



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS

Bianca Pinto de Moraes

**Subsídios para a restauração ecológica das florestas de restinga da
região Sul do Brasil**

Orientadora: Ana Catarina Conte Jakovac

Florianópolis

2024

Bianca Pinto de Morais

**Subsídios para a restauração ecológica das florestas de restinga da
região Sul do Brasil**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Ciências.

Orientador(a): Prof.(a) Dr.(a) Ana Catarina Conte Jakovac

Florianópolis

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC

Pinto de Moraes, Bianca

Subsídios para a restauração ecológica das florestas de restinga da região Sul do Brasil / Bianca Pinto de Moraes; orientadora, Ana Catarina Conte Jakovac, 2024.

109 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Recursos Genéticos Vegetais. 2. Sementes nativas. 3. Seleção de espécies. 4. Germinação. 5. Restauração ecológica. I. Catarina Conte Jakovac, Ana. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. III. Título.

Bianca Pinto de Moraes

**Subsídios para a restauração ecológica das florestas de restinga da
região Sul do Brasil**

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 02 de julho de 2024, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Dr.(a) Débora Cristina Rother
Instituição CCN/UFSCar

Prof. Dr. Ilyas Siddique
Instituição CCA/UFSC

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestra em Ciências.

Insira neste espaço a
assinatura digital

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof.(a) Dr.(a) Ana Catarina Conte Jakovac
Orientadora

Florianópolis

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai Olavo Rodrigues de Moraes por me ensinar que a educação e o conhecimento é a única coisa que ninguém pode tirar de você. A minha mãe Lurdes por me ensinar a ter coragem e valentia frente à vida. À minha irmã Bruna, por me mostrar o caminho e me incentivar a seguir firme no objetivo. Agradeço à minha família por estar sempre presente apesar da distância e à dona Elzira pelo apoio na reta final da escrita, pelo acolhimento e palavras de conforto.

À Catarina, por aceitar me orientar neste trabalho, pelas reuniões que possibilitaram meu desenvolvimento quanto pesquisadora, por estar sempre presente, pelo acolhimento e palavras de motivação. Por acreditar neste trabalho e tornar possível e me incentivar a continuar acreditando cada dia mais na restauração ecológica. Agradeço por ser atenciosa e amorosa, pelo tempo de dedicação às revisões e pela compreensão e carinho no meu processo de escrita.

À professora Neusa Steiner por abrir as portas do Laboratório de Fisiologia Vegetal e possibilitar o espaço para os experimentos de germinação. Pelas revisões, palavras de incentivo, olhar acolhedor e cuidadoso.

Aos professores do Programa de pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, por apresentarem possibilidades para a conservação e preservação ambiental, e todas as formas de incentivo no caminho da pesquisa.

Agradeço, aos colegas do Laboratório de Ecologia e Manejo de Ecossistemas Florestais, à Fernanda Ribeiro e André Giles, por estarem sempre disponíveis para conversas sobre o projeto e contribuírem nas revisões e saídas de campo e incentivo na escrita e aos demais, por me ensinarem a enxergar campos mais amplos.

À FAPESC e ao Instituto Serrapilheira pelo incentivo e recursos dispendidos para que essa pesquisa fosse realizada na restinga de Santa Catarina nestes dois anos. À UFSC, por possibilitar ampliar os conhecimentos e apontar visões de mundo diferentes conectando ciência e sociedade.

RESUMO

A fitofisionomia de restinga arbórea tem sido altamente alterada pela ação humana pois se localiza nas planícies litorâneas onde há elevada pressão pela urbanização e especulação imobiliária vinculada ao turismo. Como resultado, os ecossistemas de restinga vêm sendo constantemente eliminados, fragmentados e degradados. Dentro deste ecossistema, a fitofisionomia da restinga arbórea tem sido especialmente ameaçada pois se localiza fora das dunas e nas áreas mais ocupadas pela urbanização. O ecossistema de restinga possui importante papel na provisão de serviços ecossistêmicos como a proteção do sistema litorâneo de dunas, banhados e lagoas, retenção de nutrientes e mitigação contra erosão do solo e na conservação de espécies da fauna, sendo importante berçário de aves migratórias e da flora, com muitas espécies endêmicas. Portanto, a restauração ecológica das matas de restinga é fundamental para diminuir a vulnerabilidade dos sistemas litorâneos e garantir a conservação da biodiversidade. No entanto, ainda há pouco conhecimento sobre como restaurar esse ambiente, o qual tem condições ambientais restritivas como grande variação de disponibilidade de água no solo ao longo do ano e exposição intensa ao vento e à salinidade. As principais lacunas de conhecimento que precisam ser preenchidas para avançar na ciência e prática da restauração das matas de restinga são relacionadas às características ecológicas e formas de propagação das espécies. Este trabalho tem dois objetivos principais: indicar espécies potenciais para a restauração ecológica da restinga arbórea e identificar formas de propagação de uma espécie nativa deste ambiente (*Byrsonima ligustrifolia* A. Juss.; Malpighiaceae), fornecendo subsídios para o avanço do conhecimento e prática de restauração ecológica.

Palavras-chave: espécies prioritárias, *Byrsonima ligustrifolia*, restinga, floresta de restinga, propagação, germinação.

ABSTRACT

The phytophysiognomy of the tree restinga has been highly altered by human action as it is located in the coastal plains where there is high pressure for urbanization and real estate speculation linked to tourism. As a result, restinga ecosystems have been constantly eliminated, fragmented and degraded. Within this ecosystem, the phytophysiognomy of the tree restinga has been especially threatened as it is located outside the dunes and in areas most occupied by urbanization. The restinga ecosystem plays an important role in providing ecosystem services such as the protection of the coastal system of dunes, wetlands and lagoons and in the conservation of fauna species, being an important nursery for migratory birds and flora, with many endemic species. Therefore, the ecological restoration of restinga forests is essential to reduce the vulnerability of coastal systems and guarantee the conservation of biodiversity. However, there is still little knowledge about how to restore this environment, which has restrictive environmental conditions such as large variations in water availability in the soil throughout the year and intense exposure to wind and salinity. The main knowledge gaps that need to be filled to advance the science and practice of restinga forest restoration are related to the ecological and propagation characteristics of the species. This work has two main objectives: to indicate potential species for the ecological restoration of the arboreal restinga and to identify ways of propagating a species native to this environment (*Byrsonima ligustrifolia* A. Juss.; Malpighiaceae), providing subsidies for the advancement of knowledge and restoration practice ecological.

Keywords: priority native, *Byrsonima ligustrifolia*, restinga, restinga forest, propagation, germination.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Porcentagem de espécies com informação para cada um dos 20 atributos investigados. À frente das barras é dado o número de espécies para as quais foi encontrada informação sobre o respectivo atributo. Foram investigadas 52 espécies listadas pela resolução CONAMA 261/1999 como típicas de diferentes estágios sucessionais da restinga arbórea.....	50
Figura 2. Imagem de satélite (Google Maps) com os limites dos fragmentos florestais, enumerados de 1 a 6, indicando os locais dos pontos de amostragem. Fonte: Laboratório de Ecologia e Manejo de Ecossistemas Florestais (LEMEF/UFSC).	79
Figura 3. Teste do tetrazólio para determinação da viabilidade das sementes utilizadas no experimento 2. a) Sementes embebidas em trifetil tetrazólio no teste tetrazólio b) Sementes viáveis (vermelho) e não viáveis (sem coloração).	82
Figura 4. Distribuição dos pirênios em seis tratamentos em Placas de Petri alocadas na B.O.D do experimento 1.....	84
Figura 5. Imersão dos pirênios em ácido giberélico com diferentes concentrações e tempos de imersão no experimento 2.	86
Figura 6. Fenologia reprodutiva de <i>Byrsonima ligustrifolia</i> durante o ano de 2023 em quatro fragmentos de floresta de restinga na Fazenda Experimental da Ressacada da UFSC, Florianópolis - SC. Em cada mês foram monitoradas 8 árvores, com exceção dos meses de Setembro e Outubro em que não houve monitoramento.	87
Figura 7. Em A observamos uma flor, em B um aglomerado de indivíduos com flores, em C maturação assincrônica e em D escala de frutos verdes a maduros.	89
Figura 8. Pirênio e sementes de <i>Byrsonima ligustrifolia</i> . Em A e B observamos o pirênio inteiro (escala 1 a 2 mm). Em C e D os pirênios foram cortados ao meio demonstrando que cada pirênio pode ter de uma a três sementes por lóculo (escala 1 mm). Na figura E vemos uma semente inteira com tegumento externo de cor marrom claro (escala 0,5 mm). Na figura F a semente foi cortada ao meio para observação do embrião, que se encontra em espiral (escala 0,5 mm). ...	90
Figura 9. Distribuição dos pesos dos pirênios de <i>Byrsonima ligustrifolia</i> . Número amostral de 256 pirênios.	91
Figura 10. Em A observamos pirênios em processo de germinação no tratamento T4 do experimento 1. Na figura B podemos ver uma semente germinando emitindo os cotilédones.....	92
Figura 11. Resultado do teste de germinação do experimento 1. São apresentados o número total de pirênios germinados em cada repetição de cada tratamento, ao longo do tempo monitorado (de 04 de maio a 01 de julho de 2023). Apenas o tratamento T4 (imersão em ácido giberélico 200mg por 4h) resultou em germinação em quatro das cinco repetições.	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista dos cinco atributos selecionados para fazer o ranqueamento das espécies prioritárias para restauração, com as respectivas categorias, pesos e pontuação atribuída para o uso da espécie nos grupos de preenchimento e diversidade.	48
Tabela 2: Lista das espécies analisadas em ordem decrescente da porcentagem de atributos com informação disponível na literatura consultada.	50
Tabela 3: Lista de espécies indicadas para restauração ativa de restinga arbórea de Santa Catarina em grupo de preenchimento e diversidade. A lista está ordenada de forma decrescente de valor da pontuação para cada grupo.	52
Tabela 4. Fenologia reprodutiva do murici-vermelho na Fazenda da Ressacada mostrou floração nos meses de Janeiro e Fevereiro, frutos verdes de Janeiro a Maio e frutos maduros de Março a Maio.	88
Tabela 5. Teor de água dos pirênios utilizados em cada experimento. Os valores de massa fresca e seca são dados em gramas e correspondem à massa de um pirênio. O teor de água é dado em porcentagem e calculado como a diferença percentual de massa fresca e seca. São apresentados também a média e desvio padrão das cinco amostras (R1 a R5).....	91
Tabela 6. Resultado do teste de germinação do tratamento 4 do experimento 1, mostrando os valores absolutos e percentuais de pirênios e sementes germinadas ao final do experimento. A taxa de germinação das sementes foi estimada considerando que cada pirênio pode ter de duas a três sementes, portanto é apresentado.	93

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO.....	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
Sumário.....	10
INTRODUÇÃO GERAL	12
Referencial teórico	15
A fitofisionomia da restinga arbórea	15
Restauração ecológica de ecossistemas florestais	17
A propagação de espécies	19
<i>Byrsonima ligustrifolia</i> (Malpighiaceae): uma espécie de potencial interesse para a restauração da restinga.....	22
Justificativa	24
REFERÊNCIAS.....	25
CAPÍTULO 1	38
ESPÉCIES ARBÓREAS POTENCIAIS PARA A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DA FLORESTA DE RESTINGA EM SANTA CATARINA.....	38
RESUMO	38
ABSTRACT.....	39
1. INTRODUÇÃO	40
2. OBJETIVOS	43
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	44
3.1 Coleta de dados.....	44
3.2 Protocolo de pontuação das espécies	45
3.3 Descrição dos atributos selecionados	46
4. RESULTADOS.....	49
4.1 Levantamento da literatura	49
4.2 Ranqueamento das espécies para os grupos de preenchimento e diversidade	52
5. DISCUSSÃO	54
5.1 O conhecimento disponível na literatura sobre as espécies da restinga arbórea	54
5.2 Espécies prioritárias para restauração da restinga arbórea.....	55
6. Conclusões	58

7. Recomendações	59
8. REFERÊNCIAS.....	60
CAPÍTULO 2	69
Propagação De <i>Byrsonima ligustrifolia</i> A. Juss, uma espécie da floresta de restinga da Mata Atlântica	69
RESUMO.....	69
ABSTRACT	70
1. INTRODUÇÃO	71
1.1 Germinação de sementes florestais	73
2. OBJETIVOS	76
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	77
3.1 Caracterização de <i>Byrsonima ligustrifolia</i>	77
3.2 Fenologia reprodutiva	78
3.3 Obtenção dos pirênios	79
3.4 Morfometria dos pirênios e teor de água	80
3.5 Determinação de viabilidade da semente	81
3.6 Teste de germinação	82
3.7 Experimento 1 – Frutos coletados na FER/UFSC	83
3.8 Experimento 2 – Frutos coletados na Fazenda Frutas Raras/SP	85
3.9 Análise de dados	86
4. RESULTADOS.....	87
4.1 Fenologia reprodutiva de <i>B. ligustrifolia</i>	87
4.2 Descrição morfológica dos pirênios de <i>Byrsonima ligustrifolia</i>	89
4.3 Teor de água dos pirênios	91
4.4 Testes de germinação	92
5. DISCUSSÃO	95
6. REFERÊNCIAS.....	101
anexo 1 e Anexo 2	109

INTRODUÇÃO GERAL

A Mata Atlântica é considerada um *hotspot* de biodiversidade (MYERS et al., 2000). O bioma se estende ao longo do litoral brasileiro e é uma área prioritária para a conservação da biodiversidade por possuir alta diversidade de espécies, altos níveis de endemismo e estar altamente ameaçada devido à urbanização e transformação do uso da terra (MARTINI et al., 2007; VIBRANS, 2021). O bioma contém um mosaico de fitofisionomias florestais e ecossistemas associados, como os manguezais, brejos interioranos, enclaves florestais do Nordeste, campos de altitude e vegetações de restinga (MMA, 2022). As vegetações de restinga ocorrem ao longo de toda a planície litorânea e por esse motivo são extremamente impactadas pela crescente urbanização e especulação imobiliária relacionada ao turismo (MARTINI et al., 2007).

As vegetações de restinga estão localizadas em terrenos de idade quaternária, com predomínio de combinação entre solos arenosos, de origem marinha, lagunar, fluvial e eólica (MMA, 2022). As restingas formam um complexo pioneiro e edáfico, com presença de dunas, cordões arenosos, praias, planícies, depressões e terraços, sobre os quais se desenvolvem mosaicos de formações herbáceas, arbustivas e arbóreas e exibem composição fisionômica e florística distintas (CONAMA, 2009). Ao se distanciar da linha costeira e da influência marinha, aumenta a predominância de árvores e se encontram as fitofisionomias de restinga arbórea, também chamada floresta de restinga ou mata de restinga. Estas espécies possuem adaptações para sobreviver às condições ambientais adversas de dessecação, variabilidade da disponibilidade de água no solo e salinidade (MELO JÚNIOR, GONÇALVES e JARDIM, 2019; SANTOS, FREITAS e MEDEIROS, 2023).

Apesar das florestas de restinga terem papel fundamental na proteção das águas e do solo (FALKENBERG, 1999), esta fitofisionomia vem perdendo habitat para a urbanização de forma constante (ROCHA, 1994; SILVA, PRANDINI e CORREA, 2024). Em restingas degradadas, a erosão do solo causa inundações, aumenta a carga de sedimentos impactando a balneabilidade e pode gerar

afloramentos de algas tóxicas que interferem na biodiversidade bêntica, na saúde pública e turismo. As vegetações de restinga contribuem para a retenção de nutrientes no solo e, portanto, diminui a eutrofização provocada pela alta densidade demográfica, pela agropecuária e pelo uso intenso do solo.

Com isso a conservação e restauração da restinga arbórea nas posições topográficas críticas, os danos à sociedade e ecossistemas continuará sendo cada vez mais grave.

Diante desse cenário, a restauração deste ecossistema é de extrema importância para a conservação da biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos (NASCIMENTO et al, 2022).

A ciência e prática da restauração ecológica da Mata Atlântica tem evoluído constantemente nos últimos 30 anos (PAROTTA, 1993; MONTAGNINI, FANZERES e VINHA, 1994; LAMB, 1998; RODRIGUES, BRANCALION e ISERNHAGEN, 2009; ROSA et al., 2021; PINTO e VOIVODIC, 2021; ROMANELLI et al., 2022; ROTHER, ROMANELLI e RODRIGUES, 2023), mas a restauração do ecossistema de restinga ainda é um desafio, principalmente pela falta de conhecimento sobre a ecologia das espécies e sobre seu desenvolvimento em plantios de restauração (ZANELATTO e FONTOURA, 2016; MANGUEIRA, COSTA e LINS, 2017; SILVA et al., 2018; BORTOLUZZI, BARBIERI e COELHO, 2019). Lacunas importantes no conhecimento sobre a ecologia das espécies de restinga arbórea incluem (FERNANDES et al., 2016; ROCHA et al., 2017; SARTORI et al., 2018; HATJE, 2020; LOURENÇO et al., 2021), a dispersão de sementes, taxa de crescimento, tamanho de copa, tolerância a sombra, dormência de sementes e interações planta-polinizadores (BRANCALION, GANDOLFI e RODRIGUES, 2015; ESCOBAR, SILVEIRA e MORELLATO, 2018; CARLUCCI et al., 2020). Além disso, a propagação por sementes ou estaquia da maioria das espécies florestais deste ambiente ainda é desconhecida (SIMÕES e MARQUES, 2007; VIEIRA et al, 2018; FIDELIS et al., 2018; BOVI et al., 2018; BOVI et al., 2019; MEIRA-NETO et al., 2019; SOUZA et al., 2019; ASSUNÇÃO et al., 2020; SILVA, et al., 2021; SADER et al., 2021; SILVA et al., 2023; MATIAS et al., 2024).

Para que a restauração tenha sucesso é preciso utilizar espécies que tenham maiores chances de sobrevivência em ambientes alterados e que possam rapidamente transformar o ambiente e dar condições para que novas espécies regenerem naturalmente. Portanto, conhecer as características das espécies nativas da restinga arbórea é essencial para se identificar aquelas que tem maior potencial de sobreviver e crescer em ambientes degradados (PILON e DURIGAN, 2013; BORGES, 2022). Adicionalmente, para se introduzir as espécies na forma de sementes ou mudas, é necessário conhecimento sobre a sua propagação (DANLEY, FREITAS e GALETTO, 2009; REPOSI et al., 2023; EWERTON-SILVA et al., 2023). Assim, a identificação de fatores que impedem a germinação das sementes como o tipo de dormência, a qualidade das matrizes de coleta e o tempo de armazenamento das sementes devem ser estudados, pois interferem diretamente no sucesso da propagação das espécies (LOUREIRO et al., 2021; DANLEY, FREITAS e GALETTO, 2009; MATIAS et al., 2024).

Assim, esse estudo tem o objetivo geral de identificar espécies potenciais para uso na restauração ecológica do ecossistema de restinga arbórea. Para isso, esta dissertação foi separada em dois capítulos com os seguintes objetivos específicos:

- 1) Recomendar espécies arbóreas com potencial para uso na restauração ecológica da floresta de restinga da região de Santa Catarina.
- 2) Avaliar o sucesso de propagação da espécie *Byrsonima ligustrifolia* (Malpighiaceae) por germinação de sementes.

REFERENCIAL TEÓRICO

A fitofisionomia da restinga arbórea

Localizado dentro do Bioma Mata Atlântica, o ecossistema associado de restinga se estende ao longo de 5.000 km do litoral brasileiro (HOLZER, CRICHYNO e PIRES, 2004; MELO JÚNIOR e BOEGER, 2015). O ecossistema de restinga é responsável pelo equilíbrio das zonas costeiras, pois é constituído por um mosaico de formações vegetais que exercem papel de estabilização do solo e manutenção da drenagem natural, além de servir de habitat natural da fauna fornecendo abrigo para espécies migratórias (CONAMA, 2009; GUARNIER et al., 2022; GUIMARÃES, NUNES-FREITAS e BAUMGRATZ, 2024). A restinga é composta por um mosaico de fitofisionomias que conforme se distancia da costa vai deixando de ser predominantemente herbácea para se tornar predominantemente arbórea.

A restinga arbórea, também chamada de floresta de restinga ou mata de restinga, se localiza na transição entre a restinga arbustiva e a floresta ombrófila densa de baixada, em regiões mais protegidas dos ventos e da salinidade do mar, mas ainda em solos arenosos bem drenados ou paludosos. Os solos tem alto teor de matéria orgânica devido à decomposição da serrapilheira acumulada que fornece uma maior impregnação de ácidos húmicos, proporcionando condições mais favoráveis para o desenvolvimento de plantas lenhosas do que as demais fitofisionomias da restinga (SEVEGNANI, VIBRANS e GASPER, 2013; MELO JÚNIOR et al., 2019). As características edáficas e climáticas desta formação podem sofrer constante variação entre momentos de déficit hídrico e de alagamento por estar em regiões susceptíveis à variação do lençol freático que limita a colonização e desenvolvimento de várias espécies típicas dos ecossistemas adjacentes como a floresta ombrófila densa (ALMEIDA JR. et al., 2011; SANTOS et al., 2023). Essa formação é influenciada por fatores edáficos como a matéria orgânica e a capacidade de trocas biogeoquímicas do solo, que determinam o padrão estrutural das comunidades vegetais e a distribuição das espécies (GOMES et al., 2022).

Esta formação é caracterizada por um dossel fechado de 5 a 15 metros e com árvores emergentes que podem chegar a 20 metros de altura (CONAMA,

2009). O estágio inicial é predominantemente arbustivo e herbáceo com altura de até três metros e camada muito fina de serrapilheira. Já o estágio avançado de regeneração se caracteriza por estratificação vertical bem definida, com predominância de árvores de 6 a 15 metros e serrapilheira acumulada (CORREIA, ALMEIDA JR. e ZANIN, 2020; GOMES et al., 2022).

De acordo com a Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção e do Livro Vermelho da Flora do Brasil, estão listadas 2118 espécies ameaçadas de extinção, categorizadas em Extintas na Natureza (EW), Criticamente em Perigo (CR), Em Perigo (EN) e Vulnerável (VU) (IUCN, 2011; MARTINELLI e MORAES, 2013; BRASIL, 2014). O número total de espécies de restinga no Brasil é de difícil precisão, apesar de existirem estudos isolados em diferentes regiões do litoral brasileiro e do estado de Santa Catarina (RIBEIRINHA et al., 2021; VIBRANS et al., 2021). Em Santa Catarina, por exemplo, com estudos sobre composição florística, estágios sucessionais e mapeamento de áreas originais, vem evoluindo ao longo do tempo (REITZ, 1961; FALKENBERG, 1999; KLEIN, CITADINI-ZANETTE e SANTOS, 2007; OPOLSKI-NETO e MELO JÚNIOR, 2022; TIETZ, APEL e MOUGA, 2023).

Com isso, em relação a diversidade de espécies de restinga do Sul do Brasil, a riqueza florística da Lagoa do Arroio Corrente resultou em 17 famílias e 32 espécies dividida em estrato arbustivo-arbóreo, com *Guapira opposita* apresentando maior valor de importância relacionado a sua frequência, densidade e dominância (SANTOS et al., 2017).

Além da importância ecológica, a restinga arbórea abriga também uma diversidade de espécies com potencial de uso humano. Alguns exemplos são: *Calophyllum brasiliense*, o Guanandi (uso madeireiro), *Ilex theezans*, orelha-de-mico (uso ornamental e madeireiro), *Eugenia uniflora*, a pitanga (uso alimentício), *Byrsonima ligustrifolia*, o murici-vermelho (atrativa de fauna, frutífera), *Schinus terebinthifolius*, a aroeira-vermelha (atrativa de abelhas, melífera), entre outras (SEVEGNANI, VIBRANS e GASPER, 2013). Portanto, é necessário ampliar o conhecimento sobre diversidade e biologia de espécies nativas da restinga para propagação e conservação das florestas, a fim de promover sua conservação e restauração (RAMOS, NUVOLONI e LOPES, 2022).

As florestas de restinga são, portanto, um ambiente único de grande importância biológica pelo seu potencial estabilizador dos ecossistemas litorâneos e pela diversidade de espécies de plantas e animais, muitos deles endêmicos, que a compõe (SCHERER, MARASCHIN-SILVA e BAPTISTA, 2007; SILVA, PRANDINI e CORREA, 2024).

De acordo com o Atlas dos Remanescentes da Mata Atlântica e Projeto MapBiomas, dos 24% de cobertura florestal original da Mata Atlântica brasileira (fragmentos jovens e maduros acima de meio hectare independente do status de conservação), restam apenas 12,4% de cobertura florestal original (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2017; SOUZA et al., 2020).

O estudo de Nicoletti et al. (2024) realizou mapeamento de áreas potenciais e originais da restinga de Santa Catarina, indicando uma área total potencial de 1.733,8 km² propícios para a ocorrência de restinga, e um total de remanescente florestal potencial de 796,31 km² (45,7%), incluindo a restinga arbórea, arbustiva e herbácea (NICOLETTI et al., 2024).

Restauração ecológica de ecossistemas florestais

A restauração ecológica possui o objetivo de auxiliar na recuperação de ecossistemas nativos que foram degradados, danificados ou destruídos (GANN et al., 2019). A fim de restaurar a integridade ecológica, a restauração deve promover adaptações às mudanças climáticas locais e globais contribuindo para a continuidade das espécies da fauna e flora nativas (GANN et al., 2019). A restauração ecológica de ecossistemas se faz especialmente necessária, no atual cenário de degradação e desastres ambientais, decorrentes das mudanças de uso do solo e mudanças climáticas (NUNEZ-MIR et al., 2015; BUSTAMANTE et al., 2019; SIMONSON et al., 2021). Diante deste cenário, foi estabelecido a Década das Nações Unidas da Restauração de Ecossistemas 2021-2030, fundamentada a partir de recomendações e princípios-chave, ideais para o sucesso da restauração a longo prazo, em todos os ecossistemas terrestres e aquáticos (RODRIGUES, BRANCALION e ISERNHAGEN, 2009; NELSON et al., 2024).

A restauração de ecossistemas pode ser realizada a partir do método passivo ou ativo, dependendo do estado de conservação do local a ser

restaurado (ZANINI et al., 2021). O método de restauração passiva consiste na regeneração natural do ecossistema sem plantios, através de um processo espontâneo de estruturação da floresta e da biodiversidade (CHAZDON, 2017; VILLA et al., 2019; TONETTI et al., 2022). Neste método, o processo de recuperação ocorre naturalmente por meio da sucessão ecológica, onde retiram-se os fatores que causam o impacto permitindo que a regeneração natural da floresta aconteça espontaneamente (JAKOVAC et al., 2023).

Quando o sistema degradado não consegue regenerar sozinho, o método de restauração ativa é necessário, o qual consiste em introduzir ativamente espécies e manejar o sistema. Essa condução ativa ocorre por meio do aumento da riqueza e densidade de espécies através do plantio de mudas, sementes, estacas, transposição de topsoil, entre outros (JAKOVAC, 2007; RODRIGUES, BRANCALION e ISERNHAGEN, 2009; BURILLI, REIS e IVANAUSKAS, 2022). Esse método de restauração ativa resulta em maior custo de implantação, pois demanda recursos para a coleta de sementes, produção de mudas, plantio e monitoramento da área, comparado com a restauração passiva. Entretanto, os dois métodos se complementam e podem ser utilizados no mesmo projeto de restauração (TOLEDO-ACEVES, TRUJILLO-MIRANDA e LÓPEZ-BARRERA, 2021; EATON et al., 2024).

A restauração de restinga arbórea visa reverter os impactos causados pelas ações antrópicas e devido também aos cenários complexos de mudanças climáticas, a diversidade de plantas lenhosas de áreas costeiras está ameaçada (COPERTINO, 2011; INAGUE, ZWIENER e MARQUES, 2021). A produção de mudas, a germinação de sementes, a sobrevivência de plântulas e o crescimento são alguns aspectos que ainda precisam ser mais estudados na prática da restauração da restinga arbórea, pois apesar de alguns estudos apontarem para essas questões, ainda é necessário mais estudo para as espécies raras e ameaçadas de extinção (ZAMITH e SCARANO, 2006; PIRES et al., 2012; FREITAS et al., 2016; LOUREIRO et al., 2021; AGAPITO et al., 2023).

O conhecimento sobre as características ecológicas das espécies é um fator crucial para a seleção adequada das espécies para a restauração ecológica (SILVA, 2019; MANHÃES et al., 2024). As espécies usadas na restauração ecológica devem ser escolhidas de acordo com o objetivo e o método da

restauração. Alguns critérios são especialmente importantes na seleção das espécies para plantios de restauração em áreas degradadas, como adaptação às condições locais, rápido desenvolvimento, boa cobertura de copa, tolerância ao sol, capacidade de fixação de nitrogênio, fornecimento de cobertura e matéria orgânica para o solo, disponibilidade sazonal, dentre outras características (ROTHER et al., 2019; LADOUCEUR et al., 2022). Entretanto, um fator limitante para selecionar espécies potenciais é a disponibilidade de informações ecológicas sobre as espécies nativas (AMARAL et al., 2016; BURILLI, REIS e IVANAUSKAS, 2022). Dessa maneira, este trabalho tem o intuito de fornecer subsídios teóricos para selecionar espécies para restauração da restinga arbórea e testar a germinação de *Byrsonima ligustrifolia* A. Juss.

A propagação de espécies

A propagação de plantas pode ocorrer através de sementes ou de forma vegetativa. A reprodução a partir de sementes garante maior variabilidade genética (THOMAS et al., 2014) pois cada semente carrega diferente informação genética. A propagação vegetativa consiste na multiplicação de partes da planta mãe, através de técnicas como estaquia, mudas, enxertia, alporquia, mergulhia ou encostia, gerando indivíduos com material genético idêntico ao da planta mãe (FACHINELLO, HOFFMANN e NACHTIGAL, 2005; FRANZON, CAPERNEDO e SILVA, 2010; HARTMANN, 2014; MATIAS et al., 2024). A propagação através de sementes deve ser prioritária em plantios de restauração ecológica para garantir a restauração da diversidade genética (TOMA et al., 2024).

A coleta de sementes ou propágulos de plantas é o primeiro passo para a restauração ecológica. Assim, é importante que as sementes sejam coletadas ao longo de um gradiente de fragmentos fornecendo diversidade genética para os plantios e adaptadas localmente para maior sobrevivência no local a ser restaurado (MIJNSBRUGGE, BISCHOFF e SMITH, 2010). Sementes adequadas para restauração ecológica devem passar por um processo de avaliação do desenvolvimento no laboratório, estabelecimento em campo, produção, certificação e aquisição. Somente depois destas etapas é que darão maior confiabilidade no sucesso de projetos de restauração (PEDRINI, DIXON e CROSS, 2020; MCCORMICK et al., 2021).

Diversos fatores interferem na germinação de sementes, um deles é a dormência. A dormência é definida como a incapacidade de germinação de uma semente viável, mesmo em condições ambientais favoráveis, em determinado período de tempo (BASKIN e BASKIN, 2004). A dormência de sementes possui mecanismos reguladores que estão relacionados ao controle de água, desenvolvimento embrionário, equilíbrio entre substâncias promotoras e inibidoras de crescimento, luz, temperatura, oxigênio, gás carbônico, umidade, entre outros (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). A dormência das sementes é classificada com base na origem, localização e nos mecanismos envolvidos.

Quanto à origem, a dormência pode ser primária ou secundária. A primária é quando a semente está madura e possui tegumento permeável à água e se estabelece durante o seu desenvolvimento na planta-mãe. A dormência secundária pode se estabelecer depois da semente ser dispersa, e está relacionada às condições ambientais e operacionais da semente (CARDOSO, 2009). A dormência classificada quanto à localização, pode ser: dormência do embrião, no caso de inibição metabólica e imaturidade; ou dormência de cobertura (imposta pelos envoltórios) no caso de impermeabilidade dos tegumentos, restrição mecânica ou presença de inibidores (BEWLEY e BLACK, 1982).

Os mecanismos relacionados aos tipos de dormência do embrião (endógena) são fisiológica, morfológica e morfofisiológica e os mecanismos relacionados aos tipos de dormência de cobertura (exógena) são física, química e mecânica (BASKIN e BASKIN, 1998; CARDOSO, 2009). A dormência fisiológica é regulada por níveis metabólicos e gênicos, e ocorre em diferentes mecanismos tanto do embrião quanto das estruturas adjacentes e tecidos, como o endosperma e o tegumento. A dormência fisiológica ocorre quando mecanismos inibitórios ou ausência de promotores de germinação impedem que a germinação ocorra (CARDOSO, 2009).

Dormência morfológica ocorre com embriões diferenciados, porém subdesenvolvidos quanto ao tamanho, significa que houve um atraso na germinação, ou seja, a dormência é devido à necessidade de um período de crescimento do embrião e emergência da radícula após a dispersão da semente

madura. A germinação, sob condições ambientais apropriadas, ocorre quando a semente entra numa fase de crescimento intra-seminal (CARDOSO, 2009).

Dormência morfofisiológica ocorre quando a semente apresenta dormência morfológica e fisiológica ao mesmo tempo, o embrião além de se encontrar subdesenvolvido apresenta um componente fisiológico que requer tratamento de quebra de dormência, através de armazenamento e imersão em hormônios (BASKIN e BASKIN, 2004; CARDOSO, 2009).

A dormência exógena pode ser física ou química. A dormência física é causada por camadas de células impermeáveis à água presentes nos envoltórios das sementes e pode estar associada à resistência mecânica, à possível presença de inibidores químicos e à impermeabilidade à água. A escarificação e abertura da superfície da semente possibilita a entrada de água e contribui para a germinação (CARDOSO, 2009). A dormência química é devido à presença de inibidores de crescimento no pericarpo que podem reduzir a disponibilidade de oxigênio para o embrião e está associada à dormência física (BASKIN e BASKIN, 1998; CARDOSO, 2009). A dormência mecânica foi conceituada por Nikolaeva em 1969, é causada pela presença de um endocarpo e/ou mesocarpo de parede lenhosa que torna os frutos duros (NIKOLAEVA, 1969).

Outro fator que influencia o sucesso de germinação das sementes é a forma e época em que são coletadas (GURGEL, 2016). Idealmente a coleta de sementes deve acontecer na época em que os frutos estão maduros. Por isso é recomendada a coleta das sementes maduras a partir dos frutos recém caídos no solo, pois aumenta a eficácia da limpeza da semente e aumenta a taxa de germinação (SMITH, 2019). No entanto, em espécies com frutos apreciados pelos animais, poucos frutos vêm a cair no chão, e então a coleta diretamente da árvore pode ser uma estratégia válida desde que os frutos já estejam maduros. Após a coleta dos frutos deve ser realizada a extração cuidadosa através da despolpa no beneficiamento das sementes (GURGEL, 2016).

***Byrsonima ligustrifolia* (Malpighiaceae): uma espécie de potencial interesse para a restauração da restinga**

Dentre as espécies da restinga arbórea, *Byrsonima ligustrifolia* A. Juss., popularmente conhecida como murici-vermelho, é uma espécie que tem frutos dispersos pela fauna e potencialmente úteis para os humanos, sendo interessante para uso em plantios de restauração ecológica. No entanto, ela é pouco conhecida pela literatura científica.

B. ligustrifolia é uma árvore terrícola endêmica da Mata Atlântica brasileira (CONAMA, 2009). A espécie ocorre nas Florestas Ombrófilas, restinga arbórea, orlas litorâneas e brejos, desde a região Nordeste (Bahia), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo) até a região Sul (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina). A espécie é conhecida como Murici-vermelho, Baga-de-pomba, Murici-do-brejo, Rameira, Acerola-do-mato ou Murici-groselha. O nome murici vem de uma língua indígena que quer dizer "árvore pequena de fruto acidulado" (FRANCENER, 2022).

Esta espécie produz frutos apreciados pelos animais e pelos humanos. Sendo uma espécie heliófila, possui características interessantes para uso em plantios de restauração de restinga, pois permite maior sobrevivência em áreas degradadas e com variações edafoclimáticas constantes (FRANCENER, 2016; OLIVEIRA, SCUDELLER e BARBOSA, 2017). Os frutos desta espécie apresentam potencial biotecnológico pois contém altas concentrações de compostos bioativos e produção de extratos e aromas usados na indústria alimentícia (GERKE, 2020), além de ter ação antioxidante (SAMPAIO, HAMERSKI e RIBANI, 2015).

Propagação no gênero *Byrsonima*

Os poucos estudos realizados com esta espécie abordam principalmente o potencial antioxidante (SAMPAIO, HAMERSKI e RIBANI, 2015), a caracterização morfológica da semente (COFFANI-NUNES, AZZOLINI e MORGANTE, 2012) e o potencial biotecnológico para obtenção de extratos e aromas (GERKE, 2020). Portanto, para que essa espécie possa ser utilizada em

iniciativas de restauração da restinga, é essencial desvendar as formas propagação, quebra de dormência e aumento da taxa de germinação.

No entanto, as formas de propagação de mudas e sementes dessa espécie ainda são desconhecidas. Outras espécies do gênero *Byrsonima* tem sido estudadas e apresentam taxas variáveis de germinação e sobrevivência pós-germinação. Estudos mostram que dentro do gênero *Byrsonima* as sementes podem ter dormência física, morfológica ou fisiológica, dependendo da espécie (SOUZA et al, 2020; MURAKAMI, BIZÃO e VIEIRA, 2011; ALBERTO et al, 2011; CARVALHO e NASCIMENTO, 2008; ALEXANDRE et al, 2015; POZOS, CRUZ e CORDOVA, 2013; BARBOSA, MENDONÇA e SMIDERLE, 2020). A taxa de germinação de *B. crassifolia*, por exemplo, é baixa e desuniforme, devido a dois mecanismos que regulam a dormência: um físico, pois o endocarpo córneo e espesso é uma barreira mecânica para o crescimento do embrião (embora seja permeável à água) e outro mecanismo fisiológico, pois reguladores são necessários para promover a germinação (CARVALHO e NASCIMENTO, 2008). Já estudos com outra espécie, *B. sericea*, mostraram que não há necessidade de quebra de dormência e a taxa de germinação varia de 60% a 80% com tempo de emergência de 30 a 45 dias. Em *B. cydoniifolia*, a dormência parece ser fisiológica, pois a técnica que apresentou melhor resultado foi a embebição em ácido giberélico na concentração de 1 g/L por 24 horas (MURAKAMI; BIZÃO; VIEIRA, 2011). Portanto, existe grande variabilidade de estratégias de germinação dentro do gênero.

De modo geral, esse gênero parece apresentar dormência física associada à impermeabilidade tegumentar, além de baixa taxa de germinação e crescimento lento das plântulas devido ao embrião estar envolvido em um endocarpo esclerificado formando uma barreira mecânica (VASCONCELOS FILHO, 2008; MORAIS JÚNIOR et al., 2015; SOUZA et al., 2020). As sementes das espécies deste gênero estão envolvidas por um tegumento delgado de cor creme e a radícula apresenta-se muito exposta e é muito frágil, o que diminui as taxas de sobrevivência pós-germinação (CARVALHO, NASCIMENTO e MULLER, 2006). Assim, estudos para aumentar a eficiência da germinação são essenciais para a conservação e restauração das espécies do gênero.

Justificativa

Dentre as fitofisionomias da Mata Atlântica, a restinga está entre os ambientes mais vulneráveis e ameaçados pela urbanização e especulação imobiliária (NASCIMENTO, 2022). Nesse sentido, há uma elevada demanda para a conservação, recuperação e restauração ecológica desse ecossistema (BORTOLUZZI, BARBIERI e COELHO, 2019). No entanto, lacunas de conhecimento sobre a ecologia e desenvolvimento das espécies, assim como métodos para selecionar espécies em projetos de restauração ecológica no ecossistema de restinga arbórea ainda são incipientes na área (FERNANDES et al., 2016). Diante dessa problemática, este estudo visa trazer informações pertinentes sobre como selecionar espécies adequadas para restaurar o ecossistema de restinga arbórea em diferentes grupos de plantio: preenchimento e diversidade. Adicionalmente, abordamos o conhecimento sobre propagação de uma espécie nativa deste ecossistema, primordial no processo de restauração.

A organização da dissertação está estruturada em dois capítulos. O objetivo geral do capítulo um foi recomendar espécies com potencial para uso na restauração ecológica da restinga arbórea e do capítulo dois foi entender as características de propagação da espécie *Byrsonima ligustrifolia* A. Juss, a fim de subsidiar ações de restauração ecológica da restinga arbórea.

REFERÊNCIAS

- AGAPITO, B. P. et al. The conservation value of forest fragments in a coastal “Restinga” forest in southeastern Brazil. **Journal of Coastal Conservation**. v 27(5). 2023.
- ALMEIDA JUNIOR, E. B.; SANTOS-FILHO, F. S.; ARAÚJO, E. L.; ZICKEL, C. S. Structural characterization of the woody plants in restinga of Brazil. **Journal of Ecology and the Natural Environment**, v. 3, n. 3, p. 95-103, 2011.
- AMARAL, D. D.; COSTA, D. C. T.; AMARAL, C. T.; COSTA NETO, S. V. Seleção de espécies lenhosas destinadas à restauração florestal de áreas degradadas de restinga no litoral amazônico. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 11(2): 167-179. 2016.
- ASSUNÇÃO, P. A., et al. Vegetative propagation as a strategy for the restoration of sandy coastal plains: a case study of *Paspalum maritimum* (Cyperaceae). **Rodriguésia**, 71, e03182018. 2020.
- BARRANCOS, E. P.F.; MARQUIS, R. J.; REID, J. L. Restoration plantations accelerate dead wood accumulation in tropical premontane forests. **Forest Ecology and Management**, 508, 120015. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120015>. 2022.
- BIENG, M. A.N., FINEGAN, B.; SIST, P. Active restoration of secondary and degraded forests in the context of the UN Decade on Ecosystem Restoration. **Forest Ecology and Management**, V. 503, 119770. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119770>. 2022.
- BORTOLUZZI, R. L. S.; BARBIERI, R. L.; COELHO, L. C. L. Manejo de mudas na restauração ecológica de restingas: uma revisão de literatura. **Boletim de Pesquisa Florestal**, 78, 1-20. 2019.
- BORGES, T.M. **Espécies potenciais para restauração ecológica da restinga arbórea na ilha de Santa Catarina**. (Trabalho de Conclusão de Curso). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. 20p. 2022.

BOVI, M. L. A., et al. Desafios e perspectivas da propagação de espécies arbóreas nativas da restinga para a restauração ecológica. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, 17(3), 279-28. 2018.

BRANCALION, P.H.S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. Restauração Florestal. São Paulo: **Oficina de Textos**. 431 p. 2015.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. Gabinete da Ministra. PORTARIA No 443, DE 17 DE DEZEMBRO DE 2014. Brasília, 2014.

BURILLI, N. G.; REIS, V. R.; IVANAUSKAS, N. M. Aplicação do protocolo de seleção de espécies alicerce para restauração ecológica baseada na flora arbórea catalogada em dois parques urbanos em São Paulo – SP, Brasil. **Biotemas**, v. 35, n. 2, p. 1–11, 27 maio 2022.

BUSTAMANTE, M.M.C.; SILVA, J.S.; SCARIOT, A. et al. Ecological restoration as a strategy for mitigating and adapting to climate change: lessons and challenges from Brazil. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 24, n. 7, p. 1249-1270, 1 out. DOI: 10.1007/s11027-018-9837-5. 2019.

CARLUCCI, M.B.; BRANCALION, P.H.S.; RODRIGUES, R.R.; LOYOLA, R.; CIANCIARUSO, M.V. Functional traits and ecosystem services in ecological restoration. **Restoration Ecology**. v. 28, Issue 6. p. 1372-1383. 2020.

CHAZDON, R.L. Landscape restoration, natural regeneration, and the forests of the future. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 102, n. 2, p. 251-257, 11 ago. doi: 10.3417/2016035. 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução Nº 417**, de 23 de novembro de 2009. Disponível em: Acesso em: 16 de nov. 2022.

COPERTINO, M.S. Add coastal vegetation to the climate critical list. **Nature**. 473, 255. <https://doi-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1038/473255a>. 2011.

CORREIA, B.E.F.; ALMEIDA, E.B.; ZANIN, M. Key Points about North and Northern Brazilian Restinga: a Review of Geomorphological Characterization, Phytophysiological Classification, and Studies Tendencies. **Botanical Reviews**. 86, 329–337. 2020. <https://doi.org/10.1007/s12229-020-09230-2>.

DUNLEY, B. S.; FREITAS, L.; GALETTO, L. Reproduction of *Byrsonima sericea* (Malpighiaceae) in Restinga Fragmented Habitats in Southeastern Brazil. **Biotropica**, 41(6), 692-699. doi:10.1111/j.1744-7429.2009.00524.x. 2009.

EATON, W. D.; HAMILTON, D. A.; LEMENZE, A.; SOTEROPOULOS, P. Natural regeneration or tree planting in a tropical forest-to-pasture damaged area: which is more efficacious for soil ecosystem recovery? **Restoration Ecology**, [S.l.]. ISSN 10612971. Disponível em: doi:10.1111/rec.14127. 2024.

ESCOBAR, D. F. E.; SILVEIRA, F. A. O.; MORELLATO, L. P. C. Timing of seed dispersal and seed dormancy in Brazilian savanna: two solutions to face seasonality, **Annals of Botany**, Volume 121, Issue 6, 11 May, Pages 1197–1209, <https://doi.org/10.1093/aob/mcy006>. 2018.

EWERTON-SILVA, A.; FERNANDES, B.; AMORIM, A. et al. Checklist of Malpighiaceae on São Luís Island, Maranhão, Brazil: the absence of collections impacts the knowledge and conservation of the Island flora. **Journal Coastal Conservation**. v.27, p.64. 2023. <https://doi-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11852-023-00997-1>

FALKENBERG, D. B. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Insula**, Florianópolis, p. 1-30, 1999.

FERNANDES, W. D., et al. Avanços e lacunas no conhecimento ecológico das restingas brasileiras. **Biota Neotropica**, 16(2), e20150224. 2016.

FIDELIS, A., et al. Influence of vegetation cover and soil properties on seed banks of a coastal ecosystem in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, 41(3), 569-578. 2018.

FRANCENER, A et al. Brazilian species of the genus *Byrsonima* (Malpighiaceae) *Byrsonima* of Brazil. **Instituto de Botânica. Museu Paraense Emílio Goeldi**. Universidade Estadual de Feira de Santana. Disponível em <https://fieldguides.fieldmuseum.org/sites/default/files/rapid-color-guides-pdfs/806_brazil_byrsonima.pdf>. 2016.

FRANCENER, A. *Byrsonima* in Flora e Funga do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB8838>>. Acesso em: 19 out. 2022.

FREITAS, J.D., BERTONCELLO, R., OLIVEIRA, A. A., MARTINI, A. M. Z. Where do seedlings for Restinga restoration come from and where should they come from? **Nature & Conservation**, v. 14, p. 142-145. 2016

FUNDAÇÃO S.O.S MATA ATLÂNTICA. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, 2017. Relatório Técnico período 2015–2016. Fundação S.O.S. Mata Atlântica / **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. São Paulo. 60 p.

GANN, G.D.; MCDONALD, T.; WALDER, B.; ARONSON, J.; NELSON, C.R.; JONSON, J.; HALLETT, J.G.; EISENBERG, C.; GUARIGUATA, M.R.; LIU, J.; HUA, F.; ECHEVERRIA, C.; GONZALES, E.K.; SHAW, N.; DECLEER, K.; DIXON, K.W. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. **Restoration Ecology**. 2019.

GERKE, Isabel Borges Bubans. **Estudo da extração sólido-líquido e dos processos de separação por membranas para obtenção de extratos e aromas do Murici vermelho (Byrsonima ligustrifolia)**. Tese de doutorado, 125 p. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

GOMES, M. C. V.; JÚNIOR, C. B; VALDATI, J.; SILVA, M. P. Vegetação de restinga: condicionantes pedológicos e geomorfológicos em costa de alta energia (Florianópolis-SC). **Geosul**, Florianópolis, v. 37, n.83 - Dossiê de Biogeografia, p. 72-91, out. 2022. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2022.e84111>.

GUERIN, N.; MENDES, F. B. G.; CIANCIARUSO, M. V.; SUGANUMA, M. S.; DURIGAN, G. Pure or mixed plantings equally enhance the recovery of the Atlantic forest¹. **Forest Ecology and Management**, 484, 118932. doi:10.1016/j.foreco.2021.118932. 2021.

GUIMARÃES, G. S.; NUNES-FREITAS, A. F.; BAUMGRATZ, J. F. A. Flora and Phytophysognomies of an Atlantic Forest remnant on the coast of Southeast Brazil. **Rodriguésia**, 75, e00122023, 2024. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860202475005>. Disponível em: <http://rodriguesia.jbrj.gov.br>. Acesso em: 12/03/24.

GUARNIER, J.C.; DUTRA, V.F.; VALADARES, R.T.; DA SILVA, H.L.; DE CASTRO FREITAS, V.; MOTA, R.H. Flora of Espírito Santo, Brazil: Angiosperm

checklist and conservation of one the richest restingas in southeastern Brazil. **Rodriguésia**, e02432020, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-78602022730271>. Disponível em: <http://rodriguesia.jbrj.gov.br>. Acesso em: 15/04/24.

HATJE, V., et al. Restingas do Brasil: Ecologia, Conservação e Desenvolvimento Sustentável. **Editora Universitária da UFPE**. 2020.

INAGUE, G.M.; ZWIENER, V.P.; MARQUES, M.C.M. Climate change threatens the woody plant taxonomic and functional diversities of the Restinga vegetation in Brazil. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 1, p. 53-60, 1 jan. 2021. DOI: 10.1016/j.pecon.2020.12.006.

IUCN. International Union for Conservation of Nature. **IUCN Red list categories and criteria**: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission. World Conservation Union. 2011. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/>> Acesso em: 13 abr. 2024.

JAKOVAC, Ana Catarina Conte. **O uso do banco de sementes florestal contido no topsoil como estratégia de recuperação de áreas degradadas**. Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ribeiro Rodrigues. 148 p. Dissertação (mestrado)-Biologia Vegetal. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. 2007.

KLEIN, A.S.; CITADINI-ZANETTE, V.; SANTOS, R. Florística e estrutura comunitária de restinga herbácea no município de Araranguá, Santa Catarina. **Biotemas** 20: 15-26. 2007.

LADOUCEUR, E.; MCGOWAN, J.; HUBER, P.; POSSINGHAM, H.; SCRIDEL, D.; VAN KLINK, R.; POSCHLOD, P.; CORNELISSEN, J. H. C.; BONOMI, C.; JIMÉNEZ-ALFARO, B. An objective-based prioritization approach to support trophic complexity through ecological restoration species mixes. **Journal of Applied Ecology**, v. 59, n. 2, p. 394-407, fev. 2022. ISSN 00218901. DOI: 10.1111/1365-2664.13943.

LAMB, D. Large-scale ecological restoration of degraded tropical forestlands: the potential role of timber plantations. **Restoration Ecology**. 6: 271-279. 1998.

LOUREIRO, N.; SOUZA, T. P.; NASCIMENTO, D. F.; NASCIMENTO, M. T. Survival, seedlings growth and natural regeneration in areas under ecological restoration in a sandy coastal plain (restinga) of southeastern Brazil. **Austral Ecology**, v. 47, n. 2, p. 326–340, 9 abr. 2021.

LOURENÇO JR., J.; NEWMAN, E.A.; VENTURA, J.A.; MILANEZ, C.R.D.; THOMAZ, L.D.; WANDEKOKEN, D.T.; ENQUIST, B.J. Soil-associated drivers of plant traits and functional composition in Atlantic Forest coastal tree communities. **Ecosphere**. V 12, issue 7. 2021.

MANGUEIRA, J. R.; COSTA, M. S.; LINS, S. R. M. Proposta metodológica para identificação de estratégias de sucesso na restauração ecológica de restinga. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, 21(2), 136-147. 2017.

MATIAS, L.; DEMETRIO, G. R.; SILVA, M. D.; MOURA, F. Clonal propagation, scale dependent assembly, and nucleation drives natural regeneration in a restinga sandy coastal plain. **Land Degradation & Development**, 35(6), 2243–2255. 2024.

MARTINI, A.M.Z.; FIASCHI, P.; AMORIM, A.M, et al. A hot-point within a hot-spot: a high diversity site in Brazil's Atlantic Forest. **Biodiversity and Conservation**. 16, 3111–3128. 2007.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. Tradução Flávia Anderson, Chris Hieatt. **Livro Vermelho da Flora do Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 1100p. 30 cm. 2013.

MEIRA-NETO, J. A. A., et al. Propagation of three species of *Erythrina* (Fabaceae) for restoration of coastal sand dunes. **Australian Journal of Botany**, 65(1), 70-77. 2017.

MEIRA-NETO, J. A. A., et al. Propagação de espécies arbóreas de restinga: desafios e perspectivas para a restauração ecológica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, 39(98), 159-166. 2019.

MELO JÚNIOR, J.C.F.; GONÇALVES, T.M.; JARDIM, R.I.L. Adaptações estruturais e potencial plástico de *Schinus terebinthifolia* Raddi. (Anarcadiaceae)

em diferentes formações de restinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 12, n. 06. 2019.

MELO JÚNIOR, J.C.F.; BOEGER, M.R.T. Riqueza, estrutura e interações edáficas em um gradiente de restinga do Parque Estadual do Acaraí, Estado de Santa Catarina, Brasil. **Hoehnea**, 42(2), 207-232. 2015.

MELO JÚNIOR, J. C. F.; BOEGER, M. R. T.; ISAIAS, R. M. DOS S.; ARRIOLA, I. A.; LORENZI, L.; MOUGA, D. M. D. DA S.; VIEIRA, C. V. Positive relationship between soil fertility, plant diversity and gall richness. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 41, n. 1, p. e39283, 22 jul. 2019.

MONTAGNINI, F.; FANZERES, A.; VINHA, S.G. Studies on restoration ecology in the Atlantic Forest region of Bahia, Brazil. **Interciencia**, v: 19. n: 6. 323-330. International symposium on forest soils, Ciudad Guayana, Venezuela. 1994.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**. 403: 853-858. 2000.

MMA. **Ministério do Meio Ambiente**, 2022. Biomas, Mata Atlântica. Disponível em <<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/mata-atlantica>>

NASCIMENTO, L. et al. Importância das restingas e os instrumentos legais de proteção diante da crescente flexibilização da Legislação Ambiental. REDE - **Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 15, n. 2, p. 72-80. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/700>>. Acesso em: 01 maio 2023. 2022.

NELSON, C.R.; HALLETT, J.G.; ROMERO MONTOYA, A.E., et al. **Standards of practice to guide ecosystem restoration – A contribution to the United Nations Decade on Ecosystem Restoration 2021-2030**. Rome, FAO, Washington, DC, SER & Gland, Switzerland, IUCN CEM. <https://doi.org/10.4060/cc9106en>. 2024.

NICOLETTI, A. L.; VIBRANS, A. C.; ANDRADE, M. Y.; VEIGA, J. L.; BIZON, A. R.; SILVA, M. S.; LINGNER, D. V.; FARIAS, T. L. Mapeamento das Áreas Potenciais (originais) e Remanescentes de Restinga: uma proposta

metodológica para Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.17, n.1. p.260-280. 2024.

NUNEZ-MIR, G. C.; IANNONE, B. V.; CURTIS, K.; FEI, S. Evaluating the evolution of forest restoration research in a changing world: a “big literature” review. **New Forests**, v. 46, n. 5-6, p. 669-682, 1 nov. doi:10.1007/s11056-015-9503-7. 2015.

OLIVEIRA, R.L.C.; SCUDELLER, V.V.; BARBOSA, R.I. Use and traditional knowledge of *Byrsonima crassifolia* and *B. coccolobifolia* (Malpighiaceae) in a makuxi community of the Roraima Savanna, Northern Brazil. **Acta Amazonica**, v. 47, n. 2, p. 133–140, 1 abr. 2017.

PARROTTA, J. A. Secondary Forest regeneration on degraded tropical lands: the role of plantations as “foster ecosystems”. In: H. LIETH and M. LOHMANN (Editors), **Restoration of Tropical Forest Ecosystems**. Kluwer, Dordrecht, pp. 63-73. 1993.

OPOLSKI-NETO, T.; MELO JÚNIOR, J. C. F. 2022. Influência das condições edáficas na composição florística e estrutural de uma comunidade de restinga sobre costão rochoso no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 15(02), 1108-1127. <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/article/view/250367>.

PILON, N. A. L.; DURIGAN, G. Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de Cerrado. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 41, n. 99, p. 389–399, 1 set. 2013.

PINTO, L. F. G., VOIVODIC, M. Reverse the tipping point of the Atlantic Forest for mitigation. **Nature Climate Change**. 11, 364–365. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01035-4>. 2021.

PIRES, L. A.; CARDOSO, V. J. M.; RODRIGUES, R. R.; JOLY, C. A. Sobrevivência e crescimento inicial de *Ocotea pulchella* (Lauraceae) em uma floresta de restinga da Ilha do Cardoso, SP. **Rodriguésia**, Londrina, PR, Rio Claro, SP, Piracicaba, SP, Campinas, SP, v. 63, n. 4, p. 1111-1122. Disponível em: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2012.

PROJETO MAPBIOMAS. 2023. Coleção 7.1 da **Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil**. Ano base 2017, acessado em 01/08/2023 através do link: <http://mapbiomas.org>.

RAMOS, E. A.; NUVOLONI, F. M.; LOPES, E. R. N. Landscape Transformations and loss of Atlantic Forests: challenges for conservation. **Journal for Nature Conservation**, v. 66, p. 126152, 2022.

RIBEIRINHA, P. D., SILVA, S. M. L., SAPIENZA, J. A., NETTO, S. O. A. Classificação orientada a objeto aplicada à caracterização de áreas de restinga: caso da Praia do Perú, Cabo Frio (Rio de Janeiro). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, 2(2), 60-78. <https://doi.org/10.5281/zenodo.554825>. 2021.

REITZ, R. Vegetação da zona marítima de Santa Catarina. **Sellowia** 13: 17-111. 1961.

REPOSI, S.D., AVALOS, A.A., GOTELLI, M.M. et al. Reproductive biology of Malpighiaceae: How much do we know?. **Plant Systematics and Evolution**. 309, 25. <https://doi.org/10.1007/s00606-023-01863-1>. 2023.

ROCHA, C. F. D., et al. Restingas: Biogeografia, Ecologia e Conservação. **Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. 2017.

ROCHA, Rosana Moreira. A restinga como exemplo de ecossistema e a sua urbanização: subsídios para possíveis intervenções. **Paisagem Ambiente Ensaio**, São Paulo, n. 6, p. 57-73, dez. 1994.

RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: **Instituto Bio Atlântica**. 260p. 2009.

ROSA, M. R.; BRANCALION, P. H. S.; CROUZEILLES, R.; TAMBOSI, L. R.; PIFFER, P. R.; LENTI, F. E. B.; HIROTA, M.; SANTIAMI, E.; METZGER, J. P. Hidden destruction of older forests threatens Brazil's Atlantic Forest and challenges restoration programs. **Science Advances**. V. 7, n. 4. DOI:10.1126/sciadv.abc4547. 2021.

ROMANELLI, J. P.; MELI, P.; SANTOS, J. P. B.; JACOB, I. N.; SOUZA, L. R.; RODRIGUES, A. V.; TREVISAN, D. P.; HUANG, C.; ALMEIDA, D. R. A.; SILVA,

L. G. M.; ASSAD, M. L. R. C. L.; CADOTTE, M. W.; RODRIGUES, R. R. Biodiversity responses to restoration across the Brazilian Atlantic Forest, **Science of The Total Environment**, Volume 821, 153403, ISSN 0048-9697, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153403>

ROTHER, D.C.; LIBONI, A.P.; MAGNAGO, L.F.S.; CHAO, A.; CHAZDON, R.L.; RODRIGUES, R.R. Ecological restoration increases conservation of taxonomic and functional beta diversity of woody plants in a tropical fragmented landscape1. **Forest Ecology and Management**, 451, 117538. 2019. doi: 10.1016/j.foreco.2019.117538.

ROTHER, D.C.; ROMANELLI, J.P.; RODRIGUES, R.R. Historical trajectory of restoration practice and science across the Brazilian Atlantic Forest. **Restoration Ecology**, v. 31: edition 8. e14041. 2023. <https://doi.org/10.1111/rec.14041>.

SADER, L. G. A., et al. Restingas e ecossistemas associados: Aspectos da Flora, Uso e Restauração. **Editora Blucher**. 2021.

SAMPAIO, C. R. P.; HAMERSKI, F.; RIBANI, R. H. Antioxidant phytochemicals of *Byrsonima ligustrifolia* throughout fruit developmental stages. **Journal of Functional Foods**, v. 18, p. 400–410, 1 out. 2015.

SANTOS, C. R.; FREITAS, R. R.; MEDEIROS, J. Participação social e retrocessos na proteção da vegetação de restinga no Brasil no período entre 1965 e 2021. **DMA, Desenvolvimento e Meio Ambiente**, UFPR. Vol. 61, p. 58-84, jan./jun. 2023.

SANTOS, V. J.; SANTOS, C.R.; PIRES, C. S.; ROCHA, H.A.; ZICKEL, C.S.; ALMEIDA JR., E.B. Restinga on the southern coast of Bahia: diversity, structure, and distribution of woody vegetation. **Journal of Environmental Analysis and Progress**. V. 08N. 03. 172-183. 2023.

SANTOS, R. et al. Vegetação arbustivo-arbórea em uma restinga de Jaguaruna, litoral sul do Estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 1, p. 99–111, 2017.

SARTORI, A. L., et al. Insights into the restoration of Atlantic Forest and restinga ecosystems. **Revista Brasileira de Botânica**, 41(1), 57-65. 2018.

SEVEGNANI, L.; VIBRANS, A. C.; GASPER, A. L. Considerações finais sobre a Floresta Ombrófila Densa e Restinga. In: VIBRANS, A. C.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A. L.; LINGNER, D. V. (Ed.). **Inventário florístico florestal de Santa Catarina: Floresta Ombrófila Densa**. Blumenau: Edifurb, 2013. p. 325-327.

SCHERER, A.; MARASCHIN-SILVA, F.; BAPTISTA, L. R. M. Padrões de interações mutualísticas entre espécies arbóreas e aves frugívoras em uma comunidade de Restinga no Parque Estadual de Itapuã, RS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. 21(1): 203-212. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062007000100019>. 2007.

SILVA, R. D. A., et al. Restauração ecológica da vegetação de restinga no litoral do Paraná: lições aprendidas e desafios futuros. **Revista Científica da UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde**, 24(1), 51-60. 2018.

SILVA, Handria de Jesus Araújo da. **Estratégias ecológicas e atributos funcionais de espécies lenhosas de floresta de restinga**. / Handria de Jesus Araújo da Silva; orientação de Grazielle Sales Teodoro - Belém, 2019. 55 f: il. Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Botânica Tropical da Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi, para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

SILVA, L. P., et al. Rooting and growth of *Eugenia umbelliflora* in different substrates for ecological restoration. **Revista Caatinga**, 34(1), 268-277. 2021.

SILVA, J. J. N.; NAVROSKI, M. C.; AQUINO, M. G. C.; DENEGA, L.; FONSECA, P. H. T.; OLIVEIRA, L. M.; PEREIRA, M. O. Resgate vegetativo, estabelecimento in vitro e estaquia de *Drimys brasiliensis* Miers. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 33, n. 1, e69093, p. 3, jan./mar. 2023.

SILVA, C.A.; PRANDINI, M.K.; CORREA, A.O. A drone diagnosis of the environmental quality of the restinga on the south coast of Brazil. **Ocean and Coastal Research**. v72(suppl 1): e24005. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2675-2824071.23059>. Acesso em: 20 Abr. 2024.

SIMONSON, W.D.; MILLER, E.; JONES, A.; GARCÍA-RANGEL, S.; THORNTON, H.; MCOWEN, C. Enhancing climate change resilience of

ecological restoration — A framework for action. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 19, n. 3, p. 300-310, 1 jul. DOI: 10.1016/j.pecon.2021.05.002. 2021.

SIMÕES, C. G.; MARQUES, M. C. M. O Papel dos Brotos na Restauração da Mata Atlântica no Sul do Brasil. **Ecologia da Restauração**, v. 15, n. 1, p. 53-59, 16 fev. 2007. Disponível em: <https://doi-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1111/j.1526-100X.2006.00189.x>. Acesso em: 20 abril.

SOUZA, C. M., JR., SHIMBO, J. Z., ROSA, M. R., et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, 12(2735), 1-27. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>. 2020.

SOUZA, F. H. D., et al. Rooting of Terminalia catappa L. hardwood cuttings for restoration of sandy coastal plains. **Revista Caatinga**, 32(3), 777-785. 2019.

SMITH, J. D. **Fruit Harvesting Tools and Techniques**. Agricultural Practices Journal, v. 23, n. 4, p. 45-67, 2019.

TIETZ, A. L., APEL, R. P., MOUGA, D. M. S. Caracterização de flora de restinga arbustivo-arbórea no sul de Santa Catarina, Brasil. **Acta Biológica Catarinense**, 10(2), 36-55. <https://doi.org/10.21726/abc.v10i2.2056>. 2023.

TOLEDO-ACEVES, T.; TRUJILLO-MIRANDA, A.L.; LÓPEZ-BARRERA, F. Tree regeneration in active and passive cloud forest restoration: Functional groups and timber species. **Forest Ecology and Management**, V. 489, 119050. doi:10.1016/j.foreco. 2021.119050. 2021.

TONETTI, V.; NIEBUHR, B. B.; RIBEIRO, M.; PIZO, M. A. Forest regeneration may reduce the negative impacts of climate change on the biodiversity of a tropical hotspot. **Diversity and Distributions**. v. 28, 2956–2971. <https://doi.org/10.1111/ddi.13523>. 2022.

TOMA, T.S.P.; OLIVEIRA, H.F.M.; OVERBECK, G.E.; GRELLE, C.E.V.; ROQUE, F.O.; NEGREIROS, D.; RODRIGUES, D.J.; GUIMARAES, A. F.; STREIT, H.; DECHOUM, M.S.; FONSÊCA, N.C.; ROCHA, T.C.; PEREIRA, C.C.; GARDA, A. A.; BERGALLO, H.G.; DOMINGOS, F.M.C.B.; FERNANDES, G.W.

Aim for heterogeneous biodiversity restoration. **Science** 383, 376-376. DOI:10.1126/science.adn3767. 2024.

VIBRANS, A. C. et al. MonitoraSC: um novo mapa de cobertura florestal e uso da terra do estado de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 34, n. 2, p. 42–48, 24 ago. 2021.

VIEIRA, D. L. M., et al. Vegetative propagation of *Handroanthus albus* (Cham.) Mattos, a tropical tree species. **Brazilian Journal of Forestry Research**, 38(89), 489-497. 2018.

VILLA, P. M.; MARTINS, S. V.; RODRIGUES, A. C.; SAFAR, N. V. H.; BONILLA, M. A. C.; ALI, A. Testing species abundance distribution models in tropical forest successions: Implications for fine-scale passive restoration. **Ecological Engineering**, 135, 28-35. doi:10.1016/j.ecoleng.2019.05.015. 2019.

ZAMITH, L. R.; SCARANO, F. R. Restoration of a Restinga Sandy coastal plain in Brazil: Survival and growth of planted woody species. **Restoration Ecology**, vol. 14, N. 1, p. 86-94, 2006.

ZANELATTO, R. C.; FONTOURA, T. Restauração de restinga arenosa no sul do Brasil: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 11(2), 163-167. 2016.

ZANINI, A. M., MAYRINCK, R. C., VIEIRA, S. A., CAMARGO, P. B. DE, & RODRIGUES, R. R. The effect of ecological restoration methods on carbon stocks in the Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 481(1), 118734. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118734>. 2021.

CAPÍTULO 1

ESPÉCIES ARBÓREAS POTENCIAIS PARA A RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DA FLORESTA DE RESTINGA EM SANTA CATARINA

RESUMO

A restinga é um importante ecossistema que se estende ao longo da faixa litorânea brasileira, atualmente fragmentada e com perda de habitat. Como forma de reverter e mitigar esses impactos se apresenta a restauração ecológica no intuito de reestabelecer comunidades arbóreas e consequentemente suas interações ecológicas e serviços ecossistêmicos. Este estudo teve como objetivo selecionar espécies arbóreas com potencial de utilização para a restauração ecológica de áreas degradadas em ambiente de floresta de restinga no litoral catarinense. Para isso, foi realizada uma revisão da literatura sobre as características referentes a 10 atributos das espécies típicas da floresta de restinga no estado. As espécies foram classificadas de acordo com seis atributos ecológicos relevantes para a restauração e para os quais haviam informações suficientes para todas as espécies: estágio sucessional, altura máxima, taxa de germinação, taxa de crescimento, dispersão e propagação por sementes. Cada atributo é caracterizado em pelo menos dois níveis (p.ex. alto e baixo), aos quais foram atribuídas notas de acordo com quão desejável é tal característica em plantios de restauração utilizando grupos de preenchimento e de diversidade. Os atributos receberam pesos diferentes de acordo com a sua importância no processo de seleção de espécies. Com base nestes atributos, foram atribuídas notas para cada espécie e estas foram então ordenadas de acordo com a pontuação para uso no grupo de preenchimento ou de diversidade. Somente uma espécie, *Psidium cattleyanum*, apresentou informações para todos os atributos disponíveis na literatura, confirmando a necessidade de mais estudos que investiguem e apontem esses atributos das demais espécies. Assim, concluímos este trabalho com uma lista das informações disponíveis na literatura sobre as 52 espécies típicas da restinga arbórea de Santa Catarina.

Palavras-chave: Espécies nativas, ecologia funcional, pontuação de espécies, recuperação florestal.

ABSTRACT

The restinga is an important ecosystem that extends along the Brazilian coastal strip, currently fragmented and experiencing habitat loss. As a way to reverse and mitigate these impacts, ecological restoration is presented, but it does not intend to reestablish tree communities and consequently their ecological interactions and ecosystem services. This study aimed to select tree species with potential for use in the ecological restoration of degraded areas in a restinga forest environment on the coast of Santa Catarina. To this end, a literature review was carried out on the characteristics related to 10 attributes of the typical species of the restinga forest in the state. The definitions were established according to six ecological attributes relevant to restoration and for which there was sufficient information for all species: successional stage, maximum height, germination rate, growth rate, seed dispersal and propagation. Each attribute is characterized in at least two levels (e.g. high and low), to which scores were assigned according to the interferences of such characteristic in restoration plantations using abundance and diversity groups. The attributes were given different weights according to their importance in the species selection process. Based on these attributes, scores were assigned to each species and these were then ordered according to the score for use in the filling or diversity group. Only one species, *Psidium cattleianum*, presented information for all attributes available in the literature, confirming the need for further studies to investigate and indicate these attributes of the other species. Thus, we conclude this work with a list of information available in the literature on the 52 typical species of the restinga arboreal forest of Santa Catarina.

Keywords: Native species, functional ecology, species score, forest recovery.

1. INTRODUÇÃO

A restauração ecológica tem o objetivo de auxiliar os processos de recuperação dos ecossistemas degradados, destruídos ou danificados baseado num modelo adequado denominado ecossistema de referência (GANN et al., 2019).

O sucesso da restauração ecológica depende de fatores como conhecimento sobre o ecossistema de referência, processos ecológicos reguladores de comunidades vegetais, sucessão ecológica, diagnóstico e zoneamento ambiental de unidades espaciais, áreas que possibilitam o aproveitamento da regeneração natural, áreas que não possibilitam o aproveitamento da regeneração natural, produção de sementes, produção de mudas, por fim, estudos de avaliação e monitoramento de projetos (WORTLEY, HERO e HOWES, 2013; BRANCALION, GANDOLFI e RODRIGUES, 2015; CROUZEILLES, FERREIRA, CHAZDON et al., 2017).

A seleção das espécies é um passo chave no sucesso da restauração, pois a partir do conhecimento do ecossistema e das espécies nativas, pode-se selecionar espécies adaptadas às condições edafoclimáticas da área. Portanto, um ecossistema restaurado com critérios bem definidos na seleção de espécies aumenta a resiliência, funcionalidade e diversidade das comunidades florestais (ROSENFELD e MÜLLER, 2020).

As características funcionais das espécies como estágio sucessional, altura máxima, taxa de germinação, taxa de crescimento, dispersão e propagação por sementes, por exemplo, e as condições do solo e clima da área, permite selecionar espécies florestais adequadas para cada local a ser restaurado e a escolha da melhor técnica para o restauro de ecossistemas (RODRIGUES, RODRIGUES e VIROLI, 2016; AGAPITO et al., 2023).

O sucesso das ações de restauração ativa depende da seleção adequada das espécies, a qual depende do objetivo da restauração, da condição inicial do ambiente a ser recuperado e do método a ser usado. Se o objetivo for a restauração ecológica de uma área com condição inicial de solos degradados, por exemplo, se faz necessário o plantio de espécies nativas do ecossistema

que originalmente recobria aquele local de rápido crescimento e plantio com elevada diversidade (PILON e DURIGAN, 2013; AMARAL et al., 2016).

Dependendo do método de introdução das espécies, se semeadura ou plantio de mudas, e do arranjo espacial do plantio, diferentes combinações de espécies podem ser mais adequadas. Por fim, é preciso conhecer as características ecológicas das espécies para poder identificar aquelas que são mais adequadas a cada situação. Um dos métodos de restauração ativa se baseia no plantio de sementes ou mudas em dois grupos, um chamado de grupo de preenchimento e o outro de grupo de diversidade (NAVE e RODRIGUES, 2006).

O grupo de preenchimento compreende espécies pioneiras de rápido crescimento inicial e formação de copa densa e ampla com objetivo de cobrir rapidamente o solo e melhorar as condições ambientais para o desenvolvimento das espécies de estágios sucessionais mais avançados (BRANCALION, GANDOLFI e RODRIGUES, 2015).

O grupo de diversidade compreende as espécies classificadas como de estágios mais avançados de sucessão, que são tolerantes à sombra, tem taxas de crescimento mais lento e alta longevidade, atrativas da fauna. Este grupo de espécies é introduzido com o objetivo de garantir o processo de sucessão de espécies e a perpetuação da comunidade florestal ao longo do tempo (BRANCALION, GANDOLFI e RODRIGUES, 2015).

O grupo de preenchimento pode ser composto por poucas espécies, pois o objetivo é mais estrutural, enquanto o grupo de diversidade deve conter uma grande diversidade de espécies, pois é ele que garantirá a sustentabilidade do sistema. Os dois grupos devem ser alocados na área de forma alternada, de modo que as espécies do grupo de preenchimento forneçam sombra às do grupo de diversidade. Essa alternância pode ser dentro da mesma linha ou em linhas intercaladas de plantio (NAVE e RODRIGUES, 2006).

A seleção de espécies para cada um destes grupos depende, portanto das suas características de crescimento, tolerância ao sol e a sombra, densidade da copa, estágio sucessional (ELLIOTT et al., 2022; MANOHAN et al., 2023).

Além destes aspectos, é fundamental que a restauração ecológica seja realizada com espécies nativas da região e da fitofisionomia em questão. Assim, projetos de restauração comumente utilizam listas de espécies apresentadas em inventários florísticos e listas publicadas em normativas estaduais ou municipais (SÃO PAULO, 2009).

Em Santa Catarina temos a resolução CONAMA 261 (1999) e a resolução CONAMA 417 (2009), que aprova os parâmetros para análise dos estágios sucessionais de vegetação de restinga e define os estágios primários e estágios sucessionais secundários respectivamente, das vegetações desde a praia até a área de transição entre restinga arbórea e Floresta Ombrófila Densa (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA, 2009).

A restinga catarinense, como ambiente ameaçado por conta da ação antrópica, devido a urbanização, está com suas matas degradadas e fragmentadas (HOLZER, CRICHYNO e PIRES, 2004). Além disso, a sua vegetação considerada de baixa resiliência devido aos solos arenosos, pouco nutritivos e susceptíveis à erosão eólica e pluvial, resulta em baixa taxa de regeneração após distúrbio (OLIVEIRA et al., 2015). Por este motivo, a restauração dos ambientes de restinga, frequentemente, requer ações ativas de introdução das espécies através de sementes e mudas (SILVA et al., 2016). Experiências de restauração em ambientes de restinga arbórea mostraram que a taxa de sobrevivência e o crescimento das espécies nativas plantadas também dependem da topografia, que influencia a dinâmica de alagamento e seca no solo e da técnica escolhida (ZAMITH e SCARANO, 2006; LOUREIRO et al., 2021).

Assim, este trabalho tem o objetivo de fornecer uma lista de espécies para a restauração ecológica do ecossistema de restinga arbórea, a fim de subsidiar a escolha adequada de espécies para a restauração ecológica deste ecossistema.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral foi recomendar espécies com potencial para uso na restauração ecológica da restinga arbórea. Os objetivos específicos foram:

1. Estruturar um banco de informações das espécies típicas da restinga arbórea, quanto a características relevantes para sua introdução em plantios de restauração ecológica;
2. Definir os atributos das espécies relevantes para a restauração ecológica através do plantio de linhas de preenchimento e de diversidade;
3. Identificar as espécies prioritárias para uso na restauração da restinga arbórea de Santa Catarina.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta de dados

Para o primeiro objetivo, de estruturar um banco de informações sobre as espécies nativas das matas de restinga de Santa Catarina, utilizamos a lista de espécies características do estrato arbóreo da restinga estabelecidas na resolução 261/1999 e na resolução 417/2009 ambas emitidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2009), e buscamos na literatura técnico-científica informações sobre atributos ecológicos de cada espécie.

Para o segundo objetivo, de definir os atributos das espécies para as linhas de preenchimento e diversidade, foi realizada pesquisa sobre as características das espécies consideradas importantes para a restauração ecológica em áreas de restinga arbórea, de acordo com estudos sobre ecologia funcional neste ecossistema (VENDRAMI, 2014; COSTA et al., 2020; MERCHANT et al., 2022). A definição desses atributos foi baseada nos estudos de restauração ecológica de diferentes ecossistemas, com o intuito de identificar os atributos mais relevantes para a restauração através de plantio de mudas, utilizando o método de grupos de preenchimento e de diversidade (NAVE e RODRIGUES, 2006; AMARAL et al., 2016; CARLUCCI, et al., 2020).

Para cada espécie foram compiladas as seguintes informações: família botânica, gênero, espécie, nome popular, autor, estágio sucessional (inicial, médio, avançado e maduro), altura máxima, potencial de uso humano, época de floração, época de frutificação, tipo de propagação, taxa de germinação (%), tipo de semente (ortodoxa ou recalcitrante), dormência (sim ou não), tipo de dormência (fisiológica, mecânica, morfológica, morfofisiológica), forma de quebra de dormência, potencial de propagação por estaquia, taxa de enraizamento da estaca, taxa de sobrevivência das mudas, taxa de crescimento, tolerância ao alagamento, tolerância à seca, síndrome de dispersão (zoocoria, anemocoria, autocoria e barocoria), tipo de dispersor e capacidade de rebrota.

A busca pelas informações das espécies foi realizada a partir de artigos científicos nas bases de dados Google Scholar e Scopus, manuais técnicos da EMBRAPA e EPAGRI, livros, guias de cultivo, bases de dados REFLORA e

Useful Tropical Plants (plantas tropicais úteis), entre outras fontes (LORENZI, 1992; FALKENBERG, 1999; CARVALHO, 2003; FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2020).

3.2 Protocolo de pontuação das espécies

Para o terceiro objetivo, de identificar as espécies potenciais para a restauração ecológica, foi realizado um ranqueamento seguindo o método de pontuação proposto por Goosem e Tucker (1995) e aplicado por estudos em diferentes ecossistemas. A metodologia de pontuação já foi utilizada por diversos estudos (Pilon e Durigan (2013), Brancalion, Gandolfi e Rodrigues (2015), Fockink et al. (2020), Burilli, Reis e Ivanauska (2022)). Este método consiste em calcular para cada espécie uma pontuação baseada na média ponderada dos atributos. Atribui-se pontos para cada nível de cada atributo, e pesos para cada atributo de acordo com as características desejáveis para o objetivo proposto, que no caso é a restauração ecológica do ambiente de floresta de restinga. Os pesos servem para dar maior ou menor importância para cada atributo. Por exemplo, os atributos que possuem peso 3 tem maior importância para a seleção de espécies para a restauração do que aqueles de peso 1. Cada atributo contém duas ou três categorias. A cada categoria foi atribuída uma pontuação que varia de um a três pontos.

Foram compiladas duas pontuações para cada espécie: uma para o seu uso como grupo de preenchimento e outra para seu uso como grupo de diversidade em plantios de restauração. Consideramos o estágio sucessional e a taxa de crescimento, atributos que resumem características de crescimento, cobertura de copa e tolerância à sombra, essenciais para a diferenciação entre os grupos de preenchimento e diversidade na escolha das espécies (RODRIGUES, BRANCALION e ISERNHAGEN, 2009; BRANCALION, GANDOLFI e RODRIGUES, 2015). Assim, para o grupo de preenchimento foi atribuído peso 3 ao estágio sucessional e taxa de crescimento, peso 2 para o modo de dispersão (pois espécies zoocóricas facilitarão o processo de regeneração) e peso 1 para a taxa de germinação e altura máxima (Tabela 1). Para o grupo de diversidade os pesos foram os mesmos, a não ser para taxa de

crescimento que teve peso 1, pois neste grupo a taxa de crescimento não é fator importante para a seleção das espécies (Tabela 1).

3.3 Descrição dos atributos selecionados

Após compilação das informações da literatura para todas as espécies presentes na lista do CONAMA 261/1999 (Anexo 1), foi selecionado um subconjunto de 10 atributos considerados importantes pela literatura da área (Anexo 2). No entanto, devido à falta de informações de alguns atributos para muitas espécies, selecionamos apenas aqueles atributos para os quais haviam informações para a maioria das espécies (mais de 80%; Figura 1). Os atributos escolhidos foram cinco: estágio sucessional, altura máxima, taxa de germinação, taxa de crescimento e síndrome de dispersão (Tabela 1). Cada atributo pontuado pode ser compreendido através das seguintes justificativas:

Estágio sucessional (TURNER, 2001): É desejável que as espécies da linha de preenchimento sejam pioneiras ou secundárias iniciais pois essas espécies possuem característica de crescimento rápido, cobrindo rapidamente a copa na área a ser restaurada e proporcionando sombra para as espécies de diversidade. Devido a essas características primordiais para iniciar a restauração ecológica, no grupo de preenchimento, as pioneiras e as intermediárias receberam maior pontuação do que as espécies secundárias tardias. Já nas linhas de diversidade, devem ser plantadas espécies que apresentam crescimento lento e/ou baixa cobertura de copa, fundamentais para a perpetuação dos processos de restauração na área a longo prazo. Essas espécies ao longo do tempo, irão substituir o grupo de preenchimento, formando um ecossistema biodiverso. Portanto, neste grupo, valoriza-se mais as espécies que estão em estágios mais avançados de sucessão, que devido as suas características receberam maior pontuação do que as pioneiras e intermediárias (RODRIGUES et al., 2009).

Altura máxima: Relaciona-se com a competição por luz, influenciando a estratificação da floresta. Devido à altura máxima estar relacionada ao dossel de árvores maduras, ou seja, onde a regeneração já esteja num nível avançado e a

área restaurada consegue manter seus serviços ecossistêmicos sozinho, considerou-se pontuação igual tanto no grupo de preenchimento quanto no de diversidade, pois as espécies de cada grupo crescem com velocidades diferentes, devido as suas características fisiológicas e ecológicas de absorção de nutrientes e/ou água individuais e aos distúrbios ambientais, que proporciona maior ou menor crescimento (GIEHL et al., 2007).

Taxa de germinação: Conhecer a taxa de germinação das sementes é importante para a produção de mudas, pois auxilia na melhoria dos programas de restauração que tem como impasse a dificuldade na propagação das espécies devido as informações insuficientes sobre sementes recobertas por pirênio, por exemplo. Assim, é necessário realizar experimentos iniciais e testes de germinação antes de escolher as espécies para os plantios, analisando sua viabilidade e evitando desperdício de recursos (SILVA et al., 2021).

Taxa de crescimento: A taxa de crescimento relativo (TCR), representa a rapidez com que a planta cresce quando comparada com o seu tamanho inicial, está relacionada ao período chuvoso (BENINCASA, 1988). Nas linhas de preenchimento é preferível que as espécies cresçam mais rápido para que haja um bom recobrimento e uma boa cobertura de solo. Nas linhas de diversidade, não há necessidade de as espécies crescerem rápido pois o objetivo desse plantio é aumentar a diversidade das espécies e perpetuar a estrutura florestal para formação completa do dossel, portanto foi dada pontuação igual nas três categorias (lento, intermediário e rápido), no entanto, foi dado peso menor no grupo de diversidade pois essa característica não é tão importante neste grupo, quanto no grupo de preenchimento (BRANCALION, GANDOLFI e RODRIGUES, 2015).

Síndrome de dispersão: A dispersão é um atributo importante para ambos os grupos de plantio pois favorece a variabilidade genética entre fragmentos florestais e a distribuição das espécies entre os ecossistemas, aumento da vegetação nativa e alimento para a fauna e insetos polinizadores e herbívoros, permitindo que ocorram as importantes interações para a manutenção dos ecossistemas (GAN et al., 2023). A dispersão de sementes por polinizadores, insetos e herbívoros contribui para a colonização em novas áreas e o aumento da diversidade genética (FONSECA, MASCARENHAS e OLÍMPIO, 2021).

Tabela 1: Lista dos cinco atributos selecionados para fazer o ranqueamento das espécies prioritárias para restauração, com as respectivas categorias, pesos e pontuação atribuída para o uso da espécie nos grupos de preenchimento e diversidade.

Atributo	Categoria	Preenchimento		Diversidade	
		Nota	Peso	Nota	Peso
Estágio sucessional	Inicial/médio	3	3	1	3
	Avançado/maduro	1		3	
Altura máxima	Inferior a 10 m	1	1	1	1
	Entre 10 e 20 m	2		2	
	Superior a 20 m	3		3	
Taxa de germinação (potencial de regeneração natural)	Inferior à 40%	1	1	1	1
	Entre 40 e 60%	2		2	
	Superior à 60%	3		3	
Taxa de crescimento	Lento	1	3	1	1
	Intermediário	2		2	
	Rápido	3		3	
Modo de dispersão	Autocórica/Barocórica	1	2	1	2
	Anemocórica	2		2	
	Zoocórica	3		3	

4. RESULTADOS

4.1 Levantamento da literatura

Como resultado do primeiro objetivo, de estruturar um banco de informações das espécies típicas da restinga arbórea, foi definido um total de 52 espécies que estão listadas na resolução CONAMA 261/1999 como típicas da restinga arbórea de Santa Catarina. Após a identificação através da literatura dos atributos relevantes para a restauração ecológica, foram definidas 20 características ecológicas, que iremos chamar de atributos (ANEXO 1). Em busca de informações dos 20 atributos das 52 espécies foram consultadas 69 fontes bibliográficas (ANEXO 1). Das 52 espécies, 8 espécies são pouco abordadas na literatura possuindo informações para apenas 1 ou 2 atributos, são elas: *Miconia rigidiuscula*, *Vernonia puberula*, *Coussapoa microcarpa*, *Gomidesia palustres*, *Gomidesia schaueriana*, *Inga striata*, *Myrcia dichrophylla* e *Pouteria lasiocarpa*. Apenas para a espécie *Psidium cattleyanum* foram encontradas informações para todos os atributos (Tabela 2).

De todas as informações coletadas, foi analisado um subconjunto de 10 atributos considerados mais importantes para o sucesso da restauração em ambientes de restinga: estágio sucessional, altura máxima, taxa de germinação, propagação por estaquia, taxa de sobrevivência das mudas, taxa de crescimento, tolerância ao alagamento, tolerância à seca, dispersão e rebrota (tabela de atributos completa no Anexo 1).

O estágio sucessional foi o único atributo com 100% de informações encontradas para todas as espécies. Já, para o atributo taxa de enraizamento, foram encontradas apenas 17% de informações na literatura das espécies (Figura 1).

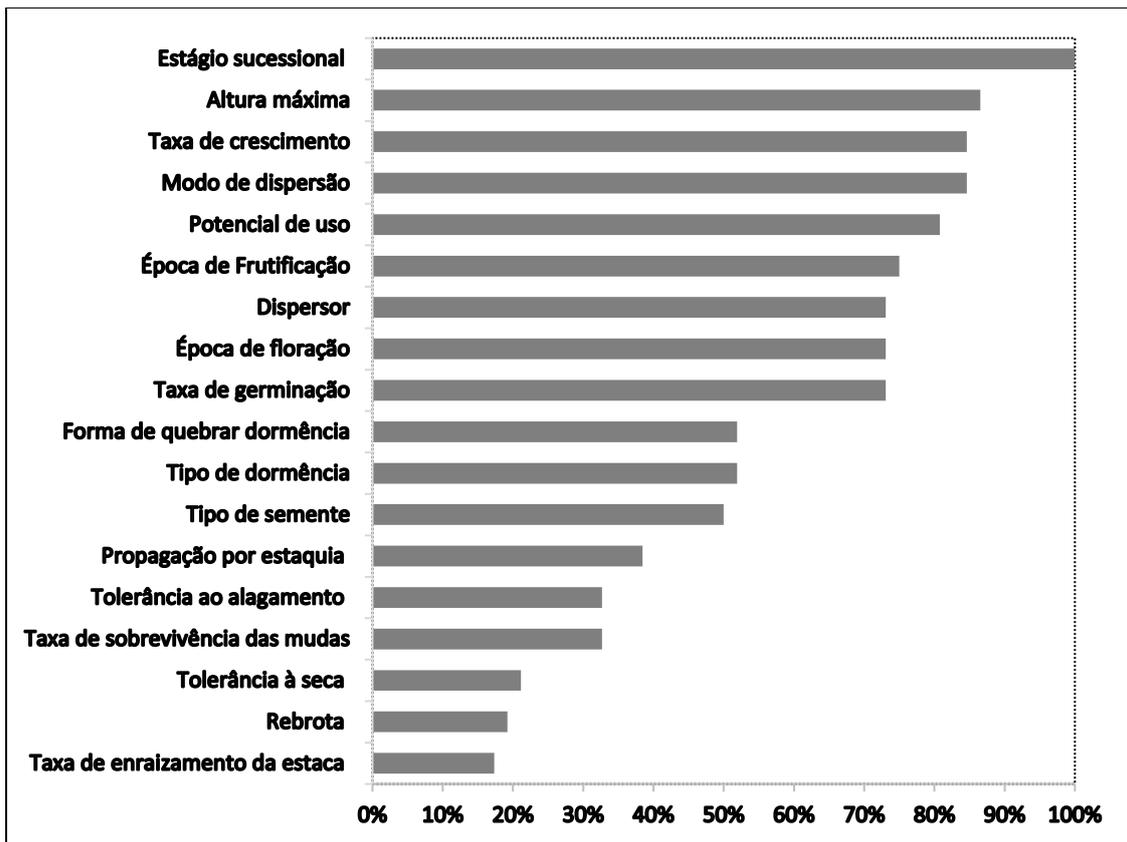


Figura 1: Porcentagem de espécies com informação para cada um dos 20 atributos investigados. À frente das barras é dado o número de espécies para as quais foi encontrada informação sobre o respectivo atributo. Foram investigadas 52 espécies listadas pela resolução CONAMA 261/1999 como típicas de diferentes estágios sucessionais da restinga arbórea.

Na lista abaixo, podemos visualizar a porcentagem de informações de cada espécie disponíveis na literatura e o número total de atributos encontrados na literatura científica (Tabela 2).

Tabela 2: Lista das espécies analisadas em ordem decrescente da porcentagem de atributos com informação disponível na literatura consultada.

Família	Espécie	Atributos	
		Porcentagem	Número absoluto
Myrtaceae	<i>Psidium cattleianum</i>	100%	20
Anarcardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i>	95%	19
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i>	95%	19
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>	90%	18
Euphorbiaceae	<i>Alchornea triplinervia</i>	85%	17
Verbenaceae	<i>Citharexylum myrianthum</i>	85%	17
Lauraceae	<i>Ocotea pulchella</i>	85%	17
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i>	85%	17
Annonaceae	<i>Annona glabra</i>	80%	16

Família	Espécie	Atributos	
		Porcentagem	Número absoluto
Clusiaceae	<i>Clusia criuva</i>	80%	16
Peraceae	<i>Pera glabrata</i>	80%	16
Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	80%	16
Aquifoliaceae	<i>Ilex theezans</i>	80%	16
Lauraceae	<i>Nectandra megapotamica</i>	80%	16
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulatum</i>	80%	16
Primulaceae	<i>Myrsine umbellata</i>	80%	16
Myrtaceae	<i>Myrcia multiflora</i>	75%	15
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i>	75%	15
Malpighiaceae	<i>Byrsonima ligustrifolia</i>	75%	15
Fabaceae	<i>Mimosa bimucronata</i>	75%	15
Nyctaginaceae	<i>Guapira opposita</i>	70%	14
Melastomataceae	<i>Tibouchina pulchra</i>	70%	14
Aquifoliaceae	<i>Ilex dumosa</i>	70%	14
Melastomataceae	<i>Miconia sellowiana</i>	70%	14
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i>	70%	14
Fabaceae	<i>Ormosia arborea</i>	70%	14
Fabaceae	<i>Abarema langsdorffii</i>	70%	14
Rubiaceae	<i>Posoqueria latifolia</i>	70%	14
Theaceae	<i>Laplacea fruticosa</i>	70%	14
Lauraceae	<i>Nectandra oppositifolia</i>	65%	13
Pentaphylacaceae	<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	65%	13
Melastomataceae	<i>Miconia ligustroides</i>	60%	12
Malvaceae	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	60%	12
Sapindaceae	<i>Matayba guianensis</i>	55%	11
Myrtaceae	<i>Eugenia umbelliflora</i>	55%	11
Myrtaceae	<i>Myrcia rostrata</i>	55%	11
Bignoniaceae	<i>Tabebuia umbellata</i>	55%	11
Urticaceae	<i>Cecropia adenopus</i>	50%	10
Solanaceae	<i>Solanum pseudoquina</i>	50%	10
Bignoniaceae	<i>Jacaranda puberula</i>	45%	9
Aquifoliaceae	<i>Ilex pseudobuxus</i>	40%	8
Moraceae	<i>Ficus organensis</i>	30%	6
Fabaceae	<i>Inga luschnathiana</i>	25%	5
Melastomataceae	<i>Huberia semiserrata</i>	20%	4
Melastomataceae	<i>Miconia rigidiuscula</i>	10%	2
Asteraceae	<i>Vernonia puberula</i>	10%	2
Urticaceae	<i>Coussapoa microcarpa</i>	5%	1
Myrtaceae	<i>Gomidesia palustris</i>	5%	1
Myrtaceae	<i>Gomidesia schaueriana</i>	5%	1
Fabaceae	<i>Inga striata</i>	5%	1
Myrtaceae	<i>Myrcia dichrophylla</i>	5%	1
Sapotaceae	<i>Pouteria lasiocarpa</i>	5%	1

4.2 Ranqueamento das espécies para os grupos de preenchimento e diversidade

Combinando a relevância dos atributos identificada na literatura e a disponibilidade de informações para as espécies-foco, os atributos selecionados para fazer o ranqueamento foram: estágio sucessional, altura máxima, dispersão, taxa de germinação e taxa de crescimento.

Os atributos que diferenciam os grupos de plantio em preenchimento e diversidade que receberam peso 3 foram estágio sucessional e taxa de crescimento. Assim foram considerados mais importantes na diferenciação entre grupos, seguidos de modos de dispersão com peso 2 e altura máxima e taxa de germinação que receberam peso 1.

A partir destes cinco atributos foi feito o ranqueamento das 52 espécies alvo do estudo para uso na restauração ecológica da restinga arbórea em grupos de preenchimento e de diversidade (Tabela 3). De acordo com o protocolo de pontuação desenvolvido, o valor máximo que uma espécie pode ter no grupo de preenchimento é 30 pontos e no grupo de diversidade é 24 pontos (Tabela 3). Quanto maior o valor da pontuação, mais indicada é a espécie para uso em cada grupo de plantio.

Tabela 3: Lista de espécies indicadas para restauração ativa de restinga arbórea de Santa Catarina em grupo de preenchimento e diversidade. A lista está ordenada de forma decrescente de valor da pontuação para cada grupo.

Espécie	Preenchimento	Espécie	Diversidade
<i>Myrsine coriácea</i>	29	<i>Tapirira guianensis</i>	24
<i>Matayba guianensis</i>	28	<i>Nectandra oppositifolia</i>	24
<i>Cecropia adenopus</i>	28	<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	23
<i>Solanum pseudoquina</i>	28	<i>Calophyllum brasiliense</i>	23
<i>Ocotea pulchella</i>	27	<i>Annona glabra</i>	23
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	27	<i>Alchornea triplinervia</i>	23
<i>Citharexylum myrianthum</i>	26	<i>Alchornea glandulosa</i>	23
<i>Schinus terebinthifolius</i>	25	<i>Ormosia arborea</i>	22
<i>Myrcia rostrata</i>	25	<i>Nectandra megapotamica</i>	22
<i>Mimosa bimucronata</i>	25	<i>Myrsine umbellata</i>	21
<i>Tibouchina pulchra</i>	25	<i>Tabebuia umbellata</i>	20
<i>Tapirira guianensis</i>	24	<i>Psidium cattleianum</i>	20
<i>Nectandra oppositifolia</i>	24	<i>Posoqueria latifolia</i>	19

Espécie	Preenchimento
<i>Cupania vernalis</i>	24
<i>Miconia ligustroides</i>	24
<i>Sapium glandulatum</i>	24
<i>Alchornea triplinervia</i>	23
<i>Annona glabra</i>	23
<i>Alchornea glandulosa</i>	23
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	23
<i>Clusia criuva</i>	23
<i>Byrsonima ligustrifolia</i>	23
<i>Pera glabrata</i>	22
<i>Guapira opposita</i>	22
<i>Ilex theezans</i>	22
<i>Ilex dumosa</i>	22
<i>Miconia sellowiana</i>	22
<i>Eugenia umbelliflora</i>	22
<i>Calophyllum brasiliense</i>	21
<i>Huberia semiserrata</i>	21
<i>Jacaranda puberula</i>	20
<i>Myrsine umbellata</i>	19
<i>Nectandra megapotamica</i>	18
<i>Ormosia arborea</i>	18
<i>Tabebuia umbellata</i>	18
<i>Inga luschnathiana</i>	18
<i>Laplacea fruticosa</i>	17
<i>Ilex pseudobuxus</i>	17
<i>Ficus organensis</i>	17
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	17
<i>Psidium cattleyanum</i>	16
<i>Posoqueria latifolia</i>	15
<i>Abarema langsdorffii</i>	14
<i>Myrcia multiflora</i>	14
<i>Miconia rigidiuscula</i>	12
<i>Vernonia puberula</i>	11
<i>Gomidesia palustres</i>	9
<i>Gomidesia schaueriana</i>	9
<i>Coussapoa microcarpa</i>	3
<i>Inga striata</i>	3
<i>Myrcia dichrophylla</i>	3
<i>Pouteria lasiocarpa</i>	3

Espécie	Diversidade
<i>Laplacea fruticosa</i>	19
<i>Ilex pseudobuxus</i>	19
<i>Ficus organensis</i>	19
<i>Abarema langsdorffii</i>	18
<i>Myrcia multiflora</i>	18
<i>Inga luschnathiana</i>	18
<i>Ocotea pulchella</i>	17
<i>Myrsine coriácea</i>	17
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	17
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	17
<i>Solanum pseudoquina</i>	16
<i>Matayba guianensis</i>	16
<i>Cupania vernalis</i>	16
<i>Citharexylum myrianthum</i>	16
<i>Cecropia adenopus</i>	16
<i>Schinus terebinthifolius</i>	15
<i>Myrcia rostrata</i>	15
<i>Clusia criuva</i>	15
<i>Pera glabrata</i>	14
<i>Miconia sellowiana</i>	14
<i>Miconia ligustroides</i>	14
<i>Ilex theezans</i>	14
<i>Ilex dumosa</i>	14
<i>Guapira opposita</i>	14
<i>Eugenia umbelliflora</i>	14
<i>Tibouchina pulchra</i>	13
<i>Mimosa bimucronata</i>	13
<i>Byrsonima ligustrifolia</i>	13
<i>Sapium glandulatum</i>	12
<i>Jacaranda puberula</i>	10
<i>Pouteria lasiocarpa</i>	9
<i>Myrcia dichrophylla</i>	9
<i>Inga striata</i>	9
<i>Huberia semiserrata</i>	9
<i>Coussapoa microcarpa</i>	9
<i>Miconia rigidiuscula</i>	6
<i>Vernonia puberula</i>	5
<i>Gomidesia schaueriana</i>	3
<i>Gomidesia palustris</i>	3

5. DISCUSSÃO

A partir das análises realizadas, ranqueamos 52 espécies típicas da restinga arbórea para uso na restauração ecológica em grupos de preenchimento e de diversidade.

5.1 O conhecimento disponível na literatura sobre as espécies da restinga arbórea

A falta de informações sobre os atributos das espécies foi um grande desafio para a pesquisa, pois muitas espécies nativas ainda estão carentes de estudos sobre sua ecologia e desenvolvimento. Devido a isso, é fundamental a importância do investimento em pesquisas que beneficiem as espécies menos conhecidas para que além da sua preservação, possam ser utilizadas nos plantios de restauração. Assim, recomendamos que estudos futuros foquem nas espécies e nos atributos com menos informações disponíveis. Isso é essencial para que restauradores tenham informações suficientes e sucesso na restauração.

Informações sobre capacidade de rebrota, tolerância à seca e ao alagamento, taxa de sobrevivência das mudas e capacidade de propagação por estaquia foram mais raramente encontradas na literatura. A rebrota é importante para essas espécies, pois elas têm a capacidade de sobrevivência depois de atingidas por eventos climáticos, poda drástica ou degradação ambiental (PORTER et al., 2010). Devido ao solo de restinga ser arenoso e apresentar lençol freático variável ao longo da topografia, existe grande variação de disponibilidade de água no solo ao longo do ano, com momentos de seca e de alagamento (CONAMA, 2009). Compreender como as espécies arbóreas toleram a seca e o alagamento podem contribuir para a sobrevivência destas espécies em situações de crise climática (VALE et al., 2021). O conhecimento sobre as adaptações das espécies arbóreas em cenários como estes são emergentes e podem servir como base para a escolha das espécies para restauração em diferentes ambientes. Portanto, estudos que buscam compreender como as espécies de restinga arbórea conseguem se adaptar às variações edafoclimáticas são fundamentais para a sobrevivência das mudas e

ações de conservação e restauração ecológica da restinga (TONETTI et al., 2022).

Uma vez que muitas espécies nativas apresentam baixo recrutamento, baixas taxas de germinação e dificuldade de propagação em viveiros, a propagação por estaquia pode ser interessante. A estaquia também pode conferir maior rapidez no desenvolvimento da planta e em atingir maturidade reprodutiva. Tais fatores podem ajudar a acelerar a restauração. A estaquia, no entanto, ainda é pouco utilizada para fins de recuperação e restauração florestal (MALDONADO PERALTA et al., 2017).

5.2 Espécies prioritárias para restauração da restinga arbórea

O grupo de preenchimento corresponde às espécies que se desenvolvem a pleno sol, de rápido crescimento e boa cobertura de copa que visam uma recuperação rápida, possibilitando sombreamento, evita a invasão por exóticas e cria um ambiente favorável para a diversidade de espécies plantadas. Geralmente se usam cerca de 20 espécies neste grupo (NAVE e RODRIGUES, 2007).

O grupo de diversidade corresponde às espécies desde secundárias iniciais em menor proporção e principalmente as secundárias tardias. Essa diversidade de espécies tem objetivo de tornar o ecossistema mais complexo na sua funcionalidade, devido a isso são selecionadas cerca de 80 espécies de diversidade para os plantios (NAVE e RODRIGUES, 2007).

As espécies com maiores pontuações dentro do grupo de preenchimento são pioneiras, que variam entre os estágios iniciais e médios na sucessão ecológica. Essas espécies possuem características específicas do grupo, como o rápido crescimento, por exemplo a *Myrsine coriacea* (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult, a Capororoca e *Matayba guianensis* Aubl., o camboatá-branco são encontradas no interior da mata, que apesar de serem espécies secundárias iniciais, possuem comportamento pioneiro, crescendo sob substrato bem drenado e ambientes paludosos (BAO, LIMA e CRUZ, 2014; RIBEIRO et al., 2022). Além disso, são muito atrativas da avifauna e do macaco-bugio por conta

de seus frutos pequenos carnosos e oleaginosos, sendo indicada para recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 1992).

A espécie *Cecropia adenopus* Snethl., embaúba, já foi encontrada regenerando em locais onde as matas foram queimadas (CARVALHO, 2006; SARTORELLI e FILHO, 2017). Esta espécie pioneira, portanto, é indicada na restauração dessas áreas degradadas, pois além de regenerar após o fogo, cresce sob solos úmidos onde o lençol freático é superficial (LORENZI, 1992, CARVALHO, 2006).

Espécies que crescem a pleno sol, as heliófilas, também são importantes neste grupo, como *Ocotea pulchella* (Nees & Mart.) Mez, a canela-da-praia ou canela-do-brejo é uma espécie secundária inicial de crescimento intermediário, comum em áreas de restinga arbórea e que possui frutos abundantes ao longo do ano, o que favorece a fauna endêmica, característica importante para restauração devido a atração de dispersores (LORENZI, 1992; CARVALHO, 2003).

Em solos pouco férteis, o caráter rústico da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), é uma característica ecológica que supre a restauração em área degradada pela sua função estabilizadora de dunas (LORENZI, 1992; CARVALHO, 2006).

As espécies com maiores pontuações no grupo de diversidade são secundárias presentes nas florestas maduras em estágio avançado de regeneração. São espécies de crescimento intermediário a lento, que crescem na sombra.

Tapirira guianensis Aubl., o pau-pombo ou cupiúva é uma espécie secundária inicial que apesar de ter crescimento intermediário a rápido, se comporta muito bem em florestas maduras ocorrendo em solos arenosos pouco nutritivos. É uma espécie tolerante ao alumínio e bem adaptada a terrenos alagados, sendo ideal para plantio em áreas de restinga que sofrem flutuações do lençol freático frequentemente (LORENZI, 1992; CARVALHO, 2003; CARVALHO, NASCIMENTO e BRAGA, 2006).

Nectandra oppositifolia Nees & Mart., a capororoca é uma espécie secundária inicial de crescimento intermediário a rápido com densidade de copa mediana, podendo ocorrer tanto em matas ciliares com solos úmidos quanto em

solos bem drenados, por ser zoocórica sua dispersão é facilitada (LORENZI, 1992; CARVALHO, 2003).

Como exemplo, *Calophyllum brasiliense* Cambess, o guanandi ou olandi é uma espécie madeireira e também ornamental e atrativa da fauna e utilizada em reflorestamento de áreas ciliares degradadas por ser tolerante ao alagamento (LORENZI, 1992; CARVALHO, 2003).

Uma espécie criticamente ameaçada *Annona glabra* L., o ariticum-do-brejo é uma espécie muito comum em áreas de mangue e restinga, sendo assim recomendada para recomposição de brejos e beira de córregos (CNCFlora, 2012).

Um fator indispensável na escolha de espécies para restauração ecológica é a produção de mudas em viveiros. A restauração de áreas de restinga arbórea esbarra na indisponibilidade de mudas nos viveiros litorâneos, o que limita o sucesso dos plantios neste ecossistema. Isso ocorre, pois as mudas usadas na restauração de restinga geralmente são provenientes de regiões de Floresta Ombrófila Densa, onde várias espécies de restinga são originárias (FREITAS et al., 2016). Além disso, essas mudas têm dificuldade de se estabelecerem nos locais por não estarem adaptadas as condições edafoclimáticas de restinga (FREITAS et al., 2016).

Apesar disso, projetos de restauração devem se comprometer com o estabelecimento de uma diversidade genética baseada nos ecossistemas de referência próximos aos locais em restauração. Sendo assim, podemos alcançar os objetivos reais de uma restauração ecológica, com heterogeneidade de espécies que irão restabelecer os serviços ecossistêmicos, biodiversidade e recursos hídricos, além da manutenção da ciclagem de nutrientes na área (TOMA et al., 2024).

Também, há de se enfatizar que a colaboração entre pesquisadores e comunidades tradicionais, é fundamental na identificação de gargalos no conhecimento. Portanto, compreendemos que a criação de cooperativas e redes de sementes em todos os biomas brasileiros é fundamental na continuidade da restauração ecológica de ecossistemas (MAGDALENA, 2022; BALDUINO, 2022).

6. CONCLUSÕES

Concluimos que a escolha de espécies nativas para restauração ecológica de restinga deve ser realizada a partir de listas de espécies com grupos de plantio apropriados para o ecossistema. Portanto, é primordial a realização do diagnóstico ambiental da área, assim como as buscas bibliográficas sobre o conhecimento da ecologia das espécies em foco. Os atributos mais relevantes para indicar espécies para restauração de restinga arbórea foram estágio sucessional, taxa de crescimento, dispersão, taxa de germinação e altura máxima. A espécie com maior pontuação indicada para restauração ecológica no grupo de preenchimento foi *Myrsine coriacea* com 29 pontos, e no grupo de diversidade foi *Tapirira guianensis* com 24 pontos. Dessa maneira, pode-se selecionar espécies adequadas a partir do uso das listas de espécies separadas por grupos de plantio. De acordo com o conhecimento ecológico do ecossistema e das espécies nativas presentes na lista, pode-se indicar espécies potenciais para restauração ecológica de restinga arbórea do Sul do Brasil. Este estudo apresenta uma lista das informações disponíveis na literatura sobre as 52 espécies típicas da restinga arbórea de Santa Catarina (ANEXO 1), o que pode auxiliar em estudos futuros e em projetos de restauração ecológica.

7. RECOMENDAÇÕES

Recomendamos o uso das listas de espécies separadas por grupos de plantio (preenchimento e diversidade) apresentada neste estudo, para seleção de espécies para projetos de restauração de restinga arbórea na região Sul do Brasil.

Recomendamos que mais estudos sejam realizados sobre a ecologia das espécies de restinga arbórea relacionadas principalmente a métodos de propagação, fenologia, fisiologia de sementes, tolerância a alagamento, taxa de sobrevivência de mudas, tolerância à seca, rebrota e taxa de enraizamento de estacas, os quais foram os atributos menos encontrados na literatura científica, ou seja, do desenvolvimento das espécies no ecossistema, a fim de solucionar alguns dos gargalos da restauração ecológica.

8. REFERÊNCIAS

AMARAL, D. D.; COSTA, D. C. T.; AMARAL, C. T.; COSTA NETO, S. V. Seleção de espécies lenhosas destinadas à restauração florestal de áreas degradadas de restinga no litoral amazônico. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais* 11(2): 167-179. 2016.

AGAPITO, B. P. et al. The conservation value of forest fragments in a coastal “Restinga” forest in southeastern Brazil. *Journal of Coastal Conservation*. v 27(5). 2023.

BALDUINO, L. Livro do coletor: guia para autogestão e boas práticas da rede de sementes do Xingu / organização Ludmilla Balduino. -- 1. ed. -- Canarana, MT: **Rede de Sementes do Xingu**, 2022.

BAO, F.; LIMA, L.B.; LUZ, P.B. Morphological characterization of branch, seeds and seedlings of matayba guianensis Aubl. and seedling production in different containers and substrates. *Revista Árvore*, 38 (1). 2014.

BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de planta, noções básicas. Jaboticabal: **FUNEP**. 41p. 1988.

BURILLI, N. G.; REIS, V. R.; IVANAUSKAS, N. M. Aplicação do protocolo de seleção de espécies alicerce para restauração ecológica baseada na flora arbórea catalogada em dois parques urbanos em São Paulo – SP, Brasil. *Biotemas*, v. 35, n. 2, p. 1–11, 27 maio 2022.

BRANCALION, P.H.S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. Restauração Florestal. São Paulo: **Oficina de Textos**. 431 p. 2015.

BRANCALION, P.H.S.; NIAMIR, A; BROADBENT, E.; CROUZEILLES, R.; BARROS, F.S.M.; ZAMBRANO, A.M.A.; BACCINI, A.; ARONSON, J ; GOETZ, S.; REID, J.L.; STRASSBURG, B.B.N.; WILSON, S; CHAZDON, R.L. Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. *Science Advances*. v. 5. DOI:10.1126/sciadv.aav3223. 2019.

CARLUCCI, M.B.; BRANCALION, P.H.S.; RODRIGUES, R.R.; LOYOLA, R.; CIANCIARUSO, M.V. Functional traits and ecosystem services in ecological restoration. *Restoration Ecology*. v. 28, Issue 6. p. 1372-1383. 2020.

CARVALHO, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: **Embrapa Florestas**. V. 1. 1039p. 2003.

CARVALHO, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: **Embrapa Florestas**. V. 2. 629p. 2006.

CARVALHO, P.E.R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: **Embrapa Florestas**. V. 3. p. 359-365. 2008.

CARVALHO, F. A.; NASCIMENTO, M. T.; BRAGA, J. M. A.; Composição e riqueza florística do componente arbóreo da Floresta Atlântica submontana na região de Imbaú, Município de Silva Jardim, RJ. **Acta Botânica Brasílica**. n.20, v.3, p.727-740. 2006

CNCFlora. Annona glabra in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Annona glabra](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Annona_glabra)>. Acesso em 4 fevereiro 2024.

COSTA, H. J. A.; GURGEL, E.S.C.; AMARAL, D.D.; VASCONCELOS, L.V.; REBELO, L.G.B.; TEODORO, G.S. CSR ecological strategies, functional traits and trade-offs of woody species in Amazon sandplain forest. **Flora**, v. 273, p. 151710, 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução Nº 417**, de 23 de novembro de 2009. Disponível em: Acesso em: 16 de nov. 2022.

CORNELISSEN J.H.C. et al. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, 51 (4), pp. 335-380. 2003.

CROUZEILLES, R.; FERREIRA, M. S.; CHAZDON, R. L. et al. Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. **Science Advances**. v3, n11. e1701345. 2017. DOI:10.1126/sciadv.1701345

DECHOUM, M.S.; GIEHL, E.L.H.; SÜHS, R.B.; SILVEIRA, T.C.L; ZILLER, S.L. Citizen engagement in the management of non-native invasive pines: Does it make a difference? **Biological Invasions**, v. 21, n. 1, p. 175–188, 2019.

ELLIOTT, S.; TUCKER, N.I.J.; SHANNON, D.P.; TIANSAWAT, P. The framework species method: Harnessing natural regeneration to restore tropical forest ecosystems. **Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences**. 378, 20210073. 2022.

FACHINELLO, J.C; HOFFMANN, A; NACHTIGAL, J.C. Propagação de Plantas Frutíferas. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2005. 221 p; il.

FALKENBERG, D. B. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Insula**, Florianópolis, p. 1-30, 1999.

FRANZON, R. C.; CARPENEDO, S.; SILVA, J. C. S. Produção de mudas: principais técnicas utilizadas na propagação de fruteiras. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**. 56 p. 283. 2010.

FREITAS, J.D., BERTONCELLO, R., OLIVEIRA, A. A., MARTINI, A. M. Z. Where do seedlings for Restinga restoration come from and where should they come from? **Nature & Conservation**, v. 14, p. 142-145. 2016.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 16 Jan 2024.

FLORIANÓPOLIS, Lei Nº 9097, de 18 de outubro de 2012. Dispõe da remoção e substituição de Pinus, Eucalyptus e Casuarina spp. por espécies nativas. **Câmara Municipal de Florianópolis**, 2012.

FRISON, S.; ENGEL, V. L.; DURIGAN. G. Critérios para indicação de espécies alicerce para a restauração florestal no estado de São Paulo. In: **Simpósio de Restauração Ecológica**, São Paulo. Anais. São Paulo: Instituto de Botânica. p. 309-310. 2013.

FOCKINK, G.D.; ZANGALLI, C.; OLIVEIRA, E.; KANIESKI, M.R. Espécies prioritárias para restauração da floresta Ombrófila Mista Montana e Altomontana na Bacia Hidrográfica do Rio Canoas. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 7, n. 1, p. 911-923, 2020.

FONSECA, R. S.; MASCARENHAS, M. J. O.; OLÍMPIO, A. P. M. Polinização e dispersão de sementes por morcegos e a sua importância na manutenção dos ecossistemas. Livro: **Morcegos dos biomas Cerrado e Amazônia Maranhense: Conhecer para conservar.** p. 30-39. DOI: 10.22533/at.ed.1872105074. 2021.

GANN, G.D.; MCDONALD, T.; WALDER, B.; ARONSON, J.; NELSON, C.R.; JONSON, J.; HALLETT, J.G.; EISENBERG, C.; GUARIGUATA, M.R.; LIU, J.; HUA, F.; ECHEVERRIA, C.; GONZALES, E.K.; SHAW, N.; DECLEER, K.; DIXON, K.W. International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. **Restoration Ecology.** 2019.

GAN, J.L., GRAINGER, M.J., SHIRLEY, M.D.F. et al. How effective are perches in promoting bird-mediated seed dispersal for natural forest regeneration? A systematic review protocol. **Environ Evid** 12, 15. <https://doi.org/10.1186/s13750-023-00308-z>. 2023.

GIEHL, E. L. H. et al. Espectro e distribuição vertical das estratégias de dispersão de diásporos do componente arbóreo em uma floresta estacional no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, Feira de Santana, v. 21, n. 1, p. 137-145, 2007.

GOOSEM, S. P.; TUCKER, N. I. J. Repairing the rainforest – Theory and practice of rainforest re-establishment in North Queensland's Wet Topics. **Cairns: Wet Tropics Management Authority**, 1995. 71 p.

GRIEBELER, A.M.; ARAUJO, M.M.; STEFFEN, G.P.K.; TURCHETTO, F.; RORATO, D.G.; BARBOSA, F.M.; BERGHETTI, A.L.P.; GASPARIN, E.; AIMI, S.C.; COSTELLA, C. Strategies for optimizing the enrichment direct sowing: inoculation with *Trichoderma* spp. and use of a hydrogel. **CERNE**, v.29, e-103212, doi: 10.1590/01047760202329013212. 2023.

HARTMANN, Hudson T. **Hartmann & Kester's plant propagation: principles and practices.** 2014.

HOLZER, W.; CRICHYNO, J.; PIRES, A.C. Sustentabilidade da urbanização em áreas de restinga: uma proposta de avaliação pós-ocupação. **Paisagem Ambiente.** 19: 49-66. 2004.

JAKOVAC, C.C.; GILES, A.L.; MESQUITA, R.; VIEIRA, I. Recomendações para o monitoramento da regeneração natural na Amazônia. Manaus, 24p. **Projeto REGENERA-Amazônia**. Disponível em <http://regenera-amaz.pdbff.org.br/publicacoes/>. DOI: 10.5281/zenodo.8347140. 2023.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. **Nova Odessa: Plantarum**. v. 1. 352 p. 1992.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. **Nova Odessa: Plantarum**. v. 2. 353 p. 1998.

LOUREIRO, N.; SOUZA, T, P; NASCIMENTO, D. F.; NASCIMENTO, M. T. Survival, seedlings growth and natural regeneration in areas under ecological restoration in a sandy coastal plain (restinga) of southeastern Brazil. **Austral Ecology**, v. 47, n. 2, p. 326–340, 9 abr. 2021.

MAGDALENA, B. C. Do quilombo à floresta: guia de plantas da mata atlântica no Vale do Ribeira / organização Bianca Cruz Magdalena. -- 1. ed. -- São Paulo: **ISA - Instituto Socioambiental**, 2022.

MCCORMICK, M.L.; CARR, A.N.; MASSATTI, R.; WINKLER, D.E.; ANGELIS, P.; OLWELL, P. How to increase the supply of native seed to improve restoration success: the US native seed development process. **Restoration Ecology**, v. 29, n. 8, e13499, nov. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/rec.13499>. Acesso em: 7 maio 2024.

MALDONADO PERALTA, M. Á. et al. Propagación vegetativa de nanche *Malpighia mexicana* y *Byrsonima crassifolia*. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 8, n. 3, p. 611–619, 2017.

MANOHAN, B.; SHANNON, DIA PANITNARD; TIANSAWAT, P.; CHAIRUANGSRI, S.; JAINUAN, J.; ELLIOTT, S. Use of Functional Traits to Distinguish Successional Guilds of Tree Species for Restoring Forest Ecosystems. **Forests**, 14 (6), art. no. 1075. 2023.

MARTÍNEZ-GÁLVEZ, F.; BASKIN, C.C.; CROCE, J. et al. Propagation of keystone-woody species as a first step in restoration of an overgrazed seasonal dry forest. **New Forests**. 2023.

MATIAS, L.; DEMÉTRIO, G. R.; DA SILVA, M. D.; MOURA, F. Clonal propagation, scale-dependent assembly, and nucleation drive natural regeneration in a sandy coastal plain of restinga. **Land Degradation & Development**, v. 35, n. 6, p. 2243-2255, 15 Apr. 2024. ISSN: 1085-3278. DOI: 10.1002/ldr.5057.

MERCHANT, T.K; HENN, J.J.; SILVA, I.; CLEEMPUT, E.V.; SUDING, K.N. Four reasons why functional traits are not being used in restoration practice. **Restoration Ecology**, v. 31. N 3. e13788. <https://doi.org/10.1111/rec.13788>. 2022.

MIJNSBRUGGE, K. V.; BISCHOFF, A.; SMITH, B. A question of origin: Where and how to collect seed for ecological restoration. **Basic and Applied Ecology**, 11(4), 300-311. 2010. doi:10.1016/j.baae.2009.09.002

NASCIMENTO, L. et al. Importância das restingas e os instrumentos legais de proteção diante da crescente flexibilização da Legislação Ambiental. REDE - **Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 15, n. 2, p. 72-80. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/700>>. Acesso em: 01 maio 2023. 2022.

NAVE, A.G.; RODRIGUES, R.R. Restoration methodologies: Combination of species into filling and diversity groups as forest restoration methodology. High diversity forest restoration in degraded areas: methods and projects in Brazil. New york: **Nova Science Publishers**, p. 103-126. 2006.

OLIVEIRA, M. et al. Dinâmica da regeneração natural em uma floresta baixa de restinga degradada. **Hoehnea**. v. 42(4), 759-774. 2015.

PEDRINI, S., DIXON, K.W., CROSS, A.T. Standards for Native Seeds in Ecological Restoration. **Restoration Ecology**, 28(S3), S213-S303. 2020. doi: 10.1111/rec.13155.

PERRING, M. P. et al. Advances in restoration ecology: rising to the challenges of the coming decades. **Ecosphere**, v. 6, n. 8, p. art131, ago. 2015.

PILON, N. A. L.; DURIGAN, G. Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de Cerrado. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 41, n. 99, p. 389–399, 1 set. 2013.

RIBEIRO, J.F.; KUHLMANN, M.; OGATA, R.S.; OLIVEIRA, M.C.; VIEIRA, D.L.M.; SAMPAIO, A.B. Guia de plantas do cerrado para recomposição da vegetação nativa / José Felipe Ribeiro ... [et al.]. – 2. ed. rev. ampl. – Brasília, DF: **Embrapa**, 832 p. 2022.

ROSENFELD, M.F.; JAKOVAC, C.C.; VIEIRA, D.L.M.; POORTER, L.; BRANCALION, P.H.S.; VIEIRA, I.C.G.; ALMEIDA, D.R.A.; MASSOCA, P.; SCHIETTI, J.; ALBERNAZ, A.L.M.; FERREIRA, M.J.; MESQUITA, R.C.G. Ecological integrity of tropical secondary forests: concepts and indicators. **Biological Reviews**, 98: 662-676. <https://doi.org/10.1111/brv.12924>. 2023.

ROSENFELD, M. F.; MÜLLER, S. C. Ecologia funcional como ferramenta para planejar e monitorar a restauração ecológica de ecossistemas. **Oecologia Australis**, v. 24, c. 3, 550-565, 2020.

RODRIGUES, L. G. S. M.; RODRIGUES, F. M.; VIROLI, S. L. M. Técnicas de restauração florestal em restingas. **Journal of bioenergy and food science**, v. 3, n. 1, p. 28–35, 2016.

RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S.; ISERNHAGEN, I. Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: **Instituto Bio Atlântica**. 260p. 2009.

SANTOS, C. R; FREITAS, R. R; MEDEIROS, J. Participação social e retrocessos na proteção da vegetação de restinga no Brasil no período entre 1965 e 2021. **DMA, Desenvolvimento e Meio Ambiente**, UFPR. Vol. 61, p. 58-84, jan./jun. 2023.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do estado de São Paulo. São Paulo: SMA, 2009.

SARTORELLI, P. A. R.; FILHO, E. M. C. Guia de plantas da regeneração natural do Cerrado e da Mata Atlântica. São Paulo: **Agroicone**, 2017.

SER, 2006. **Foundations of restoration ecology** / edited by Donald A. Falk, Margaret A. Palmer, and Joy B. Zedler ; foreword by Richard J. Hobbs. 577 p.

SILVA, A.F.; PAULETTO, D.; SILVA, A.F.; PEREIRA, B.A.; OLIVEIRA, T.G.S.; SOUSA, V.S.; ARAÚJO, J.C.; ALMEIDA, E.C. Tratamentos pré-germinativos de espécies nativas do Brasil com propagação de sementes recobertas por pirênio. **Agrotropica**. Centro de Pesquisas do Cacau. Ilhéus, Bahia. 33(3). 215-228. 2021.

TOMA, T.S.P.; OLIVEIRA, H.F.M.; OVERBECK, G.E.; GRELE, C.E.V.; ROQUE, F.O.; NEGREIROS, D.; RODRIGUES, D.J.; GUIMARAES, A. F.; STREIT, H.; DECHOUM, M.S.; FONSÊCA, N.C.; ROCHA, T.C.; PEREIRA, C.C.; GARDA, A. A.; BERGALLO, H.G.; DOMINGOS, F.M.C.B.; FERNANDES, G.W. Aim for heterogeneous biodiversity restoration. **Science** 383, 376-376. DOI:10.1126/science.adn3767. 2024.

TONETTI, V.; NIEBUHR, B. B.; RIBEIRO, M.; PIZO, M. A. Forest regeneration may reduce the negative impacts of climate change on the biodiversity of a tropical hotspot. **Diversity and Distributions**. v. 28, 2956–2971. <https://doi.org/10.1111/ddi.13523>. 2022.

THOMAS, E., JALONEN, R., LOO, J., BOSHIER, D., GALLO, L., CAVERS, S., BORDÁCS, S., SMITH, P., BOZZANO, M. Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. **Forest Ecology and Management**, 333, 66-75. 2014. doi: 10.1016/j.foreco.2014.07.015

TURNER, I.M. *The Ecology of Trees in the Tropical Rain Forest*; **Cambridge University Press**: Cambridge, UK, 2001.

VALE, M. M.; ARIAS, P. A. A.; ORTEGA, G.; CARDOSO, M.; OLIVEIRA, B. F. A.; LOYOLA, R.; SCARANO, F. R. Climate Change and Biodiversity in the Atlantic Forest: Best Climatic Models, Predicted Changes and Impacts, and Adaptation Options. In: Marques, M.C.M., Grelle, C.E.V. (eds) **The Atlantic Forest**. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7_12. p. 253-267. 2021.

VENDRAMI, Juliana Lopes. **Diversidade Funcional em uma floresta de restinga**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

VIBRANS, A. C. et al. Floresta ombrófila densa / editores Alexander Christian Vibrans [et al.] – Blumenau : Edifurb. **Inventário florístico florestal de Santa Catarina**. v.4. 576 p. 2013.

WORTLEY, L.; HERO, J. M.; HOWES, M. J. Evaluating Ecological Restoration Success: A Review of the Literature. **Restoration Ecology**. v21. n5. p.537-543. 2013.

ZAMITH, L. R; SCARANO, F. R. Restoration of a Restinga Sandy coastal plain in Brazil: Survival and growth of planted woody species. **Restoration Ecology**, vol. 14, N. 1, p. 86-94, 2006.

CAPÍTULO 2

PROPAGAÇÃO DE *BYRSONIMA LIGUSTRIFOLIA* A. JUSS, UMA ESPÉCIE DA FLORESTA DE RESTINGA DA MATA ATLÂNTICA

RESUMO

Pouco se sabe sobre formas de propagação de espécies de restinga arbórea. Estudos sugerem que a propagação das espécies do gênero *Byrsonima* é afetada pela dormência de suas sementes, mas ainda não há um consenso sobre a causa e o método mais eficaz a ser utilizado para superar a dormência. Objetivou-se entender as características de propagação da espécie *Byrsonima ligustrifolia*, a fim de subsidiar ações de restauração ecológica da restinga arbórea. Portanto, foi necessário identificar a época de coleta de sementes na região de Florianópolis; caracterizar aspectos morfológicos e fisiológicos dos pirênios (caroços que envolvem as sementes), avaliar a existência e tipo de dormência da semente e avaliar a taxa de germinação. Os testes foram conduzidos em dois experimentos: um composto por seis tratamentos, com cinco repetições de 10 pirênios e outro composto por sete tratamentos de cinco repetições de cinco pirênios cada. Os tratamentos do experimento um consistiram em escarificação térmica em água 60°C, escarificação mecânica com lixa nº 80, imersão em ácido giberélico (GA3) 200mg/L por 4h, escarificação térmica em água a temperatura ambiente 24h, escarificação mecânica com lixa nº 80 e imersão em GA3 200mg/L por 4h. Do experimento dois, consistiram em imersão em ácido giberélico (GA3) 200mg/L por 4h, 24h e 48h e imersão em (GA3) 500mg/L por 4h, 24h e 48h. Os pirênios iniciaram a germinação depois de 15 dias e apresentaram em média 22% de taxa de germinação, com imersão em ácido giberélico (GA3) 200mg/200mL por 4h, indicando ser o tratamento mais eficiente para superar a dormência nas sementes de *Byrsonima ligustrifolia*.

Palavras-chave: Germinação, reprodução, sementes nativas

ABSTRACT

Little is known about propagation methods of tree restinga species. The propagation of species of the genus *Byrsonima* is affected by the dormancy of their seeds, there is still no consensus on the cause and the most effective method to be used to overcome dormancy. The objective was to understand the propagation characteristics of the species *Byrsonima ligustrifolia*, in order to support ecological restoration actions of the tree restinga. Therefore, it was necessary to identify the seed collection period in the Florianópolis region; characterize morphological and physiological aspects of pyrenes, evaluate the existence and type of seed dormancy and evaluate the germination rate. The tests were conducted in two experiments: one consisting of six treatments, with five replications of 10 pyrenes and the other consisting of seven treatments of five replications of five pyrenes each. The treatments in experiment one consisted of thermal scarification in water at 60°C, mechanical scarification with n. 80 sandpaper, immersion in gibberellic acid (GA3) 200mg/L for 4h, thermal scarification in water at room temperature for 24h, mechanical scarification with n. 80 sandpaper and immersion in GA3 200mg/L for 4h. Experiment two consisted of immersion in gibberellic acid (GA3) 200mg/L for 4h, 24h and 48h and immersion in (GA3) 500mg/L for 4h, 24h and 48h. The pyrenes began to germinate after 15 days and presented an average of 22% germination rate, with immersion in gibberellic acid (GA3) 200mg/200mL for 4h, indicating that it is the most efficient treatment to overcome dormancy in *Byrsonima ligustrifolia* seeds.

Keywords: Germination, reproduction, native seeds.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento de espécies dispersas pela fauna e com potencial de uso podem ser especialmente interessantes para a restauração, pois grande parte dessas espécies estão se tornando raras devido a fragmentação e dificuldade de propagação no ecossistema (BRASIL, 2005). Portanto, utilizando essas espécies em plantios de restauração, podemos evitar que entrem em risco de extinção e aumentamos a diversidade genética nos fragmentos florestais (GANDOLFO e HANAZAKI, 2011; SOLÓRZANO, ARIAS e DÁVILA, 2016; ANSOLIN et al., 2016; QIN et al., 2023). Um dos gargalos da restauração ecológica é o conhecimento sobre a propagação das espécies nativas. Este estudo tem o objetivo de avaliar o sucesso de propagação da espécie *Byrsonima ligustrifolia* A. Juss (Malpighiaceae).

Em plantios de restauração florestal, as plantas podem ser introduzidas a partir da semeadura direta, plantio de mudas, plantio de estacas (propagação vegetativa), ou transplante de plântulas e topsoil (JAKOVAC, 2007; VIDAL, 2008, HOLL, 2023). A escolha do método mais adequado de introdução de uma espécie em um plantio de restauração depende das características eco-fisiológicas da planta e das condições ambientais da área em restauração (HARTMANN et al., 2014). Na propagação por sementes, a dormência da semente influencia a taxa de germinação, e o tipo de dormência determina as técnicas necessárias para estimular a germinação (FERREIRA, 2022). Tal conhecimento, no entanto, é escasso para a maioria das espécies tropicais e mais escasso ainda para os ambientes de restinga, os quais são relativamente menos estudados do que as florestas ombrófilas, por exemplo.

A semeadura direta é mais econômica pois não há necessidade da etapa de cultivo no viveiro de mudas, pode ser realizada em larga escala e tem menor custo (FREITAS et al., 2019). Entretanto, é necessário recursos para coletores de sementes e organização da distribuição através da articulação entre as redes de sementes (MAGDALENA, 2022; BALDUINO, 2022). Após a semeadura as sementes ainda podem sofrer predação, herbivoria, dessecação, baixa taxa de germinação e mortalidade de plântulas resultando em um baixo recrutamento (NARUANGSRI, TIANSAWAT e ELLIOTT, 2023). É preciso ultrapassar esses obstáculos para aumentar as chances de sucesso da

semeadura. Plantios de mudas podem ser mais interessantes do que a semeadura direta quando há baixa taxa de germinação das sementes ou as sementes necessitam de condições específicas para a quebra de dormência (HOLL, 2023). Neste caso, as sementes são germinadas em laboratório ou em viveiro para a produção das mudas que serão então plantadas na área em restauração (HOLL, 2023). Portanto, conhecer as características da germinação das sementes de cada espécie é essencial para aumentar as chances de sucesso das iniciativas de restauração ecológica.

Outro fator que influencia o sucesso de germinação das sementes é a forma e época em que são coletadas (GURGEL, 2016). Idealmente a coleta de sementes deve acontecer na época em que os frutos estão maduros, a partir dos frutos recém caídos no solo, pois aumenta a eficácia da limpeza da semente e aumenta a taxa de germinação (BRASIL, 2005). No entanto, em espécies com frutos apreciados pelos animais, poucos frutos vêm a cair no chão, e então a coleta diretamente da árvore pode ser uma estratégia válida desde que os frutos já estejam maduros (GURGEL, 2016). Portanto, o sucesso de germinação de uma semente é resultado de procedimentos adequados desde a coleta até a produção da muda.

Assim, o objetivo deste estudo é avaliar o sucesso de germinação de uma espécie típica das florestas de restinga da Mata Atlântica, a *Byrsonima ligustrifolia* (Malpighiaceae). Essa espécie produz frutos apreciados pelos animais e pelos humanos, possivelmente uma espécie heliófila, características interessantes para uso em plantios de restauração, pois permite maior sobrevivência em ambientes com incidência direta do sol e variações edafoclimáticas constantes. Os frutos desta espécie apresentam potencial biotecnológico pois contém altas concentrações de compostos bioativos e produção de extratos e aromas usados na indústria alimentícia (GERKE, 2020). Existem poucos estudos sobre essa espécie e os estudos de outras espécies do mesmo gênero sugerem variações de dormência e taxa de germinação entre as espécies do gênero *Byrsonima*, que podem ter sementes com dormência física, morfológica ou fisiológica (SOUZA et al., 2020; MURAKAMI, BIZÃO e VIEIRA, 2011; ALBERTO et al., 2011; CARVALHO e NASCIMENTO, 2008; ALEXANDRE et al., 2015; POZOS, CRUZ e CORDOVA, 2013; BARBOSA, MENDONÇA e SMIDERLE, 2020).

1.1 Germinação de sementes florestais

A germinação de sementes é o reinício do processo metabólico a partir da absorção de água e emissão da radícula para o desenvolvimento de uma nova plântula (BEWLEY et al., 2013). A germinação é influenciada pela sinalização ambiental, que estimula a ativação dos hormônios reguladores de crescimento no metabolismo das sementes. Como exemplo, para germinar com sucesso, uma semente não dormente após embebição, deve neutralizar o efeito inibitório do ácido abscísico (ABA) através de catabolismo que inibe a sua biossíntese, e após, estimular a síntese de giberelinas (GAs), grupo de diterpenóides tetracíclicos que ativam a germinação (RAJJOU et al., 2012). A ativação destes hormônios depende também de efeitos da temperatura, luminosidade, profundidade de semeadura, tamanho da semente na germinação de espécies florestais (DAIBES et al., 2019; DANTAS et al., 2020; YADAV et al., 2023).

A dormência é um bloqueio à germinação de uma semente viável, mesmo em condições ambientais favoráveis, em determinado período de tempo, induzida por fatores ambientais ou características genéticas próprias (BASKIN e BASKIN, 2014; NONOGAKI, 2014; YANMEI et al., 2021). A dormência de sementes é controlada através de mecanismos reguladores que estão relacionados a absorção de água, desenvolvimento embrionário, equilíbrio entre substâncias promotoras e inibidoras de crescimento, luz, temperatura, oxigênio, gás carbônico, umidade, entre outros (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). A dormência das sementes é classificada com base na origem, localização e nos mecanismos envolvidos (FERREIRA, 2022), podendo ser fisiológica, morfológica e/ou física.

Naturalmente na floresta ocorrem processos que liberam essa dormência ao longo do tempo e de diferentes formas, de acordo com as características morfofisiológicas de cada espécie (PENFIELD e MACGREGOR, 2017). Em laboratório são realizados procedimentos para acelerar a quebra da dormência e assim promover a germinação (BASKIN e BASKIN, 2020).

Estudos mostram que espécies do gênero *Byrsonima* possuem sementes com dormência física, morfológica e fisiológica, com variação entre espécies (MURAKAMI, BIZÃO e VIEIRA, 2011; ALBERTO et al., 2011; CARVALHO e

NASCIMENTO, 2008; ALEXANDRE et al., 2015; POZOS, CRUZ e CORDOVA, 2013; BARBOSA, MENDONÇA e SMIDERLE, 2020; SOUZA et al., 2020).

A dormência pode ser superada a partir de diferentes técnicas de acordo com o tipo de dormência da semente. A dormência física pode ser superada a partir de um sinal ambiental, como a temperatura, por exemplo, que media a abertura da camada paliçádica do tegumento da semente, a lente, possibilitando a entrada de água e a germinação (BASKIN, BASKIN e LI, 2000; BASKIN, 2003; PAULA et al., 2012).

A dormência morfológica é superada através do armazenamento das sementes por um período de tempo que varia entre as espécies, assim, pós-eliminação da planta mãe, o embrião continua seu crescimento e desenvolvimento até atingir sua maturidade quando poderá germinar (PENFIELD, 2017).

Na dormência fisiológica, os hormônios reguladores de crescimento vegetal como o ácido abscísico (ABA), mantém a dormência, ao contrário das giberelinas (GA), que a superam (SCHWECHHEIMER, 2008; SHAH et al., 2023). A dormência fisiológica pode ser superada através do uso de hormônios endógenos que atuam como reguladores do crescimento vegetal e são produzidos pelas plantas, como a giberelina (GA), por exemplo (SMALL e DEGENHARDT, 2018). As giberelinas são fitohormônios essenciais para muitos processos de desenvolvimento das plantas, como alongamento do caule, expansão foliar, floração, desenvolvimento e germinação de sementes (YAMAUCHI et al., 2004; ZANDONÁ et al., 2021).

Um estudo mostrou que a taxa de germinação de *Byrsonima crassifolia*, por exemplo, é baixa e desuniforme, devido a dois mecanismos que regulam a dormência: um físico, pois o endocarpo espesso do pirênio é uma barreira mecânica para o crescimento do embrião (embora seja permeável à água) e outro mecanismo fisiológico, pois reguladores são necessários para promover a germinação (CARVALHO e NASCIMENTO, 2008). Outros estudos mostraram que as sementes de algumas espécies do gênero *Byrsonima* exibem dormência física por apresentar impermeabilidade tegumentar devido ao embrião estar envolvido em um endocarpo esclerificado formando uma barreira mecânica (VASCONCELOS FILHO, 2008; MORAIS JÚNIOR et al., 2015; SOUZA et al., 2020).

Em *Byrsonima cydoniifolia* a técnica para superação da dormência que apresentou melhor resultado foi realizada com sementes maduras que caíram naturalmente utilizando os pirênios íntegros e embebidos em ácido giberélico na concentração de 1 g/L por 24 horas e semeadas sob alternância de temperatura entre 25 e 35 °C em casa de vegetação ou a céu aberto em substrato arenoso e disponibilidade de água no período mais quente do dia (MURAKAMI, BIZÃO e VIEIRA, 2011).

A germinação da espécie *B. ligustrifolia* ainda é pouco conhecida. Os poucos estudos realizados com esta espécie abordam principalmente o potencial antioxidante (SAMPAIO, HAMERSKI e RIBANI, 2015), a caracterização morfológica da semente (COFFANI-NUNES, AZZOLINI e MORGANTE, 2012) e o potencial biotecnológico para obtenção de extratos e aromas (GERKE, 2020). Portanto, para que essa espécie possa ser utilizada em iniciativas de restauração da restinga, é essencial elucidar a melhor forma de propagação, existência de dormência e germinação.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo foi entender as características de propagação da espécie *Byrsonima ligustrifolia*, a fim de subsidiar ações de restauração ecológica da restinga arbórea. Os objetivos específicos foram:

1. Avaliar as fenofases reprodutivas de *Byrsonima ligustrifolia* e identificar a época de maturação das sementes para a coleta na região de Florianópolis;
2. Caracterizar aspectos morfológicos e fisiológicos dos pirênios;
3. Avaliar o comportamento e tipo de dormência da semente;
4. Avaliar a taxa de germinação sob diferentes tratamentos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização de *Byrsonima ligustrifolia*

Dentre as espécies arbóreas típicas das florestas de restinga está a *Byrsonima ligustrifolia* A. Juss. (Malpighiaceae), popularmente conhecida como murici-vermelho. O murici-vermelho pertence à família Malpighiaceae. Nesta família, dentre os 73 gêneros, *Byrsonima* é um dos principais com 150 espécies (JUDD et al., 2009). O gênero não é exclusivo da Mata Atlântica, ocorrendo também no Cerrado e na Amazônia. No cerrado, as espécies *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth e *B. coccolobifolia* Kunth produzem frutos bastante apreciados pela população, do qual se fazem sucos ou são consumidos *in natura*. Além disso, estas espécies são também usadas para lenha e como medicinal pelas comunidades tradicionais no preparo de condimentos, ação anti-inflamatória e para curtir cachaça (OLIVEIRA, SCUDELLER e BARBOSA, 2017). Outra espécie de interesse é *Byrsonima gardneriana*, importante fonte de alimento para espécies nativas de abelhas, sendo uma espécie melífera e que contribui para a conservação destes insetos (BEZERRA, LOPES e MACHADO, 2009). O conhecimento sobre outras espécies do gênero, no entanto, ainda é escasso, sendo que existem poucos estudos sobre a espécie *Byrsonima ligustrifolia* A. Juss.

O Murici-vermelho produz frutos consumidos *in natura*, sua aparência lembra a groselha, porém são adstringentes e podem facilmente ser despulpados para posterior uso em sucos com cor e sabor bastante apreciados (ROLIM, 2005; FRANCENER e ALMEIDA, 2020; ALVES et al., 2021). Árvore de médio porte ramificada que atinge de 3 a 12 m de altura com copa arredondada e caule aéreo. Os indivíduos adultos de Murici-vermelho apresentam troncos ásperos e de cor cinza esbranquiçados. As folhas de *Byrsonima ligustrifolia* são do tipo cartáceas, simples, oblongas de cor verde clara e possuem estípulas intrapeciolares conadas, triangulares ou ovais. Possuem pecíolo de 0,6 a 1 cm, de forma elíptica, obovada, com o ápice agudo, acuminado ou cuspidado, exibindo uma base atenuada, aguda, com a margem levemente revoluta. A face adaxial é glabrescente e a face abaxial glabrescente ou serícea apenas na

nervura principal, já as nervuras secundárias e terciárias ficam evidentes em ambas as faces. A espécie apresenta de oito a treze nervuras secundárias. As flores são constituídas de sépalas triangulares a ovadas e as pétalas alvas ou róseas, tornando-se vermelhas quando adultas. A inflorescência é do tipo cincino unifloro, e apresenta ovário glabro, ou seja, sem pêlos ou tricomas (FRANCENER et al., 2016; FRANCENER e ALMEIDA, 2020).

As formas de propagação das espécies do gênero *Byrsonima* são mais conhecidas para as espécies como a *Byrsonima crassifolia*, que pode ser propagada por sementes, via propagação assexuada, propagação por estaquia e enxertia (CARVALHO, NASCIMENTO e MÜLLER, 2006). A taxa de germinação desta espécie é relativamente baixa e a emergência da plântula é lenta (LORENZI, 2002; BIZÃO, MURAKAMI e COSTA, 2011). A taxa de germinação é influenciada por diversos fatores, um deles é a dormência de sementes.

3.2 Fenologia reprodutiva

A fim de caracterizar a reprodução da espécie e identificar a época adequada de coleta das sementes, foi observada a fenologia reprodutiva da espécie *Byrsonima ligustrifolia* de janeiro a dezembro do ano de 2023. Foram amostrados oito indivíduos adultos da espécie em quatro fragmentos de restinga arbórea localizados na Fazenda Experimental da Ressacada-UFSC (Fragmentos 1, 3, 4 e 5 da Figura 1). O monitoramento foi realizado a cada 15 dias, quando todos os indivíduos eram visitados e era observada a presença ou ausência de flor, frutos verdes e frutos maduros. Durante o monitoramento era observado também se haviam frutos caídos embaixo da árvore, a fim de verificar a forma adequada de coleta de sementes (do chão ou direto da árvore).

A Fazenda Experimental da Ressacada (FER) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), localizada na Ilha de Santa Catarina, no bairro Tapera, ao Sul da Ilha com base nas coordenadas geográficas 27° 41' 06.28" S; 48°32' 38.81" O. Segundo Köppen possui clima sub-tropical constantemente úmido, sem estação seca, com verão quente. A precipitação normal varia de 1270 a 1600 mm anuais. A média anual da umidade relativa do ar varia em torno de 82%, com insolação total anual de 2021 a 2166 horas. Na FER ocorrem formações de Floresta Ombrófila Densa, áreas de banhados (manchas de formações pioneiras com influência fluvial), e matas de restinga.

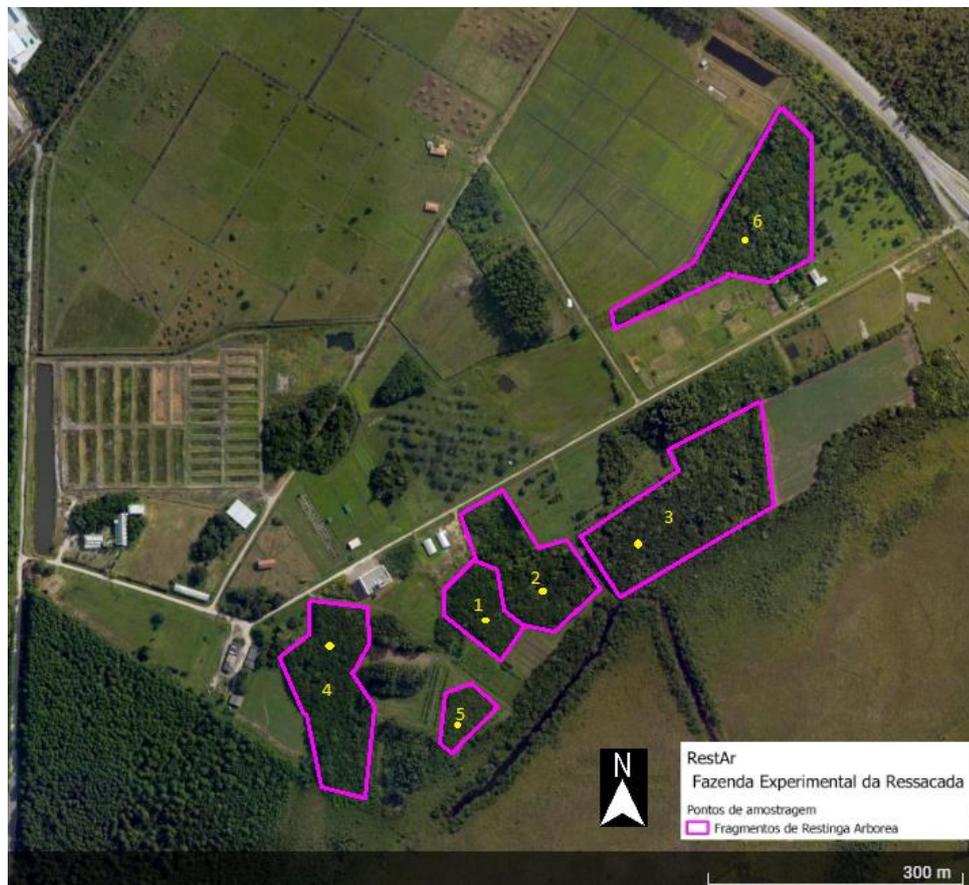


Figura 2. Imagem de satélite (Google Maps) com os limites dos fragmentos florestais, enumerados de 1 a 6, indicando os locais dos pontos de amostragem. Fonte: Laboratório de Ecologia e Manejo de Ecossistemas Florestais (LEMEF/UFSC).

3.3 Obtenção dos pirênios

Para caracterizar aspectos morfológicos e fisiológicos e avaliar a germinação da espécie *B. ligustrifolia*, os pirênios foram provenientes de dois lugares: da Fazenda Experimental da Ressacada (FER-UFSC) em Florianópolis (Figura 2), onde foram coletados por mim das matrizes dos fragmentos de restinga, e do Sítio de Frutas Raras na cidade de Campina do Monte Alegre, estado de São Paulo, de onde foram compradas.

Os frutos foram coletados na FER em março e abril de 2023 diretamente do chão e das árvores. Os frutos coletados apresentaram diversos tons de cor verde até vermelho escuro, pois a maturação dessa espécie é assincrônica. Após a coleta, os frutos foram levados ao Laboratório de Fisiologia Vegetal do Departamento de Botânica da UFSC e armazenados na geladeira à temperatura entre 1,7 e 3,3 °C por dois meses, desde a coleta até o início dos testes de germinação em maio/2023. Foram coletados cerca de 400 pirênios.

Os pirênios adquiridos do Sítio de Frutas Raras, provem da cidade de Campina do Monte Alegre no estado de São Paulo e foram recebidos via correio no mês de junho de 2023 já despolidos e mantidos na geladeira à temperatura entre 1,7 e 3,3 °C. Foram adquiridos 270 pirênios.

3.4 Morfometria dos pirênios e teor de água

A fim de descrever a morfologia e a biometria, foi medido peso fresco e seco, diâmetro e comprimento, utilizando balança de precisão e paquímetro de 256 pirênios de *B. ligustrifolia* obtidos do sítio de SP. Em seguida, foi realizada quebra dos pirênios com maçarico para extração das sementes e observação da morfologia das sementes.

Para compreender aspectos relacionados a tolerância ou sensibilidade à dessecação, foi determinado o teor de água dos pirênios de *B. ligustrifolia*. Sementes ortodoxas podem sobreviver a dessecação e são dispersas pela planta mãe com baixo teor de água (aproximadamente 0,15 g H₂O/g MS-1) e as recalcitrantes possuem sensibilidade à dessecação e não sobrevivem após secagem, por isso são dispersas com alto teor de água (aproximadamente 0,40 g H₂O/g MS-1) (ROBERTS, 1973). Para a determinação do teor de água dos

pirênios utilizou-se a metodologia proposta pelo manual de Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). No experimento 1, foram separadas 5 repetições de dois pirênios cada (totalizando 10 pirênios), pesados em balança analítica, com quatro casas decimais, para determinação do peso fresco (matéria fresca, MF) e peso seco (matéria seca; MS). No experimento 2 foram utilizadas 5 repetições de cinco pirênios cada (totalizando 25 pirênios). Em seguida, as amostras devidamente identificadas foram colocadas em cápsulas de alumínio tampadas e levadas à estufa durante 24h em temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, e depois pesadas para determinação da massa de matéria seca. O teor de umidade nas sementes foi calculado pela equação: $\text{H}_2\text{O} (\%) = (\text{MF}-\text{MS}) / \text{MF} \times 100$ (ROBERTS, 1973).

3.5 Determinação de viabilidade da semente

Antes de iniciar o teste de germinação foi avaliada a viabilidade das sementes. Foi realizado o teste de viabilidade com três amostras sendo cada uma de um estágio de maturação (verde, maduro, muito maduro), contendo 13 pirênios cada provenientes da FER. As sementes foram embebidas em reação com cloreto de 2,3,5 trifenil tetrazólio (2,3,5 TTC; 10%) a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ no escuro por 24h (Brasil, 2009). Em seguida, os pirênios seccionados foram analisados em estereomicroscópio Olympus SZX16 para observar a coloração tecidual, sendo que a coloração vermelha representa viabilidade da semente, ou seja, uma semente viva (Figura 3).



Figura 3. Teste do tetrazólio para determinação da viabilidade das sementes utilizadas no experimento 2. a) Sementes embebidas em trifetil tetrazólio no teste tetrazólio b) Sementes viáveis (vermelho) e não viáveis (sem coloração).

3.6 Teste de germinação

A avaliação da existência e tipo de dormência foi verificada a partir do teste rápido de germinação nos quais foram colocadas para germinar sementes desprovidas de pirênio em câmara de germinação. Foi obtido 0% de taxa de germinação e as sementes mofaram e morreram. Diante desse resultado e de acordo com a literatura, compreendeu-se a existência de dormência. Por consequência, procedemos com os experimentos de quebra de dormência dos pirênios de *B. ligustrifolia* coletados na FER-UFSC de acordo com os experimentos 1 e 2 descritos nos materiais e métodos (item 3.7 e 3.8).

Foram realizados dois experimentos de germinação no Laboratório de Fisiologia Vegetal do departamento de botânica UFSC durante os meses de maio a setembro de 2023 em câmara de germinação tipo B.O.D (Biochemical Oxygen Demand), sob temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. Os pirênios foram colocados em placas de Petri com papel Germitest umedecido com água destilada autoclavada, o qual foi novamente umedecido a cada três dias. Os tratamentos foram monitorados diariamente.

O experimento 1 teve o objetivo de identificar o tipo de dormência das sementes desta espécie. Ele foi construído com base nos resultados de estudos anteriores sobre germinação e quebra de dormência para espécies do gênero *Byrsonima* em diferentes biomas do Brasil. Os pirênios foram provenientes da

FER-UFSC. O experimento 2 foi desenvolvido a partir do resultado do experimento 1, e teve o objetivo de identificar o tempo de imersão e concentração ideais de ácido giberélico para promover a germinação das sementes. Os pirênios foram provenientes do Sítio Frutas Raras.

3.7 Experimento 1 – Frutos coletados na FER/UFSC

O experimento 1 foi implementado no dia 04 de maio e monitorado até 02 de julho de 2023. Os frutos provenientes da FER-UFSC, foram despulpados e lavados em água corrente com o auxílio de uma peneira por 10 minutos e secos à sombra. O teste de tetrazólio foi realizado antes do experimento para verificação da viabilidade das sementes como já descrito acima (BRASIL, 2009).

Após a despolpa, os pirênios foram encaminhados para a câmara de fluxo laminar para desinfecção. Os pirênios inteiros foram imersos em álcool 70% (v/v) por 5 minutos e, em seguida, em solução de NaOCl a 1% de cloro ativo por 5 minutos e lavadas três vezes em água destilada autoclavada de acordo com o protocolo do laboratório (SÁ et al., 2018). Após a desinfecção, os pirênios foram utilizados no experimento e colocados em seis diferentes tratamentos.

Os tratamentos tiveram o objetivo de avaliar a existência de dormência e o tipo de dormência, por isso foi testada a escarificação térmica e mecânica (para quebra de dormência física), pois o endocarpo de parede lenhosa indicou uma possível dormência física, e uso do ácido giberélico (para quebra da dormência fisiológica), pois estudos anteriores indicaram existência desse tipo de dormência em outras espécies do gênero (SOUZA et al., 2020; MURAKAMI et al., 2011; ALBERTO et al., 2011; CARVALHO e NASCIMENTO, 2008; ALEXANDRE et al., 2015; POZOS, CRUZ e CORDOVA, 2013; BARBOSA, MENDONÇA e SMIDERLE, 2020).

O experimento foi composto por seis tratamentos de quebra de dormência, com cinco repetições contendo 10 pirênios cada, totalizando 300 pirênios. Cada repetição foi alocada em uma placa de Petri, totalizando 30 placas alocadas na B.O.D (Figura 4). As placas de Petri foram monitoradas diariamente durante 60 dias quanto à quantidade de pirênios germinados, a qual foi

caracterizada como a emergência da radícula e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião. Com estas informações foi posteriormente calculada a taxa de germinação e tempo decorrido para germinação.

Tratamentos para quebra de dormência no teste de germinação 1.

T1: Controle;

T2: Escarificação térmica em água à temperatura de 60°C por 1 minuto;

T3: Escarificação mecânica do pirênio utilizando lixa nº 80;

T4: Imersão em ácido giberélico (GA3) 200mg/200mL por 4h;

T5: Escarificação térmica em água a temperatura ambiente por 24h;

T6: Escarificação mecânica com lixa nº 80 e imersão em GA3 200mg por 4h.



Figura 4. Distribuição dos pirênios em seis tratamentos em Placas de Petri alocadas na B.O.D do experimento 1.

A escarificação mecânica com lixa nº 80 foi efetuada friccionando individualmente cada pirênio de forma superficial por 30 segundos, na região do pecíolo. Assim, essa técnica possibilita desgaste do tegumento e maior absorção de água pela semente. O método foi utilizado para testar a existência de dormência física, determinada pelo envoltório externo do pirênio.

A escarificação térmica foi utilizada e é recomendada para quebra da dormência física (tegumentar) de sementes. Assim, o tempo de imersão contribui para maior absorção de água pelas sementes e posterior germinação.

A imersão em ácido giberélico é uma técnica utilizada para acelerar o processo de germinação de sementes pois atuam como reguladores endógenos do crescimento vegetal (YAMAUCHI et al., 2004; SMALL e DEGENHARDT, 2018).

3.8 Experimento 2 – Frutos coletados na Fazenda Frutas Raras/SP

O experimento 2 foi implementado no dia 10 de julho e monitorado até 07 de setembro de 2023. Foram utilizados 260 pirênios de *Byrsonima ligustrifolia*, na qual 25 foram usados para o teste de tetrazólio para verificar a viabilidade das sementes, 25 foram utilizados para análise do teor de água do pirênio, 35 para a descrição morfológica e 175 para o experimento.

Como os frutos foram recebidos já despulpados, os pirênios foram armazenados por uma semana em geladeira e em seguida colocados na câmara de fluxo laminar para desinfecção. Os pirênios inteiros foram imersos em álcool a 70% (v/v) por 5 minutos e, em seguida, em solução de NaOCl a 1% de cloro ativo por 5 minutos e lavadas três vezes em água destilada autoclavada (SÁ et al., 2018). Após a desinfecção os pirênios foram alocados em sete diferentes tratamentos e monitorados diariamente durante 60 dias.

Este experimento foi montado a partir dos resultados de germinação do experimento 1 que sugeriu a presença de dormência morfofisiológica em *B. ligustrifolia*. Assim, os experimentos foram realizados em tempos e concentrações diferentes de imersão no ácido giberélico para testar a superação da fisiológica (hormônios inibidores do crescimento do embrião). O experimento foi dividido em seis tratamentos e um controle (Figura 5). Cada tratamento conteve cinco repetições contendo cinco pirênios cada, totalizando 175 pirênios. Para avaliar a taxa de germinação dos pirênios de *B. ligustrifolia* foram testadas diferentes concentrações de GA3. As concentrações foram de 200mg/L¹ (4h, 24h, 48h) e concentração de 500mg/L¹ (4h, 24h e 48h).

Foram avaliados a quantidade de pirênios germinados (emergência da radícula e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião), para posterior cálculo da taxa de germinação e tempo decorrido para germinação.

Tratamentos para o teste de germinação de *B. ligustrifolia* do experimento 2:

T0: controle;

T1: Imersão em ácido giberélico (GA3) 200mg/L por 4h;

T2: Imersão em ácido giberélico (GA3) 200mg/L por 24h;

T3: Imersão em ácido giberélico (GA3) 200mg/L por 48h;

T4: Imersão em ácido giberélico (GA3) 500mg/L por 4h;

T5: Imersão em ácido giberélico (GA3) 500mg/L por 24h;

T6: Imersão em ácido giberélico (GA3) 500mg/L por 48h.

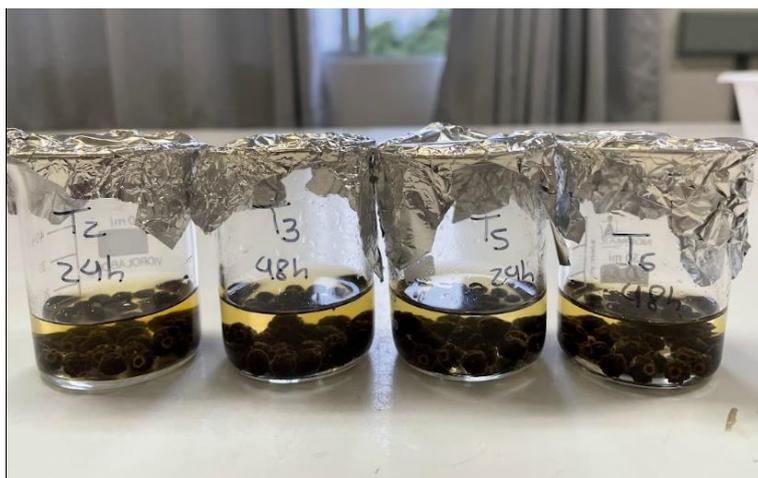


Figura 5. Imersão dos pirênios em ácido giberélico com diferentes concentrações e tempos de imersão no experimento 2.

3.9 Análise de dados

A taxa de germinação foi determinada a partir da porcentagem de pirênios e sementes germinados após 60 dias em cada réplica. A taxa de germinação foi calculada pelo número de pirênios e sementes germinadas dividido pelo total de pirênios utilizados em cada experimento (MARCOS-FILHO, 2015). A diferença entre os tratamentos foi então avaliada através da comparação das médias.

$$\text{Taxa de Germinação (\%)} = \left(\frac{\text{Número de Sementes Germinadas}}{\text{Número Total de Sementes}} \right) \times 100$$

4. RESULTADOS

4.1 Fenologia reprodutiva de *B. ligustrifolia*

A fenologia reprodutiva do murici-vermelho na Fazenda da Ressacada mostrou floração nos meses de Janeiro e Fevereiro e frutificação dos meses de Março a Maio (Figura 6; Tabela 4).

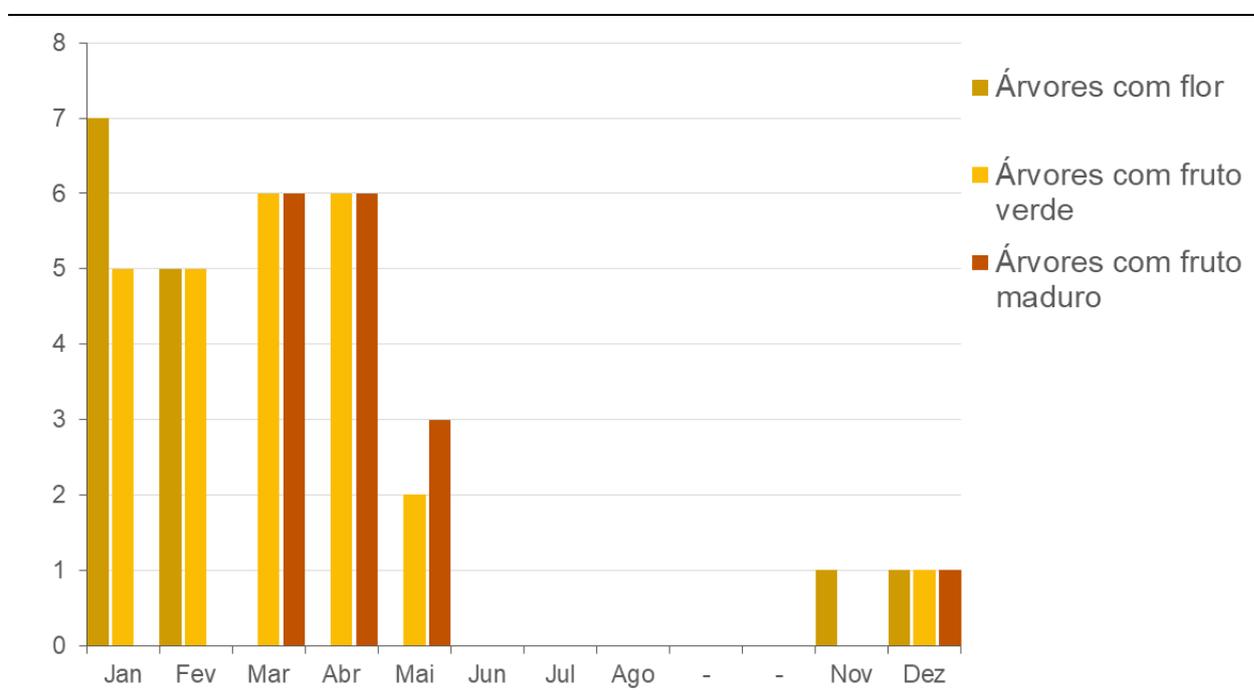


Figura 6. Fenologia reprodutiva de *Byrsonima ligustrifolia* durante o ano de 2023 em quatro fragmentos de floresta de restinga na Fazenda Experimental da Ressacada da UFSC, Florianópolis - SC. Em cada mês foram monitoradas 8 árvores, com exceção dos meses de Setembro e Outubro em que não houve monitoramento.

Frutos verdes iniciaram seu desenvolvimento em janeiro (63% de árvores) com pico entre março e abril apresentando mesmo percentual de frutos maduros nestes meses (75%) e diminuindo a intensidade em maio (25%), onde houve maior índice de frutos maduros (38%) (Tabela 4).

Tabela 4. Fenologia reprodutiva do murici-vermelho na Fazenda da Ressacada mostrou floração nos meses de Janeiro e Fevereiro, frutos verdes de Janeiro a Maio e frutos maduros de Março a Maio.

Mês	Número de árvores monitoradas	FLOR		FRUTO VERDE		FRUTO MADURO	
		Árvores com flor	% flor	Árvores com fruto verde	% fruto verde	Árvores com fruto maduro	% fruto maduro
Jan	8	7	88%	5	63%	0	0%
Fev	8	5	63%	5	63%	0	0%
Mar	8	0	0%	6	75%	6	75%
Abr	8	0	0%	6	75%	6	75%
Mai	8	0	0%	2	25%	3	38%
Jun	8	0	0%	0	0%	0	0%
Jul	8	0	0%	0	0%	0	0%
Ago	3	0	0%	0	0%	0	0%
-	0						
-	0						
Nov	1	1	100%	0	0%	0	0%
Dez	2	1	50%	1	50%	1	50%

Os frutos dessa espécie são caracterizados pelo formato arredondado, que varia entre 1 cm e 2 cm de largura e coloração vermelha quando maduro (Figura 7) (ROLIM, 2005; FRANCENER e ALMEIDA, 2020; ALVES et al., 2021).

Na figura 7 podemos visualizar indivíduos com flores (A e B), frutos verdes e frutos maduros ao longo dos meses de 2023 (C e D). A maturação dos frutos é assíncrona, de modo que ocorrem frutos verdes e maduros ao mesmo tempo na copa das árvores, em todos os meses de frutificação.



Figura 7. Em A observamos uma flor, em B um aglomerado de indivíduos com flores, em C maturação assincrônica e em D escala de frutos verdes a maduros.

4.2 Descrição morfológica dos pirênios de *Byrsonima ligustrifolia*

Os pirênios possuem um epicarpo de coloração marrom avermelhado, são circulares de consistência dura, rugosa e reticulada (Figura 8, A e B) (CARVALHO, NASCIMENTO e MÜLLER (2006). O pirênio é representado por um caroço trilobulado que contém uma semente em cada lóculo, podendo conter de uma até três sementes contidas em lóculos seminíferos individuais (Figura 8, C e D). As sementes têm formato globóide, obovóide a ovóide, tegumento marrom claro, é exalbuminosa e possui superfície lisa (Figura 8, E e F) (BARBOSA, MENDONÇA e SMIDERLE, 2020).

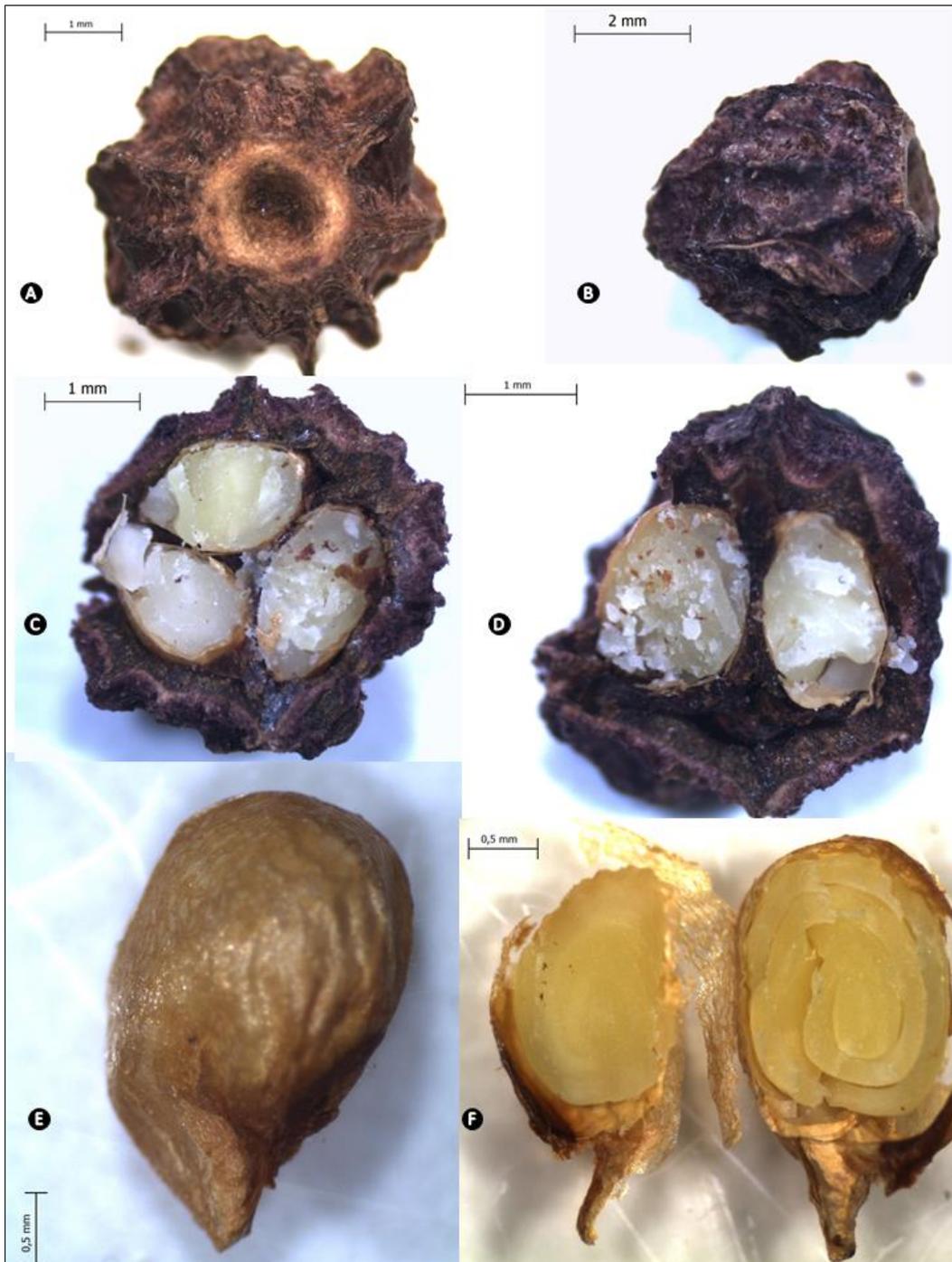


Figura 8. Pirênio e sementes de *Byrsonima ligustrifolia*. Em A e B observamos o pirênio inteiro (escala 1 a 2 mm). Em C e D os pirênios foram cortados ao meio demonstrando que cada pirênio pode ter de uma a três sementes por lóculo (escala 1 mm). Na figura E vemos uma semente inteira com tegumento externo de cor marrom claro (escala 0,5 mm). Na figura F a semente foi cortada ao meio para observação do embrião, que se encontra em espiral (escala 0,5 mm).

Os pirênios com seu formato arredondado levemente elíptico possuem diâmetros médios de $5,9 \pm 0,5$ mm (comprimento) e $5,4 \pm 0,5$ mm (largura). Os pirênios tem peso médio de $0,09 \pm 0,09$ g (Figura 9).

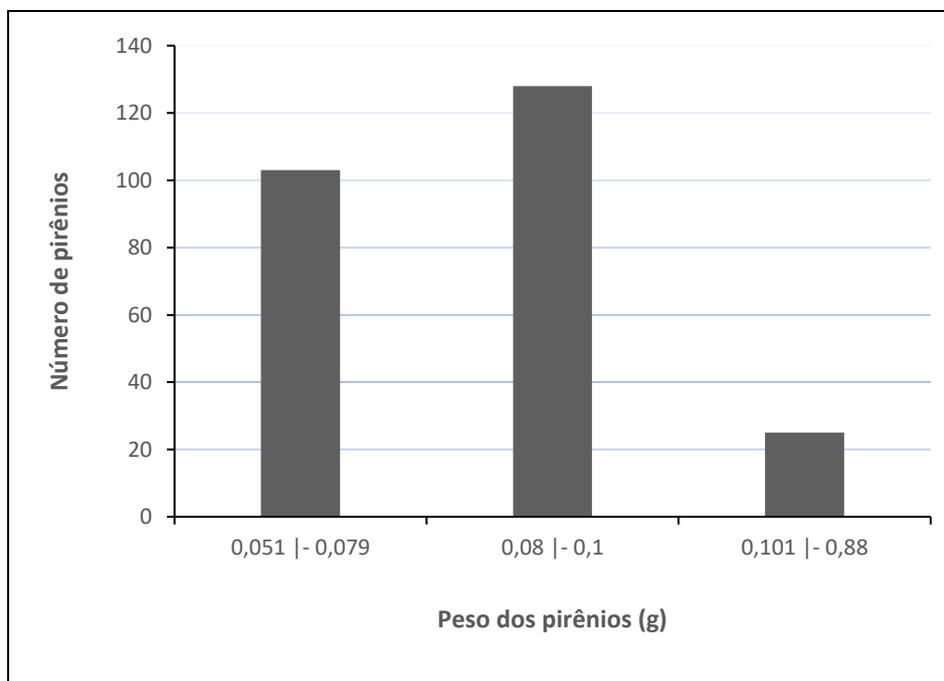


Figura 9. Distribuição dos pesos dos pirênios de *Byrsonima ligustrifolia*. Número amostral de 256 pirênios.

4.3 Teor de água dos pirênios

Os pirênios de *B. ligustrifolia* usados no experimento 1 (provenientes da FER-SC) apresentaram conteúdo de água (CA) médio de 34,61% ($\pm 2,15$). Os pirênios usados no experimento 2 (provenientes do Sítio de SP) apresentaram conteúdo de água (CA) médio de 29,17% ($\pm 0,83$) (Tabela 5).

Tabela 5. Teor de água dos pirênios utilizados em cada experimento. Os valores de massa fresca e seca são dados em gramas e correspondem à massa de um pirênio. O teor de água é dado em porcentagem e calculado como a diferença percentual de massa fresca e seca. São apresentados também a média e desvio padrão das cinco amostras (R1 a R5).

Pirênios de SC - Experimento 1			
Repetições	Massa fresca (g)	Massa seca (g)	Teor H2O (%)
R1	0.085	0.057	33.1
R2	0.095	0.057	40.0
R3	0.084	0.055	34.1
R4	0.079	0.053	32.9
R5	0.076	0.051	32.9
Média	0.084	0.055	34.6
Desvio Padrão	0.005	0.002	2.2

Pirênios de SP - Experimento 2			
Repetições	Massa fresca (g)	Massa seca (g)	Teor H2O (%)
R1	0.105	0.074	29.6
R2	0.096	0.068	28.6
R3	0.088	0.062	30.2
R4	0.098	0.071	27.7
R5	0.086	0.060	29.8
Média	0.095	0.067	29.2
Desvio Padrão	0.006	0.005	0.8

4.4 Testes de germinação

No experimento 1, foi observada germinação apenas no tratamento T4, que consiste em imersão em ácido giberélico (GA3) 200mg por 4h. Os outros tratamentos e o controle não apresentaram nenhum indício de germinação. O tratamento T4 resultou na germinação de 11 pirênios no total das repetições, sendo que quatro repetições apresentaram germinação variando de 1 (10%) a 5 (50%) pirênios (Figura 10-abaixo; Tabela 6), o que corresponde a uma germinação média de $2,2 \pm 1,9$ pirênios germinados por repetição no tratamento T4. Portanto, o tratamento T4 teve uma taxa de germinação de 22 ± 19 % dos pirênios.

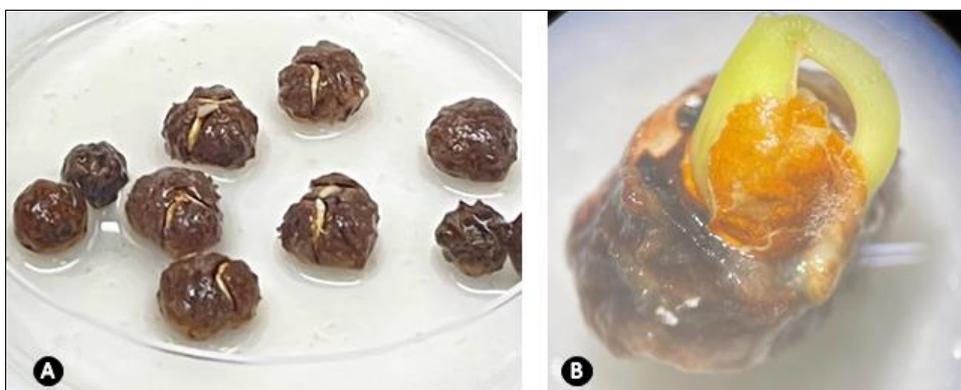


Figura 10. Em A observamos pirênios em processo de germinação no tratamento T4 do experimento 1. Na figura B podemos ver uma semente germinando emitindo os cotilédones.

Ao longo do monitoramento foi possível identificar quantas sementes estavam germinando em cada pirênio do tratamento T4 (Figura 11). Considerando que cada pirênio tem entre duas e três sementes, a taxa de

germinação das sementes no tratamento T4 foi de 12-18% em média (desvio padrão 11-16%) (Tabela 6- abaixo).

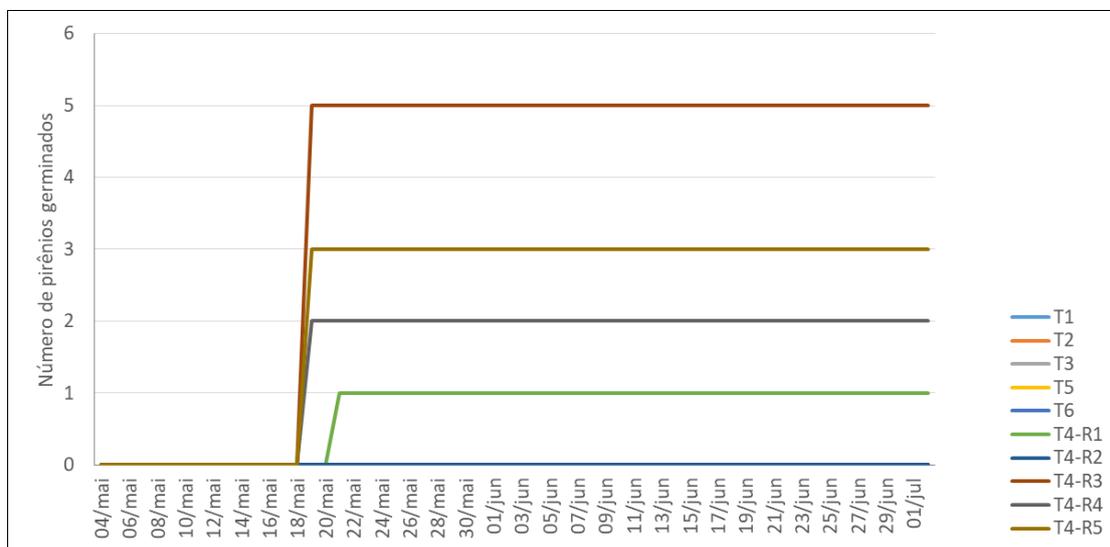


Figura 11. Resultado do teste de germinação do experimento 1. São apresentados o número total de pirênios germinados em cada repetição de cada tratamento, ao longo do tempo monitorado (de 04 de maio a 01 de julho de 2023). Apenas o tratamento T4 (imersão em ácido giberélico 200mg por 4h) resultou em germinação em quatro das cinco repetições.

Tabela 6. Resultado do teste de germinação do tratamento 4 do experimento 1, mostrando os valores absolutos e percentuais de pirênios e sementes germinadas ao final do experimento. A taxa de germinação das sementes foi estimada considerando que cada pirênio pode ter de duas a três sementes, portanto é apresentado.

Repetição	Pirênio		Semente	
	Total germinado	Taxa de germinação	Total germinada	Taxa de germinação (2-3 sementes por pirênio)
T4-R1	1	10%	1	3% 5%
T4-R2	0	0%	0	0% 0%
T4-R3	5	50%	8	27% 40%
T4-R4	2	20%	4	13% 20%
T4-R5	3	30%	5	17% 25%
Média	2.2	0.22	3.6	0.12 0.18
Desvio padrão	1.9	0.2	3.2	0.1 0.2

O fato de que o único tratamento que resultou em germinação no experimento 1 foi o uso de hormônio de crescimento GA3, comparado com o

controle e os demais tratamentos com escarificação física e química, sugere a existência de dormência fisiológica na semente. Após a verificação desses resultados, foi implementado um novo experimento para testar se concentrações maiores ou um tempo maior de imersão em giberelina (GA3) aumentaria as taxas de germinação. A avaliação da taxa de germinação do experimento 2 foi realizada ao longo de 60 dias. No entanto, neste segundo experimento nenhum tratamento apresentou germinação.

Os resultados da presente pesquisa evidenciaram que os pirênios submetidos a adequado período de imersão em ácido giberélico, sugerem uma maior taxa de germinação com o uso de giberelina, devido ao menor tempo de obtenção na emergência de plântulas de *B. ligustrifolia*.

5. DISCUSSÃO

Neste estudo foram observadas plantas florescendo no verão, entre os meses de novembro e dezembro com picos de floração em janeiro (88% dos indivíduos). O declínio da floração iniciou em fevereiro (63%), permanecendo sem flores de março até outubro. No mês de dezembro foi observada floração de apenas dois indivíduos, indicando o início do processo de floração e desenvolvimento de frutos da espécie. Esses resultados estão de acordo com outros estudos que mostraram que a fenologia de diferentes espécies do gênero *Byrsonima*, está relacionada a padrões de floração e frutificação marcados pela sazonalidade, onde foi observado picos de floração no verão e frutificação no início do outono, na região sudeste do Cerrado (PEREIRA et al., 2023). No entanto, a fenologia não condiz com estudos realizados com espécies do mesmo gênero em regiões com regime climático e bioma diferente (Caatinga, Amazônia e Cerrado, por exemplo) (ARAÚJO, 2009; MENDES, RÊGO e ALBUQUERQUE, 2011).

A partir do mês de março os frutos maduros podem ser coletados diretamente da árvore ou do solo assim que caíram. Como a maturação dos frutos é assíncrona, a coleta diretamente da árvore resultará na retirada de muitos frutos imaturos, o que não é ideal. A coleta dos frutos maduros caídos no solo, portanto, pode ser mais adequada, mas os frutos não devem ficar muito tempo no chão (NEWSTROM, FRANKIE e BAKER, 1994).

Os pirênios de *Byrsonima ligustrifolia* têm tamanho e peso que geralmente diferem das descrições de outros estudos do mesmo gênero. Os pirênios, que são as sementes envoltas em uma parte endurecida do fruto, variam de espécie para espécie. Estudos anteriores mostram que, embora os pirênios pertencentes a várias espécies de *Byrsonima* possam variar significativamente em tamanho e peso, eles seguem um padrão geral dentro do gênero. Por exemplo, em um estudo realizado por Silva et al. (2018), os pirênios de *Byrsonima crassifolia* tinham um peso médio de 1 a 2 gramas e um comprimento de 1 a 1,5 cm. Além disso, o estudo de Rodrigues et al. (2019), mostrou que os pirênios de *Byrsonima verbascifolia* tinham características semelhantes. De acordo com esses dados, existe uma diferença nos tamanhos e pesos dos pirênios de *Byrsonima*

ligustrifolia, que apresenta peso médio de 0,09g e comprimento médio de 5,4 mm indicando serem menores do que as outras espécies. Estes resultados diferem pelo fato de serem espécies de outros biomas com condições climáticas diferentes, além de diversas variáveis ecológicas, e por isso, possuam morfometrias diferentes.

O teor de água dos pirênios de *Byrsonima ligustrifolia*, geralmente se relaciona com os resultados de pesquisas anteriores sobre o gênero, apesar de neste estudo apresentar teor levemente maior do que outras espécies. Estudos mostram que os pirênios de várias espécies de *Byrsonima* têm teor de água variável, mas geralmente dentro de uma faixa comum. Por exemplo, estudos como Almeida et al. (2017) e Santos et al. (2020) da região Centro-Oeste e bioma Cerrado e região Norte e bioma Amazônico, respectivamente, descobriram que os pirênios de *Byrsonima crassifolia* e *Byrsonima verbascifolia* têm teores de água entre 10% e 20%. Esses valores estão de acordo com outros estudos do gênero, porém indicam que há uma diferença nas características de armazenamento de água dos pirênios de *Byrsonima ligustrifolia*, que apresenta média variando entre 30% e 40%. Neste estudo pode-se observar que o teor de água médio dos pirênios de SP foi de 29,2% e de SC foi de 34,6%, indicando que os pirênios provenientes de São Paulo são mais secos ou sofreram ressecamento durante a armazenagem.

Diante destes fatos, compreende-se que o teor de água das sementes é um fator crucial para o seu armazenamento e conservação adequados. Sementes com alto teor de água são mais suscetíveis à deterioração e ao desenvolvimento de fungos, o que pode comprometer sua viabilidade (HARRINGTON, 1972; ROBERTS, 1972). Por outro lado, sementes muito secas também podem ter sua viabilidade prejudicada, pois a desidratação excessiva pode danificar os tecidos e afetar o metabolismo da semente (ELLIS, HONG e ROBERTS, 1990). Além disso, outros fatores, como a temperatura e a umidade relativa do ambiente de armazenamento, também desempenham um papel importante na manutenção da qualidade das sementes (ROBERTS, 1972). Portanto, para garantir o armazenamento e a conservação adequados das sementes, é importante determinar o teor de água, que varia de acordo com a

espécie e as condições de armazenamento (ELLIS, HONG e ROBERTS, 1990; HARRINGTON, 1972).

Isto nos dá indícios de que o teor de água pode ser um bom indicador do estágio de maturação e determinará o melhor momento de colheita, fundamental para garantir uma boa germinação e vigor das sementes (DELOUCHE, 1980; HARRINGTON, 1972). Sementes colhidas precocemente, com alto teor de água, podem apresentar problemas de germinação e vigor, enquanto sementes colhidas tardiamente, com baixo teor de água, podem ter sua viabilidade comprometida (ELLIS; HONG; ROBERTS, 1990; ROBERTS, 1972).

Os pirênios *Byrsonima* da região norte e nordeste como *Byrsonima crassifolia* e *Byrsonima verbascifolia* têm teor de água (entre 10% e 20%) que indica que essas sementes são majoritariamente ortodoxas (ALMEIDA et al., 2017; SANTOS et al., 2020). Sementes ortodoxas podem ser dessecadas a teores de água baixos sem perder a viabilidade, o que facilita o armazenamento em condições controladas de baixa umidade e temperatura por longos períodos. Este comportamento está relacionado a características de *Byrsonimas* da região norte, nordeste e centro oeste. Estudos como Almeida et al. (2017) e Santos et al. (2020) confirmaram que essas sementes permanecem viáveis mesmo após a secagem. Esta capacidade de manter a viabilidade após a desidratação é uma adaptação crucial para a sobrevivência em ambientes savânicos e tropicais, onde a disponibilidade de água é limitada.

Essas características se diferem das espécies de *Byrsonima* da região Sul, de bioma Mata Atlântica, pois neste estudo *Byrsonima ligustrifolia* apresentou teor de água maior (29 - 34%) em frutos maduros, isso quer dizer que são dispersas com alto teor de água (aproximadamente 0,40 g H₂O/g MS-1) (ROBERTS, 1973), indicando, portanto, característica de sementes recalcitrantes. O fato dos pirênios provenientes de São Paulo terem teor de água mais baixo do que os de Florianópolis pode sugerir que houve dessecamento durante a armazenagem e transporte e possivelmente as sementes perderam viabilidade (o que foi indicado pelo teste do tetrazólio ao final do experimento 2). Isso poderia explicar a falta de germinação no experimento 2.

Os valores médios das taxas de germinação dos pirênios entre as espécies do gênero *Byrsonima* são variáveis entre estudos, espécies e regiões. Por exemplo, no estudo de Almeida et al. (2017) relataram que a taxa de germinação da *Byrsonima crassifolia* foi de 70% a 80% em condições de laboratório. A taxa de germinação de *Byrsonima verbascifolia* foi de aproximadamente 75% no estudo de Santos et al. (2020).

Esperávamos que a espécie *Byrsonima ligustrifolia* apresentasse dormência morfológica, determinada pelo pirênio espesso, e fisiológica, determinada pelos hormônios inibidores do crescimento do embrião. Esperávamos, portanto, que o tratamento com maior germinação fosse o T6, com escarificação mecânica e imersão no hormônio de crescimento GA3. Essas hipóteses foram baseadas na pouca literatura existente sobre a germinação de sementes espécies deste gênero. O resultado do experimento 1 mostrou nenhum percentual de germinação no tratamento T6 e maior germinação de sementes no tratamento T4, apenas imersas em GA3. Esse resultado junto ao fato de que não houve germinação nos demais tratamentos para quebra de dormência física, sugere a existência de dormência apenas fisiológica em *Byrsonima ligustrifolia*. Este resultado está de acordo com estudos anteriores de outras espécies do gênero *Byrsonima* que encontraram dormência fisiológica (CARVALHO e NASCIMENTO, 2008; ALEXANDRE et al., 2015; MORAIS-JÚNIOR et al., 2015; BARBOSA, MENDONÇA e SMIDERLE, 2020; SOUZA et al., 2020; MORAES et al., 2023). No entanto, este resultado vai contra a hipótese da dormência física, a qual foi encontrada em outras espécies do gênero (CARVALHO e NASCIMENTO, 2008; ALBERTO et al., 2011; POZOS, CRUZ e CORDOVA, 2013; BARBOSA, MENDONÇA e SMIDERLE, 2020; SOUZA et al., 2020; MORAES et al., 2023). Pode ser que a escarificação física no tratamento T6 tenha danificado o embrião, já que é uma tarefa difícil lixar os pirênios tão pequenos. E pode ser que a elevada umidade nas placas de petri do experimento dentro da B.O.D., por pelo menos 15 dias, foram suficientes para quebrar a dormência física através do umedecimento e amolecimento do pirênio, permitindo o aumento de umidade das sementes. Isso concorda com os resultados encontrados por BARBOSA, MENDONÇA e SMIDERLE, (2020), que concluíram que o endocarpo não oferece resistência física para o crescimento

do embrião em um experimento em que os pirênios foram imersos em solução de 500 mg L⁻¹ de GA3 por 48hs e obtiveram uma taxa de germinação de 39%. Carvalho e Nascimento (2008) sugeriram que o endocarpo de *B. crassifolia* é espesso e córneo é permeável à água, mas pode oferecer resistência mecânica. Portanto, concluímos que existe dormência fisiológica nesta espécie, mas não podemos concluir sobre a presença de dormência física ou não.

A taxa de germinação dos pirênios de *Byrsonima ligustrifolia* foi de apenas 22 ± 19 % no T4 com uso de 200mg/L de GA3, o que é inferior à taxa de germinação obtida em outros estudos. Por exemplo, um estudo que utilizou giberelina na concentração de 200mg/L para tratar pirênios de *Byrsonima crassifolia* (L.) Rich. obteve uma taxa de germinação de 93% (CARVALHO e NASCIMENTO, 2008). O estudo de Bizão, Murakami e Costa (2011) utilizou o mesmo tratamento, mas com pirênios de *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss., seguido de trincamento do endocarpo, apresentou 47% de emergência de plântulas. Esses resultados sugerem que a aplicação de giberelina pode ser eficaz para aumentar a taxa de germinação de pirênios de *Byrsonima ligustrifolia*, mas mais estudos são necessários para entender melhor a influência desse hormônio no desenvolvimento de sementes dessa espécie.

O tempo de germinação do gênero *Byrsonima* difere entre as espécies pois a germinação de sementes de *Byrsonima* pode ser lenta e desuniforme, levando de 4 a 8 semanas para ocorrer (MURAKAMI, BIZÃO e VIEIRA, 2011; ARAÚJO et al., 2018). Por outro lado, no estudo de Almeida et al. (2017), os pirênios de *Byrsonima crassifolia* começaram a germinar em cerca de quinze dias após a sementeira e a maioria das sementes germinou dentro de trinta dias em condições de laboratório ideal. De acordo com Santos et al. (2020) os pirênios de *Byrsonima verbascifolia* começaram a germinar por volta dos 20 dias e chegaram ao seu ponto máximo em aproximadamente 40 dias. Em um outro estudo obtiveram um tempo médio de germinação de murici de 23 dias (MORAES et al., 2023).

Neste estudo, a germinação de *Byrsonima ligustrifolia* ocorreu 15 dias após o experimento ser instalado. Foi caracterizado por uma baixa taxa de germinação e desuniforme, pois apenas o tratamento com ácido giberélico apresentou efeito. Portanto, compreendemos que ainda são necessários mais

testes de germinação com *Byrsonima ligustrifolia* para compreender quais as melhores formas de germinar as sementes dessa espécie na restinga arbórea do Brasil.

A partir do estudo dos pirênios e das sementes do gênero *Byrsonima* e de outras espécies florestais, observamos a existência da dormência fisiológica de *Byrsonima ligustrifolia*, e também uso do ácido giberélico para iniciar o processo germinativo para quebrar a dormência fisiológica.

6. REFERÊNCIAS

- AGAPITO, B. P.; SÁ, C. F. C.; ANDRADE, A. C. S.; ARAUJO, D. S. D. The conservation value of forest fragments in a coastal “Restinga” forest in southeastern Brazil. **Journal of Coastal Conservation**. v 27(5). 2023.
- ALEXANDRE, R. F.; IKEDA-CASTRILLON, S. K.; MORAES, F. F.; DUARTE, I. S.; FERNANDEZ-CASTRILLON, J. R. Influência de tratamentos pré germinativos na emergência de *Byrsonima cydoniifolia* A. Juss (Canjiquinha) Malpighiaceae, para produção de mudas no Assentamento Laranjeiras I, Cáceres-MT. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2015.
- ALBERTO, P. S.; SILVA, F. G. CABRAL, J. S. R.; SALES, J. F. PEREIRA, F. D. Methods to overcome of the dormancy in murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich) seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, Universidade Estadual de Londrina. v. 32, n. 3, p. 1015–1020, ISSN: 1676-546X. DOI: 10.5433/1679-0359.2011v32n3p1015. Disponível em <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744109037>>. 2011.
- ALMEIDA, S. P.; COSTA, T. C.; SOUZA, P. H. Caracterização físico-química e viabilidade de sementes de *Byrsonima crassifolia*. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 2, p. 144-152, 2017.
- ALVES, L. L.; FRANCENER, A.; COSTA, M. T. R.; SOBRAL, M. *Byrsonima* (Malpighiaceae) from Espírito Santo state, Brazil. **Phytotaxa**, [S.l.], v. 511, n. 1, p. 1-19, 13 jul. 2021. ISSN 1179-316334. Disponível em: <https://www.mapress.com/j/pt/5>. Acesso em: [14 set. 2023]. doi: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.511.1.1>
- ANSOLIN, R. D.; AGUIAR, M. D.; SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; NETO, J. F. Use of tree species in different forest formations of Santa Catarina, southern Brazil. **Revista Espacios**. Vol. 38 (Nº 17) Año 2017. Pág. 18. 2016.
- ARAÚJO, Rychardson Rocha. **Fenologia e morfologia de plantas e biometria de frutos e sementes de muricizeiro (*Byrsonima verbascifolia* L. Dc.) do Tabuleiro Costeiro de Alagoas / Rychardson Rocha de Araújo**. -- Mossoró. 89f.: il. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Orientador: Prof. D. Sc. Ricardo Elesbão Alves. 2009.
- ARAÚJO, et al. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro, região Nordeste** [recurso eletrônico] / Editores Lidio Coradin, Julcéia Camillo, Frans Germain Corneel Pareyn; Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade. – Brasília, DF: MMA, 2018. 1311 p.
- AZEVEDO, N.H.; MARTINI, A.M.Z.; OLIVEIRA, A.A.; SCARPA, D.L.; **Ecologia na restinga: uma sequência didática argumentativa**. PETROBRAS:USP, IB, LabTrop/Bioln (org.). 1ed. São Paulo: Edição dos autores, 2014. 140p.

BALDUINO, L. Livro do coletor: guia para autogestão e boas práticas da rede de sementes do Xingu / organização Ludmilla Balduino. -- 1. ed. -- Canarana, MT: **Rede de Sementes do Xingu**, 2022.

BARBOSA, C. Z. R.; MENDONÇA, M. S.; SMIDERLE, O. J. Resposta da fratura e integridade dos pirênios embebidos em água e GA3 na germinação de “muricis”. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 8, n. 4, p. 311–318, 2020.

BASKIN, C.C. Breaking physical dormancy in seeds – focussing on the lens. **New Phytologist**, 158: pages: 229-232. 2003. <https://doi-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1046/j.1469-8137.2003.00751.x>

BASKIN, J.M.; BASKIN, C.C. Types of Seeds and Kinds of Seed Dormancy. **Seeds. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination**. Second Edition. Academic Press, Pages 37-77, Chapter 3. mar. 2014.

BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M. Breaking Seed Dormancy during Dry Storage: A Useful Tool or Major Problem for Successful Restoration via Direct Seeding? **Plants**. 2020; 9(5):636. <https://doi.org/10.3390/plants9050636>

BASKIN, J.M.; BASKIN, C.C.; LI, X. Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. **Plant Species Biology**, 15: 139-152. 2000. <https://doi-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1046/j.1442-1984.2000.00034.x>

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds**. Physiology of Development, Germination and Dormancy. Springer New York, NY. 3rd Edition, n:3. 392 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4>. 2013.

BEZERRA, E. S.; LOPES, A. V.; MACHADO, I. C. Biologia reprodutiva de *Byrsonima gardnerana* A. Juss. (Malpighiaceae) e interações com abelhas *Centris* (Centridini) no nordeste do Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 32, n. 1, p. 95–108, jan. 2009.

BIZÃO, N.; MURAKAMI, D.M.; COSTA, A.S. Avaliação dos efeitos da lixiviação, dano mecânico no endocarpo e de giberelinas na emergência de *Byrsonima cydoniifolia* em dois substratos. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 9, n. 1, p. 121–129, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 508 p. (Biodiversidade, 6).

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Brasília: **Regras para análise de sementes**. 2009. 399 p.

CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, W. M. O. Caracterização dos pirênios e métodos para acelerar a germinação de sementes de muruci do clone Açú. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 30, n. 3, p.775-781, setembro. 2008.

CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, W. M. O.; MÜLLER, C. H. Propagação do muricizeiro (*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.). Belém, PA: **Embrapa Amazônia Oriental**, Documentos, 261. 27 p. ISSN 1517-2201. 2006.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. In: Sementes – Ciência, tecnologia e produção. 5. ed. Jaboticabal: **FUNEP**, 2012. p. 167.

COFFANI-NUNES, J.V.; AZZOLINI, A.P.; MORGANTE, P.G. Morphological characterization of fruits and in vitro germination of *Byrsonima ligustrifolia* A. Juss. (Malpighiaceae). **Communications in Plant Sciences** (2237-4027), v. 2, n. 3–4, p. 121–123, 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução Nº 417, de 23 de novembro de 2009**. Disponível em:<http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=598>. Acesso em: 16 de nov. 2022.

DANTAS, B. F.; MOURA, M. S. B., PELACANI, C. R. et al. Rainfall, not soil temperature, will limit the seed germination of dry forest species with climate change. **Oecologia**. 192, 529–541. 2020. <https://doi-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00442-019-04575-x>.

DAIBES, L. F.; AMOÊDO, S. C.; MORAES, J. N.; FENELON, N.; SILVA, D. R.; LOPES, M. J. M.; VARGAS, L. A.; MONTEIRO, E. F.; FRIGERI, R. B. C. Thermal requirements of seed germination of ten tree species occurring in the western Brazilian Amazon. **Seed Science Research**. 29(2):115-123. 2019. doi:10.1017/S0960258519000096.

DELOUCHE, J. C. Environmental Effects on Seed Development and Seed Quality. **HortScience**, v. 15, n. 6, p. 775-780, 1980.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An Intermediate Category of Seed Storage Behaviour? I. Coffee. **Journal of Experimental Botany**, v. 41, n. 9, p. 1167-1174, 1990.

FALKENBERG, D. B. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Insula**, Florianópolis, p. 1-30, 1999.

FERREIRA, Gisela. **Dormência de sementes: provocações e reflexões** / Gisela Ferreira (org.)...et al.; diagramação e capa: Ana Paula Rodrigues da Silva, Emanuelle Possas de Sousa ; foto da capa: Sergio Siliceo de Jesus Abarca. Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu, SP. ISBN: 978-65-89398-11-0 ebook. 2022.

FRANCENER, A.; ALMEIDA, R.F. *Byrsonima* in Flora e Funga do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. 2020. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB8838>>. Acesso em: 20 abr. 2024

FRANCENER, A.; HALL, C. F.; ALMEIDA, R. F.; MAMEDE, M. C. H. Espécies brasileiras do gênero *Byrsonima* (Malpighiaceae). Instituto de Botânica; Museu Paraense Emílio Goeldi; Universidade Estadual de Feira de Santana, **Field Museum Field Guides**. 2016. Disponível em: [fieldguides.fieldmuseum.org/sites/default/files/rapid-color-guides-pdfs/806_brazil_byrsonima.pdf]. Acesso em: 20 maio 2024.

FREITAS, M. G; RODRIGUES, S. B. FILHO, E. M. C.; CARMO, G. H. P. et al. Evaluating the success of direct seeding for tropical forest restoration over ten years, **Forest Ecology and Management**, Volume 438, Pages 224-232, ISSN 0378-1127. 2019.

GANDOLFO, E. S.; HANAZAKI, N. Etnobotânica e urbanização: conhecimento e utilização de plantas de restinga pela comunidade nativa do distrito do Campeche (Florianópolis, SC). **Acta Botanica Brasilica**, 25(1), 168-177. 2011. GERKE, Isabel Borges Bubans. **Estudo da extração sólido-líquido e dos processos de separação por membranas para obtenção de extratos e aromas do Murici vermelho (*Byrsonima ligustrifolia*)**. Tese de doutorado, 125 p. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

GURGEL, F. L. O murucizeiro [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.]: avanços no conhecimento e ações de pré-melhoramento / Fábio de Lima Gurgel, editor técnico. – Brasília, DF: **Embrapa**. 50 p. 2016.

HARTMANN, Hudson T. **Hartmann & Kester's plant propagation: principles and practices**. Ed 8. 2014.

HARRINGTON, J. F. Seed Storage and Longevity. In: KOZLOWSKI, T. T. (Ed.). **Seed Biology**. New York: Academic Press, 1972. p. 145-245.

HOLL, Karen, D. **Fundamentos da Restauração Ecológica**. Traduzido por Nino Amazonas, Angélica Resende e Laura Simões. Instituto de Física. Universidad Nacional Autónoma de México, México. ISBN: 978-1-938128-50-9 ebook. 2023. JAKOVAC, Ana Catarina Conte. **O uso do banco de sementes florestal contido no topsoil como estratégia de recuperação de áreas degradadas**. Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ribeiro Rodrigues. 148 p. Dissertação (mestrado)-Biologia Vegetal. Instituto de Biologia. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. 2007.

JUDD, W.S; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E.A.; STEVENS, P.F; DONOGHUE, M.J. **Sistemática Vegetal: um enfoque filogenético**. 3 ed. - Porto Alegre : **Artmed**. 632 p. : il. color. ; 28 cm. ISBN:978-85-363-1755-7. 2009.

LAUMANN, P. D.; FERREIRA, M. C.; SILVA, D. A.; VIEIRA, D. L. M. Germination traits explain the success of direct seeding restoration in the seasonal tropics of Brazil. **Forest Ecology and Management**, 529, 120706. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120706>. 2023.

- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. São Paulo: Editora Nova Odessa, 2002. v.1, 386p.
- MAGDALENA, B. C. Do quilombo à floresta: guia de plantas da mata atlântica no Vale do Ribeira / organização Bianca Cruz Magdalena. -- 1. ed. -- São Paulo: **ISA - Instituto Socioambiental**, 2022.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Piracicaba: Fealq. Este livro fornece um embasamento teórico detalhado sobre a fisiologia da germinação e métodos de avaliação. 2015.
- MENDES, F.N., RÊGO, M.M.C. & ALBUQUERQUE, P.M.C. Phenology and reproductive biology of two species of *Byrsonima* Rich. (Malpighiaceae) in Cerrado area in Northeastern Brazil. **Biota Neotropical**. Vol. 11, n. 4: <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n4/en/abstract?article+bn0251104>. 2011
- MORAES, A. E. M.; MOTA, V. K. G.; FRISKE, E.; OLIVEIRA, R. A. P. Quebra de dormência e germinação em sementes de murici. **Facit Business and Technology Journal**. QUALIS B1. 2023. FLUXO CONTÍNUO – MÊS DE OUTUBRO - Ed. 46. VOL. 02. Págs. 38-49. ISSN: 2526-4281 <http://revistas.faculdefacit.edu.br>. 2023.
- MORAIS-JÚNIOR, O. P; LEÃO, É. F.; SILVA F. C. E.; SILVA, D. C.; AGUIAR, J. T.; PEIXOTO, N. Métodos para superação de dormência em sementes de murici. **Revista Agrotecnologia**, v.6, n.1, p.01, 2015.
- MURAKAMI, D. M.; BIZÃO, N.; VIEIRA, R. D. Quebra de dormência da semente de Murici. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1257–1265, dez. 2011.
- NARUANGSRI, K.; TIANSAWAT, P.; ELLIOTT, S. Differential seed removal, germination and seedling growth as determinants of species suitability for forest restoration by direct seeding – A case study from northern Thailand, **Forest Ecosystems**, Vol:10, n: 100133. 2023.
- NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A New Classification for Plant Phenology Based on Flowering Patterns in Lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, 26(2), 141–159. <https://doi.org/10.2307/2388804>. 1994.
- NONOGAKI, H. Seed dormancy and germination—emerging mechanisms and new hypotheses. **Frontiers in Plant Science**, [s.l.], v. 5, p. 1-15, 27 maio 2014. DOI=10.3389/fpls.2014.00233
- OLIVEIRA, R. L. C. DE; SCUDELLER, V. V.; BARBOSA, R. I. Use and traditional knowledge of *Byrsonima crassifolia* and *B. coccolobifolia* (Malpighiaceae) in a makuxi community of the Roraima Savanna, Northern Brazil. **Acta Amazonica**, v. 47, n. 2, p. 133–140, 1 abr.

- PAULA, A. S.; DELGADO, C. M. L.; PAULILO, M. T. S.; SANTOS, M. Breaking physical dormancy of *Cassia leptophylla* and *Senna macranthera* (Fabaceae: Caesalpinioideae) seeds: water absorption and alternating temperatures. **Seed Science Research**. 2012. 22(4):259-267. doi:10.1017/S096025851200013X
- POZOS, A. M. G.; CRUZ, E. C.; CORDOVA, C. A. M. Germinación de Semillas de *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth. **Revista Mexicana de Ciencias Forestales**. v. 4, p. 82–89, 2013.
- PENFIELD, S. Seed dormancy and germination. **Current Biology**, Volume 27, Issue 17, Pages R874-R878, 2017. ISSN 0960-9822, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.05.050>.
- PENFIELD, S.; MACGREGOR, D. R. Effects of environmental variation during seed production on seed dormancy and germination, **Journal of Experimental Botany**, Volume 68, Issue 4, 1 February 2017, Pages 819–825, <https://doi.org/10.1093/jxb/erw436>.
- PEREIRA, B. G.; FARIA, A. P.; KUSTER, V. C.; MOREIRA, A. S. F. P. Effect of seasonality on the leaf phenology and physiology of *Byrsonima* species (Malpighiaceae). **Revista de Biología Tropical**, [S. l.], v. 71, n. 1, p. e50344, 2023. DOI: 10.15517/rev.biol.trop.v71i1.50344. Disponível em: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/50344>. Acesso em: 15 jun. 2024.
- QIN, M. Y; ZHAO, H.; ZHANG, S, L.; SHAN, X. Y. et al. Seed dormancy and germination mechanism of rare and endangered plants. **Pakistan Journal of Botany**. v. 55, n. 6, p. 2295-2301, 2023. DOI: [http://dx.doi.org/10.30848/PJB2023-6\(30\)](http://dx.doi.org/10.30848/PJB2023-6(30))
- RAJJOU, L.; DUVAL, M.; GALLARDO, K.; CATUSSE, J.; BALLY, J.; JOB, C.; JOB, D. Seed Germination and Vigor. **Annual Review of Plant Biology**, 63, 507-533. 2012. doi:10.1146/annurev-arplant-042811-105550
- ROBERTS, E. H. **Predicting the storage life of seeds**. AMIA Fall Symposium, 1973. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201303117261>. Acesso em: 05 fevereiro 2024.
- ROBERTO, S.R.; COLOMBO, R.C. Innovation in Propagation of Fruit, Vegetable and Ornamental Plants. **Horticulturae**, 6, 2: 23. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6020023>. 2020.
- ROBERTS, E. H. Viability of Seeds. London: **Chapman and Hall**, 1972.
- RODRIGUES, J. D.; PEREIRA, A. L.; SILVA, M. G.; COSTA, F. N. Morfologia e germinação de pirênios de *Byrsonima verbascifolia* (L.) Rich. ex A. Juss. **Revista de Biologia Tropical**, v. 67, n. 1, p. 145-153, 2019.
- ROLIM, Samira Ismael Elias. **Revisão e redefinição de *Byrsonima* Rich. ex Kunth subg. *Macrozeugma* Nied. (Malpighiaceae)**. Orientador: Vinicius Castro Souza. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Acesso em: 06 fev. 2024.
- SÁ, F.S; PORTO, J.M.P; BRITO, A.L; SANTANA, J.R.F; SOUZA, R.A.V; BRAGA, F.T. In vitro Plantlets Regeneration from Nodal Segments of Murici (*Byrsonima gardneriana*). **Journal of Agricultural Science**, 10:402-408. 2018.

SCHWECHHEIMER, C. Understanding gibberellic acid signaling - are we there yet? **Current Opinion in Plant Biology**. v11, issue 1. p:9–15. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2007.10.011>

SILVA, A. R.; LIMA, L. C.; OLIVEIRA, P. S.; SANTOS, R. M. P. Fenologia reprodutiva e características morfológicas dos pirênios de *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 41, n. 2, p. 329-338, 2018.

SAMPAIO, C. R. P.; HAMERSKI, F.; RIBANI, R. H. Antioxidant phytochemicals of *Byrsonima ligustrifolia* throughout fruit developmental stages. **Journal of Functional Foods**, v. 18, p. 400–410, 1 out. 2015.

SMALL, C.C.; DEGENHARDT, D. Plant growth regulators for enhancing revegetation success in reclamation: A review. **Ecological Engineering**. Volume 118, 2018, Pages 43-51, ISSN 0925-8574, <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.04.010>

SANTOS, A. M.; LIMA, L. C.; CARVALHO, R. E. Teor de água e armazenamento de pirênios de *Byrsonima verbascifolia* em diferentes condições. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 42, n. 1, p. 85-94, 2020.

SOUZA, H. G. A.; AGUIAR, B. A. C.; EPIFÂNIO, M. L. F. G.; SILVA, R. C.; SOUZA, P. B. Tempo de armazenamento e métodos de superação da dormência de pirênios de *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunt. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 8, n. 1, p. 024–030, 2020.

SHAH, S.H., ISLAM, S., MOHAMMAD, F. et al. Gibberellic Acid: A Versatile Regulator of Plant Growth, Development and Stress Responses. **Journal of Plant Growth Regulation**. V:42, p:7352–7373. 2023. <https://doi.org/10.1007/s00344-023-11035-7>

SOLÓRZANO, S.; ARIAS, S.; DÁVILA, P. Genetics and Conservation of Plant Species of Extremely Narrow Geographic Range. **Diversity**. 8, no. 4:31. 2016.

SOUZA JUNIOR, C. N; BRANCALION, P. H. S. Sementes e mudas: guia para a propagação de árvores brasileiras. 2 ed. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2020.

TIETZ, A.L.; APEL, R.P.; MOUGA, D.M.D.S. Caracterização de flora de restinga arbustivo-arbórea no sul de Santa Catarina, Brasil. **Acta Biológica Catarinense**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 36–55, 2023. DOI: 10.21726/abc.v10i2.2056.

VIDAL, Cristina Yuri. **Transplante de plântulas e plantas jovens como estratégia de produção de mudas para a restauração de áreas degradadas**. Orientador: Prof. Dr. Sergius Gandolfi. 171 p.: Dissertação (mestrado) – Recursos Florestais. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP. 2008.

VASCONCELOS FILHO, S. C. **Caracterização anatômica e histoquímica de folhas, calogênese e fitoquímica de calos de murici (*Brysonima verbacifolia* (L.) Ruch, ex Juss)**. 2008. 70p. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

YAMAUCHI, Y.; OGAWA, M.; KUWAHARA, A.; HANADA, A.; KAMIYA, Y.; YAMAGUCHI, S. Activation of Gibberellin Biosynthesis and Response Pathways by Low Temperature during Imbibition of *Arabidopsis thaliana* Seeds, **The Plant Cell**, Volume 16, Issue 2, February 2004, Pages 367–378, <https://doi.org/10.1105/tpc.018143>.

YADAV, N.; KHANDURI, V. P.; SINGH, B.; DHANAI, C. S.; RIYAL, M. K.; RAWAT, D.; AHMAD, T.; KUMAR, M. Effect of Temperature, Seed Size, Sowing Depth, and Position on Seed Germination and Seedling Growth of *Bauhinia retusa* Roxb. and *Bauhinia variegata* L. **Forests**. 14(8):1664. 2023. <https://doi.org/10.3390/f14081664>.

YANMEI, W.; XIAOXUE, Z.; XIUZHENG, Z.; ZHIHUA, Z. et al. Research Progress on Dormancy and Germination Mechanism of Forest Seeds. **Scientia Silvae Sinicae**. 57(10): 128-144. 2021. DOI:10.11707/j.1001-7488.20211013.

ZANDONÁ, L.O., LANDO, A.P., GOETEN, D., STEINER, N. The control over physiological dormancy break by gibberellins in *Calibrachoa sellowiana* (Sendtn.) Wijsman seeds are associated with polyamines. **Acta Physiologiae Plantarum**. v. 43, n. 160. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11738-021-03306-1>

ANEXO 1 E ANEXO 2

Os anexos 1 e 2 podem ser visualizados neste link do Google Drive:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1wg93ul65D_xlgs74Khy4YJPABAMJdeND/edit?usp=sharing&ouid=115789968739797685216&rtpof=true&sd=true