LARSON et al., 2015). Isso se dá pelas diferentes estratégias adotadas ao longo da vida do indivíduo em conseguir recursos. Por exemplo, quando se considera os tecidos foliares, as estratégias podem variar de aquisitiva a conservativa (WRIGHT, 2004). Essas duas estratégias correspondem os extremos do “espectro da economia da folha”, pois representam as diferentes formas que os atributos respondem aos ambientes contrastantes (DONOVAN et al., 2011). Espécies com estratégias aquisitivas desenvolvem características que otimizam/maximizam o forrageamento dos recursos, já as que adotam de estratégias conservativas, costumam investir em proteção de biomassa de forma a conservar os recursos adquiridos (REICH, 2014).

As estratégias de aquisição e assimilação de recurso estão ligadas a disponibilidade de água, variação na incidência de luz e limitação de nutrientes no solo (LAANISTO e NIINEMETS, 2015). Esses fatores afetam o desempenho da planta como um todo, visto que elas possuem características que modelam sua história de vida de acordo com as condições ambientais (CAVENDER-BARES et al., 2012) como, por exemplo, a área foliar (LA) (PEZZINI et al., 2018), área foliar específica (SLA) (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al. 2013; ALMEIDA et al., 2019), conteúdo de matéria seca foliar (LDMC) (ALI et al., 2016; SMART et al., 2017), espessura foliar (LT) (GRIFFITH et al., 2016; GRATANI, 2018), densidade da madeira (SSD) (MAGNAGO et al., 2014) e altura máxima da planta (Hmax) (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2016).

A LA é considerada a métrica mais comum e refere-se ao tamanho da folha que é responsável pela captação de luz, distribuição da água quanto a perda e controle e difusão entre os gases oxigênio e dióxido de carbono (LIU et al., 2017). A variação da sua área tem sido relacionada, principalmente, a disponibilidade de luz (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2016). Se as folhas estão expostas a uma alta disponibilidade de luz, elas tendem a apresentar baixos valores de LA, esta é uma estratégia para evitar a

perda de água com mais facilidade, evitando estresse hídrico para a planta. No entanto, se a luz for limitante (como nas florestas úmidas), plantas tendem a apresentar altos valores de LA, representando uma maximização na aquisição deste recurso (SOUZA et al., 2009). Portanto, é esperado que nos locais mais degradados seja encontrado uma LA mais baixa, por conta da alta luminosidade do ambiente.

Atributos como o SLA e LDMC estão diretamente relacionados às propriedades químicas, estruturais e fisiológicas do vegetal incrementando o suprimento de nutrientes e construção do aparato fotossintético (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al. 2016). Em situação de alteração ambiental, espera-se que o SLA seja menor por conta da maior entrada de luz e geralmente baixa presença de nitrogênio (LIU et al., 2017). O LDMC por sua vez, refere-se ao quanto de matéria seca ela tem após a secagem. Folhas que tem maior quantidade de LDMC tendem a ser mais resistentes a danos físicos como herbivoria, ventos e granizo, contribuindo para uma maior longevidade da folha (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2016). Quando a planta ocorre em solos pobres em nutrientes, a LDMC tende ser alta, associada a uma menor área foliar em relação a massa, resultando em baixa taxa fotossintética e crescimento (DONOVAN et al., 2011).

A espessura da folha (LT) tem um papel importante nas plantas, pois a forma como as espécies conseguem aproveitar a luz solar e o gás carbônico deve-se em parte a essa característica (FENG et al., 2019), que também auxilia no potencial competitivo, crescimento entre perturbação, tolerância ao estresse ambiental, biomassa acima do solo, profundidade da raiz, espalhamento lateral e herbivoria (CORNELISSEN et al., 2003). A variação nesse atributo vai de acordo com a entrada de luz no ambiente, no qual em locais mais sombreados, as espécies de plantas tendem a apresentar menor espessura foliar por suas estruturas internas estarem em baixa atividade fotossintética, já quando o ambiente é mais aberto, característico de locais perturbados perturbados - , por exemplo – a espessura foliar tende a aumentar à medida que a exposição da radiação solar torna-se mais acentuada (COBLE e CAVALERI, 2017).

A Hmax está relacionada à altura máxima que uma espécie consegue atingir em um determinado ambiente e está diretamente relacionada a sua forma de crescimento, posição vertical, reprodução e competitividade (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2016). A altura da planta pode ser alterada quando há perturbações abióticas, pois, nessas condições as espécies tendem a apresentar menor estatura em relação à ambientes mais conservados devido à limitação de recursos (KOCH et al., 2004) e tempestades de vento (MAGNABOSCO et al., 2018; SILVÉRIO et al., 2019). Quando a luz é um fator

limitante, as árvores investe em crescimento primário para atingir o dossel - por competição - justamente para ter maior aproveitamento da luminosidade e realizar suas atividades vitais (GARNIER e NAVAS, 2012).

A SSD representa diversas funções no organismo vegetal como a de flexibilidade, resistência, suporte mecânico e defesa contra patógeno (POORTER et al., 2019). Esse atributo também está positivamente correlacionado com a eficiência do transporte de água uma vez que a densidade do tecido pode estar relacionada a proporção de vasos e fibras (CHAVE et al., 2009). A densidade da madeira pode variar com o desenvolvimento dos indivíduos (POORTER et al., 2018) e, geralmente, ela está correlacionada positivamente a ambientes mais secos (VILA-CABRERA et al., 2015), oferecendo suporte mecânico, armazenamento de carbono e maior resistência ao transporte de água (NAM et al., 2018). Espécies pioneiras, em ambientes alterados, normalmente apresentam crescimento mais rápido e tendem a apresentar uma menor densidade de madeira. Em contrapartida, as de clímax, de ambientes mais conservados apresentam um crescimento mais lento, são mais resistentes e, conseqüentemente, apresentam maior densidade (PHILIPSON et al., 2014). As folhas tendem a ser menores (área foliar menor) quando a densidade da madeira é alta, o inverso é também considerado válido (CHAVE et al., 2009).

Mediante a isso, a busca por explicações de como as alterações ambientais refletem na distribuição e funcionalidade das plantas no meio ambiente tem sido bastante debatido e pesquisado na ecologia (CRAINE, 2007). Com isso, estudos vêm sendo desenvolvidos com plantas por estas serem consideradas boas indicadoras de alteração ambiental, já que apresentam características fisiológicas e morfológicas sensíveis a estresses (FRESCHET et al., 2018).

4.3. Revisão sistemática e meta-análise

A cienciometria pode ser compreendida como o estudo quantitativo da produção científica, possibilitando uma visão mais ampla e completa das diferentes áreas de conhecimento em diversos lugares ou instituições (MACIAS, 1998; SANTOS, 2003). Resumir qualquer evidência de tendências de estudos em uma dada área específica envolve quatro passos já pré-estabelecidos: localizar os trabalhos de possível interesse, realizar a triagem dos achados, fazer avaliação e combinar as informações científicas (JAMES et al., 2016). A maneira mais precisa para realizar esse trabalho é através da

cienciometria, ou seja, uma revisão concisa e sistemática do assunto (PARRA et al., 2019).

Em meados da década de 80, após a plataforma *Web of Science* ser contratada por várias instituições no mundo todo para auxiliar no compartilhamento do conhecimento científico, a cienciometria começou a ganhar força como disciplina nas entidades de ensino até os dias atuais (VANTI, 2002). Uma revisão sistemática objetiva fazer uma busca do máximo de pesquisas possíveis sobre um determinado assunto afim de revisar e analisar os resultados encontrados por outros pesquisadores (KANG, 2015; QIU et al., 2017). É um método que pode ser qualitativo ou quantitativo, mas em geral busca combinar os resultados de dois ou mais estudos conduzidos de forma independente para gerar uma conclusão nova ou sintetizar padrões gerais nos trabalhos sobre um mesmo tema (LUIZ, 2002).

Ao longo do processo da revisão sistemática os achados poderão ser complementados com uma meta-análise (AHN e KANG, 2018). A meta-análise é uma metodologia estatística que combina os resultados de diferentes estudos colocando-os em uma mesma escala (LUIZ, 2002), ponderando suas precisões (RAZERA, 2016) e calculando medidas que informam um padrão geral sobre o efeito de uma intervenção ou associação entre variáveis e a acerca da consistência dos resultados dos estudos primários (heterogeneidade) (KORICHEVA e GUREVITCH, 2013).

A primeira meta-análise realizada no âmbito da ecologia vegetal foi publicada em 1996 onde avaliava a troca gasosa foliar e concentração foliar de nitrogênio em árvores cultivadas sob elevados níveis de dióxido de carbono (CURTIS, 1996), e desde então, o número de trabalhos que usaram técnicas de meta-análise nas pesquisas na área de ecologia vegetal vem aumentando. Isso mostra a relevância da síntese de dados primários de assuntos gerais, como perda da biodiversidade tanto nas comunidades como ecossistemas, e do comportamento das plantas mediante as mudanças climáticas (KORICHEVA e GUREVITCH, 2014).

No entanto, apesar de todo o avanço nessa linha, há ainda lacunas no conhecimento científico das respostas das espécies vegetais mediante as várias atividades desenvolvidas que estão afetando os ecossistemas tropicais (EDWARDS et al., 2011). Mediante a isso, nós realizamos uma meta-análise a partir de uma busca sistemática dos trabalhos para medir os efeitos das diferentes mudanças no uso da terra sobre os atributos funcionais e estratégias ecológicas das plantas em florestas da região Neotropical.

5. MATERIAL E MÉTODOS

Nosso trabalho consistiu em dois componentes: 1) Realizamos uma revisão sistemática da literatura (cienciometria) para trabalhos que tratem da relação das mudanças do uso e cobertura da terra e os atributos funcionais das plantas em florestas tropicais e, 2) uma meta-análise para quantificar e avaliar se houve variação nos resultados de estudos avaliando o efeito do uso e cobertura do solo sobre atributos funcionais e estratégias ecológicas de plantas. Tanto para a revisão sistemática como para a meta-análise, foi usado o protocolo PRISMA (MOHER et al., 2009; Figura 1) para uma sistematização das etapas de busca e triagem dos estudos. O PRISMA é um protocolo que fornece as etapas necessárias para uma boa revisão sistemática de modo objetivo e reproduzível.

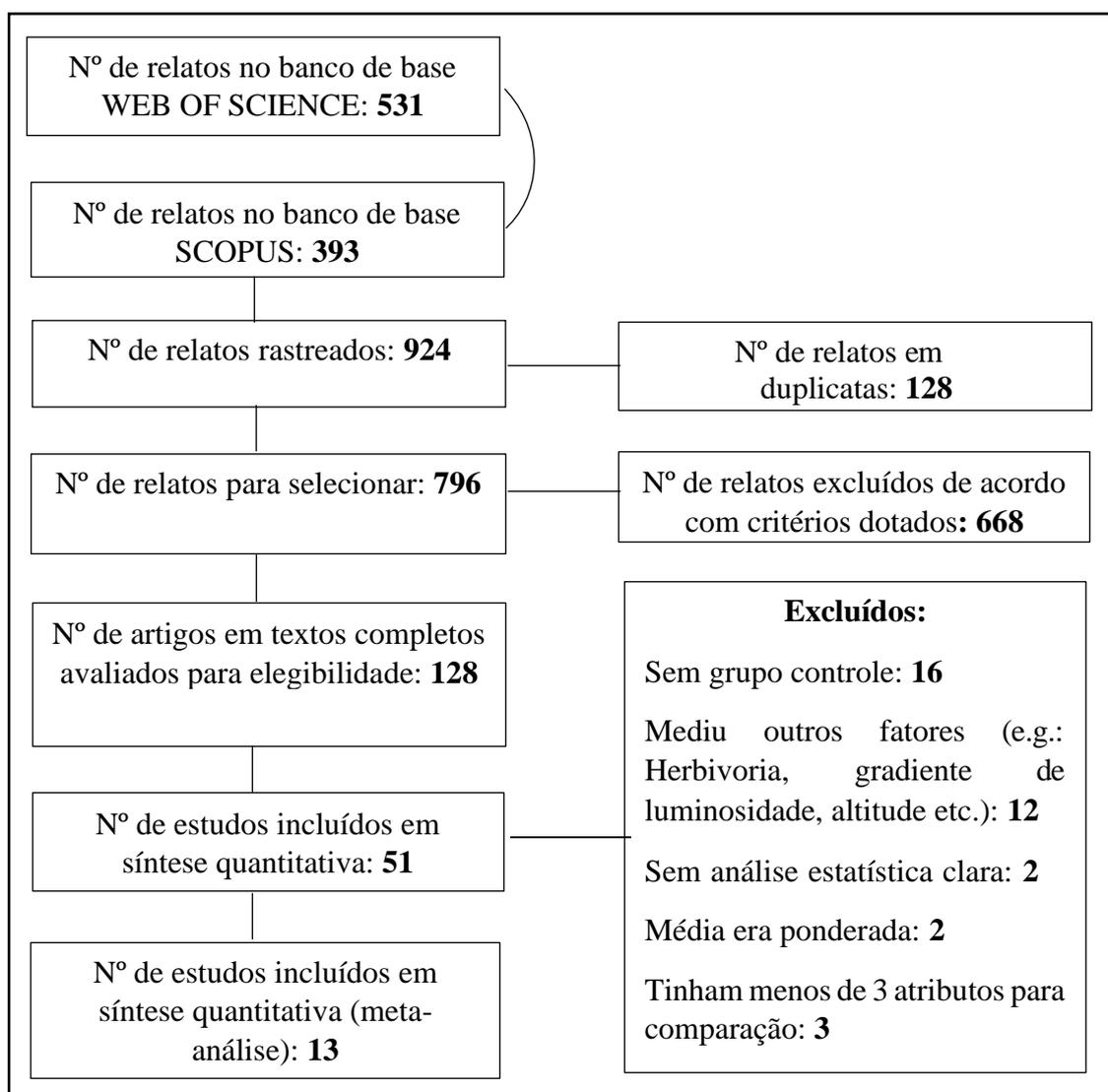


Figura 1- Diagrama adaptado/resumido do fluxo de informações PRISMA da revisão sistemática e meta-análise (MOHER et al., 2009).

5.1. Revisão sistemática: Coleta de dados

A análise foi baseada em artigos depositados nos bancos de dados do *Thomson Institute for Scientific Information (ISI) Web of Science* (www.isiknowledge.com); atualmente gerenciado pela Clarivate Analytics) e *Scopus* (www.scopus.com) para avaliar os trabalhos relacionados aos efeitos das mudanças no uso e cobertura da terra sobre os atributos funcionais das plantas. No presente trabalho consideramos a região Neotropical (Figura 2).

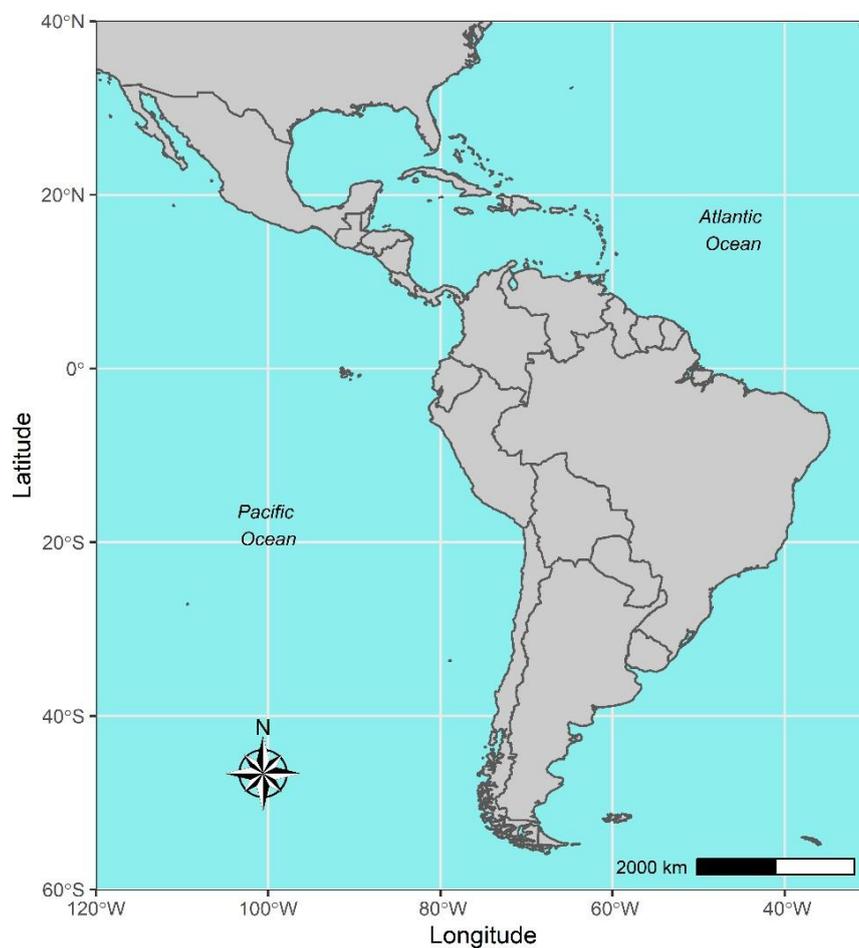


Figura 2- Mapa mostrando a área de estudo e sua atual cobertura vegetal na região Neotropical

Para ambos os bancos de dados foi padronizado as palavras-chave para a busca na pesquisa. Além disso, usamos o curinga (*) que permite a inclusão tanto da palavra no plural como no singular. As palavras-chave utilizadas foram: (“plant functional trait*”) AND (“tropical forest*”) AND (“land use change*” OR “habitat loss*” OR “forest fragmentation*”) OR (“plant intraspecific variation*” OR “leaf trait*” OR “wood trait*”). Realizamos as buscas em todos os campos. Selecionamos os artigos publicados entre 1991 até dezembro de 2020, pois os artigos na plataforma da *Web of Science* antes de 1991, não apresentavam resumo digitais ou palavras-chave (BINI et al., 2005). Esses dados foram baixados e exportados no formato Bibtex, incluindo registros completos e referências citadas.

Utilizamos o programa R para retirada de duplicatas pelo o pacote bibliometrix. Além disso, adotamos os seguintes critérios para a pesquisa bibliográfica e inclusão de artigos para essa revisão: (1) sistema terrestre (e.g.: florestas tropicais), (2) estudos tanto experimentais como observacionais; (3) as variáveis respostas (e.g.: atributos funcionais morfológicos e fisiológicos) mensuradas e não deduzidos; (4) ecom uma descrição clara do uso da terra. Utilizamos apenas artigos em inglês.

Para uma melhor seleção dos trabalhos que atenda os objetivos deste estudo, realizamos uma filtragem a partir da leitura do título e *Abstracts* disponibilizados por cada publicação. A partir disso, aqueles que trataram de outros temas ou que não atendam os critérios definidos para inclusão, foram excluídos das análises. Após isso, identificamos 796 artigos (já sem duplicatas) dos bancos de dados (*Web of Science* e Scopus), dos quais 122 atenderam os critérios dos efeitos do uso e mudança da terra sobre atributos funcionais das plantas.

Dos estudos selecionados foram extraídas as seguintes informações (Tabela 1):

Tabela 1- Relação de informações extraídas de todos os estudos conduzidos na região Neotropical selecionados a partir das bases do Web of Science e Scopus.

Características das publicações	Características dos estudos
Nome dos autores	Tipo de alteração ambiental (agricultura, queimadas, corte seletivo e etc)
País ou região onde a pesquisa foi realizada	Escala geográfica (local, nacional, regional e global)
Título do trabalho	Atributos funcionais mensurados

Periódico em que o artigo foi publicado (revista)	Tipo de estrato (herbácea, liana, arbórea, etc)
Ano de publicação	Coordenadas geográficas
	População, indivíduo, ecossistema ou comunidade
	Efeito observado no atributo funcional
	foi observado o efeito no atributo funcional levando em consideração o valor do “p”

Todos os metadados foram organizadas na planilha eletrônica do Excel para posterior análise.

5.2. Meta-análise

5.2.1 Compilação de dados

Para meta-análise foram utilizados treze artigos, pois foram os trabalhos que tinham média, desvio padrão e número amostral. De cada estudo foi extraído o número amostral, média e desvio padrão tanto do grupo tratamento (áreas sob mudanças no uso da terra) como do grupo controle (áreas em locais mais preservados). Também consideramos covariantes que eventualmente poderiam influenciar o resultado do estudo como: forma de vida (herbácea, liana, arbórea, etc), análise experimental, floresta tropical seca ou úmida.

5.2.2 Tamanho do efeito

Antes de calcular o tamanho de efeito para cada estudo, fizemos a conversão do erro padrão para desvio padrão (LAJEUNESSE et al., 2013). Todos os estudos selecionados para a meta-análise compararam as médias entre o grupo controle e tratamento. Para estudos replicados (com $n > 1$ área conservada e $n > 1$ área alterada, NC e NAlt, respectivamente), obtivemos os tamanhos de efeito usando o g de Hedge, que corresponde à diferença entre as médias de biodiversidade em número amostral do

grupo controle e o número amostral do grupo alterado dividido pelo desvio padrão e com correção para viés de amostra pequena (ROSENBERG et al., 2000; BORENSTEIN et al., 2021). Os valores negativos do g de Hedges significam maior valor no traço do tratamento.

5.2.3 Modelos meta-analíticos de efeitos aleatórios

Usamos os modelos de efeitos aleatórios em todos os campos porque assumimos que os tamanhos de efeitos verdadeiros variam entre os estudos (BORENSTEIN et al., 2021). Vários tamanhos de efeitos foram mensurados para o mesmo estudo, devido trabalhar com vários atributos (multiplicidade de tamanho de efeito; LÓPEZ-LÓPEZ et al., 2018).

Relatamos ainda as estatísticas T^2 e I^2 (SENIOR et al., 2016). A estatística do T^2 corresponde a uma medida que é absoluta de heterogeneidade (BORENSTEIN et al., 2017). Por outro lado, a estatística do I^2 determina o quanto da heterogeneidade nos tamanhos de efeito que podem ser esclarecidas por variáveis que descrevem diferenças entre os estudos (variáveis moderadoras). Além disso, realizamos análise de subgrupo para investigar se os tamanhos de efeito variam em detrimento das variáveis moderadoras (e.g.: traços funcionais) (BORENSTEIN et al., 2009).

Ainda usamos um gráfico de floresta para ilustrar os resultados da meta-análise. Este gráfico mostra os tamanhos de efeito e intervalos de confiança de cada estudo (GATES, 2002). Um modelo significativo (cujo intervalo de confiança não inclui zero) indica uma diferença entre os atributos que estão no ambiente mais conservado com os que estão sobre ambiente alterado.

5.2.3 Viés de publicação

Avaliamos visualmente o viés de publicação nos estudos replicados usando um gráfico de funil do tamanho do efeito em relação a uma medida do tamanho amostral do estudo ou da precisão (por exemplo, o erro padrão do tamanho do efeito) (STERNE et al., 2011). Gráficos de funil visualmente assimétricos geralmente indicam viés de publicação, enquanto os simétricos indicam viés de publicação insignificante. Também utilizamos o número à prova de folhas de Orwin (ORWIN, 1983) como método de avaliação de viés de publicação. Por fim,

aplicamos o procedimento *apara-e-preenche* (*trim-and-fill*), procedimento que estima o número de estudos que foram potencialmente omitidos por viés de publicação e corrige a estimativa do tamanho de efeito acumulado considerando o potencial viés de publicação (BORENSTEIN et al., 2009). A meta-análise foi realizada seguindo todos os critérios de qualidade fornecidos por Koricheva et al. (2013). Calculamos todas as estatísticas usando o R ver. 3.3.1 (<www.r-project.org>) e as bibliotecas *metafor* (VIECHTBAUER, 2010).

6. RESULTADOS

6.1 Cienciometria

Avaliamos 122 artigos para esse estudo. A maioria dos estudos foram realizados no Brasil (38,6%, 57 artigos), seguido do México (14,4%, 20 artigos), Bolívia (6,9%, 10 artigos), Chile e Argentina (5,5%, 8 artigos cada). Nos demais países foram desenvolvidos 6 ou menos artigos (Figura 3).

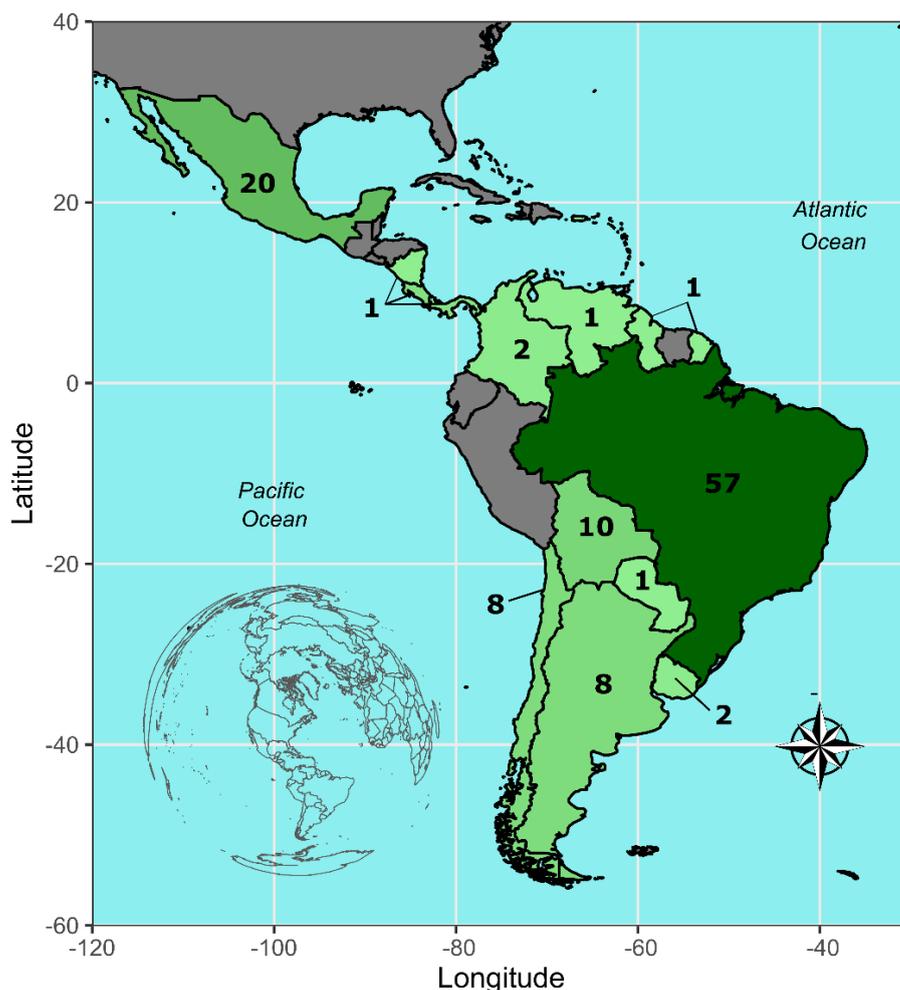


Figura 3- Número de estudos publicados por países da região Neotropical envolvendo a abordagem de atributos funcionais e alteração ambiental em florestais tropicais.

O primeiro estudo sobre uso da terra e atributos funcionais encontrado foi publicado em 2001. Antes desse ano o assunto era pouco/não era abordado ou não foi publicado em periódicos indexados pelas bases de dados consideradas. No entanto, mais recentemente, o interesse pelo assunto aumentou e passou receber atenção intensiva dos pesquisadores. Um notável aumento ocorreu a partir de 2012 (5 artigos), sendo um pico de publicações observado em 2018 com 22 artigos (Figura 4).

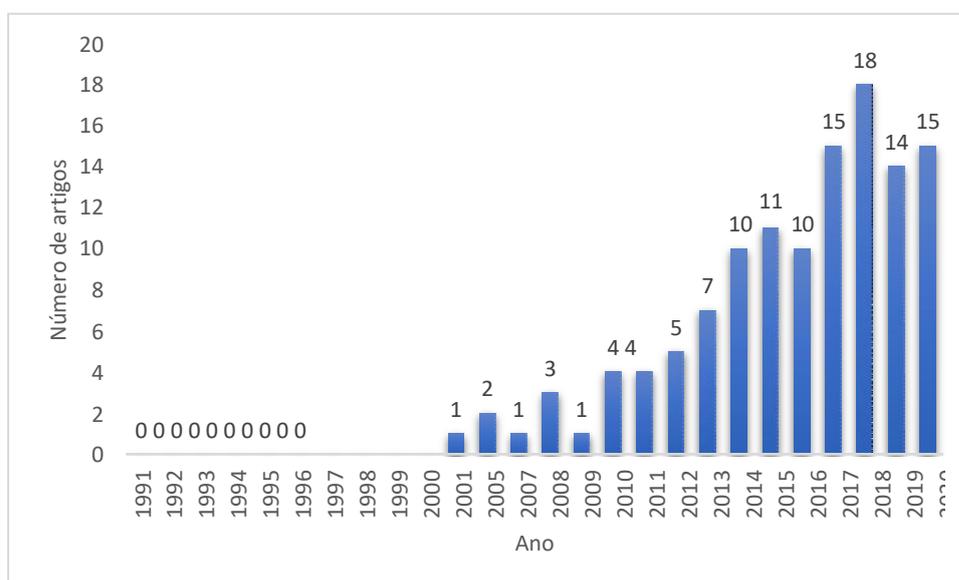


Figura 4- Produção anual dos artigos relacionados aos efeitos do uso e mudança da terra sobre atributos funcionais das plantas de florestas na região Neotropical.

Os 122 artigos selecionados foram publicados em 74 periódicos. A revista com maior número de artigos publicados foi a *Forest Ecology and Management* (12 artigos), seguido pela *Journal of Ecology* (11) (Figura 5). A *Forest Ecology and Management* é uma revista internacional que busca vincular a Ecologia Florestal com o gerenciamento dos recursos florestais e tem um CiteScore de 5,8 e fator de impacto 3,5 (dados de 2022). Já a revista *Journal of Ecology*, aborda assuntos relacionados com todos os aspectos envolvendo ecologia vegetal em ecossistemas terrestres e aquáticos e possui CiteScore igual a 9,7 e fator de impacto de 6,26 (dados de 2022).

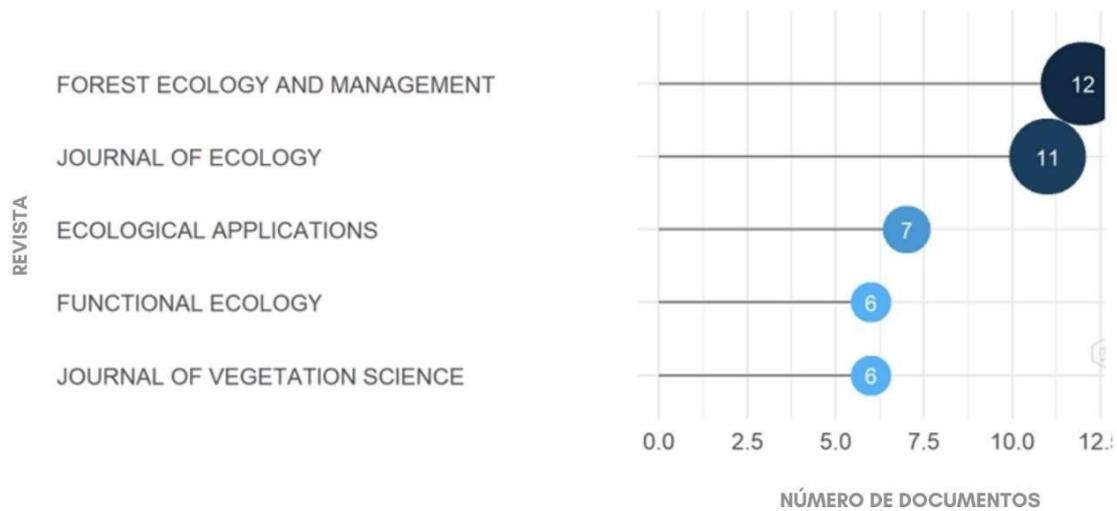


Figura 5- Os cinco principais periódicos em que artigos relacionados aos efeitos do uso e mudança da terra sobre atributos funcionais das plantas foram publicados.

A maior parte dos estudos (63%) foram realizados em florestas tropicais úmidas, enquanto a outra parte (37%) foram em florestas tropicais secas. Dentre os artigos nas florestas tropicais secas, cerca de 41% foram em florestas decíduais e 59% foram em florestas semidecíduas (Figura 6).

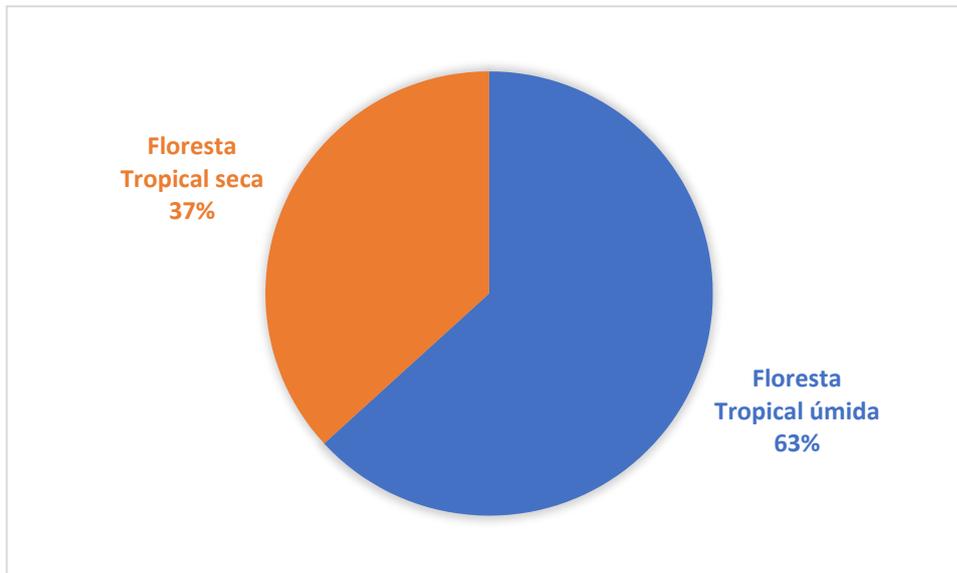


Figura 6- Tipos de ambientes onde foram realizados os estudos envolvendo a abordagem de atributos funcionais e alteração ambiental em florestais tropicais na região Neotropical.

As principais mudanças antrópicas de uso da terra, incluíram pastagens (31% dos estudos), seguindo por agricultura (23%), queimadas (15%) e extração madeireira (15%) (Figura 7).

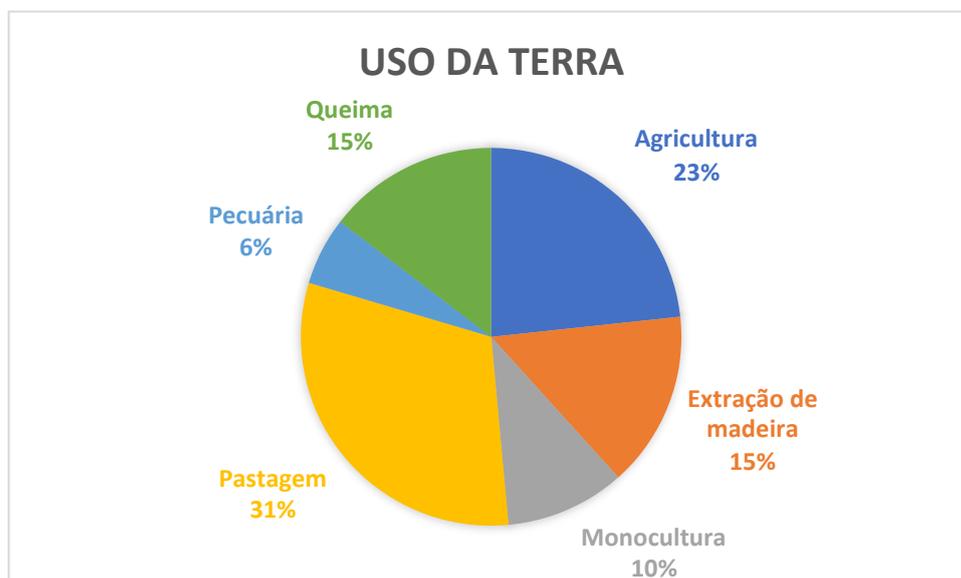


Figura 7- Tipos de mudanças do uso da terra que foram analisados nos estudos da região Neotropical envolvendo a abordagem de atributos funcionais e alteração ambiental em florestais tropicais.

Os atributos funcionais mais estudados por uso da terra foram a área foliar específica (SLA) (29% dos estudos), seguido por área foliar (LA) (20%) e densidade da madeira (WD) (19%) (Figura 8).

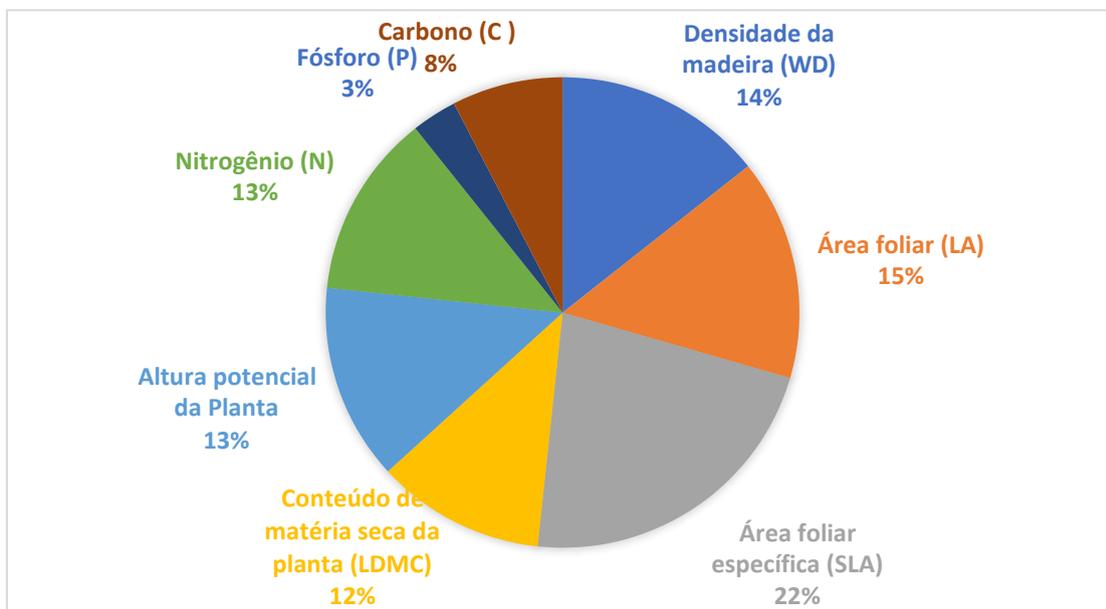


Figura 8- Atributos funcionais mais estudados de acordo com os trabalhos selecionados para a região Neotropical envolvendo a abordagem de atributos funcionais e alteração ambiental em florestais tropicais.

Dentre os trabalhos avaliados, em 72 deles houve diferença nos atributos analisados, enquanto em 14 trabalhos não houve diferenças nos atributos funcionais entre área controle – conservada e alterada (Tabela 2).

Tabela 2 - Quantidade de trabalhos avaliando a diferença nos atributos ($p < 0,05$) funcionais comparando as áreas conservadas e áreas com mudanças no uso da terra.

Situação	Número de trabalhos
Somente diferença significativas nos atributos	75
Trabalhos com e sem diferença significativas dependendo dos atributos avaliados	25
Não houve diferença	14
*	14

*Não reportou valor de “p” ou não mediu a diferença dos atributos em relação ao uso da terra.

As lacunas no conhecimento foram observadas por meio da abrangência dos estudos detalhada na metodologia do trabalho. Onze por cento dos estudos foi restrito ao nível regional, 5% nacional e 1% global (Figura 9).

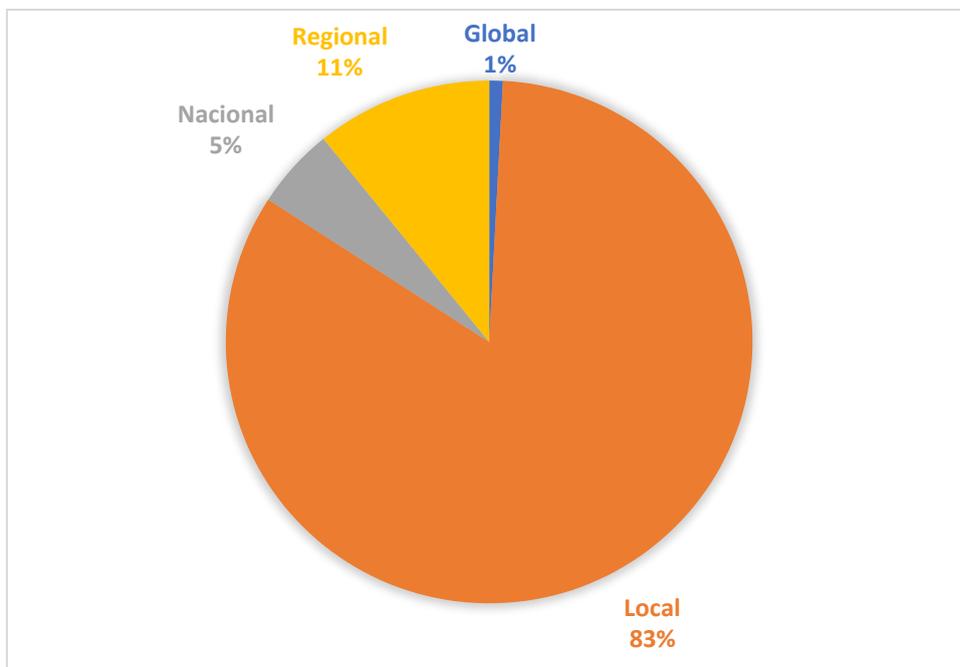


Figura 9- Distribuição dos estudos a nível local, regional, nacional ou global envolvendo a abordagem de atributos funcionais e alteração ambiental em florestais tropicais da região Neotropical.

6.2 Meta-análise

Incluimos 13 estudos da região Neotropical para realizar a meta-análise. Os estudos avaliaram diferentes grupos funcionais (árvores, arbustos, erva, palmeira e liana) (Figura 10).

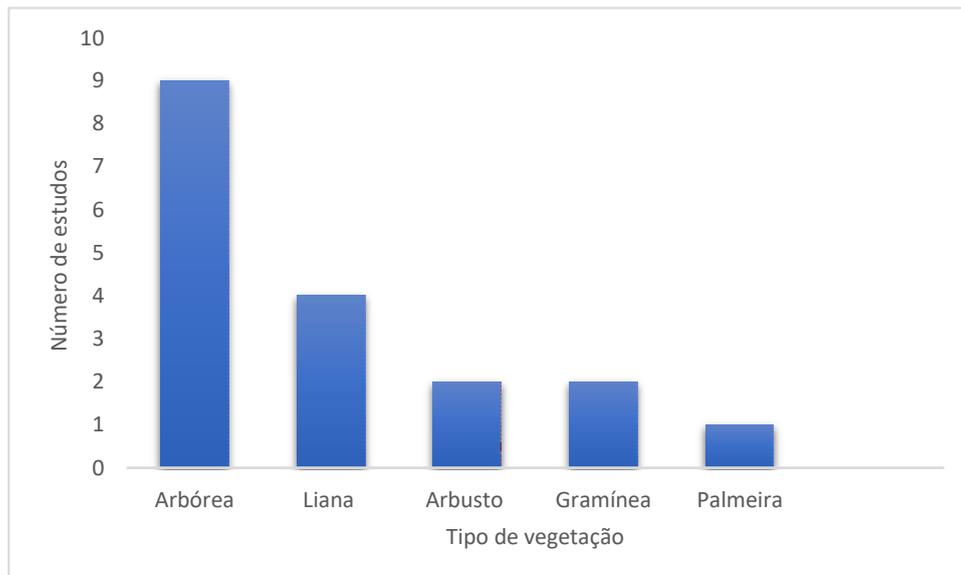


Figura 10- Tipo de vegetação dos estudos incluídos na meta-análise envolvendo a abordagem de atributos funcionais e alteração ambiental em florestais tropicais da região Neotropical.

Além disso, a principal mudança no uso da terra estudada pelos trabalhos corresponde a pastagem (Figura 11). Por fim, todos os estudos foram realizados somente em condições de campo, sem estudos em condições experimentais. Desses, 11 foram em florestas tropicais úmidas e 2 estudos em florestas tropicais seca.

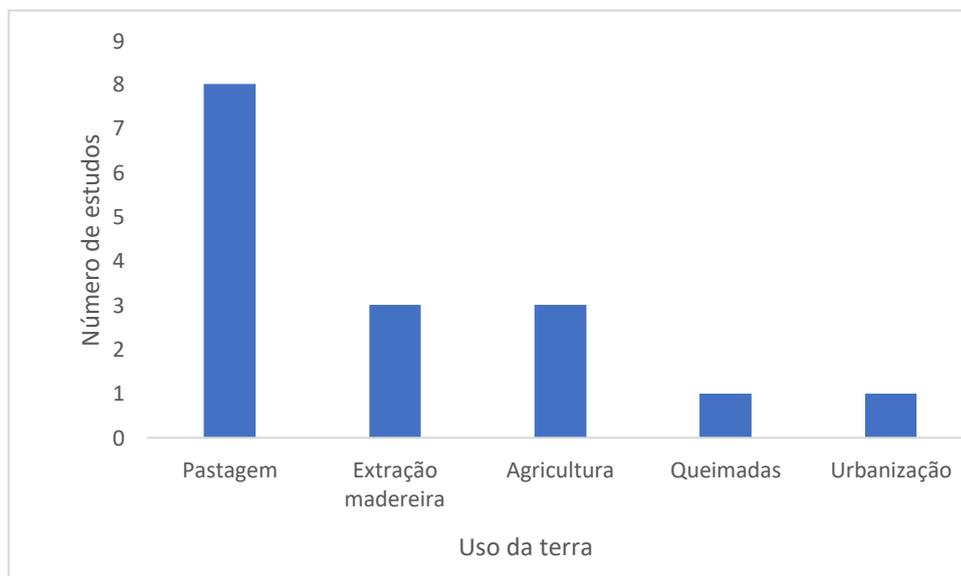
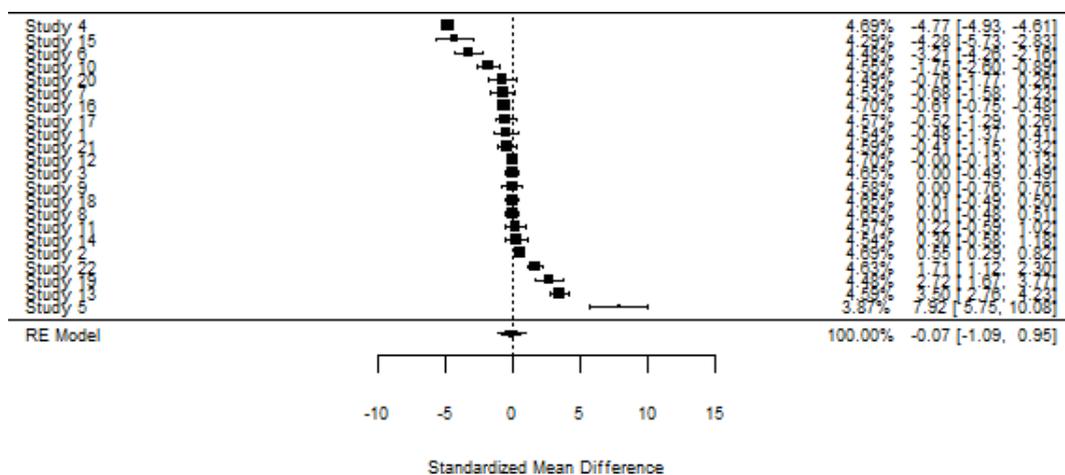


Figura 11- Número de trabalhos e uso da terra que foram analisados nos estudos região Neotropical envolvendo a abordagem de atributos funcionais e alteração ambiental em florestais tropicais.

Foram registrados 22 tamanhos de efeito dos 13 estudos incluídos. Sendo que cada estudo relatou de 1 a 3 tamanhos de efeito variando de -4.77 a 7.92 (4 tamanho de efeito negativos, 3 tamanhos de efeito positivos e 15 efeitos que não diferem de zero) (Figura 12). O tamanho do efeito acumulado estimado não foi estatisticamente significativo (g de Hedges -0.07 ± -1.09 ; $K = 22$; $N_{\text{estudos}}=13$). Mas existiu heterogeneidade entre os estudos ($T^2 = 5.7$), com aproximadamente 99.39% da heterogeneidade não se devendo a erros amostragem ($I^2 = 0,9939$).



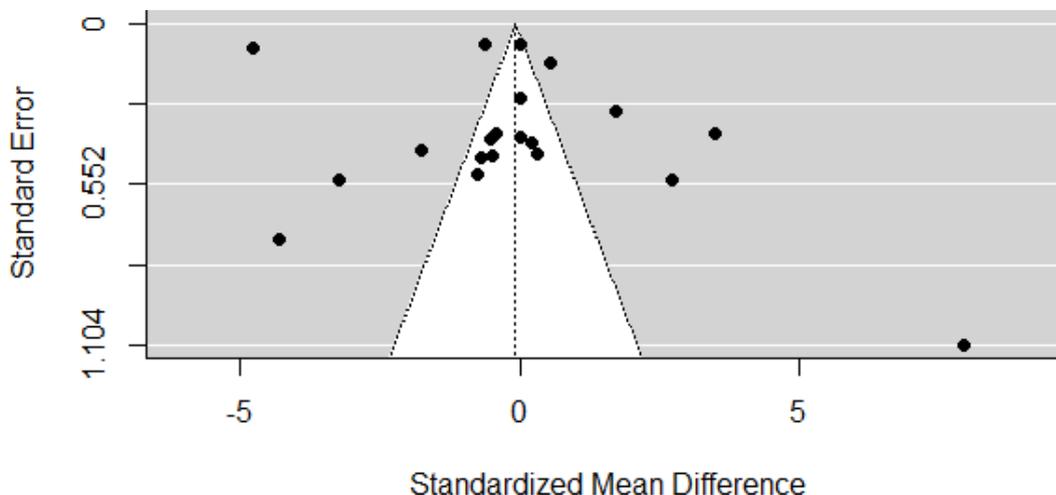


Figura 13- Gráfico de funil dos estudos analisados para a região Neotropical envolvendo mudanças do uso da terra e seus efeitos nos atributos funcionais das plantas

9. DISCUSSÃO

Nossos resultados indicaram que estudos que utilizaram atributos funcionais para avaliar os impactos das mudanças no uso e cobertura da terra tem ganhado relevância na região Neotropical (CHAUDHARY et al., 2016; LAURANCE et al., 2018). Em 2001 surgiu a primeira pesquisa indexada na base de dados com interesse pelos atributos funcionais de plantas em relação às mudança do uso da terra. No trabalho, Diaz et al. (2001) tiveram por objetivo verificar a resposta das plantas herbáceas ao pastejo e viram que espécies mais resistentes ao pastejo eram mais baixas em altura e tinham folhas menores, mais grossas, com SLA menores do que as espécies mais suscetíveis ao pastejo. A partir de então, notamos que ao passar dos anos a quantidade de publicação na temática de mudança do uso da terra sobre os efeitos nos atributos funcionais nas plantas aumentou. O crescente número de publicações é um indicativo do interesse pelos pesquisadores em relação a ecologia funcional (NAEEN, 2002), uma vez que ela é uma importante ferramenta para a identificação de características que afetam o funcionamento dos ecossistemas.

Uma outra métrica avaliada nessa pesquisa foi a quantidade de publicações em determinado periódicos científicos, que é bastante utilizada para avaliar o quanto que a

ciência está evoluindo em determinado tema (VERBEEK et al., 2002). Encontramos o maior número de publicações nos periódicos *Forest Ecology and Management* e *Journal of Ecology*. O maior número de artigos no periódico *Forest Ecology and Management* se deu possivelmente pela revista ter um escopo relacionado a ecologia florestal, manejo e conservação de recursos florestais, que por sua vez, não diferiu muito da revista *Journal of Ecology*. Esse é um periódico que abrange aspectos da ecologia das plantas.

Mesmo a região Neotropical sendo formada por 26 países, o Brasil detém a maior representatividade (38,6%) em trabalhos envolvendo estudos das plantas em relação às mudanças do uso da terra. Isso pode estar relacionado ao fato do país ser um dos mais biodiversos do mundo, possuindo aproximadamente 530.025 árvores distribuídas em 11.676 espécies (TER STEEGE et al., 2016). Por conta disso, desde o século XVI, a pesquisa na flora brasileira já era feita por europeus na época (PRANCE, 1989).

Nesse estudo, nós registramos que a maior parte das pesquisas foram realizadas na região tropical úmida o que deve ser explicado por atividades de grande impacto que tem ocorrido nessas áreas incentivar a condução de pesquisas nessas regiões. Estima-se que restam menos de 50% das florestas tropicais de todo o mundo (LEWIS et al., 2015) e a área de floresta degradada já supera a área desmatada (e.g. MATRICARDI et al., 2020). Só para a região amazônica, levando em consideração atividade de extração intensiva e queimadas, para o período de 1992 a 2014, a área total de florestas degradadas foi de aproximadamente 337.427 km² quando comparada as áreas desmatadas com cerca de 308.311 km² (MATRICARDI et al., 2020).

Notamos ainda que as atividades mais frequentes nas mudanças do uso da terra foram agricultura, queimadas e extração madeireira, respectivamente. Levando em consideração o Brasil, a conversão de vegetação nativa para pastagem é considerada uma prática histórica, pois foi uma das primeiras atividades implementada pelo homem para a economia para o país (MAZZETTO et al., 2015) e continua sendo uma atividade promotora de desmatamento relevante em vários biomas no país pelo menos nos últimos 30 anos (PARENTE et al., 2019). No ano de 2017, estimou-se que mais de 1 milhão de Km² de floresta já foram perdidas (CURTIS et al., 2018) devido principalmente à abertura de áreas nativas para pastagem (SILVÉRIO et al., 2015). Na região amazônica, as queimadas e extração madeireira são frequentes (SILVA et al., 2019) devido a criação de pastagens e áreas de cultivo agrícola (SILVA et al., 2019). Entre agosto de 2019 e fevereiro de 2022, foram registrados 42.733 focos de queimadas florestais segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2022). Já prevê-se que até 2050 a região

sul da Amazônia brasileira terá cerca de 16% da sua área comprometida por incêndios para investimento no agronegócio (BRANDO et al., 2020).

Os atributos área foliar específica, área foliar, densidade da madeira, altura e conteúdo de nitrogênio e fósforo foliar foram os mais estudados em situação de alteração ambiental por ser características de medições rápidas e que dão respostas eficientes aos distúrbios do uso da terra. Foi identificado que as mudanças no uso da terra comprometem a funcionalidade das plantas e que as espécies passaram, em sua maioria, de estratégias aquisitivas para conservativas a medida que se intensificavam as perturbações (BAKKER et al., 2011; PONS e POORTER, 2014), uma vez que o ambiente deixa de ter alta disponibilidade de recursos para uma baixa, prevalecendo assim, espécies de crescimento lento, proteção maior dos tecidos e órgãos de reservas, baixa taxa de respiração e maior conteúdo de matéria seca por área (DONOVAN et al., 2011). Os atributos que tiveram maiores diferenças em resposta as mudanças foram o SLA, Hmax e LA. Para altura máxima da planta foi verificado que em ambientes alterados, os indivíduos tinham menores estatura devido a limitação de recursos no ambiente (MÉNDEZ-TORIBIO, et al., 2014; MUNGUIA-ROSAS et al., 2014; VISCAÍNO-BRAVO, et al., 2020). Também foi observado uma menor LA e SLA (ROSENFELD e MUELLER, 2017; SELAYA e ANTEN, 2008). Os resultados para o SLA indicaram um maior investimento para construção dos tecidos foliares (ARAÚJO et al., 2019).

A maioria dos estudos foi a nível local (83% dos artigos) o que é interessante, pois fazer uma abordagem utilizando o agrupamento de artigos (análise meta-analítica) que tratam sobre o uso da terra, ajuda em uma escala maior, possibilitando fazer possíveis generalizações e permite identificar se existe um padrão geral para os efeitos nos atributos com mudanças da terra. A abrangência de uma espacialidade maior possibilita resultados mais realistas dos efeitos das mudanças da terra sobre os atributos funcionais das espécies de plantas (ZEMBRANO et al., 2019).

Apesar de termos feito uma meta-análise agrupando diferentes estudos, não foi possível prever algum padrão de mudanças nos atributos funcionais das plantas em relação as mudanças no uso da terra. Isso possivelmente se deve ao pequeno número de trabalhos incluídos para síntese. Observamos um grande número de estudos com dados faltantes ou incompletos, visto que selecionamos estudos que apresentavam o ambiente controle (conservado) e alterado. Muitos artigos retornados na busca em bases de dados não apresentavam comparações entre grupos controle e alterado. Geralmente, só tinham dados para o grupo alterado em relação aos diferentes uso da terra (e.g. SOUZA et al.,

2019; LOHBECK et al., 2014). Além disso, tivemos dificuldades em selecionar trabalhos que apresentavam somente o valor da média ponderada para a comunidade nos atributos, sendo inviabilizado sua conversão para média aritmética devido os autores não ter disponibilizado o valor da abundância ou valores dos dados brutos mesmo quando buscado no material suplementar ou em gráficos ou em tabelas. Em último caso, foram feitas tentativas de contactar o autor (via e-mail), mas não obtivemos resposta, impossibilitando assim a inclusão de artigos na análise e abrindo “fendas” para o viés de publicação que é um problema generalizado que pode distorcer seriamente as tentativas do efeito que está sendo analisado no estudo (THORNTON e LEE, 2000).

Portanto, para pesquisas futuras muito ainda precisa ser feito, incluindo atributos envolvendo outros tecidos e fisiologia das plantas, uma vez que a maioria dos trabalhos avaliaram atributos morfológicos foliares. Estudos com atributos fisiológicos, anatômicos e hidráulicos ainda não foram trabalhados dentro dessa temática, evidenciando uma grande lacuna no entendimento da resposta das plantas às alterações do ambiente e suas estratégias ecológicas. Além disso, ainda é preciso incluir mais testes em pesquisas futuras comparando as respostas dos atributos das espécies entre grupo controle e tratamento em relação as alterações no uso da terra para avaliar se existe algum padrão de mudança. Com isso, ajudará a compreender melhor a ecologia funcional, as respostas das plantas e suas estratégias ecológicas. Essas informações tem aplicação direta para restauração florestal e permitem entender sobre o funcionamento desses ambientes e efeitos sobre os serviços ecossistêmicos diante das alterações ambientais (ROSENFELD e MULLER, 2020).

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ABDALLA, L. S.; MADUREIRA, C. Análise de fragmentação florestal no município de silva jardim, APA do RIO São João, RJ. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 67, n. 1, 28 fev. 2015.

AHN, E.; KANG, KANG, H. Introduction to systematic review and meta-analysis. **Korean journal of anesthesiology**, v. 71, n. 2, p. 103, 2018.

AIDE, T. M. et al. Deforestation and Reforestation of Latin America and the Caribbean (2001–2010). **Biotropica**, v. 45, n. 2, p. 262-271, 2013.

ALI, A. M. et al. Estimating leaf functional traits by inversion of prospect: Assessing leaf dry matter content and specific leaf area in mixed mountainous forest. **International journal of applied earth observation and geoinformation**, v. 45, p. 66-76, 2016.

ALMEIDA, C. L.; CARVALHO, T. R. A.; ARAÚJO, J. C. Leaf area index of Caatinga biome and its relationship with hydrological and spectral variables. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 279, p. 107705, 2019.

APAZA-QUEVEDO, A. et al. Elevation, topography, and edge effects drive functional composition of woody plant species in tropical montane forests. **Biotropica**, v. 47, n. 4, p. 449-458, 2015.

ARAÚJO, C. P. et al. Toxicidade de chumbo e alagamento do solo: mecanismos de sobrevivência utilizados pelas plantas. **Revista PINDORAMA**, v. 9, n. 9, p. 21-21, 2019.

ARROYO-RODRÍGUEZ, V. et al. Does forest fragmentation cause an increase in forest temperature?. **Ecological research**, v. 32, n. 1, p. 81-88, 2017.

BAKKER, M. A.; CARREÑO-ROCABADO, G.; POORTER, L. Leaf economics traits predict litter decomposition of tropical plants and differ among land use types. **Functional Ecology**, v. 25, n. 3, p. 473-483, 2011.

BARLOW, J. et al. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. **Nature**, v. 535, n. 7610, p. 144-147, 2016.

BERENGUER, E. et al. Seeing the woods through the saplings: Using wood density to assess the recovery of human-modified Amazonian forests. **Journal of Ecology**, v. 106, n. 6, p. 2190-2203, 2018.

BETTS, M. G. et al. Extinction filters mediate the global effects of habitat fragmentation on animals. **Science**, v. 366, n. 6470, p. 1236-1239, 2019.

BINI, L. M. et al. Lomborg and the Litany of Biodiversity Crisis: What the Peer-Reviewed Literature Says. **Conservation Biology**, v. 19, n. 4, p. 1301-1305, 2005.

BORENSTEIN, M. et al. Basics of meta-analysis: I2 is not an absolute measure of heterogeneity. **Research synthesis methods**, v. 8, n. 1, p. 5-18, 2017.

BORENSTEIN, M. et al. Introduction to Meta-Analysis 1 st edition John Wiley & Sons. **Ltd, UK**, 2009.

BORENSTEIN, M. et al. Introduction to meta-analysis. **John Wiley & Sons**, 2021.

BRANDO, P. M. et al. The gathering firestorm in southern Amazonia. **Science advances**, v. 6, n. 2, p. 1632, 2020.

BU, W. et al. Interspecific and intraspecific variation in specific root length drives aboveground biodiversity effects in young experimental forest stands. **Journal of Plant Ecology**, v. 10, n. 1, p. 158-169, 2017.

BU, W. et al. Plant functional traits are the mediators in regulating effects of abiotic site conditions on aboveground carbon stock-evidence from a 30 ha tropical forest plot. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1958, 2019.

CARREÑO-ROCABADO, G. et al. Effects of disturbance intensity on species and functional diversity in a tropical forest. **Journal of Ecology**, v. 100, n. 6, p. 1453-1463, 2012.

CAVENDER-BARES, J.; ACKERLY, D. D.; KOZAK, K. H. Integrating ecology and phylogenetics: the footprint of history in modern-day communities. **Ecology**, p. S1-S3, 2012.

CHAUDHARY, A. et al. Impact of forest management on species richness: global meta-analysis and economic trade-offs. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2016.

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

CHEN, J. et al. Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology: variations in local climate can be used to monitor and compare the effects of different management regimes. **BioScience**, v. 49, n. 4, p. 288-297, 1999.

CHENG, J. et al. Functional correlations between specific leaf area and specific root length along a regional environmental gradient in Inner Mongolia grasslands. **Functional Ecology**, v. 30, n. 6, p. 985-997, 2016.

COBLE, A. P.; CAVALERI, M. A. Vertical leaf mass per area gradient of mature sugar maple reflects both height-driven increases in vascular tissue and light-driven increases in palisade layer thickness. **Tree physiology**, v. 37, n. 10, p. 1337-1351, 2017.

COHN, A. S. et al. Forest loss in Brazil increases maximum temperatures within 50 km. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 8, p. 084047, 2019.

COLLINS, C. D. et al. Fragmentation affects plant community composition over time. **Ecography**, v. 40, n. 1, p. 119-130, 2017.

CORNELISSEN, J. H. C. et al. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian journal of Botany**, v. 51, n. 4, p. 335-380, 2003.

CRAINE, J. M. Plant strategy theories: replies to Grime and Tilman. **Journal of Ecology**, v. 95, n. 2, p. 235-240, 2007.

CURTIS, P. G. et al. Classifying drivers of global forest loss. **Science**, v. 361, n. 6407, p. 1108-1111, 2018.

CURTIS, P. S. A meta-analysis of leaf gas exchange and nitrogen in trees grown under elevated carbon dioxide. **Plant, Cell & Environment**, v. 19, n. 2, p. 127-137, 1996.

DARWIN, C. The origin of species—John Murray. **Albemarle Street, London**, 1859.

DAVIS, K. T. et al. Microclimatic buffering in forests of the future: the role of local water balance. **Ecography**, v. 42, n. 1, p. 1-11, 2019.

DEFINIENS, A. G. Definiens eCognition developer 8 user guide. **Definens AG, Munchen, Germany**, 2009.

DES ROCHES, S. et al. The ecological importance of intraspecific variation. **Nature Ecology & Evolution**, v. 2, n. 1, p. 57-64, 2018.

DÍAZ, S.; NOY-MEIR, I.; CABIDO, M. Can grazing response of herbaceous plants be predicted from simple vegetative traits?. **Journal of Applied Ecology**, v. 38, n. 3, p. 497-508, 2001.

DIRZO, R. et al. Defaunation in the Anthropocene. **science**, v. 345, n. 6195, p. 401-406, 2014.

DONOVAN, L. A. et al. The evolution of the worldwide leaf economics spectrum. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 26, n. 2, p. 88-95, 2011.

DRAKE, T. W. et al. The pulse of the Amazon: Fluxes of dissolved organic carbon, nutrients, and ions from the world's largest river. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 35, n. 4, 2021.

EDWARDS, D. P. et al. Degraded lands worth protecting: the biological importance of Southeast Asia's repeatedly logged forests. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 278, n. 1702, p. 82-90, 2011.

EWERS, R. M.; BANKS-LEITE, C. Fragmentation impairs the microclimate buffering effect of tropical forests. **PLOS one**, v. 8, n. 3, 2013.

FAHRIG, L. Habitat fragmentation: A long and tangled tale. **Global Ecology and Biogeography**, v. 28, n. 1, p. 33-41, 2019.

FARDILA, D. et al. A systematic review reveals changes in where and how we have studied habitat loss and fragmentation over 20 years. **Biological Conservation**, v. 212, p. 130-138, 2017.

FEARNSIDE, P. Deforestation of the Brazilian Amazon. In: **Oxford research encyclopedia of environmental science**. 2017.

FENG, L. et al. The influence of light intensity and leaf movement on photosynthesis characteristics and carbon balance of soybean. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 1952, 2019.

FERRANTE, L. et al. The matrix effect: how agricultural matrices shape forest fragment structure and amphibian composition. **Journal of Biogeography**, v. 44, n. 8, p. 1911-1922, 2017.

FONSECA, M. B. et al. Leaf damage and functional traits along a successional gradient in Brazilian tropical dry forests. **Plant ecology**, v. 219, n. 4, p. 403-415, 2018.

FRESCHET, G. T. et al. Allocation, morphology, physiology, architecture: the multiple facets of plant above-and below-ground responses to resource stress. **New Phytologist**, v. 219, n. 4, p. 1338-1352, 2018.

FRIDLEY, J. D.; GRIME, J. P. Community and ecosystem effects of intraspecific genetic diversity in grassland microcosms of varying species diversity. **Ecology**, v. 91, n. 8, p. 2272-2283, 2010.

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.

GATES, S. Review of methodology of quantitative reviews using meta-analysis in ecology. **Journal of Animal Ecology**, v. 71, n. 4, p. 547-557, 2002.

GHARBIA, S. S. et al. Spatially distributed potential evapotranspiration modeling and climate projections. **Science of The Total Environment**, v. 633, p. 571-592, 2018.

GRATANI, L. et al. Leaf thickness and density drive the responsiveness of photosynthesis to air temperature in Mediterranean species according to their leaf habitus. **Journal of Arid Environments**, v. 150, p. 9-14, 2018.

GRATANI, L. Plant phenotypic plasticity in response to environmental factors. **Advances in botany**, v. 2014, 2014.

GRECCHI, R. C. et al. An integrated remote sensing and GIS approach for monitoring areas affected by selective logging: A case study in northern Mato Grosso, Brazilian Amazon. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 61, p. 70-80, 2017.

GRIFFITH, D. M.; QUIGLEY, K. M.; ANDERSON, T. M. Leaf thickness controls variation in leaf mass per area (LMA) among grazing-adapted grasses in Serengeti. **Oecologia**, v. 181, n. 4, p. 1035-1040, 2016.

HANSEN, M. C. et al. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. **science**, v. 342, n. 6160, p. 850-853, 2013.

HARPER, J. L.; OGDEN, John. The reproductive strategy of higher plants: I. The concept of strategy with special reference to *Senecio vulgaris* L. **The Journal of Ecology**, p. 681-698, 1970.

INPE, 2022. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em < <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/fires/biomes/aggregated/>> Acesso em 01 Abril de 2022.

JAMES, K. L.; RANDALL, N. P.; HADDAWAY, N. R. A methodology for systematic mapping in environmental sciences. **Environmental evidence**, v. 5, n. 1, p. 7, 2016.

JASECHKO, S. et al. Terrestrial water fluxes dominated by transpiration. **Nature**, v. 496, n. 7445, p. 347-350, 2013.

JENSEN, J. R. Introductory digital image processing. Englewood Cliffs: **Prentice - Hall**, 51 p, 1986.

KANG, H. Statistical considerations in meta-analysis. **Hanyang Medical Reviews**, v. 35, n. 1, p. 23-32, 2015.

KHALEDIAN, Y. et al. Assessment and monitoring of soil degradation during land use change using multivariate analysis. **Land Degradation & Development**, v. 28, n. 1, p. 128-141, 2017.

KOCH, G. W. et al. The limits to tree height. **Nature**, v. 428, n. 6985, p. 851-854, 2004.

KORICHEVA, J.; GUREVITCH, J. Uses and misuses of meta-analysis in plant ecology. **Journal of Ecology**, v. 102, n. 4, p. 828-844, 2014.

KORICHEVA, J.; GUREVITCH, J.; MENGERSEN, K. (Ed.). **Handbook of meta-analysis in ecology and evolution**. Princeton University Press, 2013.

LAANISTO, L; NIINEMETS, Ü. Polytolerance to abiotic stresses: how universal is the shade–drought tolerance trade-off in woody species?. **Global Ecology and Biogeography**, v. 24, n. 5, p. 571-580, 2015.

LAJEUNESSE, M. J. et al. Recovering missing or partial data from studies: a survey of conversions and imputations for meta-analysis. **Handbook of meta-analysis in ecology and evolution**, p. 195-206, 2013.

LALIBERTE, E. et al. Land-use intensification reduces functional redundancy and response diversity in plant communities. **Ecology letters**, v. 13, n. 1, p. 76-86, 2010.

LARSON, J. E. et al. Seed and seedling traits affecting critical life stage transitions and recruitment outcomes in dryland grasses. **Journal of Applied Ecology**, v. 52, n. 1, p. 199-209, 2015.

LAURANCE, W. F. et al. An Amazonian rainforest and its fragments as a laboratory of global change. **Biological Reviews**, v. 93, n. 1, p. 223-247, 2018.

LEWIS, S. L. et al. Increasing human dominance of tropical forests. **Science**, v. 349, n. 6250, p. 827-832, 2015.

LIMA, G. C. et al. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). **Embrapa Pesca e Aquicultura-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2013.

LINDENMAYER, D. B.; FISCHER, J. Habitat fragmentation and landscape change: an ecological and conservation synthesis. **Island Press**, 2013.

LIU, J. et al. How does habitat fragmentation affect the biodiversity and ecosystem functioning relationship?. **Landscape ecology**, v. 33, n. 3, p. 341-352, 2018.

LIU, M. et al. Changes in specific leaf area of dominant plants in temperate grasslands along a 2500-km transect in northern China. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2017.

LIU, Z. et al. Non-destructively predicting leaf area, leaf mass and specific leaf area based on a linear mixed-effect model for broadleaf species. **Ecological Indicators**, v. 78, p. 340-350, 2017.

LOHBECK, M. et al. Changing drivers of species dominance during tropical forest succession. **Functional Ecology**, v. 28, n. 4, p. 1052-1058, 2014.

LÓPEZ-LÓPEZ, José A. et al. Dealing with effect size multiplicity in systematic reviews and meta-analyses. **Research synthesis methods**, v. 9, n. 3, p. 336-351, 2018.

LUIZ, A. J. B. Meta-análise: definição, aplicações e sinergia com dados espaciais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 3, p. 407-428, 2002.

MACE, G. M.; NORRIS, K.; FITTER, A. H. Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. **Trends in ecology & evolution**, v. 27, n. 1, p. 19-26, 2012.

MACEDO, M. N. et al. Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 4, p. 1341-1346, 2012.

MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da informação**, v. 27, n. 2, 1998.

MAGNABOSCO M., D. et al. Windthrows control biomass patterns and functional composition of Amazon forests. **Global change biology**, v. 24, n. 12, p. 5867-5881, 2018.

MAGNAGO, L. F. S. et al. Functional attributes change but functional richness is unchanged after fragmentation of Brazilian Atlantic forests. **Journal of Ecology**, v. 102, n. 2, p. 475-485, 2014.

MARACAHIPES, L. et al. How to live in contrasting habitats? Acquisitive and conservative strategies emerge at inter-and intraspecific levels in savanna and forest woody plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 34, p. 17-25, 2018.

MARACAHIPES-SANTOS, L. et al. Agricultural land-use change alters the structure and diversity of Amazon riparian forests. **Biological Conservation**, v. 252, p. 108862, 2020.

MATRICARDI, E. A. T. et al. Long-term forest degradation surpasses deforestation in the Brazilian Amazon. **Science**, v. 369, n. 6509, p. 1378-1382, 2020.

MAZZETTO, A. M. et al. Improved pasture and herd management to reduce greenhouse gas emissions from a Brazilian beef production system. **Livestock Science**, v. 175, p. 101-112, 2015.

MÉNDEZ-TORIBIO, M.; ZERMEÑO-HERNÁNDEZ, I.; IBARRA-MANRÍQUEZ, G. Effect of land use on the structure and diversity of riparian vegetation in the Duero river watershed in Michoacán, Mexico. **Plant Ecology**, v. 215, n. 3, p. 285-296, 2014.

MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **PLoS med**, v. 6, n. 7, 2009.

MOLINA, R. D. et al. Forest-induced exponential growth of precipitation along climatological wind streamlines over the Amazon. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 124, n. 5, p. 2589-2599, 2019.

MUNGUÍA-ROSAS, M. A. et al. Continuous forest has greater taxonomic, functional and phylogenetic plant diversity than an adjacent naturally fragmented forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 30, n. 4, p. 323-333, 2014.

NAEEM, S. Ecosystem consequences of biodiversity loss: the evolution of a paradigm. **Ecology**, v. 83, n. 6, p. 1537-1552, 2002.

NAGY, R. C. et al. Structure and composition of altered riparian forests in an agricultural Amazonian landscape. **Ecological Applications**, v. 25, n. 6, p. 1725-1738, 2015.

NAM, V. T. et al. Biomass dynamics in a logged forest: the role of wood density. **Journal of plant research**, v. 131, n. 4, p. 611-621, 2018.

NAZARENO, A. G.; LAURANCE, W. F. Investors can help rein in Amazon deforestation. **Science**, v. 369, n. 6504, p. 635-636, 2020.

OLIVEIRA, A. P. G. et al. Uso de geotecnologias para o estabelecimento de áreas para corredores de biodiversidade. **Revista Árvore**, v. 39, n. 4, p. 595-602, 2015.

ORWIN, R. G. A fail-safe N for effect size in meta-analysis. **Journal of educational statistics**, v. 8, n. 2, p. 157-159, 1983.

PARRA, M. R.; COUTINHO, R. X.; PESSANO, E. F. C. Um breve olhar sobre a cienciometria: origem, evolução, tendências e sua contribuição para o ensino de ciências. **Revista Contexto & Educação**, v. 34, n. 107, p. 126-141, 2019.

PASSIOURA, J. B. Soil structure and plant growth. **Soil Research**, v. 29, n. 6, p. 717-728, 1991.

PEREIRA, J. L. G. et al. Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. **Geografia**, v. 26, n. 1, p. 59-90, 2001.

PERES, C. A. et al. Biodiversity conservation in human-modified Amazonian forest landscapes. **Biological Conservation**, v. 143, n. 10, p. 2314-2327, 2010.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N. et al. Corrigendum to: new handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of botany**, v. 64, n. 8, p. 715-716, 2016.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N. et al. New handbook for stand-ardised measurement of plant functional traits worldwide. **Aus-tralian Journal of Botany** v. 61, p. 167-234, 2013.

PEZZINI, R. V. et al. Models for leaf area estimation in dwarf pigeon pea by leaf dimensions. **Bragantia**, v. 77, n. 2, p. 221-229, 2018.

PHILIPSON, C. D. et al. A trait-based trade-off between growth and mortality: evidence from 15 tropical tree species using size-specific relative growth rates. **Ecology and evolution**, v. 4, n. 18, p. 3675-3688, 2014.

PIMENTEL, R. M. et al. Ecofisiologia de plantas forrageiras. **Pubvet**, v. 10, p. 636-720, 2016.

PONS, T. L.; POORTER, H. The effect of irradiance on the carbon balance and tissue characteristics of five herbaceous species differing in shade-tolerance. **Frontiers in plant science**, v. 5, p. 12, 2014.

POORTER, L. et al. Can traits predict individual growth performance? A test in a hyperdiverse tropical forest. **New Phytologist**, v. 219, n. 1, p. 109-121, 2018.

POORTER, L. et al. Wet and dry tropical forests show opposite successional pathways in wood density but converge over time. **Nature ecology & evolution**, v. 3, n. 6, p. 928-934, 2019.

PRANCE, G. T. Floristic inventory of tropical countries: the status of plant systematics, collections, and vegetation, plus recommendations for the future. **New York Botanical Garden**, 1989.

RAZERA, J. C. C. Contribuições da cienciometria para a área brasileira de Educação em Ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 22, n. 3, p. 557-560, 2016.

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.

RODRÍGUEZ-ROMERO, A. J. et al. Impact of changes of land use on water quality, from tropical forest to anthropogenic occupation: a multivariate approach. **Water**, v. 10, n. 11, p. 1518, 2018.

ROSENBERG, M. S. *MetaWin: Statistical Software for Meta-analysis: Version 2*. Sinauer, 2000.

ROSENFELD, M. F.; MUELLER, S. C. Predicting restored communities based on reference ecosystems using a trait-based approach. **Forest Ecology and Management**, v. 391, p. 176-183, 2017.

ROSENFELD, M. F.; MÜLLER, S. C. Ecologia funcional como ferramenta para planejar e monitorar a Restauração Ecológica de Ecossistemas. **Oecologia Australis**, v. 24, n. 3, p. 550-565, 2020.

SANTOS, A. A.; MACHADO, M. M. M. Análise da fragmentação da paisagem do Parque Nacional da Serra da Canastra e de sua zona de amortecimento-MG. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 33, p. 75-93, 2015.

SANTOS, R. N. M. Produção científica: por que medir? O que medir?. **Revista digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 1, n. 1, 2003.

SELAYA, N. G.; ANTEN, N. P. R. Differences in biomass allocation, light interception and mechanical stability between lianas and trees in early secondary tropical forest. **Functional Ecology**, v. 22, n. 1, p. 30-39, 2008.

SENIOR, A M. et al. Heterogeneity in ecological and evolutionary meta-analyses: its magnitude and implications. **Ecology**, v. 97, n. 12, p. 3293-3299, 2016.

SEVIK, H. et al. Effect of light on young structures of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana*). **Oxidation Communications**, v. 39, n. 1, p. 485-492, 2016.

SILVA J., L. A. S. et al. Fire dynamics in extreme climatic events in western amazon. **Environmental Development**, v. 32, p. 450, 2019.

SILVA, E. C. et al. Temporal evaluation of soil chemical attributes after slash-and-burn agriculture in the Western Brazilian Amazon. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 41, 2019.

SILVÉRIO, D. V. et al. Agricultural expansion dominates climate changes in southeastern Amazonia: the overlooked non-GHG forcing. **Environmental Research Letters**, v. 10, n. 10, p. 104015, 2015.

SILVÉRIO, D. V. et al. Fire, fragmentation, and windstorms: A recipe for tropical forest degradation. **Journal of Ecology**, v. 107, n. 2, p. 656-667, 2019.

SIQUEIRA-GAY, J.; SONTER, L. J.; SÁNCHEZ, L. E. Exploring potential impacts of mining on forest loss and fragmentation within a biodiverse region of Brazil's northeastern Amazon. **Resources Policy**, v. 67, n. September, 2019, 2020.

SLIK, J. W F. et al. An estimate of the number of tropical tree species. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 24, p. 7472-7477, 2015.

SMART, S. M. et al. Leaf dry matter content is better at predicting above-ground net primary production than specific leaf area. **Functional Ecology**, v. 31, n. 6, p. 1336-1344, 2017.

SOUZA, D. G. et al. Multiple drivers of aboveground biomass in a human-modified landscape of the Caatinga dry forest. **Forest Ecology and Management**, v. 435, p. 57-65, 2019.

SOUZA, G. M et al. Estratégias de utilização de luz e estabilidade do desenvolvimento de plântulas de *Cordia superba* Cham.(Boraginaceae) crescidas em diferentes ambientes luminosos. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, p. 474-485, 2009.

STERNE, J. A. C. et al. Recommendations for examining and interpreting funnel plot asymmetry in meta-analyses of randomised controlled trials. **Bmj**, v. 343, 2011.

SULLIVAN, M. J. P. et al. Diversity and carbon storage across the tropical forest biome. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-12, 2017.

TAUBERT, Franziska et al. Global patterns of tropical forest fragmentation. **Nature**, v. 554, n. 7693, p. 519-522, 2018.

TER STEEGE, H. et al. The discovery of the Amazonian tree flora with an updated checklist of all known tree taxa. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 1-15, 2016.

THORNTON, A.; LEE, P. Publication bias in meta-analysis: its causes and consequences. **Journal of clinical epidemiology**, v. 53, n. 2, p. 207-216, 2000.

URIARTE, M.; MUSCARELLA, R.; ZIMMERMAN, J. K. Environmental heterogeneity and biotic interactions mediate climate impacts on tropical forest regeneration. **Global change biology**, v. 24, n. 2, p. e692-e704, 2018.

VALLADARES, F. et al. Plasticity, instability and canalization: is the phenotypic variation in seedlings of sclerophyll oaks consistent with the environmental unpredictability of Mediterranean ecosystems?. **New Phytologist**, v. 156, n. 3, p. 457-467, 2002.

VERBEEK, A. et al. Measuring progress and evolution in science and technology–I: The multiple uses of bibliometric indicators. **International Journal of management reviews**, v. 4, n. 2, p. 179-211, 2002.

VIECHTBAUER, W. Conducting meta-analyses in R with the metafor package. **Journal of statistical software**, v. 36, n. 3, p. 1-48, 2010.

VILÀ-CABRERA, A.; MARTÍNEZ-VILALTA, J.; RETANA, J. Functional trait variation along environmental gradients in temperate and Mediterranean trees. **Global Ecology and Biogeography**, v. 24, n. 12, p. 1377-1389, 2015.

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

VIZCAÍNO-BRAVO, Q.; WILLIAMS-LINERA, G.; ASBJORNSEN, H. Biodiversity and carbon storage are correlated along a land use intensity gradient in a tropical montane forest watershed, Mexico. **Basic and Applied Ecology**, v. 44, p. 24-34, 2020.

WANG, X. et al. A two-fold increase of carbon cycle sensitivity to tropical temperature variations. **Nature**, v. 506, n. 7487, p. 212-215, 2014.

WATSON, J. E. M. et al. Persistent disparities between recent rates of habitat conversion and protection nad implications for future global conservation targets. **Conservation Letters**, v. 9, n. 6, p. 413-421, 2016.

ZAMBRANO, Jenny et al. The effects of habitat loss and fragmentation on plant functional traits and functional diversity: what do we know so far?. **Oecologia**, v. 191, n. 3, p. 505-518, 2019.

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.

ZUPPINGER-DINGLEY, D. et al. Selection for niche differentiation in plant communities increases biodiversity effects. **Nature**, v. 515, n. 7525, p. 108-111, 2014.