



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO**



**EFEITOS DA RELAÇÃO FILOGENÉTICA E DA SIMILARIDADE FUNCIONAL NA
INVASIBILIDADE DE PLANTAS NA CAATINGA**

THIERES SANTOS ALMEIDA

**SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL**

2023

THIERES SANTOS ALMEIDA

**EFEITOS DA RELAÇÃO FILOGENÉTICA E DA SIMILARIDADE FUNCIONAL NA
INVASIBILIDADE DE PLANTAS NA CAATINGA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Sidney Feitosa Gouveia

**SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL**

2023

TERMO DE APROVAÇÃO

EFEITOS DA RELAÇÃO FILOGENÉTICA E DA SIMILARIDADE FUNCIONAL NA INVASIBILIDADE DE PLANTAS DA CAATINGA por

Thieres Santos Almeida

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

APROVADO pela banca examinadora composta por

Documento assinado digitalmente
 **SIDNEY FEITOSA GOUVEIA**
Data: 16/02/2024 13:55:03-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Sidney Feitosa Gouveia
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da
Universidade Federal de Sergipe



Fabrício Villalobos
INECOL-México



Marcus Vinícius Cianciaruso
UFG

São Cristóvão/SE, 09 de Fevereiro de 2024

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

A447e Almeida, Thieres Santos.
Efeitos da relação filogenética e da similaridade funcional na
invasibilidade de plantas na Caatinga / Thieres Santos Almeida ; orientador
Sidney Feitosa Gouveia. – São Cristóvão, SE, 2023.
39 f.

Dissertação (mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade
Federal de Sergipe, 2023.

1. Análise cladística. 2. Plantas exóticas. 3. Caatinga. 4. Plantas invasoras.
I. Gouveia, Sidney Feitosa, orient. II. Título.

CDU 575.86

Dedico este trabalho a todas as pessoas que se fascinam pelo estudo das invasões biológicas e as odeiam tanto quanto eu.

AGRADECIMENTOS

O começo deste mestrado, em 2022 foi uma mudança de realidade para mim. Estávamos retomando as atividades presenciais após a maior crise sanitária do século. Eu estava indo para uma nova cidade, um novo campus, um novo grupo de pesquisa e um novo orientador.

Então começo agradecendo ao meu orientador Sidney Feitosa Gouveia que me aceitou em seu grupo mesmo sem me conhecer, confiou no meu trabalho, aceitou um trabalho com um novo grupo ecológico e ainda me ensinou muito sobre ecologia e como pensar um trabalho científico, ainda bem que vamos continuar trabalhando juntos! Agradeço à Eduardo Vinícius da Silva Oliveira que em meio à correria do final de um doutorado tirou um tempo para me explicar sobre análises macroecológicas e continuou presente durante o meu mestrado ajudando com as análises filogenéticas e funcionais deste trabalho. Agradeço ao professor e amigo Marcos Vinícius Meiado, seu apoio e amizade foi e é muito importante, mesmo sem participar diretamente deste trabalho, os conhecimentos, as oportunidades e conselhos que me deu colaboraram para que eu esteja onde estou. Agradeço aos amigos do PPEC que fizeram o tempo na UFS ser mais leve e divertido com conversas que vão desde a importância da ecologia até as fofocas mais profanas.

Fora da Universidade agradeço a minha namorada que se tornou minha noiva durante o período de execução deste trabalho, Anny Bianca Santos Cruz, obrigado por estar ao meu lado e sempre me incentivar a ser melhor e correr atrás das minhas metas, te amo! Agradeço também a meu irmão de outra mãe, Mateus Almeida Santos por estar me apoiando e ajudando desde o ensino médio. Agradeço aos meus amigos de infância, o pessoal da Velha Guarda por sempre estarem comigo, seja para os momentos de diversão ou de resolver problemas.

Agradeço de mais a minha família, à minha mãe Shirleide Nunes dos Santos Almeida, meu pai, José Menezes de Almeida e a meu irmão Tawan Santos Almeida, vocês são a minha base, se estou finalizando meu mestrado é porque vocês me proporcionaram as condições e suporte necessário para chegar aqui, muito obrigado por sempre me dedicarem amor e apoio. Obrigado também por terem paciência e me entenderem, sei que as vezes não é fácil.

Por último, agradeço à CAPES pelo financiamento deste trabalho através da concessão da bolsa de mestrado que me sustentou ao longo destes dois anos. Agradeço também pelo reajuste nas bolsas de pós-graduação que propiciaram melhora na qualidade de vida de todos os pesquisadores da pós-graduação do Brasil. Que a valorização e investimento na Ciência brasileira continue crescendo.

“A selva é talvez o último limite da cultura que a natureza oferece ao homem. Essa fronteira viva só pode ser observada de fora e seu interior se apresenta como um mistério imensurável”

Manuel Neves

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO	10
OBJETIVO GERAL	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
MATERIAL E MÉTODOS	13
LISTA DE ESPÉCIES E OCORRÊNCIAS	13
ÁRVORE FILOGENÉTICA	14
DADOS FUNCIONAIS	14
COOCORRÊNCIA ENTRE ESPÉCIES	15
DISTÂNCIA FILOGENÉTICA E ATRIBUTOS FUNCIONAIS INFLUENCIANDO STATUS DE INVASÃO	16
DISTÂNCIA FILOGENÉTICA INFLUENCIANDO A DISTRIBUIÇÃO	17
SEMELHANÇAS FUNCIONAIS ENTRE STATUS	17
RESULTADOS	18
DISCUSSÃO	23
CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
ANEXO	31

RESUMO

Um dos principais questionamentos nos estudos sobre invasões biológicas é o motivo pelo qual diversas espécies são introduzidas, mas apenas algumas se tornam invasoras. Essa mudança de status pode ser facilitada pela relação filogenética e semelhança funcional das espécies exóticas com espécies nativas. No entanto, ainda não conhecemos estes padrões em ambientes semiáridos como a Caatinga. Desta forma, o objetivo deste trabalho é testar como a similaridade filogenética e funcional entre plantas exóticas e nativas da Caatinga afetam os status de invasão e distribuição de espécies invasoras. Para isto construímos uma lista das plantas exóticas e seus respectivos status de invasão para a Caatinga. Obtivemos as ocorrências dessas espécies e das plantas nativas. Também foi construído um banco de dados funcionais para estas espécies com os atributos Área Foliar (LA), Altura (H) e Massa da Semente (SM). Com as ocorrências, construímos os campos de diversidade das espécies exóticas, isto é, a composição de espécies nativas que coocorrem com cada uma das espécies exóticas e calculamos métricas filogenéticas de distância da espécie focal para seu campo. Utilizamos GLMs binomiais para testar se as mudanças de status de exótica para naturalizada e de naturalizada para invasora são influenciadas pela relação filogenética e pelos atributos funcionais das espécies. Com as espécies invasoras testamos se os valores de distância filogenética observados são diferentes do esperado ao acaso. Por último, analisamos se existem semelhanças funcionais entre os status de espécies exóticas e as plantas nativas. Encontramos que plantas que são filogeneticamente mais próximas às nativas da Caatinga tem maior probabilidade de se tornarem naturalizadas e invasoras. Plantas menores também possuem maior probabilidade de se tornarem naturalizadas. Dentre as invasoras que possuem relação diferente do esperado ao acaso, predominaram espécies que são filogeneticamente mais próximas às nativas do seu campo. Já na comparação entre status, obtivemos que as plantas naturalizadas e invasoras são mais baixas e possuem menores folhas e sementes que as plantas nativas da Caatinga. Os resultados demonstram que o filtro ambiental da Caatinga parece selecionar as espécies mais semelhantes com as nativas. As diferenças funcionais observadas indicam que as espécies naturalizadas e invasoras são espécies competitivas que adotam estratégia semelhante às plantas nativas da Caatinga como a formação de banco de sementes e densas populações durante um período do ano.

Palavras-chave: Dilema de naturalização de Darwin, plantas não nativas, pré-adaptação, naturalização, semelhança funcional, campos de diversidade.

ABSTRACT

One of the main questions in biological invasions studies is the reason why numerous species are introduced, but only some become invasive. This shift in status has been justified by the phylogenetic relationship and functional similarity between exotic and native species. However, these patterns have not been explored in semi-arid environments like the Caatinga. Thus, the aim of this work is to test how phylogenetic and functional similarity between exotic and native plants in the Caatinga affect invasion status and distribution of invasive species. To achieve this, we constructed a list of exotic plants and obtained their respective invasion statuses in the Caatinga. We gathered occurrence data for these species and native plants. Additionally, a functional database was constructed for these species, including Leaf Area (LA), Height (H), and Seed Mass (SM) attributes. Using the occurrences, we created diversity fields for exotic species, representing the composition of native species that co-occur with each exotic species and calculated phylogenetic metrics for the focal species' distance to its field. Binomial GLMs were employed to assess whether changes in status from exotic to naturalized and from naturalized to invasive are influenced by phylogenetic relationships and functional attributes. For invasive species, we tested if observed phylogenetic distance values differ from those expected by chance. Lastly, we analyzed if there are functional similarities between the statuses of exotic species and native plants. We found that plants phylogenetically closer to Caatinga natives are more likely to become naturalized and invasive. Smaller plants also have a higher probability of becoming naturalized. Among invasive species with a phylogenetic relationship different from what is expected by chance, there is a prevalence of species phylogenetically closer to natives in their field. In comparing statuses, naturalized and invasive plants were found to be shorter and have smaller leaves and seeds than native plants in the Caatinga. The results indicate that Caatinga's environmental filter appears to favor species more similar to natives. The observed functional differences suggest that naturalized and invasive species are competitive, adopting strategies similar to native plants of Caatinga, such as seed bank formation and dense populations during a specific period of the year.

Keywords: Darwin's naturalization conundrum, non-native plants, pre-adaptation, naturalization, functional similarity, diversity fields.

INTRODUÇÃO

As invasões biológicas representam uma das principais ameaças à biodiversidade, estando associadas a extinções recentes de animais e plantas (BELLARD; CASSEY; BLACKBURN, 2016). As invasões biológicas também podem alterar as características e o funcionamento de ecossistemas (SIMBERLOFF et al., 2013) e causar danos econômicos bilionários em escala global (DIAGNE et al., 2021). A globalização e aumento da capacidade de locomoção humana facilitaram e aumentaram a introdução de espécies que podem causar invasão biológica. Esta ocorre quando uma espécie é introduzida além da sua área de ocorrência natural, se adapta e passa a se dispersar podendo causar danos à biodiversidade nativa (RICHARDSON et al., 2000). Durante o processo de invasão por plantas, as espécies recebem diferentes status. Ao ser introduzida, uma espécie recebe o status de exótica, que pode tornar-se naturalizada quando passa a reproduzir-se e formar uma população sem auxílio humano e, por último, recebe o status de invasora quando pode dispersar-se e colonizar novos ambientes (RICHARDSON et al., 2000).

Diversas espécies de plantas foram e são introduzidas mundo afora, mas apenas uma pequena parcela dessas espécies chega ao status de invasora. Williamson & Fitter (1996) propuseram a regra das dezenas, uma regra empírica que propõe que uma em dez espécies exóticas se torna naturalizada e uma em dez naturalizadas se torna invasora. Embora exista uma variação espacial neste índice de sucesso, aproximadamente 9,2% das espécies naturalizadas se tornaram invasoras nos continentes e esse número chega a 11,2% nas ilhas, o que está de acordo com a estimativa acima (ESSL et al., 2019). Desde o início dos estudos sobre invasão biológica, um dos principais objetivos dos pesquisadores é entender quais são os aspectos por trás do sucesso de invasão por alguns organismos não nativos (CADOTTE et al., 2018). Entender a origem e estes determinantes no processo de invasão biológica aumenta a eficiência na predição de espécies exóticas potencialmente invasoras e facilita a detecção precoce e processo de manejo e controle (CADOTTE et al., 2018).

O grau de parentesco e a semelhança funcional entre as espécies podem ser determinantes no sucesso de invasão de uma espécie exótica. Em seu clássico “A Origem das Espécies”, Charles Darwin (1859) postulou que espécies não nativas teriam mais chance de se naturalizar quando são mais aparentadas com as espécies nativas. Esta afirmação é baseada na hipótese de que espécies mais aparentadas estariam pré-adaptadas às condições ambientais do novo ambiente por conservar atributos comuns às espécies nativas que já ocorrem ali (THUILLER et al., 2010; WIENS et al., 2010). Por isso, essa hipótese ficou conhecida como Hipótese da Pré-adaptação (THUILLER et al., 2010; CADOTTE et al., 2018). Em um trabalho anterior a Darwin, o Botânico Alphonse P. de

Candolle apresentou dados diferentes, que indicavam que as espécies de plantas naturalizadas nos Estados Unidos eram frequentemente de gêneros novos na região (CANDOLLE, 1855). Ao analisar este resultado, em outro trecho de seu livro, Darwin (1859) afirmou que espécies introduzidas mais aparentadas à comunidade nativa poderiam ter menos chances de se naturalizar pois os nichos que elas ocupariam já estão ocupados por espécies nativas com atributos funcionais semelhantes (CADOTTE et al., 2018; THUILLER et al., 2010). Essa hipótese ficou conhecida como Hipótese da Naturalização. Estas duas hipóteses antagônicas ficaram posteriormente conhecidas como o “Dilema de Naturalização de Darwin” (DIEZ et al., 2008).

A influência da similaridade filogenética sobre a invasibilidade de espécies não nativas pode estar relacionada à escala espacial e às condições ambientais. Vários estudos testaram o Dilema de Naturalização de Darwin e obtiveram resultados diversos (CADOTTE et al., 2018; KUSUMOTO et al., 2019; PARK et al., 2020; PINTO-LEDEZMA et al., 2020). Uma explicação para a existência dos diferentes padrões encontrados é o efeito da escala espacial. Em escala local, espécies invasoras muito similares às espécies da comunidade nativa podem ser excluídas por competição, enquanto que em escalas mais amplas a coocorrência de espécies evolutivamente ou ecologicamente próximas pode ocorrer graças à dinâmicas neutras nas comunidades locais ou partição de recursos devido à heterogeneidade ambiental em grandes escalas (HUBBELL, 2001; PARK et al., 2020; THUILLER et al., 2010). Além da escala, as condições ambientais também interferem no efeito da similaridade entre espécies sobre os padrões observados. Ou seja, ambientes com condições ambientais limitantes (e.g., baixa disponibilidade hídrica e de nutrientes do solo) favorecem espécies exóticas mais aparentadas à comunidade nativa. Já em ambientes menos limitantes, as interações bióticas são mais intensas, podendo favorecer espécies exóticas menos aparentadas que possuam atributos que minimizem a competição (PARK et al., 2020; QIAN; SANDEL, 2022; WANG et al., 2023).

Em grandes escalas espaciais, as hipóteses não são autoexcludentes e são dependentes do contexto de cada espécie e das comunidades onde ocorrem. A abordagem macroecológica permite, através de matrizes de incidência, estudar tanto os padrões de diversidade de comunidades ao longo de grandes extensões geográfica, quanto os padrões de distribuição das espécie representadas na matriz (ARITA et al., 2008). Além disso, é possível analisar estas matrizes de forma a avaliar a diversidade existente ao longo da distribuição de cada espécie, padrão conhecido como “campo de diversidade” (Figura 1) (ARITA et al., 2008). Além disso, é possível ainda integrar informações filogenéticas e funcionais a esses campos, permitindo investigar as estruturas filogenéticas e funcionais da comunidade onde uma espécie focal ocorre, ideia expressada nos conceitos de campos

filogenético e funcional (KUSUMOTO et al., 2019; PINTO-LEDEZMA et al., 2020; VILLALOBOS; RANGEL; DINIZ-FILHO, 2013). Estas abordagens permitem avaliar as hipóteses de Darwin a nível específico ao analisar de forma individual a distância filogenética e funcional de uma espécie invasora em relação às espécies com as quais ela coocorre em sua área de distribuição na área invadida (CADOTTE et al., 2018; KUSUMOTO et al., 2019; PINTO-LEDEZMA et al., 2020).

Ambientes áridos e semiáridos apresentam condições ambientais onde as hipóteses de invasão ainda são pouco estudadas. O número de estudos com invasões biológicas tem aumentado ao longo das décadas, mas as regiões de clima árido e semiárido ainda continuam sendo lacunas de conhecimento (CHIU et al., 2023). Sendo um domínio exclusivamente brasileiro, a Caatinga é o maior núcleo de Floresta Sazonalmente Seca do Neotrópico contando com uma grande riqueza e endemismo de espécies vegetais (DE QUEIROZ et al., 2017; FERNANDES; CARDOSO; DE QUEIROZ, 2020). A riqueza de espécies exóticas na Caatinga também é alta, sendo o domínio brasileiro a ocupar o segundo lugar na proporção entre espécies exóticas por espécies nativas (ZENNI, 2015). Neste domínio, os estudos sobre invasões biológicas só se intensificaram na última década e embora frequentemente abordem as estratégias de invasão e características de ambientes invadidos, a maior parte dos estudos foram realizados em escala local e com uma ou poucas espécies de plantas (PINTO et al., 2020). Diante disso, esse estudo busca investigar, a partir de uma perspectiva macroecológica, os padrões geográficos e se bases evolutivas e ecológicas são determinantes para a invasão de plantas na Caatinga.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Testar como a similaridade filogenética e funcional entre plantas exóticas e nativas da Caatinga afetam os status de invasão e distribuição de espécies invasoras.

Objetivos Específicos

- Testar a hipótese de que o estágio de invasão (exótica, naturalizada ou invasora) das espécies introduzidas na Caatinga é influenciado pela similaridade evolutiva com as espécies nativas;
- Analisar se os atributos ecológicos das espécies exóticas são determinantes na mudança de estágio de invasão;
- Testar a hipótese de que a ocorrência das plantas invasoras é determinada pela similaridade evolutiva entre as espécies invasoras e a comunidade nativa;

- Investigar se existe semelhança funcional entre os status de plantas exóticas (exótica, naturalizada e invasora) com as plantas nativas da Caatinga.

MATERIAL E MÉTODOS

Lista de espécies e ocorrências

A lista de espécies exóticas da Caatinga foi criada utilizando a Flora e Funga do Brasil (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>) e artigos sobre plantas não nativas da Caatinga (ALMEIDA et al., 2015; FABRICANTE et al., 2021; PINTO et al., 2020). Foram coletadas a identidade taxonômica da espécie e a sua categoria quanto ao status de invasão (exótica, naturalizada ou invasora) (RICHARDSON et al., 2000). Quando uma mesma espécie possuía diferentes status nas fontes, foi conservado o status mais avançado no processo de invasão. As ocorrências, i.e., coordenadas geográficas, das espécies exóticas foram coletadas nas bases de dados speciesLink (<https://specieslink.net/>) e GBIF (<https://www.gbif.org/>). O procedimento de coleta de dados de ocorrência foi realizado utilizando o pacote “plantR” (LIMA et al., 2021). Para a padronização dos dados georreferenciados foi utilizado o pacote “bdc” (RIBEIRO et al., 2022). Nesta etapa, os registros sem coordenadas, com coordenadas inválidas ou no oceano foram removidos, com exceção daqueles com possibilidade de correção (ex. registros com latitude e longitude invertidos). Ao fim da coleta, obtivemos uma lista de 300 espécies exóticas (83 exóticas, 169 naturalizadas e 48 invasoras) (Tabela A1) das quais 258 apresentam ao menos uma ocorrência na Caatinga.

Utilizamos ocorrências de 3060 plantas nativas da Caatinga construídas com base em quatro bases de dados online e 332 fontes da literatura (ver MOURA et al., 2023). Removemos as espécies exóticas desta lista e para melhorar a compatibilidade da nomenclatura taxonômica em passos posteriores (compatibilidade com a árvore filogenética e busca por atributos funcionais), a identidade taxonômica das espécies nativas foi padronizada pelo The Plant List (THE PLANT LIST, 2013), resultando em 2985 espécies nativas. A padronização taxonômica foi realizada através do pacote “U.Taxonstand” com a base de dados do The Plant List fornecida pelos autores (ZHANG; QIAN, 2023). Todos os procedimentos descritos para coleta de dados de plantas exóticas, padronização taxonômica e geográfica assim como os passos analíticos posteriores foram realizados utilizando o software R (R CORE TEAM, 2023).

Árvore filogenética

Utilizamos a árvore filogenética de plantas com sementes mais recente e completa de Smith e Brown (2018). Neste trabalho, os autores construíram algumas filogenias utilizando dados genéticos com diferentes *backbones* (*supertree*), resultando em árvores com mais de 350 mil espécies (SMITH; BROWN, 2018). As espécies ausentes na filogenia selecionada foram imputadas no ponto médio do ramo do seu gênero ou da sua família (quando o gênero não constava na árvore). Esta imputação foi realizada utilizando o “scenario 3” dentro do pacote “V.PhyloMaker” (JIN; QIAN, 2019). O pacote apresenta três métodos para a imputação das espécies faltantes e este método apresenta um ótimo desempenho, gerando árvores semelhantes a filogenias resolvidas, possibilitando análises em nível de comunidade (QIAN; JIN, 2016).

Dados funcionais

Selecionamos os atributos funcionais contínuos área foliar (LA), altura (H) e massa da semente (SM), três dos atributos funcionais descritores da forma e função de plantas (DÍAZ et al., 2016). Inicialmente coletamos os dados funcionais no “*Global Spectrum of Plant Form and Function Dataset*” (DÍAZ et al., 2016, 2022), e preenchemos algumas lacunas com dados oriundos do banco de dados BIEN (MAITNER et al., 2018) para todos os atributos e com a base de dados SID (ROYAL BOTANIC GARDENS KEW, 2023) para massa da semente. Para as espécies nativas, utilizamos apenas as espécies que possuíam dados para ao menos um dos atributos dentro do conjunto de dados principal (DÍAZ et al., 2022). Isto resultou em 334 espécies nativas representando 11,19% do total de espécies. As lacunas nos dados de altura das espécies foram preenchidas através das anotações de coletas registradas no speciesLink. A área foliar das espécies exóticas foi complementada com medidas de exsicatas digitais disponíveis no specieslink. Para cada espécie foi coletado um máximo de cinco exsicatas que possuíssem escala e ao menos uma folha visível. A área foliar de cada imagem foi calculada utilizando o software ImageJ (SCHNEIDER; RASBAND; ELICEIRI, 2012). Nas imagens com múltiplas folhas visíveis, foi calculada a média aritmética de no máximo três folhas. Para a média de LA e H de cada espécie, foi calculada a média geométrica de todas as exsicatas de uma mesma espécie (DÍAZ et al., 2016). As lacunas restantes foram preenchidas com a média do gênero ou família da espécie para aquele atributo (DIVÍŠEK et al., 2018; SILVA; SOUZA; VITÓRIA, 2021).

Coocorrência entre espécies

Determinamos os campos de diversidade de todas as espécies exóticas. Os campos de diversidade são definidos como a composição de espécies nativas contidas na área de distribuição de uma espécie focal (ARITA et al., 2008; KUSUMOTO et al., 2019; PINTO-LEDEZMA et al., 2020) (Figura 1). Diferente da construção de campo usual que utiliza grids, obtivemos o campo de diversidade das espécies exóticas através de buffers com 50km de raio em torno de cada ocorrência de espécie exótica e colapsando-os para obter polígonos contínuos. Este procedimento minimiza as lacunas amostrais próximas às ocorrências das espécies ao mesmo tempo em que não assume formas de distribuição geográfica das espécies, como aquelas geradas por mínimos polígonos convexos (MEYER; DINIZ-FILHO; LOHMANN, 2017). Dentro do campo das espécies exóticas coletamos as ocorrências das plantas nativas e obtivemos as espécies únicas ocorrendo dentro de cada lista e sua frequência relativa no campo. A frequência relativa foi calculada como a proporção entre a quantidade de pontos da espécie nativa dividido pelo total de pontos de plantas nativas no campo. Esta medida foi adotada como um *proxy* para a abundância relativa das espécies nativas que apresenta boa predição em escalas espaciais regionais (MACIEL; GUILHERME, 2022).

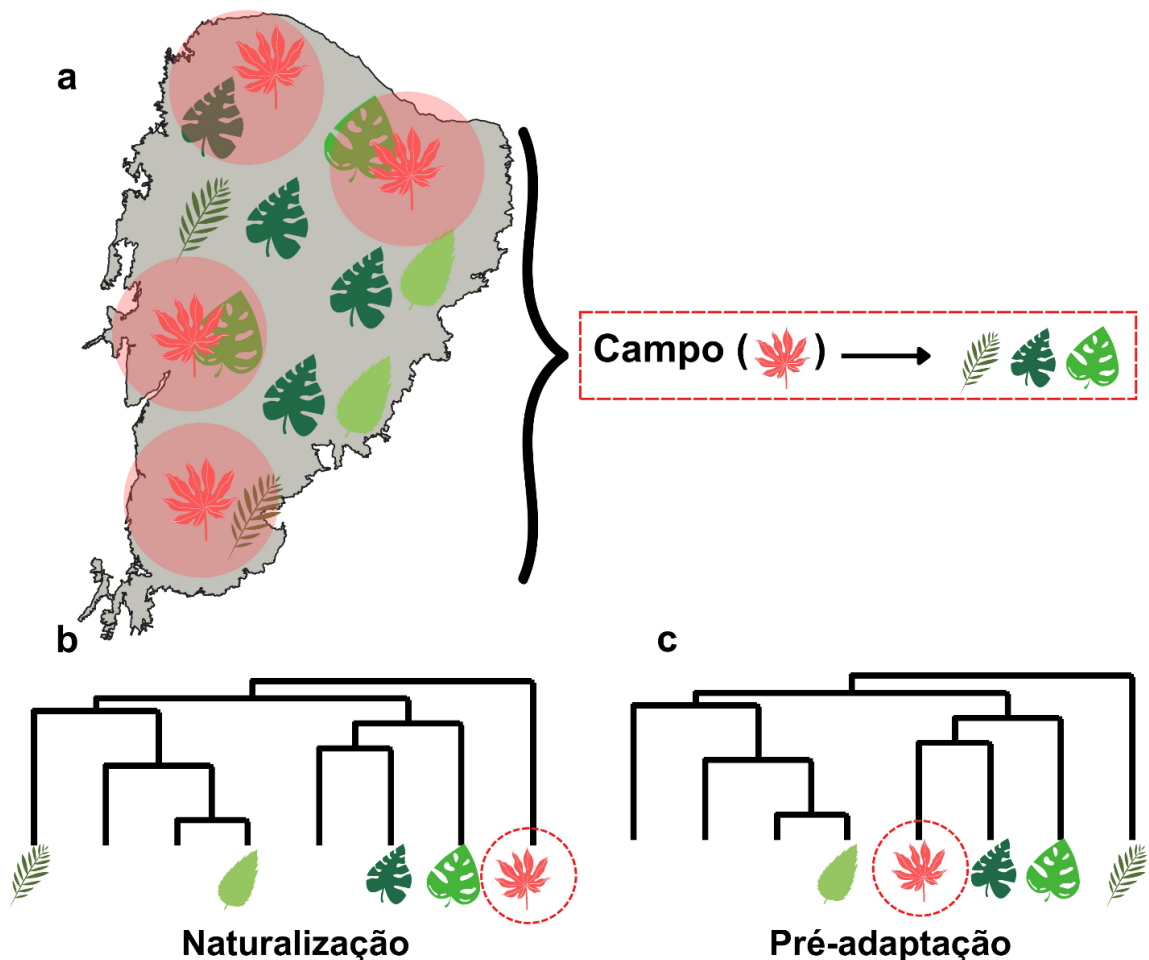


Figura 1. a) Representação do esquema analítico para obtenção do campo de diversidade das espécies invasoras na Caatinga. b) Representação da situação em que a hipótese da Naturalização é corroborada, ou seja, a espécie invasora focal é menos evolutivamente similar às nativas com quem ocorre em seu campo. c) Representação da situação em que a hipótese da Pré-adaptação é corroborada com a espécie invasora focal sendo mais evolutivamente similar às nativas do seu campo.

Distância filogenética e atributos funcionais influenciando status de invasão

Utilizamos três métricas de distância filogenética: a distância filogenética para a espécie nativa mais próxima (PD_{Min}), a distância filogenética média (MPD) e a distância filogenética média ponderada ($MPD_{ponderada}$) (GILBERT; PARKER, 2022; OMER et al., 2022). A PD_{Min} é a distância filogenética da espécie exótica para a espécie nativa filogeneticamente mais próxima dentro do campo. A MPD se refere a distância filogenética média da espécie exótica para todas as nativas com quem ela coocorre, enquanto a $MPD_{ponderada}$ pondera essa média pela frequência relativa de cada espécie nativa dentro do campo. A métrica de distância para a espécie mais próxima assume que espécies exóticas mais aparentadas ou semelhantes com uma única espécie nativa já possuem maior chance de sucesso por utilizar recursos semelhantes e possuírem mutualismos e inimigos semelhantes (OMER et al., 2022). As métricas baseadas em médias permitem uma medida mais profunda da influência filogenética na naturalização e invasão das espécies pois assumem que toda a comunidade nativa contribui para a invasão da espécie exótica (OMER et al., 2022).

Estas medidas foram geradas através da matriz de distância filogenética criada com a distância cofenética par a par de todas as espécies em cada campo. Para a geração desta matriz foi utilizado o pacote “ape” (PARADIS; CLAUDE; STRIMMER, 2004). Nestas matrizes, foi localizada a coluna correspondente à espécie focal (exótica do campo) e nela foi obtido o menor valor de distância (PD_{Min}), média (MPD) e a média ponderada pela frequência relativa das espécies nativas ($MPD_{ponderada}$). Para avaliar se o status de invasão é influenciado pela distância filogenética entre a planta exótica e a comunidade de plantas nativas da Caatinga foram utilizados modelos lineares generalizados (GLMs) com o status de invasão como variável resposta e as métricas de distância filogenética como variáveis preditoras, considerando uma distribuição binomial.

Os modelos testaram separadamente se a naturalização e invasão das espécies são afetadas pelas métricas. Para testar se a naturalização é afetada, foram consideradas as exóticas e as naturalizadas (que inclui naturalizadas e invasoras). A inclusão das espécies invasoras dentro das naturalizadas se justifica pelo fato de toda espécie invasora ser também uma naturalizada (possuir

potencial de se reproduzir e formar uma população viável) (RICHARDSON et al., 2000). Para testar se a invasão é afetada, foram consideradas apenas as plantas naturalizadas e invasoras (OMER et al., 2022). Os modelos foram construídos da mesma forma para avaliar se os três atributos funcionais influenciam a naturalização e invasão.

Distância filogenética influenciando a distribuição

No campo de diversidade das espécies invasoras, calculamos a distância filogenética da espécie invasora para as nativas dentro do seu campo (PINTO-LEDEZMA et al., 2020). Esse processo foi realizado através da geração de submatrizes com todas as espécies do campo de cada invasora. Dentro das submatrizes, calculamos a distância filogenética da espécie invasora para seu campo utilizando a Distância Filogenética Média da invasora para o seu campo (MPD). A MPD foi calculada através da média de distância filogenética entre a espécie invasora focal e as nativas do seu campo. Para avaliar se o padrão de distância filogenética difere do acaso, os valores observados foram comparados a valores esperados por um modelo nulo. O modelo nulo foi construído criando campos aleatórios com espécies amostradas da comunidade nativa da Caatinga mantendo o número de espécies do campo de cada espécie invasora. Com estes novos campos, os procedimentos de geração de sub-matrizes e cálculos da MPD foram replicados 1000 vezes para cada uma das espécies invasoras.

Para calcular o tamanho do efeito padronizado da métrica (MPD_{SES}) foi utilizada a formula: $SES = 1 - (obs - \overline{null}) / dpnull$. Onde *obs* é o valor observado de MPD, $\overline{null}$ e *dpnull* são respectivamente a média e o desvio padrão dos valores de MPD obtidos nos campos hipotéticos do modelo nulo (KUSUMOTO et al., 2019). A significância estatística destes índices foi obtida usando o limiar de $|SES| > 1,96$ (KUSUMOTO et al., 2019), onde valores positivos representam uma dispersão na estrutura observada, ou seja, uma distância filogenética maior que o esperado pelo acaso (hipótese da naturalização, Figura 1B), e valores negativos representam agrupamento, ou seja, distância filogenética menor que o esperado pelo acaso (hipótese da pré-adaptação, Figura 1C) (KUSUMOTO et al., 2019). Este procedimento foi realizado através de funções criadas no R (R CORE TEAM, 2023).

Semelhanças funcionais entre status

Para testar se os status das espécies exóticas são funcionalmente semelhantes às espécies nativas, comparamos os status de forma uni e multivariada. Na análise multivariada, linearizamos os

três atributos funcionais através da transformação em log10 e padronizamos os valores para que as variáveis possuísem média 0 e desvio padrão 1. Com estes dados, utilizamos uma Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA) para verificar se existe diferença entre os grupos no espaço multivariado (ANDERSON, 2001). Para garantir que a diferença observada é causada pela posição dos grupos e não pela dispersão multivariada, utilizamos uma Análise de Dispersão Multivariada (PERMDISP) para verificar se existe homogeneidade de variância multivariada entre os grupos (ANDERSON; ELLINGSEN; MCARDLE, 2006). Estas análises foram realizadas com funções do pacote “vegan” (OKSANEN et al., 2009) e para visualizar os grupos utilizamos uma Análise de Componentes Principais (PCA).

Para a análise univariada, utilizamos os atributos transformados em log10 e comparamos a mediana de cada status de invasão com a mediana das espécies nativas. Para esta comparação utilizamos funções que calculam a diferença observada na mediana com a diferença esperada ao acaso, seguindo (DIVÍŠEK et al., 2018). Para verificar se a diferença observada foi diferente do esperado pelo acaso, construímos modelos nulos com 1000 aleatorizações e calculamos o valor de p utilizando o pacote “ade4” (DRAY; DUFOUR, 2007). Para ambas as análises removemos a espécie de coqueiro *Cocus nucifera*, a qual representava um *outlier* na distribuição de dados para massa da semente (SM).

RESULTADOS

As análises demonstraram que o status de invasão das espécies exóticas da Caatinga são influenciadas pela semelhança filogenética com as nativas e pelos seus atributos funcionais. Os modelos demonstraram que as probabilidades de transição de exótica para naturalizada e de naturalizada para invasora são influenciadas de forma negativa pelo $MPD_{ponderado}$ (Tabela 1). Também encontramos efeito significativo da altura das espécies sobre sua naturalização (Tabela 1c). O preditor $MPD_{ponderado}$ influenciou de forma negativa a naturalização e invasão, de forma que espécies que possuem menores valores de $MPD_{ponderado}$ possuem maior probabilidade de se tornarem naturalizadas e invasoras (Figura 2 a-b). Isso significa que as espécies exóticas que forem mais aparentadas com as espécies nativas mais dominantes têm maior probabilidade de se naturalizar e invadir. A altura apresentou relação negativa com a naturalização na qual, espécies mais baixas têm maior probabilidade de se naturalizar (Figura 2c).

Tabela1. Influência da semelhança filogenética entre espécies exóticas e nativas da Caatinga e seus atributos funcionais na naturalização e invasão. Modelos completos baseados em GLM com distribuição binomial. Para testar o efeito dos preditores na naturalização foram comparadas as exóticas (0) e as espécies naturalizadas e invasoras (1). Para a invasão comparamos as espécies exóticas e naturalizadas (0) com as invasoras (1). As métricas filogenéticas foram derivadas através da distância filogenética de cada espécie exótica para cada nativa com quem ela coocorre na Caatinga, sendo: MPD = distância filogenética média; PD_{Min} = distância filogenética para a espécie mais próxima e MPD_{ponderada} distância filogenética média ponderada pela frequência relativa das nativas. LA = área foliar (mm²); SM = massa da semente (g) e H = altura (m). * p < 0,05.

	Estimate	Std.Error	z Value	Pr(> z)
Naturalização				
(Intercept)	-3.9008	2.9061	-1.3420	0.1800
MPD	0.0225	0.0120	1.8730	0.0610
PD _{Min}	-0.0029	0.0035	-0.8320	0.4060
MPD _{ponderada}	-0.0198	0.0100	-1.9780	0.0480*
Invasao				
(Intercept)	-4.8224	3.5162	-1.3710	0.1702
MPD	0.0269	0.0149	1.8000	0.0719.
PD _{Min}	-0.0024	0.0044	-0.5600	0.5755
MPD _{ponderada}	-0.2665	0.0709	-3.7600	0.0002*
Naturalização				
(Intercept)	1.7340	0.2168	7.9980	0.0000*
LA	0.0000	0.0000	-1.5220	0.1280
SM	0.0000	0.0000	-0.3540	0.7230
H	-0.1387	0.0316	-4.3960	0.0000*
Invasão				
(Intercept)	-1.4370	0.2165	-6.6360	0.0000*
LA	0.0000	0.0000	-0.7480	0.4540
SM	0.0000	0.0000	-0.3350	0.7370
H	0.0193	0.0334	0.5760	0.5650

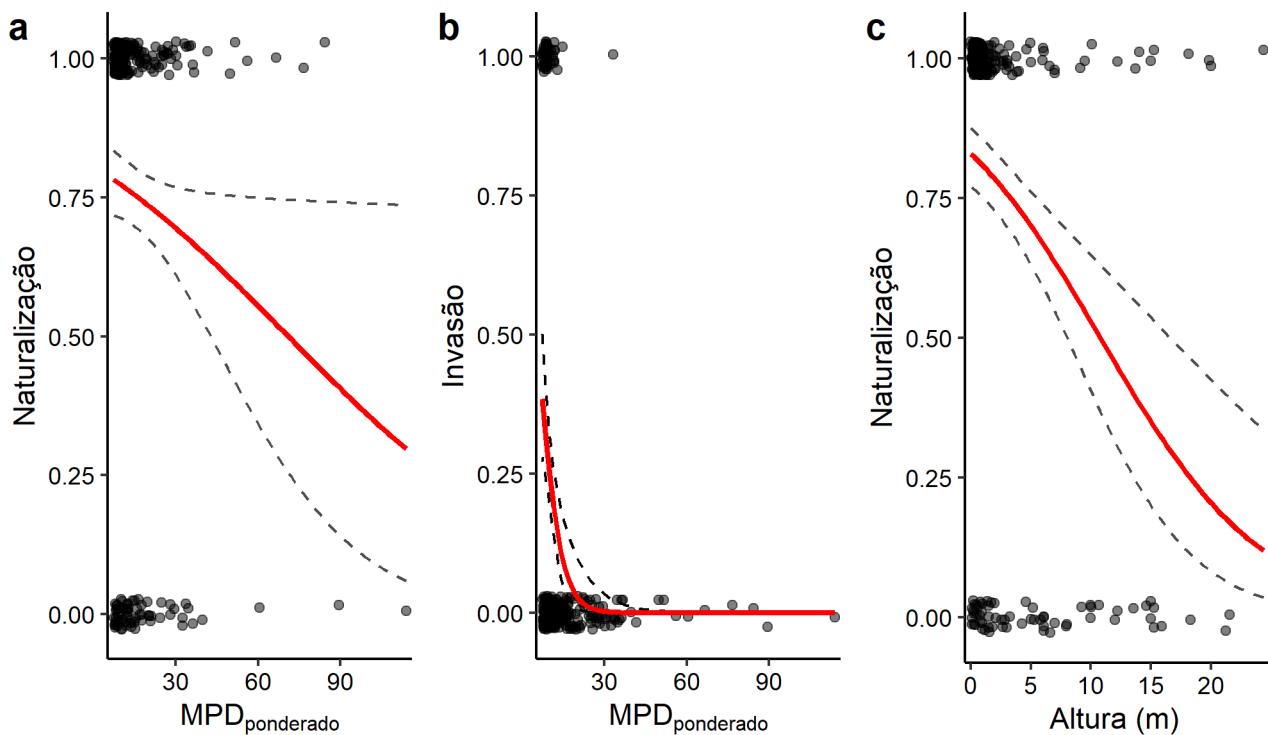


Figura 2. Relação entre distância filogenética e atributo funcional com a probabilidade de naturalização e invasão das plantas exóticas da Caatinga. As linhas vermelhas representam a relação predita por um GLMs de distribuição binomial com link “logit” e as linhas pontilhadas o intervalo de confiança de 95%. Cada ponto representa uma espécie com a distância filogenética média ponderada de uma espécie exótica para a comunidade nativa com quem ela coocorre (a-b) e a altura em metros da espécie (c).

A distância filogenética das espécies invasoras para as espécies nativas do seu campo de diversidade (MPD_{SES}) apresentou padrões significativos de agrupamento e sobredispersão, predominando o padrão aleatório (Figura 3). Dentre os padrões significativamente diferentes do acaso, o agrupamento foi mais frequente, com 10 espécies, enquanto apenas cinco espécies apresentaram sobredispersão. Uma espécie (*Lantana camara*) possui ampla ocorrência e co-ocorre com todas as espécies nativas da Caatinga. Desta forma os valores de MPD observado e esperado ao acaso são idênticos e o cálculo usual do MPD_{SES} resultou em um valor indeterminado (divisão de 0 por 0). Portanto, atribuímos um valor de $MPD_{SES} = 0$ para esta espécie.

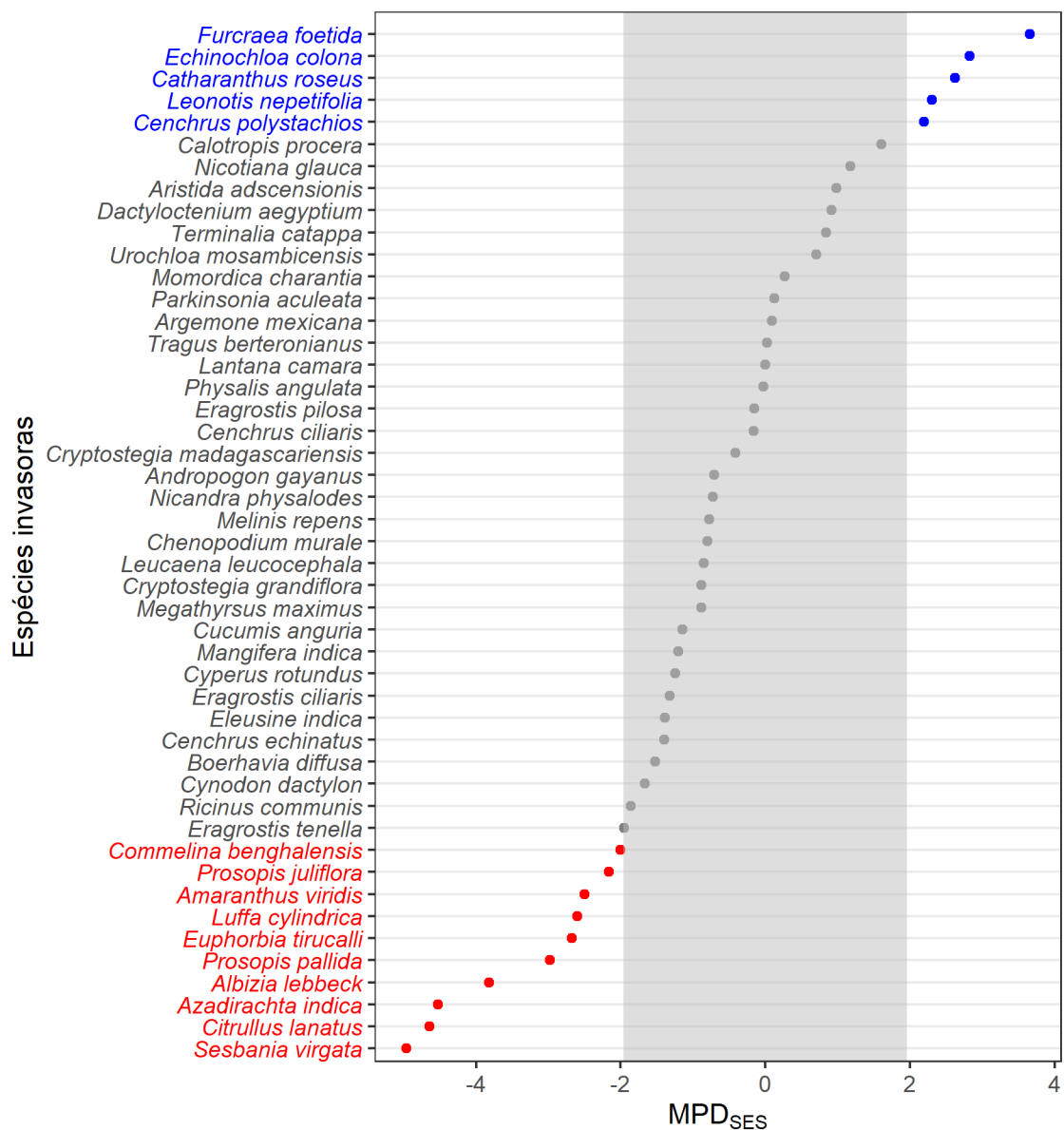


Figura 3. Distância filogenética das plantas invasoras da Caatinga para as plantas nativas com quem co-ocorrem. Os valores de MPD_{SES} foram obtidos ao comparar a distância observada com a distância esperada por acaso em um modelo nulo com 1000 aleatorizações. O polígono cinza indica a área onde os valores de MPD_{SES} não diferem do esperado por acaso. Os pontos e nomes de espécies em vermelho indicam agrupamento filogenético e em azul indicam sobredispersão.

Para as exóticas, preenchemos os dados funcionais com quantidade suficiente de dados para todos os atributos. Para a massa da semente, preenchemos para 238 (79,33%) das espécies, para altura 292 (97,33%) e para área foliar 285 (95%). Para as plantas nativas coletamos dados de 237 (79,0%) para massa da semente, 183 (61,00%) para altura e 125 (41,66%) para área foliar. A análise

multivariada demonstrou que existe diferença entre os grupos (PERMANOVA; $F = 11,98$, $R^2 = 0,054$, $p = 0,001$). No entanto, além do baixo coeficiente de determinação, as dispersões multivariadas são heterogêneas entre os grupos (PERMDISP; $F = 16,28$, $p = 0,001$). Desta forma, a diferença observada entre os status é causada por diferenças na dispersão multivariada dentro dos grupos e não pela composição funcional de cada grupo. Isso fica visível na forma como os status se sobrepõem no espaço multivariado (Figura 4a). A principal diferença na dispersão multivariada está no status naturalizada, que possui espécies funcionalmente mais similares entre si do que todos os outros status (Figura 4a). Na análise univariada, as plantas exóticas não apresentaram diferença significativa das nativas para nenhum dos atributos, as espécies naturalizadas se diferenciam das nativas em altura e massa da semente, enquanto as invasoras são diferentes em todos os atributos funcionais. Essa diferença é observada com plantas naturalizadas e invasoras sendo mais baixas e com sementes menores que as nativas e com as invasoras apresentando ainda menor área foliar (Figura 4b).

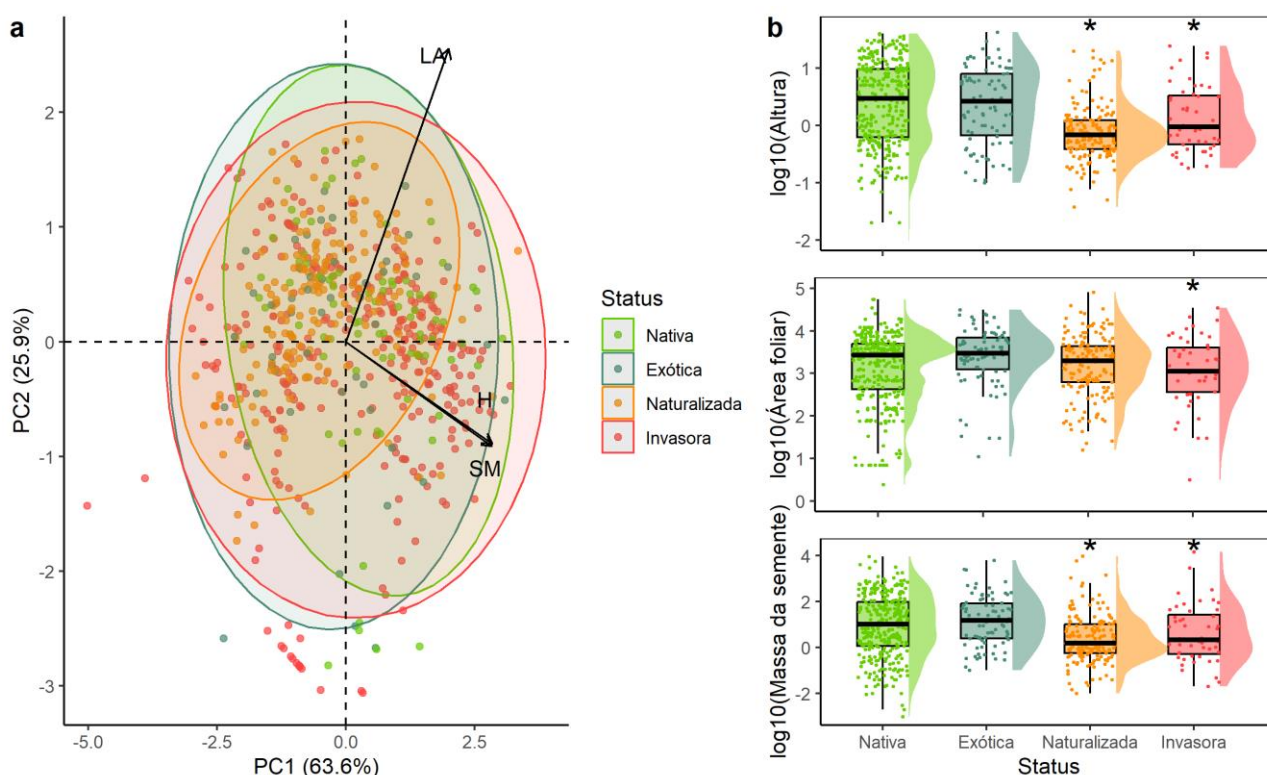


Figura 4. Atributos funcionais de plantas nativas e não nativas da Caatinga. a) no espaço multivariado representado através dos dois primeiros eixos de uma PCA, os atributos foram transformados em $\log_{10}$ e escalados para a mesma escala numérica, as elipses representam 95% da variação dos dados, b) boxplot e distribuição dos atributos funcionais em cada status em análise univariada. Os asteriscos representam a diferença significativa entre o status e as espécies nativas calculado através de um teste

de randomização. Cada ponto representa uma espécie. LA = área foliar, H = altura, SM = massa da semente.

DISCUSSÃO

Usando as relações filogenéticas entre as plantas exóticas e nativas da Caatinga, encontramos que a probabilidade de naturalização e invasão tem relação positiva com a semelhança filogenética das espécies exóticas com as nativas mais dominantes. A probabilidade de naturalização de espécies é ainda influenciada pela altura das plantas, com as plantas exóticas mais baixas tendo maior probabilidade de se tornarem naturalizadas. A similaridade filogenética das plantas invasoras com as nativas do seu campo é, na maior parte dos casos, igual ao esperado ao acaso. No entanto, dentre as poucas espécies que possuem relações filogenéticas significativas, predomina o agrupamento. Ou seja, embora os resultados não resolvam o dilema de Naturalização de Darwin, a pré-adaptação parece ter maior influência nas plantas invasoras da Caatinga. Encontramos também que os status não ocupam posições diferentes no espaço funcional, mas ocupam áreas de tamanhos diferentes nele. Por outro lado, a comparação dos atributos funcionais entre as plantas exóticas, naturalizadas e invasoras com as plantas nativas demonstra que o conjunto de espécies de exóticas é funcionalmente semelhante às espécies nativas, enquanto espécies naturalizadas e invasoras são funcionalmente diferentes.

A semelhança filogenética de espécies exóticas com plantas nativas dominantes é um preditor da naturalização e invasão de plantas. Nosso estudo demonstrou que a transição entre os status de invasão das plantas exóticas na Caatinga ocorre de forma semelhante ao esperado pela hipótese da pré-adaptação de Darwin (DIEZ et al., 2008; OMER et al., 2022). A literatura mostra que a relação filogenética observada entre espécies exóticas e as nativas com quem coocorrem parece depender da escala espacial, com a hipótese da pré-adaptação sendo mais comum em escalas espaciais mais amplas como a deste estudo (THUILLER et al., 2010; CADOTTE et al., 2018; PARK et al., 2020). A Caatinga apresenta ainda um forte filtro abiótico que justifica a necessidade de plantas introduzidas estarem pré-adaptadas para conseguirem se estabelecer, reproduzir e invadir este ecossistema (veja, CADOTTE et al., 2018; PARK et al., 2020). No entanto, diferente do que ocorre em outros estudos, nós não encontramos efeito das métricas filogenéticas que levam em conta apenas a espécie mais próxima ou que dão peso igual a todas as espécies (OMER et al., 2022). Ou seja, para as plantas introduzidas conseguirem se naturalizar e invadir a Caatinga, não basta vencer o filtro ambiental, também é necessário que estas espécies sejam semelhantes às nativas mais abundantes (aqui

representado pela frequência), as quais devem possuir tolerância, fitness e habilidades competitivas elevadas.

Dentre as plantas que já se estabeleceram e são invasoras na Caatinga, encontramos que a pré-adaptação é o padrão mais comum. Dentro de um estudo de ampla escala espacial e com diversas espécies, os padrões de parentesco filogenético entre espécies invasoras e as nativas do seu campo tende a ser variado (KUSUMOTO et al., 2019). Este aspecto reforça como cada invasão é única e como os filtros abiótico e biótico podem influenciar diferentes espécies de diferentes formas (KUSUMOTO et al., 2019; PINTO-LEDEZMA et al., 2020; TRAVESET; RICHARDSON, 2020). No nosso estudo, entre as espécies com relação diferente do esperado ao acaso, as espécies invasoras tendem a ser mais próximas das nativas do seu campo. É possível que o padrão de sobredispersão obtido para algumas espécie seja justificado por dinâmicas de introdução, uma vez que essas espécies são utilizadas para forragem, produção têxtil e ornamentação na Caatinga (ALMEIDA et al., 2015). O padrão da pré-adaptação pode ocorrer por conta da atuação de um filtro ambiental intenso na seleção das espécies ou pela modificação que a espécie exótica pode causar na comunidade nativa (LOSOSOVÁ et al., 2015; PINTO-LEDEZMA et al., 2020; QIAN; SANDEL, 2022). Assim, os padrões observados podem ser resultados de exclusões competitivas e dinâmicas neutras que ocorrem nas comunidades (HUBBELL, 2001; HILLERISLAMBERS et al., 2012). Desta forma, as espécies invasoras podem ser mais próximas às nativas desde que apresentem atributos funcionais que favoreçam o seu estabelecimento nas comunidades em escala local.

Plantas exóticas mais baixas têm maior probabilidade de se naturalizar no clima semiárido da Caatinga. Nosso estudo encontrou um resultado inconsistente com a literatura de invasões biológicas, onde postula-se que espécies com potencial invasor apresentam valores superiores em atributos relacionados à performance (como a altura) (BARTLETT et al., 2023; DIVÍŠEK et al., 2018; VAN KLEUNEN; WEBER; FISCHER, 2010). Este resultado diferente pode demonstrar como as dinâmicas de invasão são diferentes em ambientes semiáridos que possuem períodos de seca e precipitações imprevisíveis. Estudos ao redor do globo mostram como os efeitos negativos da seca são mais intensos em árvores mais altas (BENNETT et al., 2015; STOVALL; SHUGART; YANG, 2019). Desta forma, a relação negativa entre altura e naturalização encontrada neste trabalho pode ocorrer por conta da desvantagem hídrica acentuada em Angiospermas mais altas (STOVALL; SHUGART; YANG, 2019). Este resultado pode também ter sido influenciado pelo hábito de vida das espécies estudadas. Grande parte das plantas exóticas da Caatinga são gramíneas, plantas de pequeno porte usadas para forragem ou ornamentação e ervas introduzidas acidentalmente

(ALMEIDA et al., 2015). De qualquer forma, a altura parece ser um atributo funcional limitante para as plantas nativas da Caatinga, com projeções de redução da altura da vegetação em cenários de aumento da aridez (CARVALHO et al., 2023).

As diferenças observadas entre plantas naturalizadas e invasoras com as nativas demonstram como a habilidade competitiva parece ser selecionada. A diferença funcional entre naturalizadas e invasoras com as espécies nativas demonstra como as espécies exóticas que têm sucesso (se estabelecem e invadem comunidades) são diferentes das nativas (ORDONEZ; WRIGHT; OLFF, 2010; VAN KLEUNEN; WEBER; FISCHER, 2010). Analisando os atributos funcionais de forma univariada, fica evidente como essas diferenças se dão em aspectos que favorecem a competição com plantas mais baixas, com sementes e folhas menores, sendo mais comuns entre naturalizadas e invasoras. O fato de as plantas naturalizadas e invasoras apresentarem menor estatura e menores sementes demonstram como, no geral, espécies que investem em grande quantidade de indivíduos são favorecidas (WESTOBY, 1998). Esta condição está alinhada com a ideia de um continuum r-K, onde espécies r-estrategistas (como as naturalizadas e invasoras deste estudo) se reproduzem de forma intensa, aumentando o recrutamento em detrimento da taxa de sobrevivência (PIANKA, 1970). Essas características são especialmente úteis a plantas invasoras, pois permitem a formação de bancos de sementes que vão competir com as diversas espécies nativas de ciclo de vida anual que possuem a mesma estratégia na Caatinga (FERNANDES; CARDOSO; DE QUEIROZ, 2020).

As relações aqui observadas são resultantes de dinâmicas de estabelecimento que já aconteceram. A transição de status e invasão de espécies é um processo contínuo mas que é diferente para cada espécie (TRAVERSE; RICHARDSON, 2020). Assim, é provável que em cenários futuros, a dinâmica de invasões seja alterada, com espécies invasoras se tornando menos importantes e outras espécies passando pelo processo de naturalização e invasão (RICHARDSON et al., 2000; ROY et al., 2023). Cenários de mudanças climáticas demonstram que a Caatinga deve se tornar ainda mais árida, com uma vegetação homogeneizada e generalista, em que espécies bem adaptadas devem ser favorecidas com expansão da sua área de distribuição (CARVALHO et al., 2023; MOURA et al., 2023). Caso os padrões aqui observados se mantenham, é possível que mais espécies se tornem naturalizadas e invasoras graças às oportunidades geradas pelas mudanças climáticas e alterações na flora. No entanto, é importante entender que durante o processo da invasão biológica, diversos aspectos podem influenciar no sucesso de naturalização e invasão. Portanto, estudos observacionais como este demonstram padrões, mas não determinam categoricamente os processos envolvidos,

sendo necessários estudos experimentais e de longa duração (ORDONEZ; WRIGHT; OLFF, 2010; CADOTTE et al., 2018).

Os padrões observados neste estudo podem ainda ser influenciados por vieses metodológicos, como a ausência de dados de abundância em estudos macroecológicos. As relações filogenéticas e funcionais encontradas entre plantas nativas e os status de invasão indicam que o Dilema de Naturalização de Darwin e as demais hipóteses de invasão podem ser resolvidas à luz de estudos que levam em conta a abundância das espécies. Aqui, utilizamos as ocorrências das espécies como proxy da abundância, uma vez que em larga escala, a densidade de ocorrências tende a correlacionar-se com a abundância das espécies (MACIEL; GUILHERME, 2022), e conseguimos detectar um padrão diferente daquele obtido sem essa informação. Assim, é esperado que ao integrar dados de abundância de estudos de comunidades invadidas haja um aumento na acurácia das análises, revelando também padrões não observados apenas com a ocorrência das espécies (CADOTTE et al., 2018). Levar em conta dados de abundância é importante neste tipo de estudo já o padrão observado em escala regional é resultado de dinâmicas de coexistência, exclusão competitiva e dinâmicas neutras entre as espécies exóticas e nativas nas comunidades locais (CHESSON, 2000; HILLERISLAMBERS et al., 2012). Além disso, a escassez de dados funcionais para plantas nativas é um outro problema comum a ecossistemas tropicais que nos levou ao uso de uma pequena amostragem das espécies nativas da Caatinga que possuísem minimamente estes dados. Ainda assim, os dados funcionais para as espécies exóticas foram quase totalmente preenchidos, garantindo ao menos a confiabilidade na comparação entre status.

CONCLUSÃO

As invasões biológicas são um importante aspecto no planejamento de conservação e restauração dos ecossistemas. Prever quais espécies ou características tornam uma espécie invasora é uma forma de facilitar o processo de detecção e manejo de espécies invasoras. Neste trabalho encontramos que: i) espécies exóticas que possuem parentesco filogenético com espécies nativas abundantes têm maiores probabilidades de se naturalizar e invadir a Caatinga; ii) os atributos funcionais também podem ser determinantes da invasibilidade, com espécies mais baixas sendo favorecidas no processo de naturalização; iii) as espécies exóticas que já invadem a Caatinga tendem a coocorrer com espécies nativas mais filogeneticamente próximas, demonstrando como o filtro abiótico pode ter maior influência na distribuição destas espécies e iv) as espécies exóticas são

funcionalmente semelhantes às nativas, porém as naturalizadas e invasoras são diferentes, com atributos funcionais que proporcionam habilidade de se estabelecer e persistir em novas comunidades.

Adicionalmente, alguns resultados aqui encontrados são inconsistentes com a literatura semelhante, sugerindo que o filtro abiótico da baixa precipitação e alta sazonalidade pode moldar a transição de status e invasão de espécies estabelecidas. Assim, novos estudos em escala regional na Caatinga podem permitir entender as dinâmicas das comunidades de plantas invasoras e as suas relações com variáveis ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, W. R. et al. The alien flora of Brazilian Caatinga: deliberate introductions expand the contingent of potential invaders. **Biological Invasions**, v. 17, n. 1, p. 51–56, 1 jan. 2015.

ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, v. 26, n. 1, p. 32–46, 2001.

ANDERSON, M. J.; ELLINGSEN, K. E.; MCARDLE, B. H. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. **Ecology Letters**, v. 9, n. 6, p. 683–693, 2006.

ARITA, H. T. et al. Species Diversity and Distribution in Presence-Absence Matrices: Mathematical Relationships and Biological Implications. **The American Naturalist**, v. 172, n. 4, p. 519–532, out. 2008.

BARTLETT, A. C. et al. Characteristics of Australia’s alien flora vary with invasion stage. **Global Ecology and Biogeography**, v. 32, n. 7, p. 1163–1177, 2023.

BENNETT, A. C. et al. Larger trees suffer most during drought in forests worldwide. **Nature Plants**, v. 1, n. 10, p. 1–5, 28 set. 2015.

CADOTTE, M. W. et al. Preadaptation and Naturalization of Nonnative Species: Darwin’s Two Fundamental Insights into Species Invasion. **Annual Review of Plant Biology**, v. 69, n. 1, p. 661–684, 2018.

CANDOLLE, A. DE. **Geographie botanique raisonnée ou exposition des faits principaux et des lois concernant la distribution géographique des plantes de l’époque actuelle**. 1855.

CARVALHO, C. E. et al. Tree height, leaf thickness and seed size drive Caatinga plants’ sensitivity to climate change. **Journal of Biogeography**, v. 50, n. 12, p. 2057–2068, dez. 2023.

CHESSON, P. Mechanisms of Maintenance of Species Diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 31, p. 343–366, 2000.

CHIU, J. H. et al. Trends in the direction of global plant invasion biology research over the past two decades. **Ecology and Evolution**, v. 13, n. 1, p. e9690, 2023.

DE QUEIROZ, L. P. et al. Diversity and Evolution of Flowering Plants of the Caatinga Domain. Em: SILVA, J. M. C. DA; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (Eds.). **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 23–63.

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

DÍAZ, S. et al. The global spectrum of plant form and function: enhanced species-level trait dataset. **Scientific Data**, v. 9, n. 1, p. 755, 7 dez. 2022.

DIEZ, J. M. et al. Darwin's naturalization conundrum: dissecting taxonomic patterns of species invasions. **Ecology Letters**, v. 11, n. 7, p. 674–681, 2008.

DIVÍŠEK, J. et al. Similarity of introduced plant species to native ones facilitates naturalization, but differences enhance invasion success. **Nature Communications**, v. 9, n. 1, p. 4631, 6 nov. 2018.

DRAY, S.; DUFOUR, A.-B. The ade4 Package: Implementing the Duality Diagram for Ecologists. **Journal of Statistical Software**, v. 22, p. 1–20, 30 set. 2007.

FABRICANTE, J. R. et al. Invasive alien plants in Sergipe, north-eastern Brazil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 16, n. 1, p. 89–104, 29 jan. 2021.

FERNANDES, M. F.; CARDOSO, D.; DE QUEIROZ, L. P. An updated plant checklist of the Brazilian Caatinga seasonally dry forests and woodlands reveals high species richness and endemism. **Journal of Arid Environments**, v. 174, p. 104079, mar. 2020.

GILBERT, G. S.; PARKER, I. M. Phylogenetic Distance Metrics for Studies of Focal Species in Communities: Quantiles and Cumulative Curves. **Diversity**, v. 14, n. 7, p. 521, jul. 2022.

HARTING, F. **DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models**. Disponível em: <<http://florianhartig.github.io/DHARMA/>>. Acesso em: 8 nov. 2023.

HILLERISLAMBERS, J. et al. Rethinking Community Assembly through the Lens of Coexistence Theory. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 43, n. 1, p. 227–248, 2012.

HUBBELL, S. P. **The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography (MPB-32)**. [s.l.] Princeton University Press, 2001.

JIN, Y.; QIAN, H. V. PhyloMaker: an R package that can generate very large phylogenies for vascular plants. **Ecography**, v. 42, n. 8, p. 1353–1359, 2019.

KUSUMOTO, B. et al. Reconciling Darwin's naturalization and pre-adaptation hypotheses: An inference from phylogenetic fields of exotic plants in Japan. **Journal of Biogeography**, v. 46, n. 11, p. 2597–2608, 2019.

LIMA, R. A. F. et al. plantR: An R package and workflow for managing species records from biological collections. **Methods in Ecology and Evolution**, v. n/a, n. n/a, 2021.

LOSOSOVÁ, Z. et al. Alien plants invade more phylogenetically clustered community types and cause even stronger clustering. **Global Ecology and Biogeography**, v. 24, n. 7, p. 786–794, 2015.

MACIEL, E. A.; GUILHERME, F. A. G. Species density per grid cell no longer predicts the local abundance of woody plants. **Ecological Informatics**, v. 72, p. 101866, 1 dez. 2022.

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**, v. 9, n. 2, p. 373–379, 2018.

MEYER, L.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; LOHMANN, L. G. A comparison of hull methods for estimating species ranges and richness maps. **Plant Ecology & Diversity**, v. 10, n. 5–6, p. 389–401, 2 nov. 2017.

MOURA, M. R. et al. Pervasive impacts of climate change on the woodiness and ecological generalism of dry forest plant assemblages. **Journal of Ecology**, v. 111, n. 8, p. 1762–1776, 2023.

OKSANEN, J. et al. The vegan Package. 19 jan. 2009.

OMER, A. et al. The role of phylogenetic relatedness on alien plant success depends on the stage of invasion. **Nature Plants**, v. 8, n. 8, p. 906–914, ago. 2022.

ORDONEZ, A.; WRIGHT, I. J.; OLFF, H. Functional differences between native and alien species: a global-scale comparison. **Functional Ecology**, v. 24, n. 6, p. 1353–1361, 2010.

PARADIS, E.; CLAUDE, J.; STRIMMER, K. APE: Analyses of Phylogenetics and Evolution in R language. **Bioinformatics**, v. 20, n. 2, p. 289–290, 22 jan. 2004.

PARK, D. S. et al. Darwin's naturalization conundrum can be explained by spatial scale. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 117, n. 20, p. 10904–10910, 19 maio 2020.

PIANKA, E. R. On r- and K-Selection. **The American Naturalist**, v. 104, n. 940, p. 592–597, 1970.

PINTO, A. S. et al. Invasive plants in the Brazilian Caatinga: a scientometric analysis with prospects for conservation. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 15, n. 4, p. 503–520, 27 nov. 2020.

PINTO-LEDEZMA, J. N. et al. Testing Darwin's naturalization conundrum based on taxonomic, phylogenetic, and functional dimensions of vascular plants. **Ecological Monographs**, v. 90, n. 4, p. e01420, 2020.

QIAN, H.; JIN, Y. An updated megaphylogeny of plants, a tool for generating plant phylogenies and an analysis of phylogenetic community structure. **Journal of Plant Ecology**, v. 9, n. 2, p. 233–239, 1 abr. 2016.

QIAN, H.; SANDEL, B. Darwin's preadaptation hypothesis and the phylogenetic structure of native and alien regional plant assemblages across North America. **Global Ecology and Biogeography**, v. 31, n. 3, p. 531–545, mar. 2022.

RIBEIRO, B. R. et al. bdc: A toolkit for standardizing, integrating and cleaning biodiversity data. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 13, n. 7, p. 1421–1428, 2022.

RICHARDSON, D. M. et al. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. **Diversity and Distributions**, v. 6, n. 2, p. 93–107, 2000.

ROY, H. E. et al. **IPBES Invasive Alien Species Assessment: Summary for Policymakers**. [s.l.] Zenodo, 4 set. 2023. Disponível em: <<https://zenodo.org/record/8314303>>. Acesso em: 4 set. 2023.

ROYAL BOTANIC GARDENS KEW. **Seed Information Database**. Disponível em: <<https://ser-sid.org>>. Acesso em: 9 ago. 2023.

SCHNEIDER, C. A.; RASBAND, W. S.; ELICEIRI, K. W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Nature Methods**, v. 9, n. 7, p. 671–675, jul. 2012.

SILVA, J. L. A.; SOUZA, A. F.; VITÓRIA, A. P. Historical and current environmental selection on functional traits of trees in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. **Journal of Vegetation Science**, v. 32, n. 4, p. e13049, 2021.

SMITH, S. A.; BROWN, J. W. Constructing a broadly inclusive seed plant phylogeny. **American Journal of Botany**, v. 105, n. 3, p. 302–314, 2018.

STOVALL, A. E. L.; SHUGART, H.; YANG, X. Tree height explains mortality risk during an intense drought. **Nature Communications**, v. 10, n. 1, p. 4385, 26 set. 2019.

THE PLANT LIST. **A working list of all plant species**. Disponível em: <<http://www.theplantlist.org/1.1/cite/>>. Acesso em: 9 ago. 2023.

THUILLER, W. et al. Resolving Darwin's naturalization conundrum: a quest for evidence. **Diversity and Distributions**, v. 16, n. 3, p. 461–475, 2010.

TRAVERSE, A.; RICHARDSON, D. M. **Plant Invasions: The Role of Biotic Interactions**. [s.l.] CABI, 2020.

VAN KLEUNEN, M.; WEBER, E.; FISCHER, M. A meta-analysis of trait differences between invasive and non-invasive plant species. **Ecology Letters**, v. 13, n. 2, p. 235–245, 2010.

VILLALOBOS, F.; RANGEL, T. F.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Phylogenetic fields of species: cross-species patterns of phylogenetic structure and geographical coexistence. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 280, n. 1756, p. 20122570, 7 abr. 2013.

WESTOBY, M. A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme. **Plant and Soil**, v. 199, n. 2, p. 213–227, 1 fev. 1998.

ZENNI, R. D. The naturalized flora of Brazil: a step towards identifying future invasive non-native species. **Rodriguésia**, v. 66, p. 1137–1144, dez. 2015.

ZHANG, J.; QIAN, H. U.Taxonstand: An R package for standardizing scientific names of plants and animals. **Plant Diversity**, v. 45, n. 1, p. 1–5, 1 jan. 2023.

ANEXO

Tabela A1 – Espécies exóticas da Caatinga e seu status de invasão. Os status são baseados na classificação de Richardson et al. (2000) onde: Exótica – espécie introduzida que não possui potencial reprodutivo; Naturalizada – espécie introduzida capaz de se reproduzir e formar uma população estável no local de introdução e Invasora – espécie introduzida que consegue se reproduzir e dispersar para novas áreas além do local de introdução.

Família	Espécie	Status
Acanthaceae	<i>Justicia gendarussa</i>	Exótica
Acanthaceae	<i>Thunbergia alata</i>	Naturalizada
Aizoaceae	<i>Sesuvium portulacastrum</i>	Naturalizada
Aizoaceae	<i>Trianthema portulacastrum</i>	Naturalizada
Alismataceae	<i>Hydrocleys parviflora</i>	Exótica
Alismataceae	<i>Limnocharis laforesti</i>	Naturalizada
Amaranthaceae	<i>Amaranthus blitum</i>	Naturalizada
Amaranthaceae	<i>Amaranthus spinosus</i>	Naturalizada
Amaranthaceae	<i>Dysphania ambrosioides</i>	Naturalizada
Amaranthaceae	<i>Amaranthus cruentus</i>	Naturalizada
Amaranthaceae	<i>Amaranthus retroflexus</i>	Naturalizada
Amaranthaceae	<i>Amaranthus viridis</i>	Invasora
Amaranthaceae	<i>Amaranthus deflexus</i>	Naturalizada
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i>	Naturalizada
Amaranthaceae	<i>Chenopodium murale</i>	Invasora
Amaranthaceae	<i>Celosia argentea</i>	Naturalizada
Amaranthaceae	<i>Alternanthera pubiflora</i>	Naturalizada
Amaranthaceae	<i>Gomphrena globosa</i>	Naturalizada
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i>	Exótica
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Invasora
Annonaceae	<i>Annona reticulata</i>	Exótica
Annonaceae	<i>Annona muricata</i>	Exótica
Apiaceae	<i>Eryngium foetidum</i>	Exótica
Apiaceae	<i>Centella asiatica</i>	Exótica
Apocynaceae	<i>Catharanthus roseus</i>	Invasora
Apocynaceae	<i>Nerium oleander</i>	Exótica
Apocynaceae	<i>Cryptostegia madagascariensis</i>	Invasora
Apocynaceae	<i>Cryptostegia grandiflora</i>	Invasora
Apocynaceae	<i>Calotropis procera</i>	Invasora

Família	Espécie	Status
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i>	Exótica
Asparagaceae	<i>Agave sisalana</i>	Naturalizada
Asparagaceae	<i>Furcraea foetida</i>	Invasora
Asparagaceae	<i>Sansevieria zeylanica</i>	Exótica
Asteraceae	<i>Artemisia vulgaris</i>	Exótica
Asteraceae	<i>Cyanthillium cinereum</i>	Naturalizada
Asteraceae	<i>Artemisia verlotiorum</i>	Naturalizada
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i>	Exótica
Asteraceae	<i>Coleostephus myconis</i>	Exótica
Asteraceae	<i>Chrysanthellum indicum</i>	Naturalizada
Asteraceae	<i>Xerochrysum bracteatum</i>	Naturalizada
Asteraceae	<i>Emilia fosbergii</i>	Naturalizada
Asteraceae	<i>Tridax procumbens</i>	Naturalizada
Asteraceae	<i>Tagetes minuta</i>	Naturalizada
Asteraceae	<i>Gymnanthemum amygdalinum</i>	Naturalizada
Asteraceae	<i>Elephantopus mollis</i>	Exótica
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	Naturalizada
Asteraceae	<i>Baltimora recta</i>	Naturalizada
Asteraceae	<i>Synedrellopsis grisebachii</i>	Naturalizada
Asteraceae	<i>Tilesia baccata</i>	Naturalizada
Asteraceae	<i>Tagetes erecta</i>	Naturalizada
Asteraceae	<i>Zinnia peruviana</i>	Naturalizada
Asteraceae	<i>Cosmos sulphureus</i>	Naturalizada
Asteraceae	<i>Sclerocarpus africanus</i>	Exótica
Asteraceae	<i>Zinnia elegans</i>	Exótica
Balsaminaceae	<i>Impatiens walleriana</i>	Exótica
Basellaceae	<i>Basella alba</i>	Exótica
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	Exótica
Bignoniaceae	<i>Crescentia cujete</i>	Exótica
Brassicaceae	<i>Lepidium ruderae</i>	Naturalizada
Brassicaceae	<i>Coronopus didymus</i>	Naturalizada
Brassicaceae	<i>Cardamine bonariensis</i>	Naturalizada
Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Naturalizada
Brassicaceae	<i>Raphanus sativus</i>	Naturalizada
Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Naturalizada
Bromeliaceae	<i>Ananas comosus</i>	Exótica
Cactaceae	<i>Nopalea cochenillifera</i>	Naturalizada
Cactaceae	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Invasora
Cactaceae	<i>Opuntia dillenii</i>	Naturalizada
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	Naturalizada
Caryophyllaceae	<i>Polycarpaea corymbosa</i>	Naturalizada
Caryophyllaceae	<i>Drymaria cordata</i>	Naturalizada
Caryophyllaceae	<i>Stellaria media</i>	Naturalizada
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Exótica
Cleomaceae	<i>Gynandropsis gynandra</i>	Naturalizada

Família	Espécie	Status
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i>	Invasora
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>	Invasora
Commelinaceae	<i>Tradescantia pallida</i>	Exótica
Commelinaceae	<i>Tradescantia spathacea</i>	Exótica
Commelinaceae	<i>Tradescantia zebrina</i>	Naturalizada
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i>	Naturalizada
Commelinaceae	<i>Murdannia nudiflora</i>	Naturalizada
Convolvulaceae	<i>Jacquemontia tamnifolia</i>	Exótica
Convolvulaceae	<i>Jacquemontia pentanthos</i>	Exótica
Convolvulaceae	<i>Jacquemontia polyantha</i>	Naturalizada
Convolvulaceae	<i>Ipomoea muricata</i>	Naturalizada
Convolvulaceae	<i>Ipomoea nil</i>	Exótica
Convolvulaceae	<i>Distimake tuberosus</i>	Exótica
Convolvulaceae	<i>Ipomoea batatas</i>	Naturalizada
Convolvulaceae	<i>Ipomoea meyeri</i>	Naturalizada
Convolvulaceae	<i>Ipomoea wrightii</i>	Exótica
Convolvulaceae	<i>Ipomoea parasitica</i>	Naturalizada
Crassulaceae	<i>Kalanchoe pinnata</i>	Naturalizada
Cucurbitaceae	<i>Cucumis dipsaceus</i>	Exótica
Cucurbitaceae	<i>Cucumis anguria</i>	Invasora
Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i>	Invasora
Cucurbitaceae	<i>Citrullus lanatus</i>	Invasora
Cucurbitaceae	<i>Luffa cylindrica</i>	Invasora
Cyperaceae	<i>Cyperus mindorensis</i>	Naturalizada
Cyperaceae	<i>Cyperus tenuispica</i>	Naturalizada
Cyperaceae	<i>Cyperus esculentus</i>	Naturalizada
Cyperaceae	<i>Cyperus iria</i>	Naturalizada
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i>	Invasora
Cyperaceae	<i>Cyperus metzii</i>	Naturalizada
Cyperaceae	<i>Cyperus crassipes</i>	Naturalizada
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea bulbifera</i>	Naturalizada
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia cyathophora</i>	Naturalizada
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia tithymaloides</i>	Exótica
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia tirucalli</i>	Invasora
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	Invasora
Euphorbiaceae	<i>Jatropha curcas</i>	Naturalizada
Euphorbiaceae	<i>Aleurites moluccanus</i>	Exótica
Fabaceae	<i>Desmodium incanum</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Desmodium triflorum</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Indigofera hirsuta</i>	Exótica
Fabaceae	<i>Desmodium adscendens</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Neonotonia wightii</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Crotalaria goreensis</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Tephrosia purpurea</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Sesbania sesban</i>	Naturalizada

Família	Espécie	Status
Fabaceae	<i>Senna sophera</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Macroptilium atropurpureum</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Acacia mangium</i>	Exótica
Fabaceae	<i>Crotalaria spectabilis</i>	Exótica
Fabaceae	<i>Senna alexandrina</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Sesbania virgata</i>	Invasora
Fabaceae	<i>Chamaecrista absus</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Crotalaria retusa</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Senna siamea</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Prosopis juliflora</i>	Invasora
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	Invasora
Fabaceae	<i>Prosopis pallida</i>	Invasora
Fabaceae	<i>Clitoria ternatea</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Prosopis chilensis</i>	Exótica
Fabaceae	<i>Prosopis alba</i>	Exótica
Fabaceae	<i>Pithecellobium dulce</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Prosopis glandulosa</i>	Exótica
Fabaceae	<i>Cajanus cajan</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Prosopis ruscifolia</i>	Exótica
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Parkinsonia aculeata</i>	Invasora
Fabaceae	<i>Prosopis velutina</i>	Exótica
Fabaceae	<i>Albizia lebbek</i>	Invasora
Fabaceae	<i>Acacia robusta</i>	Exótica
Fabaceae	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Exótica
Fabaceae	<i>Lablab purpureus</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Pisum sativum</i>	Exótica
Fabaceae	<i>Bauhinia monandra</i>	Exótica
Fabaceae	<i>Delonix regia</i>	Exótica
Fabaceae	<i>Tipuana tipu</i>	Exótica
Fabaceae	<i>Arachis hypogaea</i>	Naturalizada
Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i>	Exótica
Hydrocharitaceae	<i>Najas graminea</i>	Naturalizada
Lamiaceae	<i>Mentha suaveolens</i>	Naturalizada
Lamiaceae	<i>Leucas martinicensis</i>	Naturalizada
Lamiaceae	<i>Stachys arvensis</i>	Naturalizada
Lamiaceae	<i>Leonurus japonicus</i>	Naturalizada
Lamiaceae	<i>Ocimum americanum</i>	Naturalizada
Lamiaceae	<i>Ocimum gratissimum</i>	Naturalizada
Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i>	Invasora
Lamiaceae	<i>Vitex agnus-castus</i>	Naturalizada
Malpighiaceae	<i>Malpighia emarginata</i>	Exótica
Malpighiaceae	<i>Malpighia coccigera</i>	Exótica
Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i>	Exótica
Malvaceae	<i>Luehea candida</i>	Naturalizada

Família	Espécie	Status
Malvaceae	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Exótica
Malvaceae	<i>Gossypium herbaceum</i>	Naturalizada
Malvaceae	<i>Gossypium hirsutum</i>	Naturalizada
Malvaceae	<i>Gossypium barbadense</i>	Naturalizada
Malvaceae	<i>Pachira glabra</i>	Exótica
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i>	Invasora
Meliaceae	<i>Melia azedarach</i>	Naturalizada
Moraceae	<i>Ficus microcarpa</i>	Exótica
Moraceae	<i>Ficus benjamina</i>	Exótica
Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i>	Naturalizada
Moraceae	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Naturalizada
Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i>	Exótica
Myrtaceae	<i>Eucalyptus robusta</i>	Exótica
Myrtaceae	<i>Plinia cauliflora</i>	Exótica
Myrtaceae	<i>Corymbia citriodora</i>	Exótica
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Naturalizada
Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i>	Exótica
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i>	Naturalizada
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia diffusa</i>	Invasora
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glabra</i>	Exótica
Nyctaginaceae	<i>Mirabilis jalapa</i>	Naturalizada
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea caerulea</i>	Naturalizada
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea capensis</i>	Naturalizada
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea lotus</i>	Naturalizada
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea mexicana</i>	Exótica
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea rubra</i>	Exótica
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea odorata</i>	Naturalizada
Oleaceae	<i>Jasminum fluminense</i>	Naturalizada
Orchidaceae	<i>Oeceoclades maculata</i>	Naturalizada
Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i>	Naturalizada
Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i>	Exótica
Papaveraceae	<i>Argemone mexicana</i>	Invasora
Phytolaccaceae	<i>Rivina humilis</i>	Naturalizada
Phytolaccaceae	<i>Petiveria alliacea</i>	Naturalizada
Piperaceae	<i>Piper nigrum</i>	Exótica
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Eragrostis japonica</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Eragrostis ciliaris</i>	Invasora
Poaceae	<i>Eragrostis pilosa</i>	Invasora
Poaceae	<i>Eragrostis cilianensis</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Melinis minutiflora</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Eragrostis lehmaniana</i>	Exótica
Poaceae	<i>Eragrostis tenella</i>	Invasora
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	Invasora
Poaceae	<i>Enneapogon cenchroides</i>	Naturalizada

Família	Espécie	Status
Poaceae	<i>Tragus berteronianus</i>	Invasora
Poaceae	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Invasora
Poaceae	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Hyparrhenia rufa</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Melinis repens</i>	Invasora
Poaceae	<i>Chloris gayana</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Tragus racemosus</i>	Exótica
Poaceae	<i>Eleusine indica</i>	Invasora
Poaceae	<i>Saccharum officinarum</i>	Exótica
Poaceae	<i>Digitaria violascens</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Cenchrus polystachios</i>	Invasora
Poaceae	<i>Digitaria insularis</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Digitaria nuda</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Echinochloa crus-pavonis</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Cenchrus setiger</i>	Exótica
Poaceae	<i>Digitaria sanguinalis</i>	Exótica
Poaceae	<i>Digitaria ciliaris</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Cenchrus pedicellatus</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Aristida adscensionis</i>	Invasora
Poaceae	<i>Bothriochloa ischaemum</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Digitaria horizontalis</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Digitaria bicornis</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Cenchrus purpureus</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Cymbopogon densiflorus</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Paspalidium geminatum</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Panicum repens</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Bothriochloa inculpta</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Setaria verticillata</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Urochloa brizantha</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Panicum antidotale</i>	Exótica
Poaceae	<i>Urochloa mutica</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Megathyrsus maximus</i>	Invasora
Poaceae	<i>Schizachyrium maclaudii</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Invasora
Poaceae	<i>Bothriochloa pertusa</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Panicum virgatum</i>	Exótica
Poaceae	<i>Panicum brevifolium</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Urochloa mosambicensis</i>	Invasora
Poaceae	<i>Urochloa platyphylla</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Urochloa trichopus</i>	Exótica
Poaceae	<i>Cymbopogon citratus</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Echinochloa crus-galli</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Urochloa adspersa</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Urochloa arrecta</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Urochloa humidicola</i>	Naturalizada

Família	Espécie	Status
Poaceae	<i>Urochloa mollis</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Urochloa paucispicata</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Urochloa plantaginea</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Urochloa ruziziensis</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Urochloa vittata</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Echinochloa polystachya</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Urochloa distachya</i>	Exótica
Poaceae	<i>Echinochloa colona</i>	Invasora
Poaceae	<i>Andropogon gayanus</i>	Invasora
Poaceae	<i>Urochloa fusca</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Urochloa decumbens</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Sorghum halepense</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Panicum miliaceum</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Sorghum bicolor</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Cenchrus echinatus</i>	Invasora
Poaceae	<i>Bambusa vulgaris</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Oryza sativa</i>	Exótica
Poaceae	<i>Coix lacryma-jobi</i>	Naturalizada
Poaceae	<i>Zea mays</i>	Exótica
Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i>	Naturalizada
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	Naturalizada
Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica</i>	Naturalizada
Rubiaceae	<i>Oldenlandia corymbosa</i>	Naturalizada
Rubiaceae	<i>Morinda citrifolia</i>	Exótica
Rubiaceae	<i>Ixora chinensis</i>	Exótica
Rubiaceae	<i>Ixora coccinea</i>	Exótica
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i>	Exótica
Rutaceae	<i>Citrus nobilis</i>	Exótica
Sapindaceae	<i>Talisia esculenta</i>	Exótica
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Exótica
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i>	Invasora
Solanaceae	<i>Nicotiana tabacum</i>	Naturalizada
Solanaceae	<i>Physalis angulata</i>	Invasora
Solanaceae	<i>Physalis pruinosa</i>	Naturalizada
Solanaceae	<i>Nicandra physalodes</i>	Invasora
Solanaceae	<i>Brugmansia suaveolens</i>	Naturalizada
Solanaceae	<i>Datura stramonium</i>	Naturalizada
Solanaceae	<i>Datura metel</i>	Naturalizada
Solanaceae	<i>Datura innoxia</i>	Naturalizada
Solanaceae	<i>Datura ferox</i>	Naturalizada
Sphenocleaceae	<i>Sphenoclea zeylanica</i>	Naturalizada
Urticaceae	<i>Pilea microphylla</i>	Naturalizada
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	Invasora
Zingiberaceae	<i>Hedychium coronarium</i>	Naturalizada
Zingiberaceae	<i>Alpinia zerumbet</i>	Exótica

Família	Espécie	Status
Zygophyllaceae	<i>Tribulus terrestris</i>	Naturalizada