



Universidade de Brasília

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

**Caracterização do habitat específico de *Uebelmannia pectinifera*
Buining subsp. *pectinifera* (Cactaceae), uma espécie ameaçada da
Cadeia do Espinhaço de Minas Gerais, Brasil: subsídios para sua
recuperação populacional e conservação**



ALUNA: Hellen Rocha Manête

ORIENTADORA: Profª Dra. Regina Célia de Oliveira

COORIENTADORA: Dra. Suelma Ribeiro Silva

Brasília - DF
2022



Universidade de Brasília

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA

MESTRADO EM BOTÂNICA

**Caracterização do habitat específico de *Uebelmannia pectinifera*
Buining subsp. *pectinifera* (Cactaceae), uma espécie ameaçada da
Cadeia do Espinhaço de Minas Gerais, Brasil: subsídios para sua
recuperação populacional e conservação**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Botânica da Universidade de Brasília (UnB) como parte dos requisitos obrigatórios para obtenção do título de Mestre em Botânica.

ALUNA: Hellen Rocha Manête

ORIENTADORA: Prof^a Dra. Regina Célia de Oliveira

COORIENTADORA: Dra. Suelma Ribeiro Silva

Brasília - DF
2022

Banca examinadora:

Regina Célia de Oliveira

Presidente da banca

Evandro Luiz Mendonça Machado

Membro externo da banca

(Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri- UFJM)

Marcelo Brilhante de Medeiros

Membro externo da banca

(Embrapa Cenargen)

Cássia Beatriz Rodrigues Munhoz

Suplente (PPGBOT-UnB)

*“Todo-o-mundo é louco.
O senhor, eu, nós, as pessoas todas.
Por isso é que se carece de ajuda:
para se desendoidar, desdoidar,
sair do seu casulo e borboletear na
vida.
O senhor mire e veja, o importante e
bonito no mundo não é isto?
Que as pessoas não estão sempre
iguais,
ainda não foram terminadas,
mas que elas vão sempre mudando.
Trestistecem de tanto sofrimento
e custam a abandonar seus casulos.
Afinam ou desafinam.
Verdade maior é que a vida me
ensinou a coisa mais linda:
é que o homem não está nunca
terminado
sempre pode borboletear por outros
ares.”*

*(Grande Sertão Veredas, Guimarães
Rosa)*

AGRADECIMENTOS

Concluir o mestrado durante a pandemia do Covid 19 não foi uma tarefa fácil, me conectar com as pessoas por vídeo sem o calor humano e não poder executar tudo o que foi planejado tornou a minha caminhada mais desafiadora. Apesar dos desafios, eu consegui e a minha dissertação representa o fim de um ciclo muito importante na minha vida! Porém, sozinha eu não teria alcançado essa vitória, e este é o momento que deixo registrado em palavras toda gratidão e carinho que sinto por todos que fizeram parte direta ou indiretamente desta jornada.

Agradeço primeiramente a Deus por abençoar minha vida, por me dar força e saúde para superar todas as barreiras enfrentadas, principalmente durante a pandemia.

À minha família eu agradeço profundamente por sempre apoiarem as minhas decisões. Especialmente a minha mãe Jane e meu pai Lindomar, que mesmo sem entender muito bem de meu projeto me deram todo suporte e embarcaram junto comigo desde o princípio. Eu não poderia ter tido pais mais incríveis, amo vocês!

Agradeço ao ICMBio/CBC, PAT Espinhaço Mineiro/Pró-espécies e ao CECAV pela bolsa de mestrado, pelo apoio e por toda a logística de campo proporcionada, que permitiu que eu desenvolvesse meu trabalho mesmo durante a pandemia.

Agradeço e direciono também minha eterna gratidão para a minha coorientadora Suelma Ribeiro que me abraçou e confiou no meu potencial desde o princípio, não me cansarei de dizer OBRIGADA! O agradecimento estende-se também à minha orientadora Regina Célia, obrigada por abraçar nosso projeto e me orientar com tanto carinho nessa jornada.

Agradeço à Universidade de Brasília e à Embrapa Cenargen por toda infraestrutura disponibilizada para realização desta dissertação, principalmente ao Dr. Marcelo Brilhante que nos auxiliou financeiramente na realização das análises químicas dos solos, à Andrielle, Gabriela e João Benedito que sempre me ajudaram com toda paciência no herbário CEN.

Aos meus amados amigos, especialmente Rayanne da Cruz, Paloma Silva, Mayco Werllen, Fernando Rocha, Lucas Pessanha e Glaucia Pereira, eu não tenho nem palavras para expressar a gratidão que eu sinto por ter vocês na minha vida. Obrigada por me ouvirem e apoiarem nos meus momentos mais difíceis, pois cada palavra de incentivo que cada um de vocês me deram foi fundamental para que eu chegasse até este momento!

Durante minha passagem no Herbário da Embrapa Cenargen conheci pessoas maravilhosas, muito obrigada pelo incentivo e por todas conversas na hora do almoço que garantiram boas risadas. Por isso, deixo aqui minha eterna gratidão a vocês, Bianca e Maurício, que me ajudaram a identificar as plantas e ensinaram pacientemente sobre taxonomia. À Elisângela, amiga querida, que com toda sua experiência de vida me deu conselhos incríveis, e ao Maximiller que me ajudou também em algumas análises estatísticas.

Agradeço também profundamente à querida Waira Machida que é a delicadeza em pessoa, que me auxiliou nas análises estatísticas sempre com toda paciência e carinho. Você é um ser humano iluminado, foi um prazer ter te conhecido!

O mestrado me deu amigas botânicas maravilhosas que com certeza levarei para sempre na minha vida. Deixo aqui registrada toda gratidão do meu coração especialmente para Raniely, Raiana, Estela e Maria Aparecida, crescendo juntas e sempre nos apoiando desde o dia da seleção de mestrado.

Por alguns campos realizados por anos em Diamantina gostaria de agradecer a Jô e Valmira duas mulheres excepcionais que sempre me receberam tão bem em sua casa e me deram tanto carinho. Gostaria de deixar claro que sem o auxílio no campo do Seu Eustáquio, Dudu, Henrique e João Victor estes resultados não teriam sido colhidos, obrigada por enfrentar comigo os “perrengues”, compartilhar o cansaço e as risadas.

Gratidão, muito obrigada!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	25
2.1. Objetivo geral	25
2.2. Objetivos específicos	25
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1. Táxon-alvo.....	26
3.2. Área de estudo	29
3.3. Coleta dos dados.....	30
3.3.1 Amostragem da vegetação e das populações.....	30
3.3.2 Espécies associadas e fatores abióticos	35
3.4. Análises Estatísticas	36
3.4.1 Comunidade e composição vegetal nos habitats	36
3.4.2 Estrutura populacional.....	37
3.4.3 Interações bióticas e abióticas	38
4. RESULTADOS.....	39
4.1. Qual é a cobertura vegetal e respectiva composição de espécies associadas à presença do táxon-alvo na natureza?	39
4.2. Como está atualmente a estrutura populacional do táxon-alvo e como o mesma está relacionado com a comunidade vegetal?	74
4.3. Quais são as principais variáveis abióticas e bióticas favoráveis à persistência da espécie-alvo?	83
5. DISCUSSÃO.....	91
5.1. Qual é a cobertura vegetal e respectiva composição de espécies associadas à presença do táxon-alvo na natureza?	91
5.2. Como está atualmente a estrutura populacional do táxon-alvo e como a mesma está relacionada com a comunidade vegetal?	93
5.3. Quais são as principais variáveis abióticas e bióticas favoráveis a persistência do táxon-alvo?	95
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	99
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
ANEXOS.....	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Lista de espécies amostradas em três áreas de campo rupestre de ocorrência de <i>Uebelmannia pectinifera</i> subsp. <i>pectinifera</i> no Parque Nacional das Sempre-Vivas, Diamantina – MG. São mostradas categorias de ameaça, forma de vida, ocorrência e voucher (somente material fértil possui voucher), incluindo o acrônimo do herbário... 41	
Tabela 2. Cobertura relativa das espécies amostradas em três áreas no Parque Nacional das Sempre-Vivas, Diamantina, Minas Gerais, pontos de ocorrência e número de habitats. 60	60
Tabela 3. Análise de espécies indicadoras em campo rupestre nas três áreas amostradas no Parque Nacional das Sempre-Vivas em Diamantina, Minas Gerais. 72	72
Tabela 4. Distribuição dos estágios ontogenéticos dos cactos dentre as associações bióticas e abióticas observadas nas três áreas amostradas..... 85	85
Tabela 5. Distribuição dos estágios ontogenéticos dos cactos dentre as associações bióticas com espécies de plantas específicas e abióticas observadas nas três áreas amostradas. 86	86

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização das populações de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* no Parque Nacional das Sempre-Vivas e seu entorno na Cadeia do Espinhaço de Minas Gerais. Autora: Hellen Manête. 27
- Figura 2.** Indivíduos de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* no Parque Nacional das Sempre-Vivas, Minas Gerais. a) *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* entre bromélias. b) Destaque para a flor de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera*. c) Destaque para o fruto de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera*. d) *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* entre rocha. Fonte: Hellen Manête e Suelma Ribeiro. 28
- Figura 3.** Mapa de localização das três áreas amostradas de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* no Parque Nacional das Sempre-Vivas em Diamantina, Minas Gerais. Autora: Hellen Manête. 33
- Figura 4.** Desenho amostral esquemático indicando uma transecção hipotética, com comprimento de 50 metros. Foram delimitadas 10 subparcelas de 5 m x 10 m ao longo de cada transecção para amostragem das populações de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera*. É destacado o método do ponto intercepto realizado para amostragem sistemática da cobertura das espécies vegetais a cada meio metro ao longo da linha central da transecção em cada subparcela. Autora: Hellen Manête. 34
- Figura 5.** Cobertura relativa das 12 espécies mais abundantes nas comunidades vegetais amostradas em 47 transectos no Parque Nacional das Sempre-Vivas em Diamantina, Minas Gerais. 69
- Figura 6.** Perfil de diversidade das três áreas amostradas no Parque Nacional das Sempre-Vivas em Diamantina, Minas Gerais. 71
- Figura 7.** Perfil de diversidade da vegetação amostrada no Parque Nacional das Sempre-Vivas em Diamantina, Minas Gerais. 71
- Figura 8.** Diagrama de ordenação multidimensional não-métrica (NMDS) (a) cobertura relativa por forma de vida. (b) cobertura relativa de espécies vegetais. (c) presença/ausência de espécies vegetais em 47 transecções de amostragem no Parque Nacional das Sempre-Vivas em Diamantina, Minas Gerais. 73
- Figura 9.** Número de indivíduos de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* amostrados em três localidades no Parque Nacional das Sempre-Vivas, Diamantina-MG. 74
- Figura 10.** Estrutura populacional de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* em classes de diâmetro, com destaque para os indivíduos com traços reprodutivos (botão floral, flor ou fruto), e indivíduos sem traços reprodutivos visíveis, amostrados em três localidades no Parque Nacional das Sempre-Vivas, município de Diamantina-MG. Localidades: PNSV 1 (a), PNSV 2 (b) e PNSV 3 (c). 76
- Figura 11.** Estrutura populacional de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* em classes de altura, com destaque para os indivíduos com traços reprodutivos (botão floral, flor ou fruto), e indivíduos sem traços reprodutivos visíveis, amostrados em três localidades no Parque Nacional das Sempre-Vivas, município de Diamantina-MG. Localidades: PNSV 1 (a), PNSV 2 (b) e PNSV 3 (c). 77
- Figura 12.** Número de indivíduos agrupados por estágio do ciclo de vida de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* no Parque Nacional das Sempre-Vivas. Infante: $2,63 \leq$ diâmetro $< 10,53$ mm; Jovem: $10,54 \leq$ diâmetro $< 38,53$ mm; Adulto: $38,54 \leq$ diâmetro $\leq 136,53$ mm. 78
- Figura 13.** Número de indivíduos reprodutivos e não reprodutivos nas populações de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* no Parque Nacional das Sempre-Vivas, Diamantina - MG.

Os indivíduos reprodutivos apresentaram botão floral, flor ou fruto e indivíduos não reprodutivos ausência de botão floral, flor ou fruto.	79
Figura 14. Gráficos de skewness-kurtosis das distribuições diamétricas e hipsométricas dos indivíduos reprodutivos e não reprodutivos de <i>Uebelmannia pectinifera</i> subsp. <i>pectinifera</i> no Parque Nacional das Sempre-Vivas em Diamantina, Minas Gerais.	80
Figura 15. Análise de redundância (RDA) verificando a contribuição da variação estrutural da comunidade vegetal, representada pelas 14 espécies mais abundantes (n>20 indivíduos), para variação na estrutura populacional de <i>U. pectinifera</i> subsp. <i>pectinifera</i> por classes de diâmetro (indicadas em vermelho).	81
Figura 16. Análise de redundância (RDA) verificando a contribuição da variação estrutural na cobertura relativa das formas de vida e cobertura do substrato para variação na abundância de <i>U. pectinifera</i> subsp. <i>pectinifera</i> por classes de diâmetro (indicadas em vermelho).	82
Figura 17. Interações bióticas. a) Indivíduo de <i>U. pectinifera</i> subsp. <i>pectinifera</i> associado à <i>Vellozia</i> sp. b) Indivíduo de <i>U. pectinifera</i> subsp. <i>pectinifera</i> associado à <i>Dyckia</i> sp. c) Indivíduo de <i>U. pectinifera</i> subsp. <i>pectinifera</i> associado à <i>Apochloa</i> sp. d) Indivíduo de <i>U. pectinifera</i> subsp. <i>pectinifera</i> associado à <i>Euphorbia attastoma</i> . Fotos: Hellen Manête e Suelma Ribeiro.	83
Figura 18. Parâmetros químicos com diferenças significativas entre os solos coletados abaixo de bromélia <i>Dyckia</i> sp., <i>Euphorbia attastoma</i> e a Poaceae <i>Apochloa</i> sp. e áreas de solo exposto nas três localidades amostradas. a) Avaliação do pH nos diferentes microhabitats. b) Avaliação do alumínio (Al) nos diferentes microhabitats. c) Avaliação da acidez total (H+AL) nos diferentes microhabitats. d) Avaliação do cobre (Cu) nos diferentes microhabitats. e) Avaliação do ferro (Fe) nos diferentes microhabitats. f) Avaliação do zinco (Zn) nos diferentes microhabitats. São indicados os valores de P calculados através de ANOVA, letras iguais acima dos box-plots indicam que não houve diferenças significativas entre os microhabitats (P<0,05). Círculo preto no interior do box-plot indica a média e a linha contínua indica a mediana.	89
Figura 19. Comparação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) entre <i>Dyckia</i> sp., <i>Euphorbia attastoma</i> , <i>Vellozia</i> sp. e solo exposto medidos entre 13:00 e 14:00. São indicados os valores de P calculados com ANOVA, letras diferentes acima dos box-plots indicam diferenças significativas entre os microhabitats (P<0,05). Círculo preto no interior do box-plots indica a média e a linha contínua indica a mediana.	90

RESUMO

A biodiversidade global está em declínio e ações de proteção e restauração de habitats de espécies ameaçadas de extinção são fundamentais para promover a manutenção de suas populações na natureza. A caracterização dos habitats específicos de ocorrência de espécies raras e ameaçadas fornece informações valiosas que podem contribuir para o entendimento dos tipos de distúrbios existentes na área. Esforços de recuperação de populações de plantas precisam incluir a restauração minuciosa do habitat degradado para garantir a persistência de espécies endêmicas em risco de extinção. Dessa forma, é fundamental o conhecimento das principais características ou requisitos do habitat relacionados às espécies-alvo. Neste contexto, a avaliação da estrutura, a composição das espécies da vegetação, a caracterização da cobertura do solo, e as associações bióticas e abióticas, devem ser analisadas antes de iniciar ações de recuperação das populações de plantas. A associação abiótica em cactáceas envolve mecanismos relacionados ao aumento da umidade e nutrientes e diminuição da luz e temperatura. É observado também, que o conhecimento de aspectos demográficos é essencial para o planejamento de recuperação e conservação de espécies ameaçadas ou raras. Tais estudos permitem determinar quais estágios da história de vida são mais críticos e direcionar esforços para aumentar a sobrevivência, reprodução e vigor da população em longo prazo. *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* é um cacto raro, Em Perigo e endêmico da Cadeia do Espinhaço de Minas Gerais, região inserida entre Cerrado e Mata Atlântica, dois *hotspots* mundiais de biodiversidade. A área de ocorrência conhecida está localizada no interior e no entorno do Parque Nacional das Sempre-Vivas (PNSV), uma das poucas unidades de conservação de proteção integral da região. A destruição de seus habitats naturais, assim como a coleta ilegal envolvendo a retirada de indivíduos da natureza geram graves ameaças a essa espécie. Observações prévias indicam que o estabelecimento de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* na natureza está fortemente relacionado às associações bióticas e abióticas, um padrão documentado na ecologia de cactáceas. Assim, os objetivos deste trabalho foram analisar a composição e cobertura da vegetação, estrutura populacional e avaliar o papel das associações de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* com plantas e rochas, para subsidiar medidas de recuperação e conservação do táxon alvo. Para atingir os objetivos, foram estabelecidos 47 transectos constituídos por 10 parcelas de 5x10 m totalizando a amostragem de 2,35 ha. Para caracterizar a comunidade vegetal foram coletados, identificados e incorporados nos herbários CEN e UB, vouchers do material vegetal coletados nas transecções de amostragem através do método ponto intercepto. Para a avaliação da estrutura da população foram tomadas medidas de diâmetro e altura de todos os indivíduos de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* das parcelas. Foram consideradas plantas e rochas associadas presentes num raio de 20 cm do cacto. A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foi medida simultaneamente no espaço aberto e em três microhabitats: abaixo de *Euphorbia attastoma* Rizzini, *Dyckia* sp. e *Vellozia* spp. As medições da densidade do fluxo fotossintético ativo em $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ foram realizadas de 15 em 15 segundos, durante 10 minutos, entre 13:00 e 14:00 horas. Para avaliar os possíveis efeitos da associação de plantas e as condições químicas do solo foram coletadas e analisadas 138 amostras de solo. As amostras de solo foram feitas embaixo das copas das plantas associadas ao cacto e no solo exposto (sem presença de planta ou rocha) em cada área de estudo. Foram avaliados: pH, Al, Fe, Cu, Zn e Saturação de Al. No programa estatístico R foram feitas as seguintes análises: ANOVA, Redundância, Escalonamento Multidimensional Não-Métrico, Modelos Lineares Generalizados, Histogramas e Qui-quadrado. Nas unidades amostrais, foram registrados 111 espécies vegetais distribuídas em 68 gêneros e 33 famílias. Do total de espécies, 22 são endêmicas dos campos rupestres de Minas Gerais e

cinco foram classificadas em duas categorias de ameaça, de acordo com o CNCFlora. Foi observada a ocorrência da espécie exótica invasora *Melinis minutiflora* P.Beauv. (Poaceae) próximo das transecções. As áreas amostradas apresentaram baixa dissimilaridade entre cobertura relativa por forma de vida e cobertura e ocorrência de espécies. Foram amostrados 337 indivíduos de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* e a estrutura populacional apresentou maior abundância de regenerantes e reprodutivos distribuídos nas classes intermediárias de diâmetro (52,53; 66,53; 80,53; 94,53 mm) e altura (13,4; 23,4 cm), sendo este um padrão relatado para outras cactáceas. Os indivíduos de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* ocorrem associados mais frequentemente com quatro espécies: *Vellozia* sp. (Velloziaceae), *Dyckia* sp. (Bromeliaceae) *Apochloa* sp. (Poaceae) e *Euphorbia attastoma* (Euphorbiaceae). A estrutura populacional por classes de diâmetro caracterizou-se pela maior abundância de indivíduos nas classes intermediárias acima de 38,53 a 94,53 mm, os quais foram mais associados à abundância de *Vellozia cryptantha* Seub., *V. albiflora* Pohl, *V. tillandsioides* Mello-Silva (Velloziaceae), *Cipocereus minensis* (Werderm.) F.Ritter (Cactaceae), *Dyckia* sp. (Bromeliaceae) e *Lagenocarpus* cf. *rigidus* Nees (Cyperaceae). A abundância de indivíduos infantis e jovens (classes de 10,53 a 38,53 mm) foi mais frequente em associação com o subarbusto *Vellozia* sp. e a erva Poaceae sp.1, rocha de quartzito e solo exposto. A associação com plantas aumenta o teor de nutrientes disponíveis no solo e diminui a radiação fotossintética ativa (PAR) nos microhabitats avaliados, onde o sombreamento favorecido pelo dossel das plantas pode beneficiar os cactos infantis e jovens. Concluímos que a especificidade do habitat de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* é alta, sendo demonstrada pelo número elevado de espécies associadas exclusivas dos campos rupestres de Minas Gerais. As populações do cacto apresentam indivíduos regenerantes e adultos reprodutivos, o que traz a possibilidade de estarem deixando descendentes. Não há evidências de distúrbios afetando negativamente a estrutura populacional atual dentro do PNSV, sendo necessária, no entanto, a realização de coletas de dados demográficos anuais para possibilitar o entendimento da viabilidade da população ao longo do tempo. Plantas são fortemente associadas ao cacto e, provavelmente, devem atuar promovendo a facilitação, a qual deve estar relacionada à diminuição da radiação solar direta que os cactos recebem e a uma maior disponibilidade de nutrientes nos solos, contribuindo para o estabelecimento e a manutenção de indivíduos na natureza. No entanto, uma avaliação dos efeitos da luz sobre a germinação de sementes e mudas do cacto abaixo dessas plantas poderá ajudar a elucidar o papel das possíveis facilitadoras. Adicionalmente, apesar desses resultados, a sobrevivência de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* nas áreas estudadas não parece depender dessas associações. A presença da espécie invasora e agressiva *M. minutiflora* traz um alerta para uma possível nova ameaça à persistência das populações do cacto em uma de suas áreas. O manejo de *M. minutiflora* na localidade surge com uma medida de conservação a ser adotada.

Palavras-chave: Ameaças; distúrbios; endemismo; espécie exótica invasora; facilitação; preservação.

ABSTRACT

Global biodiversity is declining and actions to protect and restore habitats of endangered species are fundamental to guarantee their populations in nature. Habitat characterization of rare and endangered species provide valuable information that can contribute to further understand possible disturbances in the area. Recovery efforts of plant populations must include thorough restoration of degraded habitats in order to ensure the persistence of endemic species at risk of extinction. Therefore, the knowledge of main characteristics and habitat requirements of the target species are fundamental. In this context, the evaluation of structure, vegetation species composition, soil cover characterization and its biotic and abiotic associations must be analyzed before plant population recovery actions. Cacti abiotic association involves mechanisms related to humidity, nutrients, light reduction and temperature. It's also observed that the knowledge of demographic aspects is essential to plan recovery and conservation of rare and endangered species. Such studies allow to determine which stages in life's history are more critic and to direct efforts to increase survival, reproduction and vigor of a population in the long-term. *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* is a rare cactus, endangered and endemic to Minas Gerais Espinhaço Range, region inserted between Cerrado biome and Atlantic Forest, two global hotspots of biodiversity. The known area of occurrence is located in the interior and around the Parque Nacional das Sempre-Vivas (PNSV), one of the few integral protection conservation unities in the region. The destruction of its natural habitats as well as the illegal collection of individuals from nature results in dire threats to the species. Previous observations indicates that the settlement of *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* in nature is strongly related to biotic and abiotic associations, a pattern documented in cacti ecology. Thus, the objectives of the present work were to analyze the composition and vegetation cover, populational structure and evaluate the role of *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* association with plants and rocks, aiming to subsidize recovery and conservation measures for the target taxon. To achieve the objectives, 47 transects were established, consisting of 10 plots of 5x10 m, totaling a sampling of 2.35 ha. To characterize the plant community, vouchers of vegetal material, collected through intercept point method, were identified and incorporated in CEN and UB herbaria. To evaluate the population structure, diameter and height measures were taken from all *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* individuals in the plots. Plants and rocks were considered associates in a 20 cm radius from the cactus. The photosynthetic active radiation (PAR) was measured simultaneously in open space and in three microhabitats: under *Euphorbia attastoma* Rizzini, *Dyckia* sp. e *Vellozia* spp. Photosynthetic active density flow measures in $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ were realized in 15 second intervals during 10 minutes, between 13:00 and 14:00 hours. To evaluate the possible effects of plant association and soil chemical condition, 138 soil samples were collected and analyzed. Soil samples were taken under the plant crowns associated with the cactus and in exposed soil (without the presence of plant or rock) in each of the study areas, and pH, Al, Fe, Cu, Zn and Al saturation were evaluated. The following analyzes were performed in the R statistical program: ANOVA, Redundancy, Non-Metric Multidimensional Scaling, Generalized Linear Models, Histograms and Chi-square. In the sampling units, 111 plant species were recorded, distributed in 68 genera and 33 families. Of the total species, 22 are endemic to the rupestrian fields of Minas Gerais and five were classified in two threat categories, according to CNCFlora. The occurrence of the invasive exotic species *Melinis minutiflora* P.Beauv. (Poaceae) was observed near the transects. The sampled areas showed low dissimilarity between relative coverage by life form and species coverage and occurrence. We sampled 337 individuals of *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* and the population structure showed a greater abundance of regenerants and reproductives distributed in the

intermediate classes of diameter (52,53; 66,53; 80,53; 94,53 mm) and height (13,4; 23,4 cm), this being a pattern reported for other cacti. Individuals of *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* occur most frequently associated with four species: *Vellozia* sp. (Velloziaceae), *Dyckia* sp. (Bromeliaceae) *Apochloa* sp. (Poaceae) and *Euphorbia attastoma* (Euphorbiaceae). The population structure by diameter classes was characterized by the highest abundance of individuals in the intermediate classes above 38,53 to 94,53 mm, which were more associated with the abundance of *Vellozia cryptantha* Seub., *V. albiflora* Pohl, *V. tillandsioides* Mello-Silva (Velloziaceae), *Cipocereus minensis* (Werderm.) F.Ritter (Cactaceae), *Dyckia* sp. (Bromeliaceae) and *Lagenocarpus cf. rigidus* Nees (Cyperaceae). The abundance of infant and young individuals (classes from 10,53 to 38,53 mm) was more frequent in association with the subshrub *Vellozia* sp. and the herb Poaceae sp.1, quartzite rock and exposed soil. The association with plants increases the content of available nutrients in the soil and decreases the photosynthetic active radiation (PAR) in the evaluated microhabitats, where the shading favored by the plant canopy can benefit infant and young cacti. We conclude that the habitat specificity of *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* is high, as demonstrated by the high number of associated species exclusive to the rupestrian fields of Minas Gerais. Cacti populations have regenerating individuals and reproductive adults, which brings the possibility that they are leaving offspring. There is no evidence of disturbances negatively affecting the current population structure within the PNSV. However, it is necessary to carry out annual demographic data collections to make it possible to understand the viability of the population over time. Plants are strongly associated with cactus and, probably, should act by promoting facilitation, which must be related to the decrease in direct solar radiation that cacti receive and to a greater availability of nutrients in the soil, contributing to the establishment and maintenance of individuals in nature. However, an assessment about the effects of light on the germination of cactus seedlings below these plants may help to elucidate the role of possible facilitators. Additionally, despite these results, the survival of *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* in the studied areas does not seem to depend on these associations. The presence of the invasive and aggressive species *M. minutiflora* alerts us to a possible new threat to the persistence of cactus populations in one of its areas. The management of *M. minutiflora* in the locality comes with a conservation measure to be adopted.

Keywords: Threats; disorders; endemism; invasive alien species; facilitation; preservation.

1. INTRODUÇÃO

A perda e a degradação de habitats estão entre as principais causas de declínio da biodiversidade global (Goettsch *et al.*, 2015; Bustamante & Metzger, 2019). Conseqüentemente, ações de proteção e restauração de habitats de espécies ameaçadas de extinção são fundamentais para promover a manutenção de suas populações na natureza (Keer & Deguise, 2004).

A avaliação do habitat é um requisito imprescindível para a recuperação e conservação de populações de espécies. Espécies raras exibem uma faixa de distribuição geográfica mais estreita e habitats mais especializados do que aquelas mais comuns (Maschinski *et al.*, 2004). O sucesso da recuperação de populações de uma espécie de planta rara na natureza implica, portanto, no conhecimento prévio dos requisitos de seus habitats (Miller & Hobbs, 2007; Volis, 2016).

A caracterização dos habitats específicos de ocorrência de espécies ameaçadas pode, portanto, contribuir para o entendimento dos tipos de distúrbios existentes na área. Os distúrbios antrópicos quando comparados com os naturais podem afetar mais negativamente e com mais intensidade as populações de espécies de plantas endêmicas. Indivíduos de espécies que ocupam habitats submetidos a distúrbios antrópicos podem ter vida mais curta, com uma menor proporção de sementes, menores níveis de crescimento clonal e capacidade de recuperação menor do que em locais com distúrbios naturais (Aizen, 2007; Pardini *et al.*, 2010; Robinson & Hermanutz, 2015). As iniciativas de recuperação de plantas precisam, portanto, incluir a restauração do habitat degradado para garantir a persistência a longo prazo na natureza de espécies endêmicas em risco de extinção.

O entendimento das características do habitat de uma espécie-alvo, incluindo a estrutura da vegetação, a composição vegetal e a cobertura do solo, deve ser uma etapa

anterior às ações de recuperação e conservação (Miller & Hobbs, 2007). No entanto, informações diretas sobre as preferências de habitat de espécies raras de plantas são relativamente escassas, em particular sobre aquelas espécies micro endêmicas dos campos rupestres da região da Cadeia do Espinhaço de Minas Gerais, onde o estabelecimento bem sucedido de plantas nesses ecossistemas é geralmente limitado por escassez de água, nutrientes e elevada radiação solar (Carvalho *et al.*, 2014; Ribeiro-Silva *et al.*, 2021).

O conhecimento dos aspectos demográficos da população de uma espécie ameaçada é também fundamental para o planejamento de medidas diretas de recuperação e conservação. Por meio destes estudos é possível identificar, por exemplo, se as populações de determinada espécie estão declinando ou estão estáveis e quais estágios da história de vida são mais críticos para direcionar medidas de manejo para aumentar a sobrevivência, reprodução e manutenção da população a longo prazo na natureza (Burmeier & Jensen, 2009; Leimu, 2010). Esses estudos envolvem, por exemplo, o conhecimento da estrutura populacional de plantas, o qual tende a revelar a situação atual de uma população, em relação à quantidade de indivíduos, os estágios ontogenéticos (infantes, jovens e adultos), indivíduos reprodutivos e a sua distribuição em classes diamétricas e hipsométricas (Lopes, 2007; Miranda-Melo *et al.*, 2007; Arantes & Schiavini, 2011).

A Cadeia do Espinhaço de Minas Gerais é conhecida pela elevada riqueza de sua flora, um *hotspot* de biodiversidade dos biomas Cerrado e Mata Atlântica, e desde 2005 é considerada Reserva da Biosfera pela Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (Mittermeier *et al.*, 2004; Echternacht *et al.*, 2011). Nesta localidade encontram-se os campos rupestres, vegetação que abriga cerca de 5.000 espécies vegetais, o que representa 15% da diversidade do Brasil (Silveira *et al.*, 2016). Dentre estas está o

cacto raro e endêmico *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* (Sousa *et al.*, 2021), atualmente classificado na lista vermelha da IUCN (IUCN, 2013) como “Em Perigo (EN)” e incluído também no Apêndice I da Convenção sobre o Comércio Internacional de espécies da fauna e flora selvagens (CITES).

A conservação de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* parece ser fortemente influenciada por associações bióticas e abióticas. Observações de campo realizadas previamente na região (Ribeiro-Silva & Lima, 2012; Sousa *et al.*, 2021) sugerem que os indivíduos crescem e desenvolvem-se sob algumas plantas (*nurse plants*) e rochas (*nurse rocks*) os quais são componentes de seus habitats específicos. Contudo, a avaliação mais detalhada dessa associação e seus efeitos sobre a população de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* ainda permanecem desconhecidos.

Associações bióticas e abióticas em Cactaceae

A estrutura de uma comunidade é composta por vários tipos de interações, e por muito tempo os trabalhos ecológicos focavam apenas nas interações negativas como competição e predação (Withgott, 2000; Bruno *et al.*, 2003). Enquanto, interações positivas eram pouco abordadas, com o passar dos anos foi reconhecido dentro das comunidades a interação de facilitação (Withgott, 2000; Bruno *et al.*, 2003; López *et al.*, 2007), a qual promove efeitos positivos entre dois ou mais organismos sem causar danos a nenhum, ajudando, assim, a melhorar a sobrevivência, recrutamento e crescimento principalmente de plantas (Bruno *et al.*, 2003; Holmgren & Scheffer, 2010).

A facilitação entre plantas caracteriza uma interação interespecífica conhecida na literatura como *nurse plants* (planta enfermeira) onde uma planta adulta melhora as condições do meio para uma planta jovem (Cody, 1993; Withgott, 2000), caracterizando padrões agregados de distribuição de plântulas associadas a copas de arbustos adultos

(Niering *et al.*, 1963; Steenbergh & Lowe, 1969; Callaway, 1995).

Phillips (1909) publicou o primeiro estudo que sugeriu a ocorrência da associação planta enfermeira, onde mudas de *Pinus monophylla* Torr. & Frém. foram observadas ocorrendo, principalmente, sob o arbusto *Artemisia tridentata* Nutt., sendo pouco observadas em áreas expostas. Desde então essa associação tem sido relatada nos estudos realizados em diferentes ambientes do mundo, mas principalmente em desertos (Callaway, 1995; Madrigal-González *et al.*, 2012). Tais estudos buscam evidenciar os mecanismos e os efeitos benéficos que essa interação promove principalmente sobre o recrutamento, crescimento e sobrevivência de plantas que se encontram sob arbustos ou árvores (Callaway, 1995, Carrilo-Garcia *et al.*, 2000; López *et al.*, 2007; Landero & Valiente-Banuet, 2010; Loayza *et al.*, 2017).

Os mecanismos envolvidos na facilitação podem ocorrer de forma direta, como na melhoria das condições de luz e temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes no solo, promovendo microhabitats menos “estressantes”, bem como por mecanismos indiretos, como na atração de polinizadores, micorrizas e proteção contra herbivoria (Callaway, 1995).

Cactaceae é uma família de plantas onde muitas espécies crescem principalmente sob plantas enfermeiras (López *et al.*, 2007) (Anexo 1). Entre os anos de 1931 e 2022, 65 estudos abordaram esta facilitação com 78 espécies de cactáceas associadas a arbustos. As relações variam entre as espécies de cactos e os ambientes, sendo que o México apresenta a maior concentração de estudos. Os principais mecanismos envolvidos na facilitação são: luz e temperatura, disponibilidade de nutrientes e umidade, que se correlacionam e melhoram a germinação, o crescimento e o estabelecimento de cactos jovens sob suas copas (Anexo 1).

Luz e temperatura

O mecanismo de facilitação comumente relatado na literatura de cactáceas é o de luz e temperatura, uma vez que a sombra “fornecida” pelo arbusto melhora o microhabitat do cacto diminuindo a radiação solar e as altas temperaturas, aumentando a sobrevivência, o estabelecimento e a germinação. Sabe-se que a fase mais crítica no ciclo de vida de um cacto são os estágios iniciais, onde os indivíduos estão mais sujeitos a mortalidade porque são menos tolerantes a temperaturas muito altas e alta radiação solar, quando comparados aos indivíduos adultos, sendo uma limitação para o seu crescimento e sobrevivência (Godínez-Álvarez *et al.*, 2003; Landero & Valiente-Banuet, 2010).

Há aproximadamente 91 anos atrás foi publicado no Arizona o primeiro trabalho relatando a importância do sombreamento para plântulas de cactáceas. Neste foi observado que *Carnegiea gigantea* (Engelm.) Britton & Rose ocorria com mais frequência sob *Parkinsonia microphylla* Torr., e em menor proporção em espaços abertos. O experimento realizado no estudo indicou que a sombra "criada" pelo arbusto reduzia a incidência solar diária promovendo melhoria na germinação de sementes (Shreve, 1931).

Alguns anos depois, também no Arizona, Turner *et al.*, (1966) testaram os efeitos do sombreamento na redução da temperatura em um grupo de 1.200 mudas de *Carnegiea gigantea*. O resultado do trabalho mostrou que após um ano, 65% das mudas plantadas na sombra da planta facilitadora sobreviveram e todas as mudas não sombreadas morreram. Principalmente na estação seca nos Estados Unidos, o sombreamento diminui a luz solar que as mudas de *Stenocereus thurberi* (Engelm.) Buxb. recebem, onde cerca de 85% dos cactos amostrados cresceram associados com arbustos (Parker, 1987). Resultados semelhantes foram descritos no estudo realizado no Tehuacán Valley-México onde foi relatado que nos tratamentos sombreados por *Haematoxylum brasiletto* Karst as

temperaturas diurnas são mais baixas, influenciando na sobrevivência e no estabelecimento a longo prazo das mudas de *Neobuxbaumia tetetzo* (F.A.C. Weber ex K. Schum.) Backeb. sendo que, apenas os tratamentos sombreados tinham indivíduos vivos após 2 anos de experimento (Valiente-Banuet & Ezcurra, 1991).

Com o passar dos anos foram realizados mais tratamentos experimentais para comprovar os efeitos da facilitação. Godínez-Álvarez *et al.* (2005) relataram em seu estudo que a sobrevivência de *Stenocereus stellatus* (Pfeiff.) Riccob. está ligada à presença de *Ambrosia deltoidea* (Torr.) Payne, onde a taxa de sobrevivência das mudas em áreas sombreadas ao fim do experimento foi de 91,4%. Em Porto Rico, experimentos de campo realizados com o cacto ameaçado de extinção *Harrisia portoricensis* Britton demonstraram que as condições adequadas para germinação e estabelecimento de plântulas são ótimas em áreas sombreadas pelo dossel de arbustos nativos onde as temperaturas foram mais baixas, enquanto todas as plântulas de local aberto morreram. Os resultados deste trabalho demonstram a importância de ambientes sombreados para os estágios iniciais do ciclo de vida do cacto (Rojas-Sandoval & Meléndez-Ackerman, 2012).

Recentemente, foi conduzido um experimento de germinação de sementes de *Cephalocereus polylophus* (DC.) Britton & Rose sob duas plantas enfermeiras, sugerindo que a facilitação foi crucial para o recrutamento do cacto estudado uma vez que a germinação foi registrada apenas sob arbusto que fornece sombreamento. Todas as plantas de áreas abertas morreram após o primeiro mês de experimento e após 2 anos 4% das mudas sob as plantas enfermeiras sobreviveram (Ortiz-Martínez *et al.*, 2021). Outro estudo recente, realizado no Brasil com o cacto ameaçado de extinção *Uebelmannia buiningii* Donald, indicou os efeitos benéficos da interação, por meio da temperatura mais amena sob os arbustos em relação a espaços não sombreados (Ribeiro-Silva *et al.*, 2021).

Além de reduzir a incidência solar em ambientes desérticos no verão, plantas enfermeiras podem proteger também contra baixas temperaturas no inverno. Estudo desenvolvido no México com o cacto *Carnegiea gigantea*, indicou que em locais mais frios havia mais danos por congelamento do que aqueles protegidos, onde o dossel dos arbustos e árvores ajudam a diminuir o congelamento aumentando as taxas de sobrevivência de cactos jovens (Nobel, 1980).

Apesar dos benefícios, o sombreamento também pode representar um custo para os cactos em termos de radiação fotossinteticamente ativa, pois pode induzir estresse ao limitar a fotossíntese e impedir o desenvolvimento da planta (Kitajima & Fenner, 2000).

Umidade

Plantas enfermeiras exercem um papel fundamental em ambientes áridos, além de estar diretamente relacionada com o mecanismo de luz e temperatura, o sombreamento pode garantir também que a umidade do solo seja prolongada através da retenção de água. Reyes-Olivas *et al.* (2002) sugeriram que a umidade do solo é maior sob arbustos do que em ambiente aberto, o que gera mais disponibilidade de água para os cactos se estabelecerem. Sob plantas enfermeiras com dossel mais denso o microambiente é mais fresco, apresentando maior umidade relativa, ou seja, a planta enfermeira gera efeitos positivos no desempenho inicial de plântulas (Landeró & Valiente-Banuet, 2010). Os cactos jovens de *Echinopsis chiloensis* (Colla) Friedrich & G.D. Rowley e *Eulychnia acida* Phil., estavam mais associados com arbustos onde a umidade relativa sob o dossel foi mais alta em relação aos espaços abertos (Cares *et al.*, 2013).

Durante um monitoramento de 5 anos foi constatado que a emergência e sobrevivência das plântulas de *Polaskia chende* (Gosselin) A.C. Gibson & K.E. Horak foi afetada pela condição ambiental fornecida pela enfermeira *Acacia constricta* Benth, este arbusto inibiu a perda de umidade do solo melhorando assim a germinação das

sementes da cactácea (Ordonez-Salanueva *et al.*, 2017). Ribeiro-Silva *et al.* (2021) constataram que os indivíduos de *Uebelmannia buiningii* crescem associados a determinados arbustos. O que acaba promovendo uma associação positiva, pois debaixo dos arbustos a umidade relativa é maior do que em áreas abertas, o que pode estimular a germinação das sementes do cacto.

Disponibilidade de nutrientes

Sob as plantas enfermeiras, os níveis de nutrientes no solo podem ser mais altos do que nas áreas expostas. O recrutamento de *Neobuxbaumia tetetzo* (F.A.C. Weber ex K. Schum.) Backeb e *Pachycereus hollianus* (F.A.C. Weber) Buxb. é limitado à copa de arbustos. Através de experimento os autores constataram que a concentração de nitrogênio nos solos sob arbustos eram maiores do que em solo exposto (Valiente-Banuet *et al.*, 1991a). Em La Paz, Bolívia, algumas espécies de cactáceas também estavam mais associadas com arbustos. Foram encontrados sob *Prosopis flexuosa* DC. quase dez vezes mais nitrogênio em comparação com áreas abertas (López & Valdivia, 2007). Após um ano de experimento realizado na Argentina os autores salientam que a planta enfermeira melhora o teor de nitrogênio dos cladódios de *Opuntia ellisiana* Griffiths da mesma forma que o esterco ou fertilizantes químicos aplicados ao solo, promovendo melhor germinação e crescimento das mudas (Grünwaldt *et al.*, 2018).

Ao analisar as características físico químicas do solo coletado abaixo de arbustos e em áreas abertas, os resultados indicaram que o teor de Mg (Magnésio) nas condições de sombra foi maior, esse resultado parece ser restritivo para o estabelecimento de mudas de *Stenocereus thurberi* (Engelm.) Buxbaum e *Ferocactus peninsulæ* (F.A.C. Weber) Britton & Rose (Arriaga *et al.*, 1993). No solo sob *Prosopis* sp., os teores de N, P e K foram maiores do que nas áreas abertas, o que pode ser explicado pelo acúmulo de matéria orgânica sob o dossel. Outro resultado aponta que a germinação de sementes de

Coryphantha durangensis (Ruenge) Britton & Rose e *Peniocereus greggii* (Engelm.) Britton & Rose foi melhor sob o arbusto *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. do que em locais abertos, indicando que a melhora da germinação possivelmente se deu a um maior acúmulo de nutrientes sob a planta enfermeira (Muro-Pérez *et al.*, 2014). O solo coletado sob o arbusto *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pav.) Hawkins apresentou maior concentração de nutrientes do que o solo de áreas abertas, os nutrientes estão disponíveis devido à alta matéria orgânica e à decomposição de serrapilheira, o que propiciou melhor taxa de sobrevivência em mudas de 3 espécies de cactos (Garcia-Chavez *et al.*, 2014).

Resultado similar foi relatado para a cactácea *Uebelmannia buiningii* Donald, onde os solos abaixo de *Encholirium subsecundum* (Baker) Mez. apresentaram baixas taxas de pH e concentração de alumínio e maior taxa de micronutrientes, podendo tornar esses locais apropriados para a germinação (Ribeiro-Silva *et al.*, 2021).

Contudo, para a comprovação da ocorrência da facilitação nesses trabalhos são utilizadas duas abordagens que podem ser empregadas juntas ou separadas. A primeira é uma metodologia experimental, onde sementes ou mudas são plantadas sob arbustos e em áreas expostas, e então comparadas as taxas de crescimento e sobrevivência de ambos os locais. Taxas positivas sob arbusto podem indicar que ocorre facilitação (Valiente-Banuet & Ezeurra, 1991; Godínez-Álvarez *et al.*, 2005; Ortiz-Martínez *et al.*, 2021). No entanto, nem sempre é possível realizar tais experimentos. Daí usa-se como uma segunda abordagem uma metodologia observacional que envolve uma análise dos padrões de distribuição de plântulas/juvenis em relação ao tipo de cobertura (ou seja, associada à vegetação vs. espaços abertos). O maior número de indivíduos encontrados sob arbustos é um indicativo de facilitação, embora outros mecanismos também possam explicar o padrão (por exemplo, dispersão diferencial de sementes) (López *et al.*, 2007; López & Valdivia, 2007).

Além da associação de cactos à plantas enfermeiras é reconhecida a sua associação com rochas (*nurse rocks*) onde os indivíduos se estabelecem entre as fendas rochosas, auxiliando na diminuição da temperatura através do sombreamento, além disso, as rochas podem garantir maior proteção, por exemplo, contra o fogo, servindo como uma barreira (Kleier & Lambrinos, 2005; Peters *et al.*, 2008; Conner *et al.*, 2020). Estes locais acumulam matéria orgânica, que é trazida pelas enxurradas e se junta nas fendas, o que torna o ambiente ideal para a germinação de sementes (Godínez-Álvarez *et al.*, 2003). Adicionalmente, as rochas “protegem” os cactos contra predadores. Munguía-Rosas & Sosa, (2008) relataram que o número de sementes de *Pilosocereus leucocephalus* (Poselg.) Byles & G.D. Rowley dentro da cavidade rochosa foi 53 vezes maior do que sob o dossel de arbustos. A diminuição da predação das sementes foi considerada neste estudo o mecanismo mais importante na relação cacto-rocha.

É notória a influência das associações de plantas e rochas na vida dos cactos em várias partes do mundo, e buscar entender como essas ocorrem nos habitats de *U. pectinifera* subsp *pectinifera* torna-se, portanto fundamental para se desvendar a especificidade de seu habitat. Dessa forma, trazemos neste trabalho três questões principais a serem abordadas: (i) Qual é a cobertura vegetal e respectiva composição de espécies associada à sua presença na natureza? (ii) Como está atualmente a sua estrutura populacional e como a mesma está relacionada com a comunidade vegetal? (iii) Quais são as principais variáveis abióticas e bióticas favoráveis à sua persistência.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Examinar as características do habitat e o papel das associações de plantas e rochas sobre a estrutura populacional de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* no Parque Nacional das Sempre-Vivas, na Cadeia do Espinhaço de Minas Gerais, para subsidiar medidas de recuperação e conservação do táxon.

2.2. Objetivos específicos

i) Analisar a composição, estrutura e cobertura da vegetação nas áreas de ocorrência de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera*.

ii) Analisar a estrutura populacional de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera*.

iii) Avaliar o papel das associações de plantas e rochas sobre a estrutura populacional de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Táxon-alvo

Uebelmannia pectinifera subsp. *pectinifera* é um cacto globoso a colunar, microendêmico dos campos rupestres da parte central da Cadeia de Espinhaço de Minas Gerais, uma área de transição entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica. Quatro populações estão localizadas no Parque Nacional das Sempre-Vivas (PNSV) e uma no seu entorno, ocupando uma faixa de altitude entre 1000 e 1400 metros (Fig.1). Pode atingir até 1m de altura e floresce de junho a agosto (Fig.2 a, b, d). Frutifica de julho a setembro, embora alguns frutos tenham sido observados em novembro (obs. pessoal) (Fig. 2 c). Cada indivíduo produz de cinco a oito flores hermafroditas, de cor amarela e, muitos estames os quais, em média, são de 72 ± 15 por flor (Sousa *et al.*, 2021). As flores se abrem às 6h da manhã e permanecem abertas por 24 horas e a germinação do grão de pólen ocorre 6 horas após a polinização. A quantidade de sementes varia de 15 ± 3 por fruto (Sousa *et al.*, 2021). O sistema reprodutivo de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* é do tipo auto-incompatível e a polinização é cruzada, realizada por duas espécies de abelhas solitárias: *Ceratina* sp. e *Chilicola huberi* Ducke (Sousa *et al.*, 2021), as quais atuam como polinizadores efetivos.

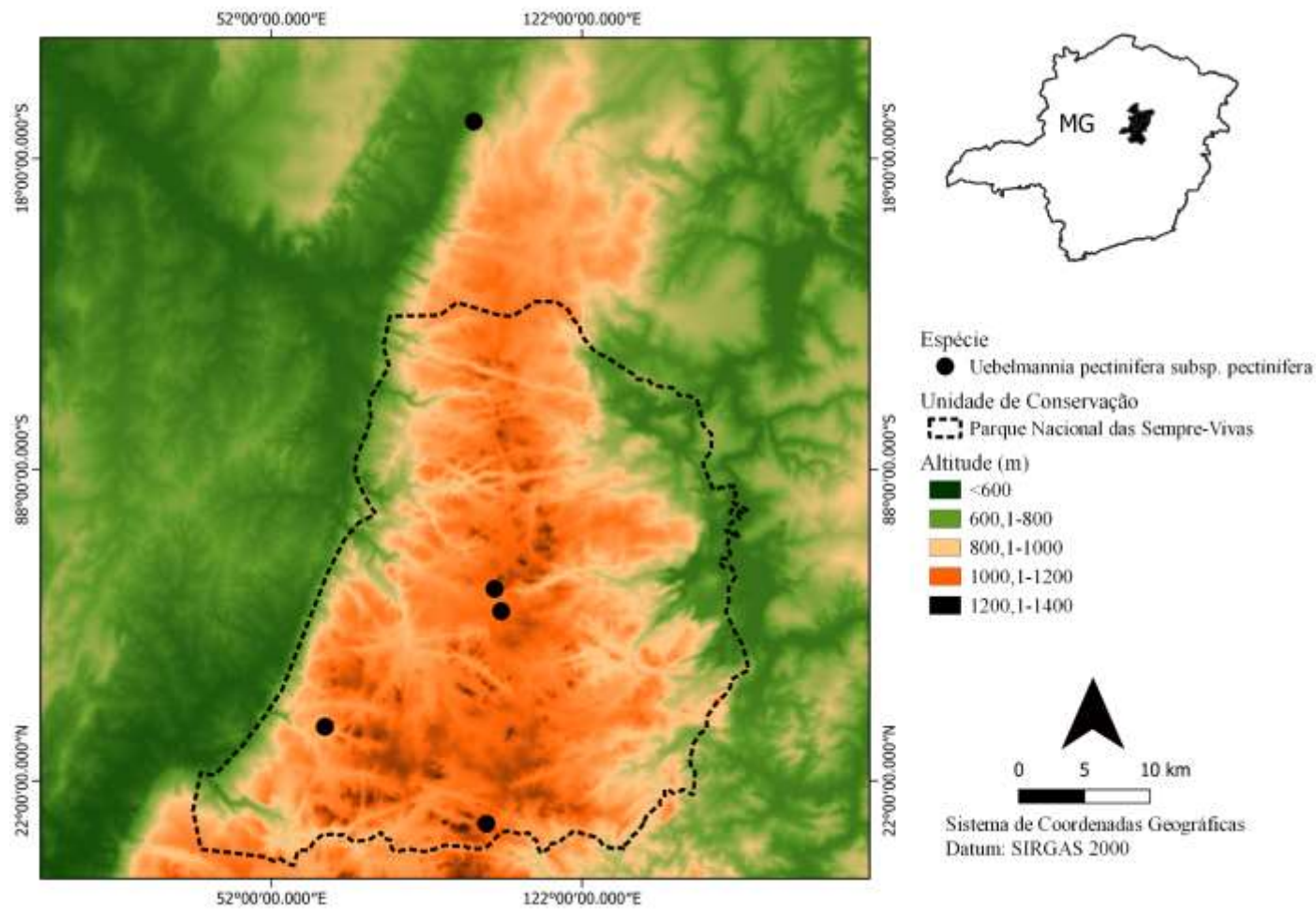


Figura 1. Localização das populações de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* no Parque Nacional das Sempre-Vivas e seu entorno na Cadeia do Espinhaço de Minas Gerais. Autora: Hellen Manête.



Figura 2. Indivíduos de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* no Parque Nacional das Sempre-Vivas, Minas Gerais. a) *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* entre bromélias. b) Destaque para a flor de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera*. c) Destaque para o fruto de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera*. d) *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* entre rocha. Fonte: Hellen Manête e Suelma Ribeiro.

3.2. Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido no interior da área do PNSV (Fig. 3). Essa Unidade de Conservação de Proteção Integral, criada em 2002, possui uma área de aproximadamente 124,154 hectares e abrange os municípios mineiros de Olhos D'Água, Bocaiúva, Buenópolis e Diamantina. Inserido nas bacias hidrográficas dos Rios Jequitinhonha e São Francisco. A unidade protege mais de 600 nascentes e rios importantes como o Curimataizinho e Jequitáí (ICMBio, 2016). Atualmente, a maior população conhecida de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* (134 indivíduos) encontra-se nesta localidade.

Em termos de tipologia biogeográfica esta unidade está incluída no Planalto de Diamantina, considerado o maior centro de diversidade de plantas da Cadeia do Espinhaço (Echternacht *et al.*, 2011). A área está inserida numa paisagem marcada pela extração de minério, ouro e diamante, além do extrativismo (Rapini *et al.*, 2008). Adicionalmente, são observadas ocupações humanas dentro e no entorno do PNSV, que podem ser uma ameaça para as populações do taxon-alvo.

A temperatura média anual varia entre 18° e 19 °C, a qual é influenciada pelas estações do ano com invernos marcadamente frios e secos e verões chuvosos e úmidos. A estação chuvosa ocorre de novembro a março, enquanto a estação seca ocorre de junho a agosto e a precipitação anual varia de 1.250 a 1.550mm (INMET, 2019).

A vegetação presente na região é de campos rupestres que ocorre em altitudes acima de 900 metros e com a presença marcante de afloramentos rochosos de quartzito (Ribeiro & Walter, 2008). A fitofisionomia de campo rupestre é composta por gramíneas ou herbáceas além de lajeados de quartzito com ausência, ou presença de pequenos arbustos ou arvoretas entremeadas entre as fendas (Eiten, 1978; Ribeiro & Walter, 2008). Os solos são do tipo Neossolo Quartzarênico, provenientes da decomposição de

quartzitos e arenitos (Benites *et al.*, 2003), são pobres em nutrientes, possuem pH ácido e pouco capazes de reter água (Araújo *et al.*, 2005; Ribeiro & Walter, 2008; Ranieri *et al.*, 2012; Schaefer *et al.*, 2016).

3.3. Coleta dos dados

3.3.1 Amostragem da vegetação e das populações

São conhecidas quatro populações de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* dentro do PNSV e uma no seu entorno. Porém, com o isolamento social provocado pela pandemia do Covid 19 não foi possível realizar a amostragem de todas as cinco populações, assim, no período de 30/08/2021 a 09/09/2021 amostramos três áreas de ocorrência do táxon-alvo dentro do PNSV (Fig. 3). Essas três áreas são próximas à estrada de acesso utilizada por brigadistas dentro da Unidade de Conservação.

ÁREA PNSV 1

A área se encontra a aproximadamente 35km de São João da Chapada, um distrito de Diamantina, a uma altitude média de 1.400 metros. Para realização do monitoramento contínuo da espécie foram instaladas 11 transecções, cada uma subdividida em 5 parcelas de 10x10 metros, totalizando 55 parcelas (5.500 m²) permanentes aproximadamente 0,55 hectares.

Foi observado que a população do táxon-alvo ocorre em relevo acidentado de afloramentos rochosos de quartzito com aproximadamente 3 metros de altura, formando grandes blocos.

ÁREA PNSV 2

Esta área fica a aproximadamente 50 km de São João da Chapada. Foram instaladas 23 transecções, cada uma subdividida em 10 parcelas de 5x10 metros, totalizando 230 parcelas (11,500 m²). A maior área amostrada com aproximadamente

1,15 ha a altitude média de 1.250 metros.

A população de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* ocorre em lajeados rochosos de quartzito. Foi observado próximo das transecções a presença de fezes de gado em pouca quantidade e somente um indivíduo de *Melinis minutiflora*, espécie exótica invasoras.

ÁREA PNSV 3

Está localizada a cerca de 60 km de São João da Chapada, a uma altitude média de 1.242 metros. Nesta área foram instaladas 13 transecções de amostragem, cada uma subdividida em 10 parcelas de 5x10 metros, totalizando 130 parcelas (6.500 m²) aproximadamente 0,65 hectares.

O PNSV é frequentemente impactado pelo fogo (Soares, 2016), nos arredores das três áreas amostradas dentro do PNSV é registrada a ocorrência de fogo e nas áreas PNSV 2 e 3 foi registrada uma queima em 2011.

Foram estabelecidos 47 transectos, cada um com 10 parcelas de 5x10 metros, resultando em unidades amostrais de 50 m², totalizando 2,35 ha amostrados. Os transectos foram alocados de forma sistemática com auxílio de um clinômetro (Suunto PM-5/360PC) e lanterna seguindo a curva de nível do terreno para minimizar as variações do solo em cada conjunto de parcelas (transecto).

A cobertura por espécies foi avaliada em 10 subparcelas nas transecções através do método do ponto intercepto (Brower *et al.*, 1990), que consiste em observações sistemáticas a cada 50 cm ao longo do eixo central da transecção de 50 m (Fig. 4). Em cada ponto foi registrada a presença ou ausência de substrato (solo exposto ou rocha de quartzito) ou presença de outras espécies vegetais. Isso permitiu observar cada condição de microhabitat em função de sua cobertura.

Para a amostragem da estrutura populacional de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera*

foram coletados os dados de diâmetro e altura dos indivíduos dentro das 415 parcelas permanentes distribuídas ao longo dos 47 transectos. Para medir os dados de altura e diâmetro foram utilizados fita métrica e paquímetro digital (Mitutoyo). Foi observado também a presença de indivíduos reprodutivos indicando presença/ausência de flor, frutos e sementes.

A pesquisa e a coleta do material botânico foram autorizadas pelo órgão competente – ICMBio (SISBio N° 32408). O material estéril não foi incorporado em nenhum herbário enquanto que o material fértil foi incorporado no Herbário UB e no Herbário CEN. As informações sobre a nomenclatura botânica correta, o endemismo, o grau de ameaça e a distribuição geográfica das espécies registradas foram obtidas no site da Flora do Brasil (FLORA DO BRASIL, 2020).

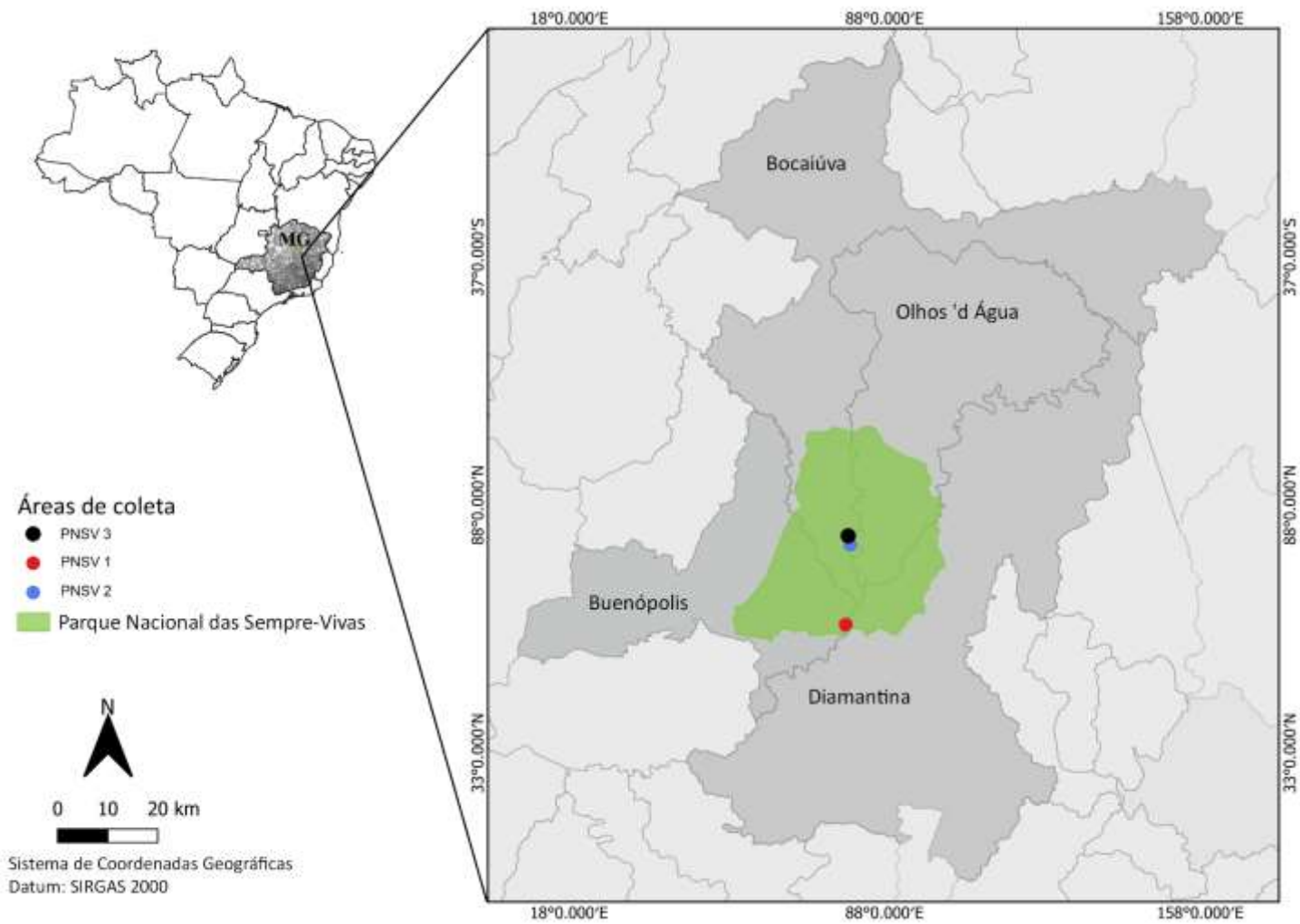


Figura 3. Mapa de localização das três áreas amostradas de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* no Parque Nacional das Sempre-Vivas em Diamantina, Minas Gerais. Autora: Hellen Manête.

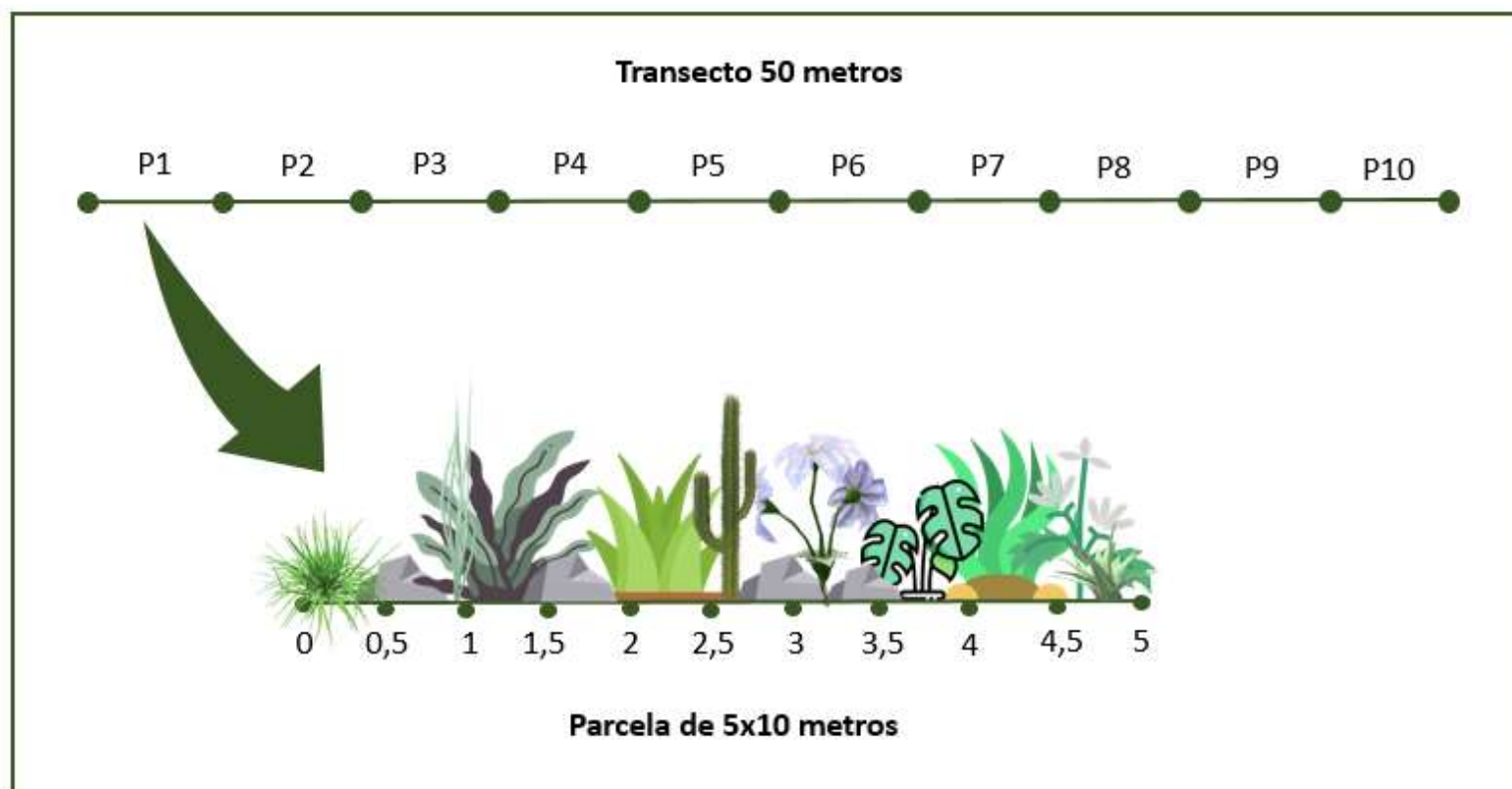


Figura 4. Desenho amostral esquemático indicando uma transecção hipotética, com comprimento de 50 metros. Foram delimitadas 10 subparcelas de 5 m x 10 m ao longo de cada transecção para amostragem das populações de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera*. É destacado o método do ponto intercepto realizado para amostragem sistemática da cobertura das espécies vegetais a cada meio metro ao longo da linha central da transecção em cada subparcela. Autora: Hellen Manête.

3.3.2 Espécies associadas e fatores abióticos

Avaliamos como as plantas e as rochas associadas podem afetar o estabelecimento e desenvolvimento dos indivíduos de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera*. As espécies selecionadas para a análise dos fatores abióticos foram consideradas com base nas observações de campo e nos dados de cobertura vegetal. Nos referimos aqui às espécies associadas como aquelas potencialmente “facilitadoras”. Isso porque esse trabalho não visou comprovar a facilitação, mas sim levantar as informações sobre essas associações. Assim, foram consideradas espécies potencialmente “facilitadoras” aquelas que estavam a cerca de 20 cm de distância de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera*.

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foi medida simultaneamente no espaço aberto e em três microhabitats: abaixo de *Euphorbia attastoma* Rizzini, *Dyckia* sp. e *Vellozia* sp. As medições foram realizadas em um dia, sendo medidas simultaneamente de 15 em 15 segundos durante 10 minutos entre 13:00 – 14:00 horas, usando o sensor LI-Cor PAR (LI-COR Bio Science) para medir a densidade do fluxo fotossintético ativo em $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Para avaliar os possíveis efeitos da associação por plantas nas condições químicas do solo foram coletadas e analisadas 138 amostras de solo. As coletas foram feitas embaixo das copas das possíveis plantas enfermeiras e no solo exposto em cada área de estudo (os solos foram coletados numa profundidade de 0-20 cm quando possível). As análises foram feitas no laboratório Terra Análises para Agropecuária LTDA localizado em Goiânia. Os seguintes parâmetros foram avaliados: pH (CaCl₂), Al (cmolc/dm³), Fe (mg/dm³), Cu (mg/dm³), Zn (mg/dm³) e Sat. Al (M%) (%).

3.4. Análises Estatísticas

3.4.1 Comunidade e composição vegetal nos habitats

As espécies foram agrupadas em grupos funcionais de acordo com as formas de vida: erva, subarbusto, arbusto, árvore, bambu e palmeira. E a cobertura relativa das espécies nas áreas foi calculada através do pacote (*mvabund*) (Wang *et al.*, 2012).

Foi realizada a análise de espécies indicadoras (Dufrêne & Legendre, 1997) para cada localidade, avaliando as diferenças estatísticas por meio de 1000 aleatorizações, utilizando o pacote (*labdsv*) (Roberts, 2015). Foram consideradas espécies indicadoras aquelas com *P* valor <0,05. A riqueza de espécies foi estimada para os dados agrupados através da combinação de rarefação e extrapolação com o auxílio do pacote (*iNext*) (Chao *et al.*, 2014; Hsieh *et al.*, 2016).

Utilizamos a análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) para verificar os gradientes florísticos entre os transectos e as áreas amostradas (Legendre & Legendre, 2012), usando o pacote (*vegan*) (Oksanen *et al.*, 2018).

Utilizamos a distribuição binomial negativa, usando os dados de ocorrência de espécies, com valores 1 e 0 indicando presença e ausência, respectivamente. A cobertura das espécies foi avaliada por meio da distribuição de Poisson utilizando os dados de contagem dos pontos de ocorrência em cada unidade amostral. Para criação dos modelos foi utilizado o pacote (*mvabund*) (Wang *et al.*, 2012).

Todas as análises foram realizadas no programa estatístico R (R Development Core Team, 2019).

3.4.2 Estrutura populacional

A estrutura populacional foi avaliada através da distribuição de abundância dos indivíduos em classes diamétricas e hipsométricas, comparando a proporção de indivíduos reprodutivos e não reprodutivos nas três áreas.

Para criar os histogramas, a amplitude das classes de diâmetro e altura foram definidas utilizando a fórmula de Sturges (Scott, 2009), calculando a amplitude total $AT = \text{máx} - \text{mín}$, em seguida o número de classes $K = 1 + 3,3 \cdot \log n$, onde $n =$ tamanho da amostra (número de indivíduos amostrados) e por fim foi calculada o incremento de classe, $h = AT/K$. Foram então definidas 10 classes de diâmetro e altura.

A definição dos estádios ontogenéticos foi realizada com base no diâmetro do menor indivíduo reprodutivo (10,53 mm). Sendo assim, os indivíduos não reprodutivos com diâmetro menor que 10,53 mm foram classificados como Infante, e os indivíduos maiores que 10,53 até 38,53 mm como Jovens que podem ou não serem reprodutivos, e de 38,53 a 136,53 mm foram classificados como Adulto que em sua maioria são reprodutivos.

Foram testadas diferentes distribuições teóricas para avaliar a normalidade das distribuições diamétricas e hipsométricas avaliando os parâmetros de curtose (*kurtosis*) e assimetria (*skewness*) das distribuições (Cullen & Frey, 1999). A distribuição aleatória foi criada através de 1000 bootstrap (Delignette-Muller & Dutang, 2015). Foi utilizado para a análise o pacote (*fitdistrplus*).

Para avaliar se a variação na cobertura das espécies vegetais, cobertura de formas de vida e a cobertura abiótica (solo e rocha) influenciam a abundância de indivíduos de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* nas classes de diâmetro, foi realizada uma análise de redundância (RDA) (Borcard *et al.*, 2011; Legendre & Legendre, 2012). Sendo criadas matrizes com as abundâncias em classes de tamanho em cada transecto, utilizada como

resposta multivariada e matrizes com variáveis preditoras, divididas em variação da comunidade (cobertura/ocorrência de espécies nos transectos) e variação ambiental (cobertura de substrato). O pacote (*vegan*) (Oksanen *et al.*, 2018) foi utilizado para as análises.

Todas as análises foram realizadas no programa estatístico R (R Development Core Team, 2019).

3.4.3 Interações bióticas e abióticas

Inicialmente, para avaliar se os indivíduos estavam relacionados com rocha ou planta, foi registrado o número de indivíduos de cacto associados com plantas, o número de indivíduos associados com rocha, o número de indivíduos associados com planta e rocha, e o número de indivíduos em área aberta. Para a comparação da abundância de indivíduos entre os estágios ontogenéticos nas condições de microhabitat observados, foram utilizados testes de qui-quadrado através da função (*chisq.test*) executados para cada espécie. O nível de significância (P) foi alcançado quando $P \leq (0,05)$.

Foi utilizada ANOVA para calcular as diferenças significativas entre os solos coletados abaixo de bromélia *Dyckia* sp. de *Euphorbia attastoma*, de Poaceae *Apochloa* sp. e em áreas abertas nas três áreas amostradas. E para verificar as diferenças do nível de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) entre os microhabitats de *Dyckia* sp. *Euphorbia attastoma*, *Vellozia* sp. e solo exposto foi realizada também uma ANOVA utilizando os pacotes (*car* e *emmeans*).

Todas as análises foram realizadas no programa estatístico R (R Development Core Team 2019).

4. RESULTADOS

4.1. Qual é a cobertura vegetal e respectiva composição de espécies associadas à presença do táxon-alvo na natureza?

Através do método do ponto intercepto foram registrados 4.215 pontos de observação ao longo das 47 transecções, o que possibilitou a amostragem de 111 espécimes vegetais distribuídos em 68 gêneros e 33 famílias (Tabela 1). Em PNSV 2 foram amostradas 72 espécies, seguido de PNSV 3 com 34 e PNSV 1 com 31. Algumas espécies foram registradas em mais de uma área (Tabela 2).

Destes espécimes, 54 foram identificadas ao nível taxonômico de espécie, sendo que, 22 ocorrem exclusivamente nos campos rupestres de Minas Gerais e 5 foram classificadas em duas categorias de ameaça sendo elas: *Minasia alpestris* (Gardner) H.Rob., *Wunderlichia senae* Glaz. ex Maguire & G.M.Barroso, *Euphorbia attastoma* Rizzini e *Vellozia patens* L.B.Sm. & Ayensu consideradas Em perigo (EN) e *Vellozia tillandsioides* Criticamente em Perigo (CR) (Tabela 2). Além disso, foi observado nas proximidades das transecções da área PNSV 2 indivíduo de *Melinis minutiflora* P.Beauv, espécie exótica invasora.

Nos 47 transectos amostrados a cobertura total de solo exposto foi de 14,30% e rocha 54,07%, enquanto que a cobertura por forma de vida foi predominante de erva 15,65%, arbusto 5,21%, subarbusto 3,86%, árvore 1,4%, bambu 0,07% e palmeira 0,02%. As espécies sem identificação representaram 5,83% do total amostrado.

Tabela 1. Lista de espécies amostradas em três áreas de campo rupestre de ocorrência de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* no Parque Nacional das Sempre-Vivas, Diamantina – MG. São mostradas categorias de ameaça, forma de vida, ocorrência e voucher (somente material fértil possui voucher), incluindo o acrônimo do herbário.

* Espécies com ocorrência exclusiva para os campos rupestres de Minas Gerais

Família/Espécie	Categoria de ameaça	Forma de vida	Ocorrência	Voucher
Apocynaceae				
<i>Aspidosperma</i> sp.		Arbusto/Árvore		
Aquifoliaceae				
<i>Ilex</i> sp.		Subarbusto/Arbusto/Árvore		S.R.Silva 1661 (CEN/UB)
Araceae				
<i>Thaumatophyllum</i> <i>bipinnatifidum</i>		Erva	TO/BA/PB/DF/GO/MS/MT/MG/	

(Schott ex Endl.) Sakur., Calazans &
Mayo

RJ/SP/PR/RS/SC

Areaceae

Syagrus sp.

Palmeira

Asteraceae

Asteraceae sp.1

Asteraceae sp.2

Asteraceae sp.3

Asteraceae sp.4

<i>Acritopappus confertus</i> (Gardner) R.M.King & H.Rob.		Arbusto/Árvore	BA/CE/PE/SE/MG	S.R.Silva 1677 (CEN)
<i>Baccharis perlata</i> Sch.Bip. ex Baker*		Arbusto/Subarbusto	MG	S.R.Silva 1673 (CEN/UB)
<i>Eremanthus</i> sp.		Arbusto/Árvore		
<i>Lychnophora</i> sp.		Subarbusto/Arbusto/Árvore		S.R.Silva 1667 (CEN/UB)
<i>Minasia alpestris</i> (Gardner) H.Rob.*	Em Perigo	Erva	MG	S.R.Silva 1685,1697 (CEN/UB)
<i>Pseudobrickellia angustissima</i> (Spreng. ex Baker) R.M.King & H.Rob.		Arbusto	BA/PI/DF/GO/MG	
<i>Symphypappus reticulatus</i> Baker*		Subarbusto	MG	S.R.Silva 1678 (CEN/UB)

<i>Wunderlichia senae</i> Glaz. ex Maguire & Em Perigo G.M.Barroso*	Arbusto	MG	S.R.Silva 1657 (CEN/UB)
--	---------	----	-------------------------

Bromeliaceae

<i>Dyckia</i> sp.	Erva		
-------------------	------	--	--

<i>Vriesea</i> sp.	Erva		S.R.Silva 1664 (CEN)
--------------------	------	--	----------------------

<i>Tillandsia retrorsa</i> A.Silveira	Erva	BA/PB/PE/MG	
---------------------------------------	------	-------------	--

Calophyllaceae

<i>Kielmeyera apparicana</i> Saddi*	Arbusto	MG	S.R.Silva 1668 (CEN/UB)
-------------------------------------	---------	----	-------------------------

<i>Kielmeyera regalis</i> Saddi*	Arbusto/Subarbusto	MG	
----------------------------------	--------------------	----	--

Clusiaceae

Clusia cf. *diamantina* Bittrich* Arbusto/Árvore MG S.R.Silva 1695 (CEN/UB)

Cyperaceae

Cyperus diamantinus (D.A.Simpson) Erva BA/MG S.R.Silva 1674 (CEN/UB)
Govaerts

Lagenocarpus cf. *rigidus* Nees Erva AM/AP/PA/RO/RR/TO/AL/BA/C S.R.Silva 1655,1687 (CEN)
E/MA/PA/DF/GO/MS/MT/ES/M
G/RJ/SP/PR/RS/SC

Rhynchospora cf. *setigera* (Kunth) Erva BA/GO/MT/MG/SP/PR/RS/SC S.R.Silva 1680 (CEN/UB)
Griseb.

Trilepsis sp. Erva S.R.Silva 1669 (CEN/UB)

Xyris sp.

Erva

Ericaceae

Agarista sp.

Subarbusto/Arbusto/Árvore

Eriocaulaceae

Paepalanthus sp.

Erva

Leiothrix sp.

Erva

Euphorbiaceae

Bernardia sp.

Erva/Subarbusto/Arbusto/Árvore

Croton siderophyllus Baill Arbusto BA/GO/MG S.R.Silva 1694 (CEN/UB)

Euphorbia attastoma Rizzini Em Perigo Arbusto BA/MG

Euphorbiaceae sp.1

Manihot sp. Liana/Erva/Subarbusto/Arbusto/Árvore

Fabaceae

Andira sp. Arbusto/Árvore

Calliandra sp.1 Arbusto S.R.Silva 1656 (CEN/UB)

Calliandra sp.2 Arbusto S.R.Silva 1698 (CEN/UB)

<i>Chamaecrista olesiphylla</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby*	Arbusto	MG	S.R.Silva (CEN/UB)	1688,1689,1690
<i>Cratylia argentea</i> (Desv.) Kuntze	Arbusto	AC/PA/RO/TO/CE/MA/PI/DF/G O/MT/MG		
<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub	Arbusto	PA/TO/AL/BA/CE/MA/PB/PE/PI/ RN/SE/DF/GO/MS/MT/ES/MG/R J/SP/PR		

Humiriaceae

<i>Humiria balsamifera</i> (Aubl.) A.St.-Hil.	Arbusto/Árvore	AM/AP/PA/RO/RR/TO/AL/BA/M A/PE/PI/SE/GO/MT/ES/MG/RJ/S P		
---	----------------	---	--	--

Lamiaceae

<i>Hyptidendron cf. leucophyllum</i> (Pohl ex Benth.) Harley*	Arbusto	MG	S.R.Silva 1684 (CEN/UB)
---	---------	----	-------------------------

Lythraceae

<i>Cuphea ericoides</i> Cham. & Schltdl.	Arbusto	BA/PE/MG	
--	---------	----------	--

Malpigiaceae

<i>Banisteriopsis cf. laevifolia</i> (A.Juss.) B.Gates	Subarbusto	RO/TO/DF/GO/MS/MT/MG/SP/P R	S.R.Silva 1662 (CEN/UB)
--	------------	--------------------------------	-------------------------

<i>Banisteriopsis</i> sp.1	Liana/Subarbusto/Arbusto/Árvore		
----------------------------	---------------------------------	--	--

<i>Banisteriopsis</i> sp.2	Liana/Subarbusto/Arbusto/Árvore		
----------------------------	---------------------------------	--	--

<i>Banisteriopsis</i> sp.3	Liana/Subarbusto/Arbusto/Árvore	
<i>Banisteriopsis</i> sp.4	Liana/Subarbusto/Arbusto/Árvore	
<i>Byrsonima vacciniifolia</i> A.Juss.	Arbusto	BA/PI/GO/MG
<i>Byrsonima cf. viminifolia</i> A.Juss.	Subarbusto	TO/DF/GO/MG
<i>Byrsonima</i> sp.1	Erva/Subarbusto/Arbusto/Árvore	
<i>Byrsonima</i> sp.2	Erva/Subarbusto/Arbusto/Árvore	
<i>Byrsonima</i> sp.3	Erva/Subarbusto/Arbusto/Árvore	

Heteropterys arenaria Markgr.

Arbusto

BA/MG

Heteropterys byrsonimifolia A.Juss.

Arbusto

BA/DF/GO/MS/MT/MG/SP/PR

S.R.Silva 1683 (CEN/UB)

Heteropterys sp.1

Liana/Subarbusto/Arbusto/Árvore

Heteropterys sp.2

Liana/Subarbusto/Arbusto/Árvore

Heteropterys sp.3

Liana/Subarbusto/Arbusto/Árvore

Malpighiaceae sp.1

Malpighiaceae sp.2

Malvaceae

Pseudobombax longiflorum (Mart.) A.
Robyns

Árvore

AM/PA/RO/TO/BA/MA/PI/DF/G
O/MS/MT/MG/SP/PR/SC

Pseudobombax sp.1

Arbusto/Árvore

Waltheria terminans J.G. Saunders ex
T.S. Coutinho & Colli-Silva*

Arbusto

MG

Marcgraviaceae

Schwartzia adamantium (Cambess.)
Bedell ex Gir.-Cañas

Árvore

TO/BA/DF/GO/MG

S.R.Silva 1681 (CEN/UB)

Melastomataceae

<i>Fritzschia sertularia</i> (Schrunk & Mart. ex DC.) M.J.R.Rocha & P.J.F.Guim.*	Subarbusto	MG	
<i>Lavoisiera confertiflora</i> Rich. ex Naudin*	Arbusto	MG	S.R.Silva 1682 (CEN/UB)
<i>Lavoisiera</i> sp.1	Subarbusto/Arbusto/Árvore		
<i>Lavoisiera</i> sp.2	Subarbusto/Arbusto/Árvore		
<i>Lavoisiera</i> sp.3	Subarbusto/Arbusto/Árvore		
<i>Lavoisiera</i> sp.4	Subarbusto/Arbusto/Árvore		
Melastomataceae sp.1			S.R.Silva 1659 (CEN/UB)
Melastomataceae sp.2			

<i>Marcetia taxifolia</i> (A.St.-Hil.) DC.	Arbusto	AC/RO/AL/BA/CE/PB/PE/SE/DF /GO/MT/ES/MG/RJ/SP/PR	S.R.Silva (CEN/UB)	1672,1686
<i>Marcetia</i> sp.	Erva/Subarbusto/Arbusto			
<i>Merianthera sipolisii</i> (Glaz. & Cogn.) Wurdack*	Árvore	MG	S.R.Silva 1663 (CEN)	
<i>Pleroma heteromallum</i> (D.Don) D.Don	Arbusto	AL/BA/CE/PB/PE/RN/GO/ES/M G/RJ/SP	S.R.Silva 1671 (CEN/UB)	

Myrtaceae

<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	Arbusto	AC/AM/AP/PA/RO/RR/TO/AL/B A/CE/MA/PB/PE/PI/RN/SE/DF/G O/MS/MT/ES/MG/RJ/SP/PR		
<i>Eugenia</i> sp.1	Subarbusto/Arbusto/Árvore			

Eugenia sp.2

Subarbusto/Arbusto/Árvore

Eugenia sp.3

Subarbusto/Arbusto/Árvore

Myrcia cf. *ochroides* O.Berg

Árvore

TO/BA/PI

Myrcia sp.

Subarbusto/Arbusto/Árvore

Myrtaceae sp.1

Nyctaginaceae

Guapira graciliflora (Mart. ex Schmidt)

Árvore

TO/BA/DF/GO/MS/MT/MG/SP

Lundell

Oleaceae

Chionanthus crassifolius (Mart.)
P.S.Green

Árvore

BA/GO/ES/MG/RJ/SP/PR

Orchidaceae

Cattleya cf. rupestris (Lindl.) Van den
Berg*

Erva

MG

Poaceae

Apochloa sp.

Erva

S.R.Silva 1679 (CEN/UB)

Aulonemia sp.

Bambu

Steinchisma sp.

Erva

S.R.Silva 1670 (CEN/UB)

Poaceae sp.1

Poaceae sp.2

Rubiaceae

Cordia elliptica (Cham.) Kuntze

Arbusto

PA/TO/BA/DF/GO/MS/MT/MG/S
P

Declieuxia saturojoides Mart. & Zucc.
ex Schult. & Schult.f.

Arbusto

BA/MG

Palicourea rigida Kunth

Arbusto

AC/AM/AP/PA/RO/RR/TO/BA/ S.R.Silva 1676
MA/PI/DF/GO/MS/MT/ES/MG/S
P/PR

Sapindaceae

Serjania sp.

Liana/Subarbusto/Arbusto/Ár

vore

Simaroubaceae

Simarouba versicolor A.St.-Hil.

Árvore

RO/TO/BA/CE/MA/PI/DF/GO/M
S/MT/MG

Turneraceae

Turnera sp.

Erva/Subarbusto/Arbusto/Árv
ore

Velloziaceae

Barbacenia filamentifera L.B.Sm. &
Ayensu*

Erva

MG

S.R.Silva 1696 (CEN/UB)

<i>Vellozia abietina</i> Mart.*		Erva	MG	S.R.Silva 1675 (CEN/UB)
<i>Vellozia albiflora</i> Pohl		Subarbusto	ES/MG/RJ	S.R.Silva 1658,1693 (CEN/UB)
<i>Vellozia breviscapa</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.*		Subarbusto	MG	
<i>Vellozia cryptantha</i> Seub.*		Erva	MG	S.R.Silva 1660,1691 (CEN)
<i>Vellozia minima</i> Pohl*		Erva	MG	S.R.Silva 1666 (CEN/UB)
<i>Vellozia patens</i> L.B.Sm. & Ayensu*	Em Perigo	Subarbusto	MG	S.R.Silva 1692 (CEN/UB)
<i>Vellozia tillandsioides</i> Mello-Silva*	Criticamente em Perigo	Subarbusto	MG	

Vellozia variabilis Mart. ex Schult. &
Schult.f.

Subarbusto

TO/BA/DF/GO/MS/MT/MG/SP

Vellozia sp.

Erva/Subarbusto/Arbusto

Verbenaceae

Lippia pseudothea (A.St.-Hil.) Schauer*

Arbusto

MG

Stachytarpheta sp.

Erva/Subarbusto/Arbusto

Xyridaceae

Xyris sp.

Erva

S.R.Silva 1665 (CEN/UB)

Tabela 2. Cobertura relativa das espécies amostradas em três áreas no Parque Nacional das Sempre-Vivas, Diamantina, Minas Gerais, pontos de ocorrência e número de habitats.

Espécie	Cobertura relativa (%)	Nº pontos de ocorrência	Nº habitats
<i>Apochloa</i> sp.	4,508	190	3
<i>Lagenocarpus</i> cf. <i>rigidus</i>	2,515	106	3
Poaceae sp.1	2,112	99	1
<i>Dyckia</i> sp.	1,874	79	3
<i>Vellozia tillandsioides</i>	1,756	74	2
<i>Vellozia albiflora</i>	1,257	43	2
<i>Euphorbia attastoma</i>	0,902	38	3
<i>Vellozia cryptantha</i>	0,83	35	2
<i>Cipocereus minensis</i>	0,735	31	3
<i>Vellozia minima</i>	0,735	31	1

<i>Vellozia abietina</i>	0,688	29	1
<i>Eugenia</i> sp.1	0,593	25	3
<i>Humiria balsamifera</i>	0,593	25	2
<i>Vellozia</i> sp.	0,569	24	1
<i>Leiothrix</i> sp.	0,546	23	1
<i>Marcetia taxifolia</i>	0,546	23	1
<i>Vriesea</i> sp.	0,546	23	3
<i>Steinchisma</i> sp.	0,451	19	1
<i>Thaumatophyllum bipinnatifidum</i>	0,427	18	2
<i>Pseudobrickellia angustissima</i>	0,403	17	2
<i>Schwartzia adamantium</i>	0,403	17	1
<i>Byrsonima</i> cf. <i>viminifolia</i>	0,356	15	1

<i>Calliandra</i> sp.2	0,332	14	1
<i>Byrsonima</i> sp. 1	0,308	13	1
<i>Heteropterys</i> sp.1	0,308	13	1
<i>Stachytarpheta</i> sp.	0,308	13	3
<i>Chamaecrista olesiphylla</i>	0,285	12	2
<i>Heteropterys</i> sp.2	0,285	12	1
<i>Pseudobombax longiflorum</i>	0,285	12	1
<i>Vellozia breviscapa</i>	0,285	12	1
<i>Xyris</i> sp.	0,285	12	1
<i>Clusia</i> cf. <i>diamantina</i>	0,261	11	3
<i>Lychnophora</i> sp.	0,261	11	1
<i>Myrcia</i> sp.	0,261	11	1

<i>Cuphea ericoides</i>	0,19	8	2
<i>Manihot</i> sp.	0,19	8	1
<i>Myrcia</i> cf. <i>ochroides</i>	0,166	7	2
<i>Tillandsia retrorsa</i>	0,166	7	1
<i>Eremanthus</i> sp.	0,142	6	1
Melastomataceae sp.2	0,142	6	2
<i>Andira</i> sp.	0,119	5	1
<i>Calliandra</i> sp.1	0,119	5	1
<i>Cratylia argentea</i>	0,119	5	1
<i>Lavoisiera</i> sp.4	0,119	5	1
Malpighiaceae sp.1	0,119	5	1
<i>Wunderlichia senae</i>	0,119	5	1

<i>Aspidosperma</i> sp.	0,095	4	1
<i>Cattleya</i> cf. <i>rupestres</i>	0,095	4	2
<i>Cordia</i> <i>elliptica</i>	0,095	4	1
<i>Heteropterys</i> <i>arenaria</i>	0,095	4	1
Melastomataceae sp.1	0,095	4	2
<i>Aulonemia</i> sp.	0,071	3	1
<i>Byrsonima</i> <i>vacciniifolia</i>	0,071	3	1
<i>Chionanthus</i> <i>crassifolius</i>	0,071	3	1
<i>Cyperus</i> <i>diamantinus</i>	0,071	3	1
<i>Fritzschia</i> <i>sertularia</i>	0,071	3	1
<i>Lippia</i> <i>pseudothea</i>	0,071	3	1
<i>Palicourea</i> <i>rigida</i>	0,071	3	1

<i>Pleroma heteromallum</i>	0,071	3	2
Poaceae sp.2	0,071	3	1
<i>Acritopappus confertus</i>	0,047	2	1
<i>Agarista</i> sp.	0,047	2	1
Asteraceae sp.2	0,047	2	1
<i>Banisteriopsis</i> cf. <i>laevifolia</i>	0,047	2	1
<i>Banisteriopsis</i> sp.1	0,047	2	1
<i>Banisteriopsis</i> sp.3	0,047	2	1
<i>Byrsonima</i> sp. 3	0,047	2	1
<i>Croton siderophyllus</i>	0,047	2	1
<i>Eugenia puniceifolia</i>	0,047	2	1
<i>Ilex</i> sp.	0,047	2	1

Indet 1	0,047	2	1
<i>Kielmeyera apparicana</i>	0,047	2	1
<i>Marcetia</i> sp.	0,047	2	1
<i>Merianthera sipolisii</i>	0,047	2	1
Myrtaceae sp.1	0,047	2	1
<i>Periandra mediterranea</i>	0,047	3	1
<i>Rhynchosporacf. setigera</i>	0,047	2	1
<i>Trilepis</i> sp.	0,047	2	1
<i>Vellozia patens</i>	0,047	2	1
<i>Waltheria terminans</i>	0,047	2	1
Asteraceae sp.1	0,024	1	1
Asteraceae sp.4	0,024	1	1

<i>Baccharis perlata</i>	0,024	1	1
<i>Banisteriopsis</i> sp. 2	0,024	1	1
<i>Barbacenia filamentifera</i>	0,024	1	1
<i>Bernardia</i> sp.	0,024	1	1
<i>Byrsonima</i> sp.2	0,024	1	1
<i>Declieuxia saturejoides</i>	0,024	1	1
<i>Eugenia</i> sp.2	0,024	1	1
<i>Eugenia</i> sp.3	0,024	1	1
Euphorbiaceae sp.1	0,024	1	1
<i>Guapira graciliflora</i>	0,024	1	1
<i>Heteropterys</i> sp.3	0,024	1	1
<i>Kielmeyera regalis</i>	0,024	1	1

<i>Lavoisiera</i> sp.1	0,024	1	1
<i>Lavoisiera</i> sp.2	0,024	1	1
<i>Lavoisiera</i> sp.3	0,024	1	1
Malpighiaceae sp.2	0,024	1	1
<i>Minasia alpestris</i>	0,024	1	1
<i>Paepalanthus</i> sp.	0,024	1	1
<i>Pseudobombax</i> sp.1	0,024	1	1
<i>Serjania</i> sp.	0,024	1	1
<i>Syagrus</i> sp.	0,024	1	1
<i>Symphyopappus reticulatus</i>	0,024	1	1
<i>Turnera</i> sp.	0,024	1	1
<i>Vellozia variabilis</i>	0,024	1	1

Doze espécies tiveram maior cobertura relativa nas transecções, *Apochloa* sp. (4,51%), *Lagenocarpus* cf. *rigidus* (2,51%), *Poaceae* sp.1 (2,11%), *Dyckia* sp. (1,88%), *Vellozia tillandsioides* (1,76%), *Vellozia albiflora* (1,26%), *Euphorbia attastoma* (0,90%), *Vellozia cryptantha* (0,83%), *Cipocereus minensis* (0,73%), *Vellozia minima* (0,73%), *Vellozia abietina* (0,69%) e *Eugenia* sp.1 (0,60%) (Tabela 2). Estas mesmas espécies foram as mais abundantes, dominando a cobertura vegetal nas três áreas amostradas (Fig. 5).

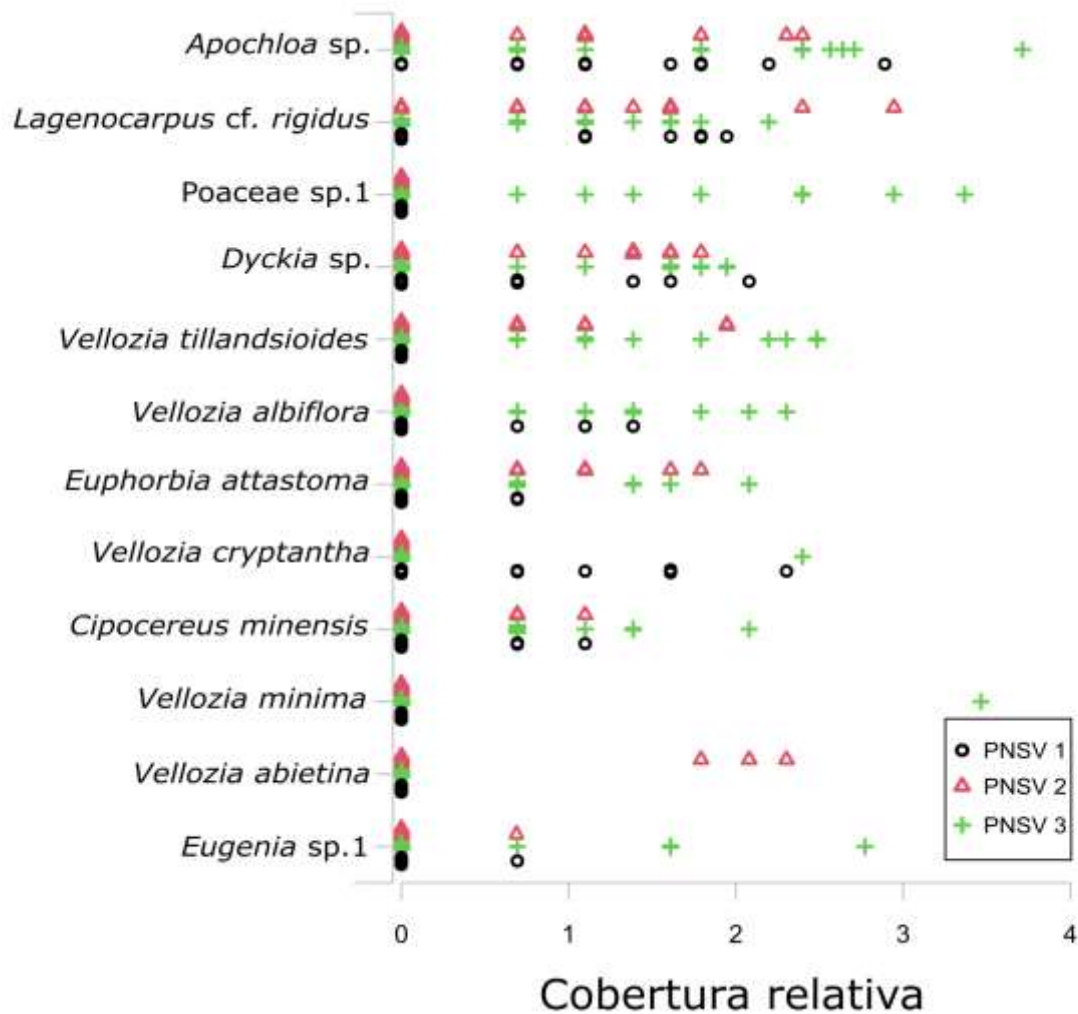


Figura 5. Cobertura relativa das 12 espécies mais abundantes nas comunidades vegetais amostradas em 47 transectos no Parque Nacional das Sempre-Vivas em Diamantina, Minas Gerais.

A diferença entre a riqueza de espécies nas áreas amostradas é indicada através dos perfis de diversidade, onde PNSV 2 destaca-se por possuir maior riqueza, estimada em 60 e 90 espécies, PNSV 1 e 3 tiveram a riqueza estimada similar onde a extrapolação fica em torno de 30 a 45 espécies (Fig. 6). A riqueza total estimada nos locais avaliados foi de 120 a 150 espécies (Fig. 7). Sendo que, apenas PNSV 1 e 2 apresentaram espécies indicadoras com significância estatística, sendo definidas 10 espécies indicadoras (Tabela 3).

As áreas amostradas apresentaram baixa dissimilaridade entre cobertura relativa por forma de vida, cobertura e ocorrência de espécies (Fig. 8). As métricas por forma de vida ressaltaram uma similaridade entre PNSV 2 e 3 que formaram grupos florísticos próximos entre si e distintos de PNSV 1 (Fig. 8 a). Nota-se a baixa dissimilaridade na representação para cobertura e ocorrência relativa das espécies que apresentaram maior variação, dentro e entre as áreas (Fig. 8 b, c).

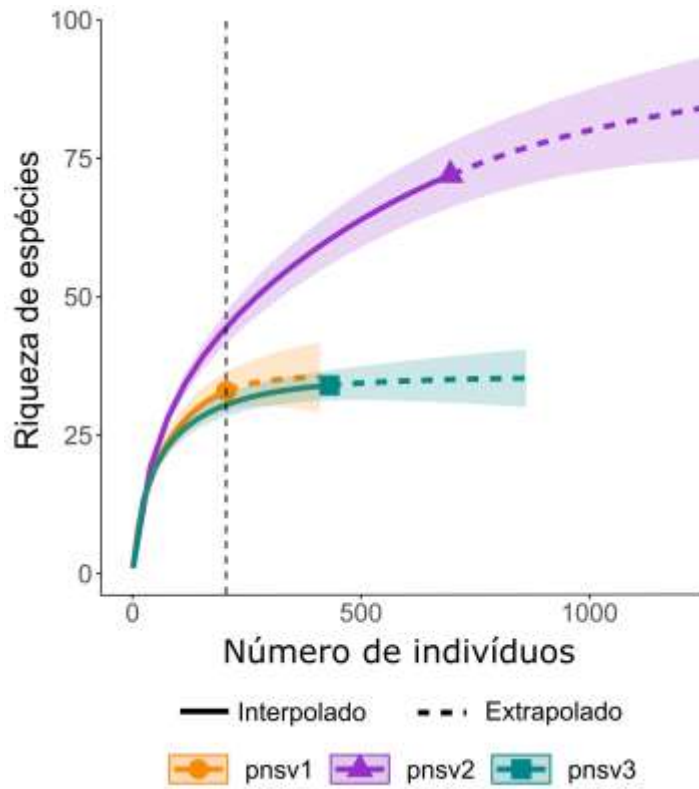


Figura 6. Perfil de diversidade das três áreas amostradas no Parque Nacional das Sempre-Vivas em Diamantina, Minas Gerais.

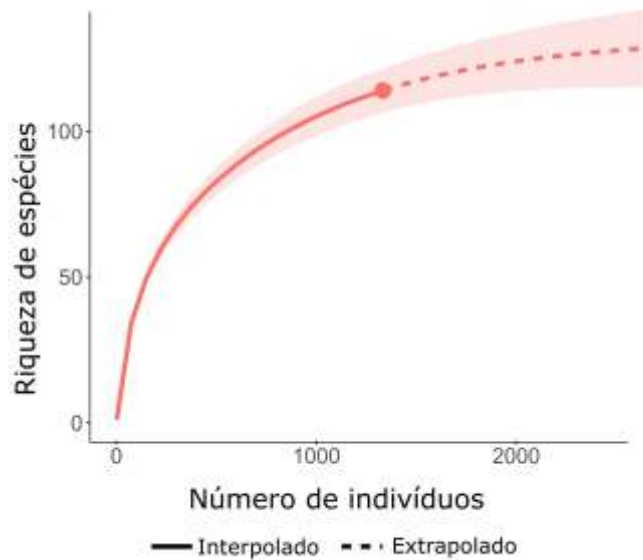


Figura 7. Perfil de diversidade da vegetação amostrada no Parque Nacional das Sempre-Vivas em Diamantina, Minas Gerais.

Tabela 3. Análise de espécies indicadoras em campo rupestre nas três áreas amostradas no Parque Nacional das Sempre-Vivas em Diamantina, Minas Gerais.

Área	Espécie	IndVal	P Value	Frequência
PNSV 1	<i>Vellozia cryptantha</i>	0,534174	0,001	8
	<i>Calliandra</i> sp.1	0,454545	0,001	5
	<i>Pseudobombax longiflorum</i>	0,363636	0,001	4
	<i>Cuphea ericoides</i>	0,354545	0,003	6
	Melastomataceae sp.2	0,311005	0,011	5
	<i>Andira</i> sp.	0,272727	0,013	3
	<i>Wunderlichia senae</i>	0,272727	0,008	3
PNSV 2	<i>Heteropterys</i> sp.1	0,307692	0,007	4
	<i>Byrsonima</i> sp. 1	0,230769	0,032	3
	<i>Heteropterys</i> sp.2	0,207332	0,046	4

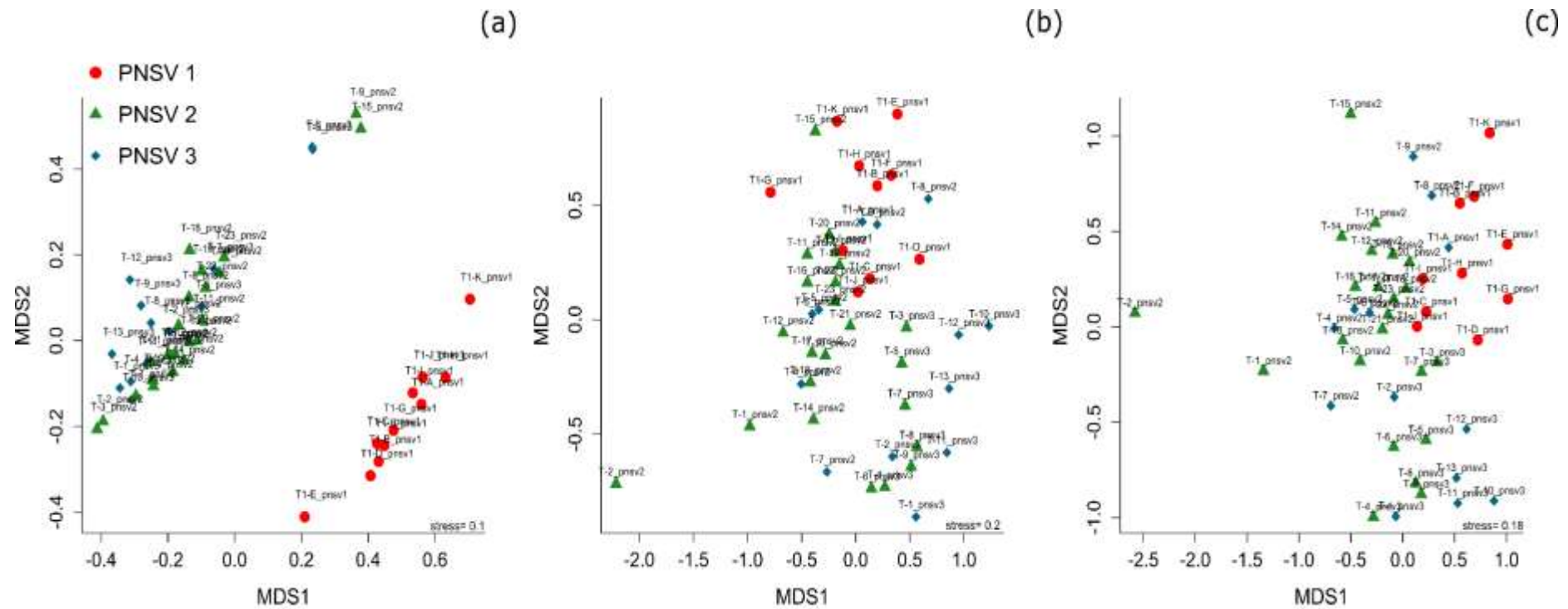


Figura 8. Diagrama de ordenação multidimensional não-métrica (NMDS) (a) cobertura relativa por forma de vida. (b) cobertura relativa de espécies vegetais. (c) presença/ausência de espécies vegetais em 47 transecções de amostragem no Parque Nacional das Sempre-Vivas em Diamantina, Minas Gerais.

4.2. Como está atualmente a estrutura populacional do táxon-alvo e como o mesmo está relacionado com a comunidade vegetal?

Durante o levantamento da estrutura populacional foram amostrados um total de 337 indivíduos de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera*. A área com maior número de indivíduos foi PNSV 3 (n= 134) seguido de PNSV 2 (n=130) e PNSV 1 (n=73) (Fig. 9).

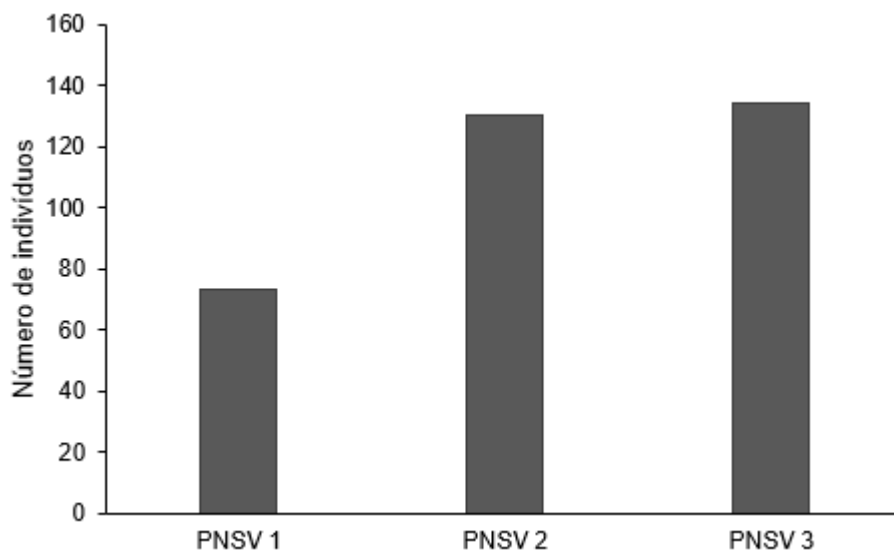


Figura 9. Número de indivíduos de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* amostrados em três localidades no Parque Nacional das Sempre-Vivas, Diamantina-MG.

A estrutura diamétrica mostrou-se heterogênea e alocada mais à esquerda nos histogramas. A abundância de indivíduos foi maior nas classes iniciais (24,53 – 38,53 mm) e intermediárias (52,53 – 66,53 – 80,53 – 94,53 mm), enquanto que as classes finais (108,53 – 122,53 – 136,53 mm) apresentaram declínio, com baixa ou nenhuma abundância (Fig. 10).

Na área PNSV 1 a abundância de indivíduos foi maior na sexta (28,76%), quinta (19,17%) e quarta (16,43%) classes (Fig. 10 a). Em PNSV 2, a maior parte dos indivíduos estão alocados na segunda (20,14%), terceira (16,41%) e quarta classes (14,92%) (Fig. 10 b). Em PNSV 3 a frequência de cactos foi semelhante à área anterior sendo maior na segunda (21,53%), quinta (19,23%) e quarta (17,69%) classes (Fig. 10 c).

A estrutura populacional dos cactos regenerantes (infante: $2,63 \leq \text{diâmetro} < 10,53$ mm e jovens: $10,53 \leq \text{diâmetro} < 38,53$ mm) diferiu entre as áreas nas distribuições em classes de diâmetro. As áreas PNSV 2 e PNSV 3 apresentaram maior quantidade de regenerantes. Os indivíduos regenerantes corresponderam a aproximadamente 33,52% do total amostrado.

Em relação à estrutura hipsométrica das três áreas amostradas, foi observado que a distribuição das classes comportou-se de forma similar, onde o maior número de indivíduos se encontram nas classes iniciais, segunda e terceira classes (13,4 e 23,4 cm), respectivamente (Fig. 11). Do total de 337 cactos amostrados, cerca de 51,03% estão alocados na segunda classe hipsométrica. Analisando separadamente cada área, PNSV 1, PNSV 2 e PNSV 3 apresentaram 52,05%, 53,07% e 48,50%, de frequência de indivíduos na segunda classe. As lacunas nas classes finais de altura são mais evidentes do que as lacunas das classes finais de diâmetro dos indivíduos.

A alta concentração de indivíduos nas classes iniciais e intermediárias caracteriza na distribuição diamétrica e hipsométrica de PNSV 2 e PNSV 3 o modelo exponencial semelhante ao de “J” invertido, porém de forma menos acentuada.

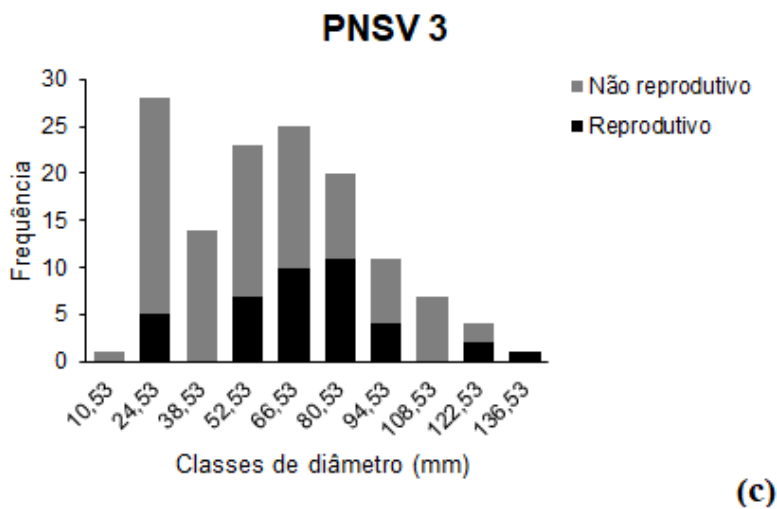
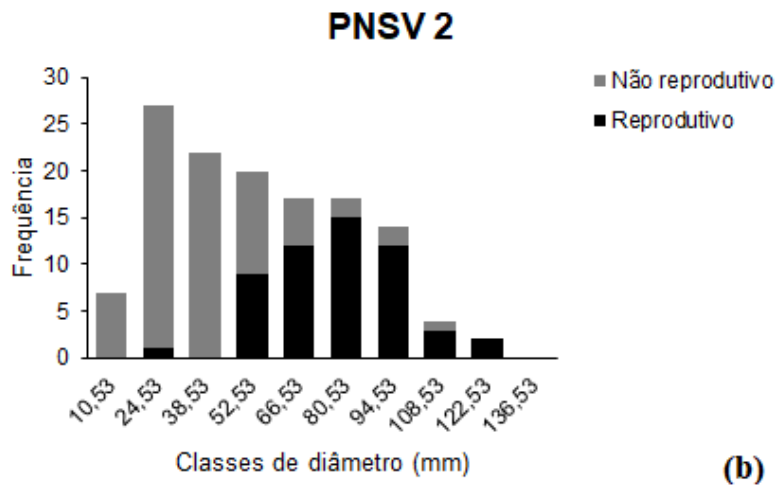
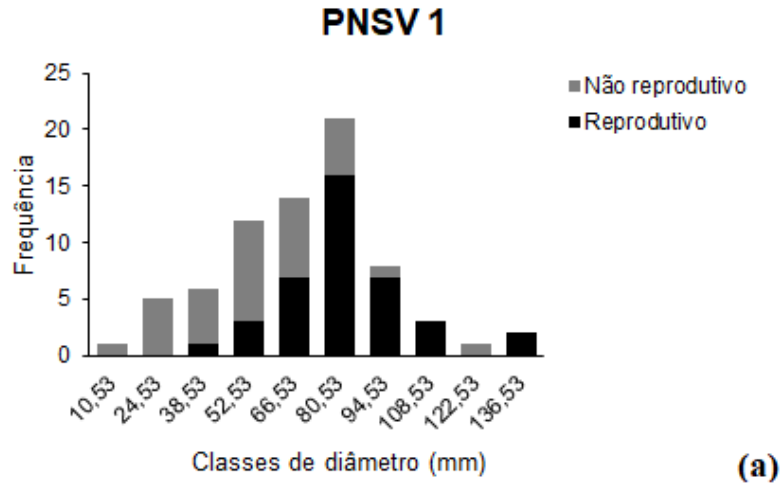


Figura 10. Estrutura populacional de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* em classes de diâmetro, com destaque para os indivíduos com traços reprodutivos (botão floral, flor ou fruto), e indivíduos sem traços reprodutivos visíveis, amostrados em três localidades no Parque Nacional das Sempre-Vivas, município de Diamantina-MG. Localidades: PNSV 1 (a), PNSV 2 (b) e PNSV 3 (c).

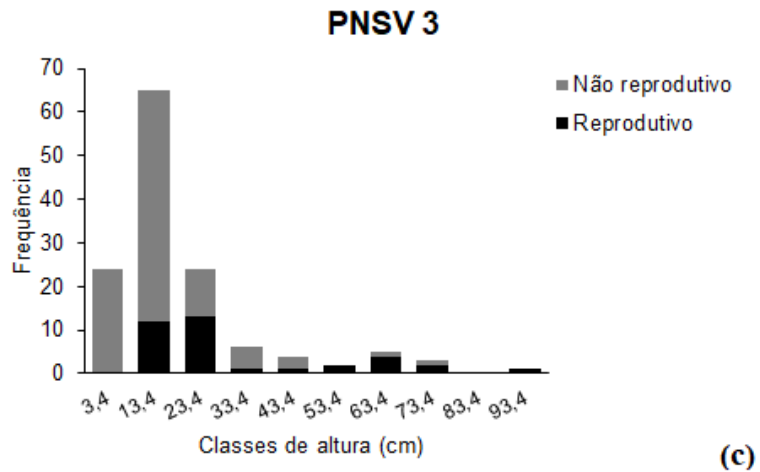
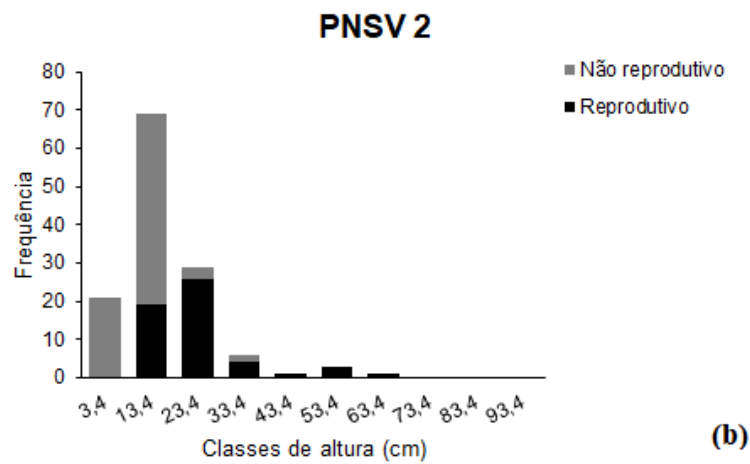
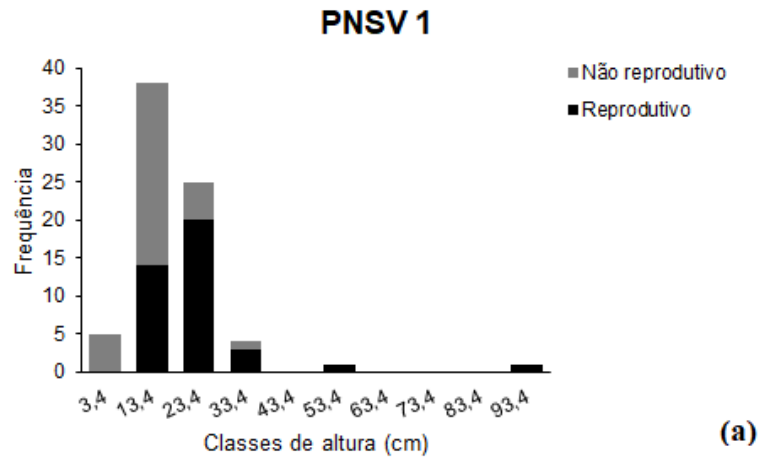


Figura 11. Estrutura populacional de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* em classes de altura, com destaque para os indivíduos com traços reprodutivos (botão floral, flor ou fruto), e indivíduos sem traços reprodutivos visíveis, amostrados em três localidades no Parque Nacional das Sempre-Vivas, município de Diamantina-MG. Localidades: PNSV 1 (a), PNSV 2 (b) e PNSV 3 (c).

As distribuições de estádios ontogenéticos de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* mostram que as maiores densidades são de cactos adultos (66,76%) e jovens (30,56%) e as menores de estágio infante (2,96%). Em PNSV 1 foram amostrados 61 adultos, 12 jovens e 1 infante. Em PNSV 2 foram analisados 74 adultos, 48 jovens e 8 infantes. Em PNSV 3, 90 adultos, 43 jovens e 1 infante foram amostrados (Fig. 12).

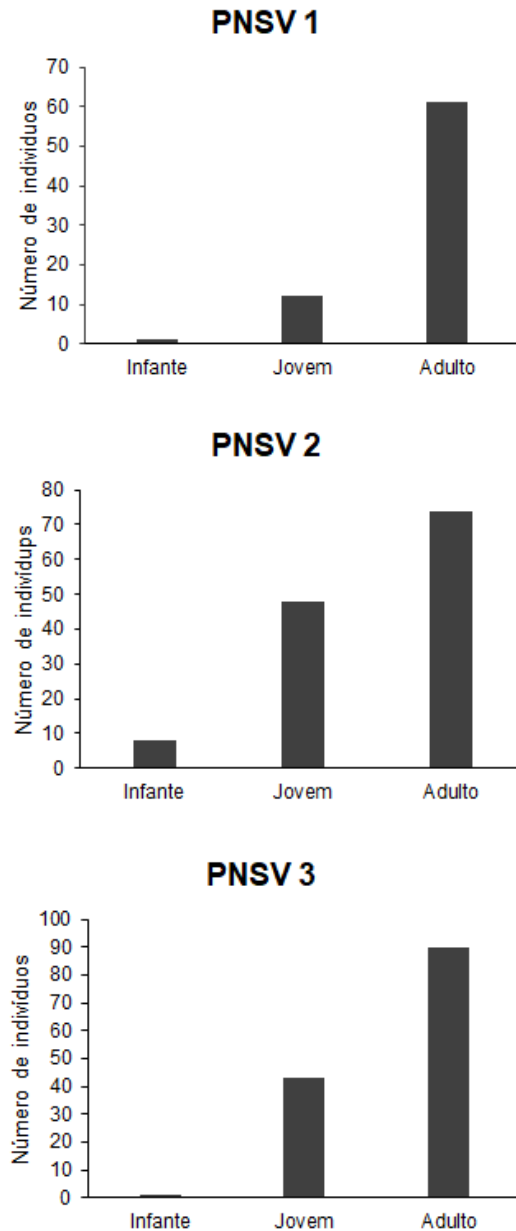


Figura 12. Número de indivíduos agrupados por estágio do ciclo de vida de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* no Parque Nacional das Sempre-Vivas. Infante: $2,63 \leq \text{diâmetro} < 10,53$ mm; Jovem: $10,54 \leq \text{diâmetro} < 38,53$ mm; Adulto: $38,54 \leq \text{diâmetro} \leq 136,53$ mm.

Nas três áreas, os indivíduos reprodutivos (que apresentavam botão floral, flor ou fruto), estão em maior número também na classe inicial da estrutura hipsométrica e intermediária na diamétrica. Na área PNSV 1 (53,42%) dois indivíduos apresentaram algum traço reprodutivo seguido por PNSV 2 com (41,53%) e PNSV 3 (29,85%) (Fig. 13). Os indivíduos adultos reprodutivos representam 37,38% e os adultos não reprodutivos configuram 29,37% do total de 337 cactos amostrados.

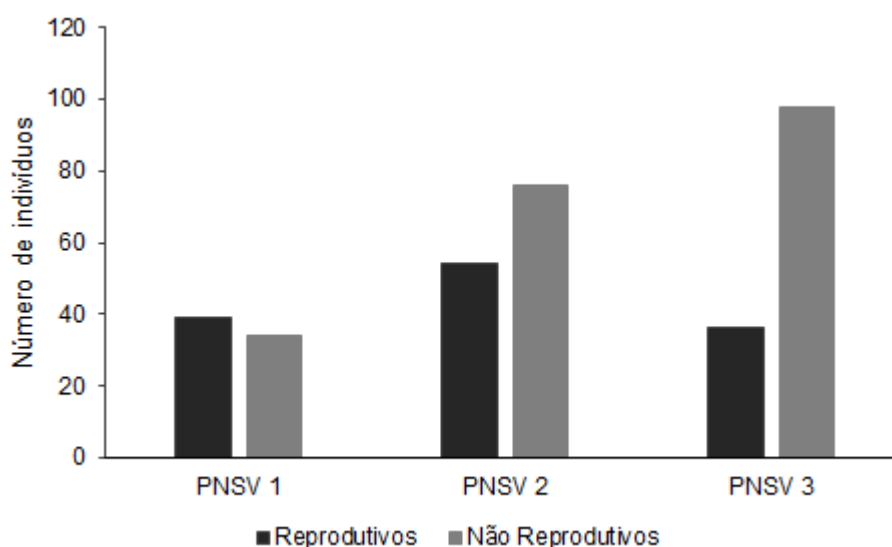


Figura 13. Número de indivíduos reprodutivos e não reprodutivos nas populações de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* no Parque Nacional das Sempre-Vivas, Diamantina - MG. Os indivíduos reprodutivos apresentaram botão floral, flor ou fruto e indivíduos não reprodutivos ausência de botão floral, flor ou fruto.

A distribuição empírica de tamanhos dos indivíduos foi ajustada a diferentes distribuições teóricas, comparadas através do gráfico de *skewness-kurtosis* (Fig. 14). Os resultados do gráfico indicam que a distribuição de diâmetro dos indivíduos reprodutivos aproxima-se mais da distribuição logística com *kurtosis* entre 3 e 5, e *skewness* inclinada para a esquerda entre 0 e 1 (Fig. 14 a). A distribuição diamétrica dos cactos não reprodutivos é do tipo beta com valor de *kurtosis* próximo de 3 (Fig. 14 b). Enquanto que as distribuições de altura dos reprodutivos apresentaram maior variação, com *skewness* mais para a direita variando de 2 a 8 e distribuição beta (Fig. 14 c) e os não reprodutivos

skewness de 4 a 15, com distribuição gamma e beta (Fig. 14 d).

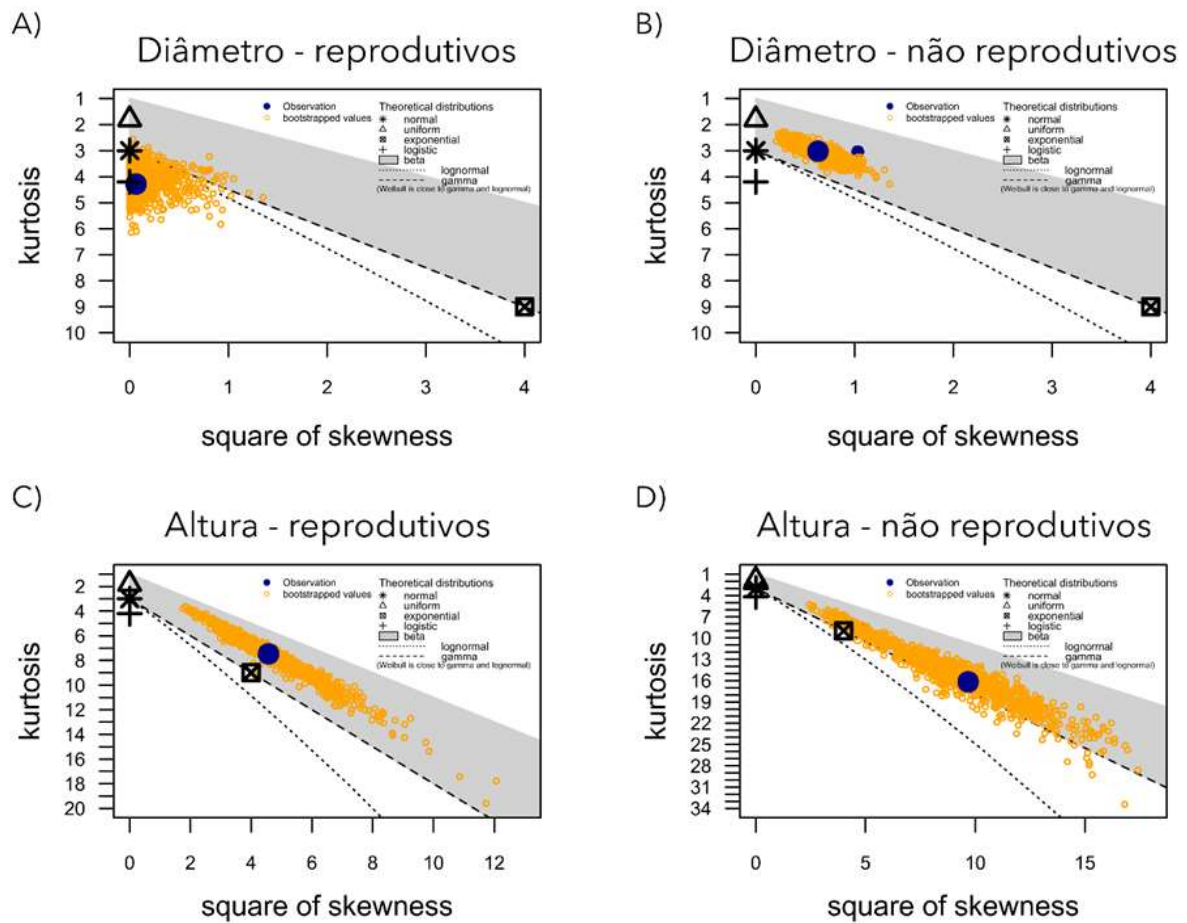


Figura 14. Gráficos de skewness-kurtosis das distribuições diamétricas e hipsométricas dos indivíduos reprodutivos e não reprodutivos de *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera* no Parque Nacional das Sempre-Vivas em Diamantina, Minas Gerais.

A estrutura populacional por classes de diâmetro caracterizou-se pela maior abundância de indivíduos nas classes intermediárias acima de 38,53 a 94,53 mm. Esses indivíduos, por sua vez, foram mais associados à abundância de *Vellozia cryptantha*, *V. albiflora*, *V. tillandsioides* (Velloziaceae), *Cipocereus minensis* (Cactaceae), *Dyckia* sp. (Bromeliaceae) e *Lagenocarpus* cf. *rigidus* (Cyperaceae) (Fig. 15), de acordo com as diferenças na presença e/ou dominância dessas espécies em cada habitat. A abundância de indivíduos infantis e jovens (classes de 10,53 a 38,53 mm) está mais associada à *Vellozia* sp. e Poaceae sp.1 e respondeu à cobertura por forma de vida subarbusto, rocha de quartzito e solo exposto (Fig. 16).

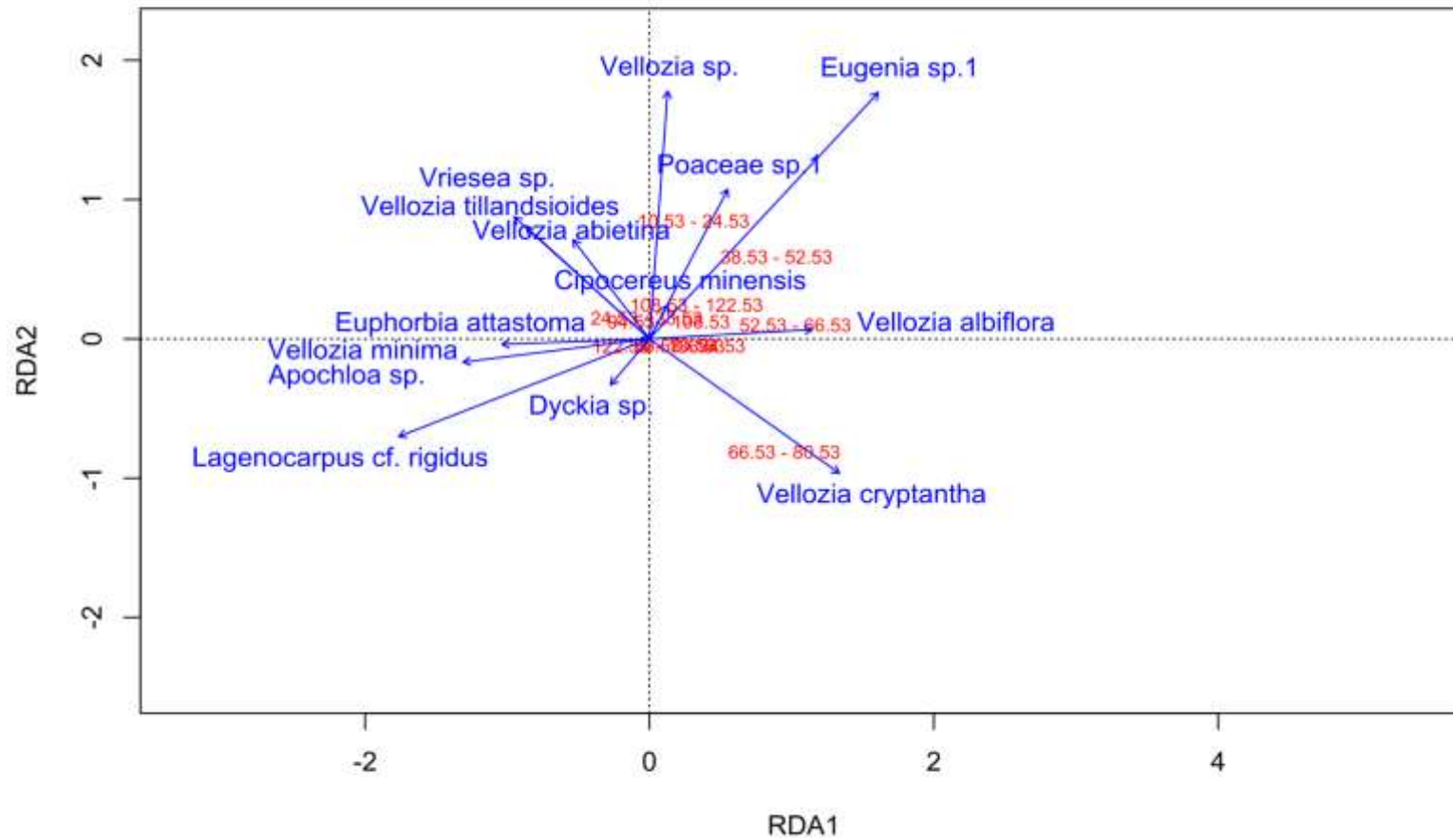


Figura 15. Análise de redundância (RDA) verificando a contribuição da variação estrutural da comunidade vegetal, representada pelas 14 espécies mais abundantes ($n > 20$ indivíduos), para variação na estrutura populacional de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* por classes de diâmetro (indicadas em vermelho).

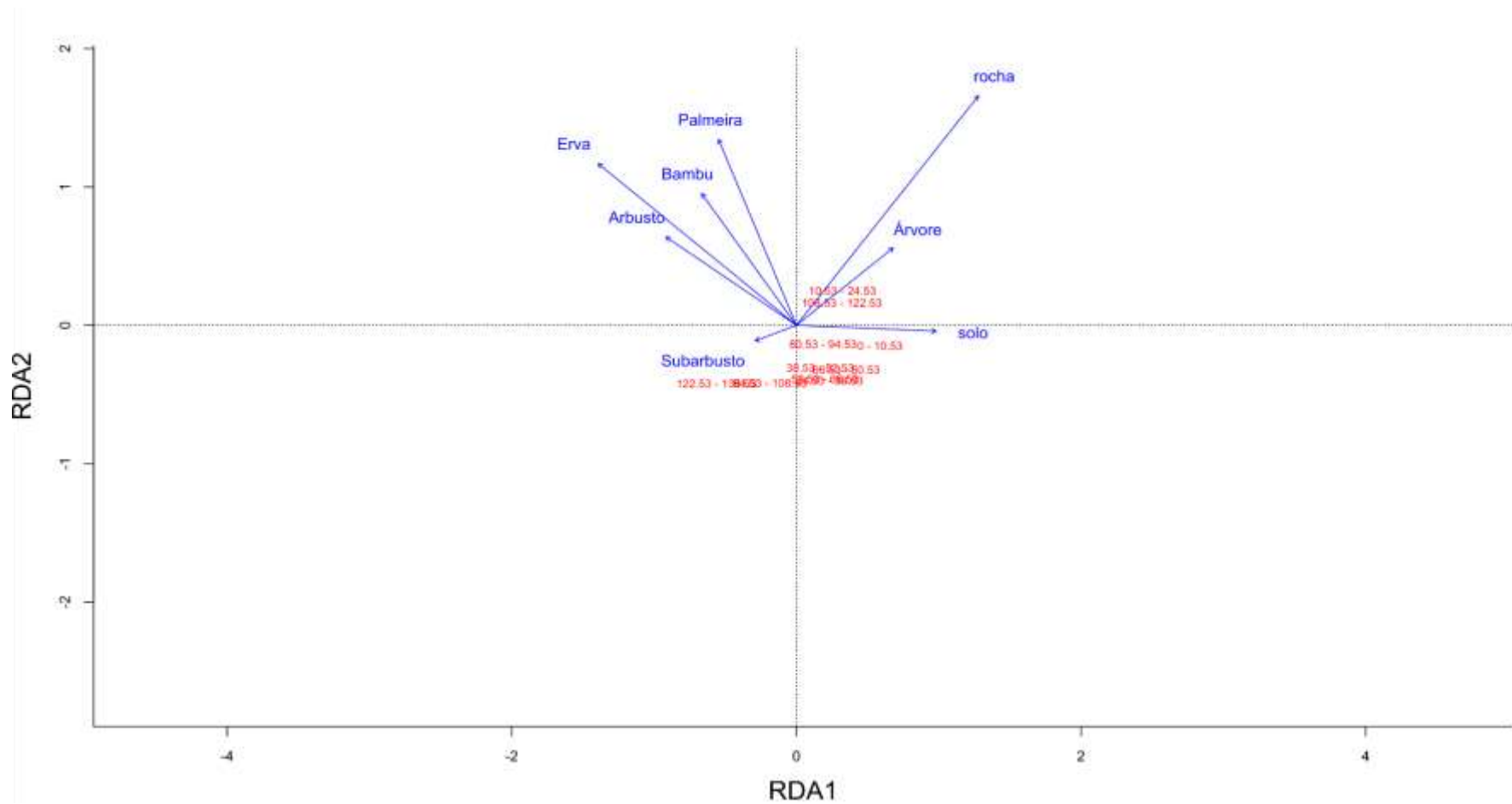


Figura 16. Análise de redundância (RDA) verificando a contribuição da variação estrutural na cobertura relativa das formas de vida e cobertura do substrato para variação na abundância de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* por classes de diâmetro (indicadas em vermelho).

4.3. Quais são as principais variáveis abióticas e bióticas favoráveis à persistência da espécie-alvo?

Foi observada a associação de indivíduos de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* com rocha e espécies vegetais. Os indivíduos foram frequentemente relacionados com quatro espécies: *Vellozia* sp. (Fig. 17 a), *Dyckia* sp. (Fig. 17 b), *Apochloa* sp. (Fig. 17 c) e *Euphorbia attastoma* (Fig. 17 d).



Figura 17. Interações bióticas. a) Indivíduo de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* associado à *Vellozia* sp. b) Indivíduo de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* associado à *Dyckia* sp. c) Indivíduo de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* associado à *Apochloa* sp. d) Indivíduo de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* associado à *Euphorbia attastoma*. Fotos: Hellen Manête e Suelma Ribeiro.

Do total de 592 indivíduos amostrados para análise da associação, cerca de 75,33% estão relacionados à rocha ou à planta. A associação de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* com rocha foi mais significativa na área PNSV 1 com 46 (63,01%) dos indivíduos totais da área, sendo que os estágios jovens 10 (90,91%) e adultos 36 (59,02%) foram os mais representativos estatisticamente (Tabela 4). A área PNSV 2 teve maior significância da associação dos cactos com plantas, 211 (54,80%) do total sendo 49 (84,48%) jovens e 155 (55,95%) adultos. Em PNSV 3, 60 (66,66%) indivíduos foram observados sob planta, porém somente os adultos 41 (45,56%) tiveram relação significativa. Os cactos observados expostos somam 67 (11,31%) do total amostrado. Houve também associação dupla (planta e rocha) com cerca de 85 (14,35%) de indivíduos totais (Tabela 4).

Além disso, foram registradas associações de cactos das três áreas com espécies de plantas específicas que ocorrem em grande quantidade sendo elas: a bromélia *Dyckia* sp. (42 jovens e 139 cactos adultos associados), a Poaceae *Apochloa* sp. (8 jovens e 16 adultos) e os arbustos *Vellozia* sp. (8 jovens e 18 adultos) e *Euphorbia attastoma* (8 jovens e 22 adultos) (Tabela 5).

As condições químicas do solo apresentaram diferenças significativas entre os microhabitats nos valores de pH, Al, H+Al e Zn, mas não houve diferenças para Fe e Cu. Os solos amostrados abaixo de *Dyckia* sp. são mais ácidos, possuem maior concentração de alumínio e maior teor de zinco (Fig. 18). Abaixo de *Euphorbia attastoma* os solos são ácidos, porém com um teor levemente menor que a anterior, possuem menor concentração de alumínio e maior concentração de zinco. Sob *Apochloa* sp. os solos também tiveram maior acidez, o alumínio foi significamente igual à *Euphorbia attastoma* e a concentração de zinco foi a mesma encontrada abaixo de *Dyckia* sp. Em comparação com os microhabitats abaixo de plantas, solo exposto apresentou a menor concentração de zinco,

maior teor de pH e menor valor de H⁺ AL. No geral, o teor do micronutriente zinco foi o único que teve maior disponibilidade apenas sob plantas.

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foi significativamente maior na condição de solo exposto, enquanto que nos microhabitats criados pela associação as medidas foram inferiores sob *Euphorbia attastoma* seguida de *Dyckia* sp. e *Vellozia* sp. (Fig. 19).

Tabela 4. Distribuição dos estágios ontogenéticos dos cactos dentre as associações bióticas e abióticas observadas nas três áreas amostradas.

Associações	PNSV 1			PNSV 2			PNSV 3		
	Infante (n=1)	Jovem (n=11)	Adulto (n=61)	Infante (n=10)	Jovem (n=98)	Adulto (n=277)	Infante (n=1)	Jovem (n=43)	Adulto (n=90)
Solo exposto	(1) 100%	(1) 9,09%	(11) 18,03%	(14) 14,29%	(28) 10,11%	(3) 6,98%	(9) 10%		
Rocha		(10) 90,91%	(36) 59,02%	(1) 10%	(25) 25,51%	(59) 21,3%	(11) 25,58%	(24) 26,67%	
Planta			(9) 14,75%	(7) 70%	(49) 50%	(155) 55,96%	(19) 44,19%	(41) 45,56%	
Planta e rocha			(5) 8,2%	(2) 20%	(10) 10,2%	(35) 12,64%	(1) 100%	(10) 23,26%	(16) 17,78%
<i>P</i> valor	X ² =3 <i>P</i> >1	X ² =25.727 <i>P</i> <0.05	X ² =38.869 <i>P</i> <0.05	X ² =11.6 <i>P</i> >0.05	X ² =37.592 <i>P</i> <0.05	X ² =149.21 <i>P</i> <0.05	X ² =3 <i>P</i> >0.05	X ² =11.97 <i>P</i> >0.05	X ² =25.289 <i>P</i> <0.05

Entre parênteses é mostrado o número de indivíduos total para cada tipo de associação e a porcentagem que este valor representa dentro de cada estágio. Os valores de Qui-quadrado são mostrados ao final de cada estágio ontogenético, os valores de *P* para a análise foram significativos quando $P \leq (0,05)$.

Tabela 5. Distribuição dos estágios ontogenéticos dos cactos dentre as associações bióticas com espécies de plantas específicas e abióticas observadas nas três áreas amostradas.

Associações	PNSV 1			PNSV 2			PNSV 3		
	Infante	Jovem	Adulto	Infante	Jovem	Adulto	Infante	Jovem	Adulto
	(n=1)	(n=11)	(n=61)	(n=10)	(n=98)	(n=277)	(n=1)	(n=43)	(n=90)
Solo exposto	(1)	(1)	(11)		(14)	(28)		(3)	(9)
	100%	9,09%	18,03%		14,29%	10,11%		6,98%	10%
Rocha		(10)	(36)	(1)	(25)	(59)		(11)	(24)
		90,91%	59,02%	10%	25,51%	21,30%		25,58%	26,67%
<i>Cipocereus minensis</i>						(1)			(2)
						0,36%			2,22%
<i>Dyckia</i> sp.**			(3)	(3)	(35)	(120)	(1)	(7)	(16)
			4,92%	30%	35,71%	43,32%	100%	16,28%	17,78%
<i>Euphorbia attastoma</i> **			(2)	(3)	(3)	(14)		(5)	(6)
			3,28%	30%	3,06%	5,05%		11,63%	6,67%
<i>Lagenocarpus</i> cf. <i>rigidus</i>								(1)	
								2,33%	

Orchidaceae sp.	(1)	(2)			
	10%	0,72%			
<i>Apochloa</i> sp. **	(2)	(7)	(11)	(1)	(3)
	3,28%	7,14%	3,97%	2,33%	3,33%
<i>Thaumatophyllum bipinnatifidum</i>				(1)	(1)
				2,33%	1,11%
<i>Vellozia</i> spp. **	(2)	(4)	(7)	(4)	(11)
	3,28%	4,08%	2,53%	9,3%	12,22%
<i>Dyckia</i> sp. / <i>Apochloa</i> sp.					(1)
					1,11%
<i>Cipocereus minensis</i> / <i>Dyckia</i> sp.					(1)
					1,11%
<i>Cipocereus minensis</i> / <i>Vellozia</i> spp.					(2)
					2,22%
<i>Vellozia</i> sp / <i>Dyckia</i> sp.	(1)				
	10%				
Rocha/ Orchidaceae	(1)	(1)	(1)		
	1,63%	10%	0,36%		

Rocha/ <i>Dyckia</i> sp.	(6)	(21)	(2)	(8)
	6,12%	7,58%	4,65%	8,99%
Rocha/ <i>Euphorbia attastoma</i>	(1)		(1)	(2)
	1,02%		2,33%	2,22%
Rocha/ <i>Apochloa</i> sp.	(1)	(1)	(4)	
	1,63%	1,02%	1,44%	
Rocha/ <i>Vellozia</i> sp.	(3)	(2)	(9)	(7)
	4,91%	2,04%	3,25%	16,28%
				(4)
				4,44%

<i>P</i> valor	$X^2=8$ $P>0.05$	$X^2=$ 71.63	$X^2=$ 152.7	$X^2=20.8$	$X^2=$ 210.8	$X^2=$ 712.35	$X^2=1$	$X^2=$ 53.62	$X^2=$ 105.6
		$P<0.05$	$P<0.05$	$P>0.05$	$P<0.05$	$P<0.05$	$P>0.05$	$P<0.05$	$P<0.05$

Entre parênteses é mostrado o número de indivíduos total para cada tipo de associação e a porcentagem que este valor representa dentro de cada estágio. Os valores de Qui-quadrado são mostrados ao final de cada estágio ontogenético, os valores de *P* para a análise foram significativos quando $P \leq (0,05)$. As plantas marcadas com ** foram as que tiveram as maiores quantidades e porcentagens de cactos associados.

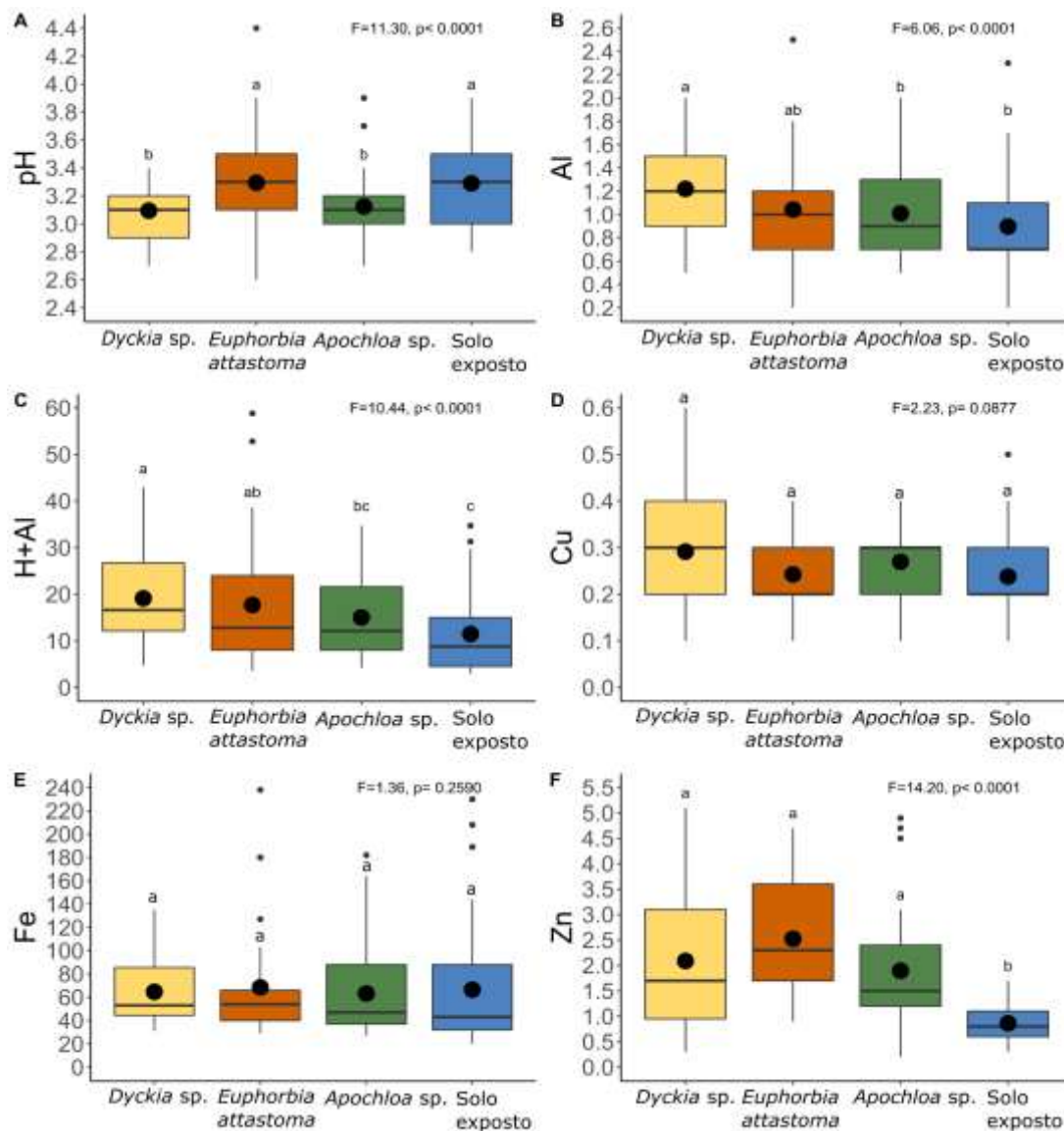


Figura 18. Parâmetros químicos com diferenças significativas entre os solos coletados abaixo de bromélia *Dyckia* sp., *Euphorbia attastoma* e a Poaceae *Apochloa* sp. e áreas de solo exposto nas três localidades amostradas. a) Avaliação do pH nos diferentes microhabitats. b) Avaliação do alumínio (Al) nos diferentes microhabitats. c) Avaliação da acidez total (H+AL) nos diferentes microhabitats. d) Avaliação do cobre (Cu) nos diferentes microhabitats. e) Avaliação do ferro (Fe) nos diferentes microhabitats. f) Avaliação do zinco (Zn) nos diferentes microhabitats. São indicados os valores de P calculados através de ANOVA, letras iguais acima dos box-plots indicam que não houve diferenças significativas entre os microhabitats ($P<0,05$). Círculo preto no interior do box-plot indica a média e a linha contínua indica a mediana.

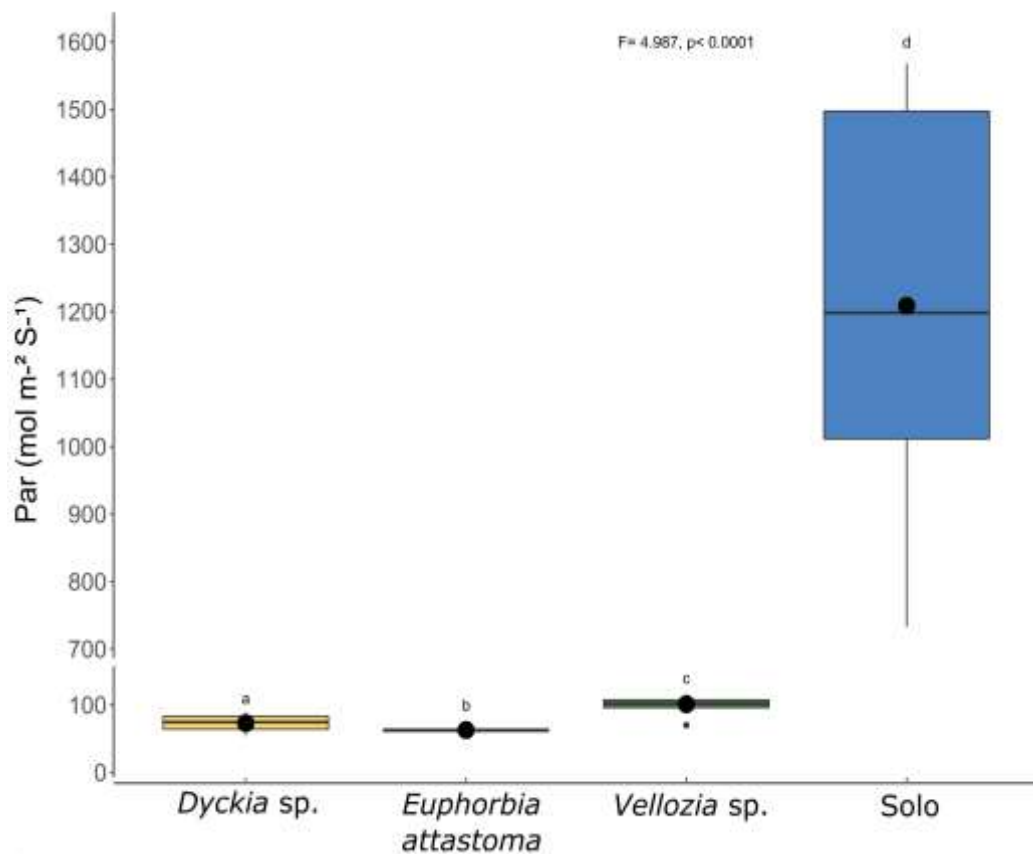


Figura 19. Comparação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) entre *Dyckia sp.*, *Euphorbia attastoma*, *Vellozia sp.* e solo exposto medidos entre 13:00 e 14:00. São indicados os valores de P calculados com ANOVA, letras diferentes acima dos box-plots indicam diferenças significativas entre os microhabitats ($P<0,05$). Círculo preto no interior do box-plots indica a média e a linha contínua indica a mediana.

5. DISCUSSÃO

5.1. Qual é a cobertura vegetal e respectiva composição de espécies associadas à presença do táxon-alvo na natureza?

Os resultados da flora do habitat nativo de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* revelaram que a especificidade geral do ecossistema é alta, uma vez que compartilha seu habitat com outras espécies exclusivas dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço de Minas Gerais (Tabela 2). Dominam quatro famílias mais ricas em espécies (Bromeliaceae, Velloziaceae, Poaceae, Asteraceae) (Silveira *et al.*, 2016; Chaves *et al.* 2019) dos campos rupestres, onde nessa comunidade vegetal estudada cinco espécies da família Velloziaceae destacaram-se como mais abundantes na cobertura relativa das áreas amostradas (Figura 5) e uma como espécie indicadora (Tabela 3), demonstrando sua importância nesta fitofisionomia. De fato, Velloziaceae é uma das famílias mais comuns e abundantes nos afloramentos rochosos de Minas Gerais (Mello-Silva, 1995; Silveira *et al.*, 2016).

As nove espécies possivelmente indicadoras (*Vellozia cryptantha*, *Calliandra* sp.1, *Pseudobombax longiflorum*, *Cuphea ericoides*, *Melastomataceae* sp.2, *Andira* sp., *Wunderlichia senae*, *Heteropterys* sp.1, *Byrsonima* sp. 1, *Heteropterys* sp.2) identificadas neste estudo são comumente encontradas com frequência em campos rupestres (Ribeiro & Walter, 2008). Em Itamarandiba-MG foram relatados resultados similares, onde uma espécie do gênero *Cuphea* foi considerada indicadora e *Vellozia* sp. foi a espécie com maior cobertura relativa nas cinco áreas de ocorrência de sua congênica *U. buiningii* (Ribeiro-Silva *et al.*, 2021).

Os perfis de diversidade gerados apresentam inclinação ascendente, onde PNSV 2 foi a área mais diversa seguida de PNSV 1 e 3 que não diferiram entre si, pois suas curvas se cruzam. Os perfis corroboram com a quantidade de espécies registradas na

amostragem, sugerindo que foi realizada uma cobertura florística satisfatória nas três áreas amostradas.

A similaridade florística entre as áreas amostradas de campos rupestres pode estar relacionada à distância geográfica e à altitude (Inacio *et al.*, 2015; Juliano, 2019). A alta similaridade por forma de vida e a formação de grupo entre PNSV 2 e 3 pode ser atribuída à distância geográfica e altitude entre as áreas amostradas, já que a distância entre ambas é de aproximadamente 2km e apresentou pouca variação na altitude 1250 e 1242 metros respectivamente. Esses dados vão de encontro com os estudos que mostram que as áreas com faixas de altitudes semelhantes possuem maior similaridade florística do que aquelas com diferenças entre as altitudes (Inacio *et al.*, 2015).

Apesar de não terem sido registrados dentro das transecções, foram observados dois possíveis indicativos de distúrbios. Primeiro, a presença de *Melinis minutiflora* na área PNSV 2. Esta é uma espécie exótica invasora originária do continente africano e popularmente conhecida como capim-gordura e capim-meloso. Por apresentar altas taxas de crescimento, rebrota, regeneração, reprodução e ter capacidade de se adaptar a solos pobres em nutrientes, *M. minutiflora* pode colonizar rapidamente os ecossistemas de Cerrado (Hoffmann *et al.*, 2004; Martins *et al.*, 2004).

Segundo, presença de gado nas áreas PNSV 2 e 3, as quais estão localizadas perto de uma das propriedades particulares, as fezes registradas indicam que esses animais estão circulando ali de forma livre. A criação de gado principalmente próxima a locais de ocorrência de espécies ameaçadas pode ser um agravante no seu grau de ameaça, já que esses animais podem promover o pisoteio, provocando efeitos negativos sobre as populações e seus habitats (Malo *et al.*, 2011). Com isso, essas possíveis ameaças requerem atenção e para inferir os efeitos destas sobre as populações do táxon-alvo são necessários estudos futuros.

5.2. Como está atualmente a estrutura populacional do táxon-alvo e como a mesma está relacionada com a comunidade vegetal?

Cabe ressaltar que, embora sejam importantes nos estudos de estrutura populacional, os histogramas mostram apenas um indicativo da situação atual da população. Os resultados apresentados são referentes a apenas um ano de monitoramento e diante disso, para obtenção de respostas futuras para estimar se de fato os indicativos de distúrbios observados estão afetando as populações, é necessária a realização do estudo de dinâmica populacional para se prever as mudanças no crescimento, recrutamento e sobrevivência dos indivíduos da população ao longo do tempo (Zuidema *et al.*, 2007; Paiva *et al.*, 2007).

A distribuição das classes diamétricas e principalmente das classes hipsométricas de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* nas áreas PNSV 2 e 3, apresentou-se de forma similar ao modelo de “J” invertido, com predominância dos indivíduos nas classes iniciais e intermediárias. Conforme as classes aumentam, a abundância de indivíduos tende a diminuir até atingir um número baixo na maior classe. Esse padrão de disposição é apontado como um possível indicativo de que a população está em estabilidade, pois há um equilíbrio entre recrutamento e mortalidade dos indivíduos (Felfili, 1997; Rubin *et al.*, 2006; Macedo *et al.*, 2019).

Além dos histogramas, para elucidar uma possível normalidade nas distribuições de diâmetro e altura das populações são calculadas estatisticamente as medidas de curtose e assimetria que evidenciam as formas das curvas de distribuição (Machado *et al.*, 2006). Os resultados da curtose e assimetria foram similares aos histogramas uma vez que a distribuição dos diâmetros apresentou curtose positiva com assimetria para a esquerda enquanto que as distribuições de altura a assimetria é inclinada para direita, sendo uma característica das curvas com o modelo de “J” invertido (Souza *et al.*, 2017).

Os regenerantes representaram cerca de 33,52% do total amostrado, estando alocados nas primeiras classes diamétricas e hipsométricas. De fato, muitas populações auto regenerativas também apresentam distribuições com maior proporção de indivíduos nas classes iniciais, onde predominam os infantes e jovens (Hall & Bawa, 1993; Rubin *et al.*, 2006). No entanto, os histogramas mostram que nas três áreas a primeira classe diamétrica (10,53 mm) e hipsométrica (3,4 cm) apresentaram um número menor de indivíduos do que as classes seguintes.

Todavia, a descontinuidade e a inexistência de indivíduos entre as classes não significam necessariamente que as populações de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* apresentam problemas de recrutamento. O ritmo de crescimento de uma planta não é constante durante o seu ciclo de vida, sendo assim, determinado indivíduo pode permanecer em um intervalo maior de tempo na mesma classe e estágio (Webb *et al.*, 1972; Roig, 2000). Cactáceas possuem o crescimento inicial lento (Godínez-Álvarez *et al.*, 2005; Landero & Valiente-Banuet, 2010) o que pode ser um indicador de que os indivíduos demoram um período maior de tempo para mudarem de classe, resultando em classes com muitos indivíduos e outras com poucos.

A sequência de fases no decorrer da vida de um indivíduo é denominada de ontogenia, que consiste em estádios produzidos um após o outro até sua morte e é caracterizada pela perda ou ganho de certas estruturas e propriedades (Gatsuk *et al.*, 1980). É comprovada a importância da identificação e descrição dos estádios ontogenéticos dentro do ciclo de vida de uma espécie afim de buscar uma padronização e comparação nos estudos populacionais, entendendo melhor como as populações se comportam sob diferentes pressões de origem natural ou antrópica (Portela & Santos, 2011).

Analisando os estádios de vida das populações de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera*

os resultados mostram que estão bem representadas no número de indivíduos adultos em fase reprodutiva e os de jovens, o que pode possibilitar o recrutamento de novos indivíduos na população, uma vez que, indivíduos reprodutivos têm maiores chances de deixarem descendentes (Peroni & Hernández, 2011). Ainda que existam cactos reprodutivos na população do táxon-alvo, a sua reprodução é condicionada à presença de polinizadores específicos que dependem da vegetação circundante, revelando assim, tamanha a importância da conservação de seus habitats específicos (Sousa *et al.*, 2021). De qualquer forma, somente por meio de estudos de longo prazo podemos ter projeções sobre o que pode acontecer com as populações (Zuidema *et al.*, 2007; Paiva *et al.*, 2007).

5.3. Quais são as principais variáveis abióticas e bióticas favoráveis a persistência do táxon-alvo?

Espécies típicas de campos rupestres e rochas estão associadas aos indivíduos de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera*, como *Vellozia* sp., *Dyckia* sp., *Apochloa* sp. e *Euphorbia attastoma*, indicando que provavelmente essas atuam como plantas e rochas enfermeiras para o táxon-alvo. A facilitação é uma interação importante principalmente em ambientes “estressantes” como, por exemplo, nos afloramentos rochosos dos campos rupestres que tem como características baixa retenção de água, escassez de nutrientes no solo, temperaturas diárias e radiação solar mais altas e baixa umidade relativa (Medina *et al.*, 2006; Gianotti *et al.*, 2013; Silveira *et al.*, 2016). Esse tipo de interação vem sendo proposta na literatura científica para várias espécies de cactáceas (Anexo 1).

Durante o levantamento bibliográfico observou-se que o mecanismo “disponibilidade de nutrientes” é muito citado para espécies facilitadoras de Eudicotiledôneas, especialmente Leguminosas, que tem associação com bactérias que auxiliam na fixação de nitrogênio atmosférico. Nosso estudo é pioneiro ao trazer o fato

de que há maior incidência de plantas facilitadoras de *U. pectinifera* associada às Monocotiledôneas (*Dyckia* sp., *Apochloa* sp., *Vellozia* sp.). As micorrizas constituem uma associação simbiótica entre raízes de plantas e fungos do solo (Smith & Read, 1997). O principal benefício dessa associação é a maior absorção de nutrientes como P, N, S, Zn, Cu e Mn (Smith & Read, 1997; Silveira, 1992).

A concentração de nutrientes aumenta, pois o crescimento das hifas externas aumentam a superfície de absorção do sistema radicular (Amaral, 2007; Buzo, 2021). Considerando os solos pobres dos campos rupestres, as micorrizas podem ser importantes no desenvolvimento e manutenção da comunidade vegetal, porém pouco se sabe sobre a atuação e efeitos dessa associação nesta fitofisionomia (Carvalho, 2012). Em um estudo realizado com *Apochloa molinioides* (Trin.) Zuloaga & Morrone foi constatado que a espécie apresentou associação com fungos micorrízicos, demonstrando que a mesma é muito adaptada às condições encontradas em campos rupestres (Abrahão *et al.*, 2018).

Nossos resultados mostram que sob a bromélia *Dyckia* sp. os níveis de zinco foram maiores e a radiação solar foi menor em comparação com solo exposto. Estudos destacam que bromélias podem facilitar o estabelecimento e sobrevivência de outras espécies de plantas menores (Scarano, 2002; 2009). A presença de *Bromelia balansae* Mez está associada positivamente à riqueza e abundância de plântulas arbóreas em afloramentos rochosos, através da atenuação da temperatura e retenção da umidade neste ambiente, além de aumentar a quantidade de nutrientes e matéria orgânica no solo (Hay *et al.*, 1981; Rocha, 2009).

É sabido que a luz é um dos fatores ambientais reguladores da germinação das sementes (Rojas-Aréchiga *et al.*, 2013), e várias espécies de cactáceas dependem da facilitação tanto para sua germinação quanto para o seu estabelecimento (Valiente-Banuet *et al.*, 1991; Sosa & Fleming, 2002). A sombra criada por arbustos pode auxiliar na

diminuição da radiação solar direta que o cacto recebe (Valiente-Banuet & Ezeurra, 1991; Godínez-Álvarez *et al.*, 2005). *Caralluma acutangula* (Decne.) N.E.Br. um cacto estudado na Árabia Saudita foi mais associado a arbustos uma vez que esses “ofereceram” sombreamento protegendo-o da alta radiação solar e proporcionado maior umidade (Masrahi *et al.*, 2012). O sombreamento foi positivo também na sobrevivência de *Neobuxbaumia mezcalaensis* (Bravo) Backeb. em San Juan, México, sendo relatado que as taxas de sobrevivência das mudas foram maiores em áreas sombreadas por plantas enfermeiras, quando comparadas às mudas localizadas em áreas abertas, pois o arbusto auxiliou na diminuição da radiação solar direta, deixando as temperaturas durante o dia mais baixas (Landeró & Valiente-Banuet, 2010).

Os resultados revelam ainda um padrão de presença de indivíduos de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* tanto em área aberta como abaixo da copa dos arbustos (Tabela 4) e rochas na área estudada, sugerindo que os indivíduos não dependem necessariamente dessas associações para sobreviverem. Esse padrão é observado para algumas espécies de cactos, Miquelajauregui & Valverde (2010) conduziram um estudo experimental no Vale de Tehuacán – México, e os resultados mostraram que embora a taxa de sobrevivência das mudas em áreas abertas tenha diminuído, os testes estatísticos realizados não mostraram nenhuma diferença significativa nas taxas de sobrevivência final das mudas expostas e protegidas por arbustos, ou seja, as mudas não dependeram exclusivamente dos arbustos para sobreviver.

Esse padrão de distribuição espacial dos indivíduos de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* nos trazem, no entanto, algumas reflexões. Primeiro, esses resultados indicam que *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* é capaz de se estabelecer em áreas abertas dos campos rupestres, ao contrário de muitas espécies de outros ambientes áridos que exigem a coexistência abaixo das copas de arbustos (Valiente-Banuet & Ezeurra 1991; Reyes-

Olivas *et al.*, 2002; Larrea-Alcázar & Soriano, 2008; Méndez, 2009; Landero & Valiente-Banuet, 2010; Aranda-Pineda *et al.*, 2021).

Segundo, o fato de que a maioria dos indivíduos infantis e jovens foram distribuídos abaixo de arbustos ou de rochas significa, no entanto, que esses podem afetar também o seu crescimento e a sua sobrevivência nos campos rupestres no PNSV. Porém, essa especulação exige investigações futuras.

Terceiro, o fato de que plântulas de *U. pectinifera* subsp *pectinifera* recrutam com sucesso em solo exposto (tabela 4) pode, por exemplo, indicar que seu nicho de regeneração não está associado à melhorias ou melhores condições ambientais sob as plantas ou rochas enfermeiras. Devido às condições de baixa retenção de água e escassez de nutrientes dos campos rupestres a decomposição microbiana é reduzida, o que favorece o acúmulo de carbono orgânico e conseqüentemente a retenção de nutrientes e água nos solos aumentam, permitindo possivelmente o recrutamento de plântulas em áreas abertas (Benites *et al.*, 2007).

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A especificidade do habitat de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* é alta, sendo demonstrada pelo número alto de espécies exclusivas dos campos rupestres de Minas Gerais. Adicionalmente, *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* compartilha seu habitat com outras espécies ameaçadas, isso mostra o quão importante é conservar este ambiente não só por causa do táxon-alvo mas também por seus polinizadores específicos e das espécies ameaçadas que compartilham.

As populações de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* apresentam indivíduos regenerantes e adultos reprodutivos que podem deixar descendentes. Não há evidências de que os distúrbios observados estão afetando negativamente a estrutura populacional atual dentro do PNSV. Porém, recomenda-se que sejam realizadas coletas de dados demográficos anuais para possibilitar o entendimento das taxas de crescimento e de fatores determinantes da sobrevivência dos indivíduos da população ao longo do tempo.

Quatro espécies herbáceas-arbustivas (*Vellozia* sp., *Dyckia* sp., *Apochloa* sp., *Euphorbia attastoma*) e rochas são fortemente associadas à *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* e provavelmente devem atuar promovendo a facilitação, a qual deve estar relacionada à diminuição da radiação solar direta que os cactos recebem e a uma maior disponibilidade de nutrientes nos solos, contribuindo para o estabelecimento e a manutenção de indivíduos de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* nos habitats de campos rupestres. Uma avaliação dos efeitos da luz sobre a germinação de sementes e mudas de *U. pectinifera* subsp. *pectinifera* abaixo dessas plantas poderá ajudar a elucidar o seu papel como facilitadora. Adicionalmente, estudos futuros que contribuem para o entendimento da relação entre o aumento no nível de nutrientes sob *Vellozia* sp., *Dyckia* sp., *Apochloa* sp. e micorrizas também são necessários.

A ocorrência de *M. minutiflora* acende um alerta para a persistência das

populações do táxon-alvo em uma de suas áreas. Essa informação deve orientar medidas diretas de conservação, exigindo de imediato o manejo de *M. minutiflora* na localidade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahão, A., de Britto Costa, P., Lambers, H., Andrade, S.A.L., Sawaya, A.C.H.F., Ryan, M.H., & Oliveira, R. S. (2018). Soil types filter for plants with matching nutrient-acquisition and -use traits in hyperdiverse and severely nutrient-impoverished campos rupestres and cerrado in Central Brazil. *Journal of Ecology*, *107*, 1302-1316. 10.1111/1365-2745.13111
- Aizen, M.A. (2007). Approaches to the study of sexual plant reproduction in altered habitats: limitations and perspectives. *Ecología Austral*, *17*(1), 7-19
- Amaral, T.L. (2007). Substratos com fibra de coco e fungos micorrízicos no cultivo de Bromélias. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, *Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias*, 1-181
- Araújo, A.O., Souza, V.C., & Chautem, A. (2005). Gesneriaceae da Cadeia do Espinhaço de Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, *28*(1), 109-135. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042005000100010>
- Aranda-Pineda, J. A., Valverde, P. L., Búrquez, A., Golubov, J., & Mandujano, M.C. (2021). Effect of brousse tigrée on the dynamics of nurse–protégé interactions of a cactus in the Chihuahuan Desert. *Plant Species Biology*, *36*(3), 450–462. 10.1111/1442-1984.12329
- Arantes, C.S., & Schiavini, I. (2011). Estrutura e dinâmica da população de *Amaioua guianensis* aubl. (rubiaceae) em fragmento urbano de floresta estacional semidecidual – Uberlândia, Minas Gerais. *Bioscience Journal*, *27*(2), 312-321
- Arriaga, L., Maya, Y., Diaz, S., & Caneino, J. (1993). Association between cacti and nurse perennials in a heterogeneous dry forest in northwestern Mexico. *Journal of Vegetation Science*, *4*, 349-356
- Benites, V.M., Cunha, T.J.F., Ferraz, R.P.D., Caiafa, A.N., Simas, F.N., Mendonça, E. (2003). Caracterização dos Solos em Duas Topossequências sobre Diferentes Litologias em Áreas Altimontanas na Serra da Mantiqueira. *Embrapa Solos*, 31pp.
- Benites, V.M., Schaefer, C.E.R., Simas, F.N.B., & Santos, H.G. (2007). Soil associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. *Brazilian Journal of Botany*, *30*, 569-577
- Borcard, D., Gillet, F., & Legendre, P. (2011). Numerical Ecology with R. *Springer*. 10.1007/978-1-4419-7976-6
- Burmeier, S., & Jensen, K. (2009). Experimental ecology and habitat specificity of the endangered plant *Apium repens* (Jacq.) Lag. at the northern edge of its range. *Plant*

- Buzo, F.S. (2021). Micorrizas na cultura do milho: promoção de crescimento e maior eficiência da adubação fosfatada. Universidade Estadual Paulista, *Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira*, 1-101
- Bustamante, M.M.C., Metzger, J.P. (2019). Tendências e impactos dos vetores de degradação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. In Joly, C.A., Scarano, F.R., Seixas, C.S., Metzger, J.P., Ometto, J.P., Bustamante, M.M.C., Padgurschi M.C.G., Pires, A.P.F., Castro, P.F.D., Gadda, T., & Toledo, P. (Eds.), *1º Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos* (pp.93-213). São Carlos: Cubo.
- Brower, J. E., Zar, J. H., & Ende, C. N. (1990). Field and laboratory methods for general ecology (3rded). *Brown Publishers*, Dubuque
- Bruno, J.F., Stachowicz, J.J., & Bertness, M.D. (2003). Inclusion of facilitation into ecological theory. *Trends in Ecology and Evolution*, 18(3), 119-125. 10.1016 / S0169-5347 (02) 00045-9
- Callaway, R.M. (1995). Positive interactions among plants. *The Botanical Review*, 61(4), 306–349. 10.1007/BF02912621
- Carrillo-Garcia, A., Bashan, Y., & Bethlenfalvay, G.J. (2000). Resource-island soils and the survival of the giant cactus, cardon, of Baja California Sur. *Plant and Soil*, 218, 207-214. <https://doi.org/10.1023/A:1014953028163>
- Carvalho, F., Souza, F.A., Carrenho, R., Moreira, F.M.S., Jesus, E.C., & Fernandes, G.W. (2012). The mosaic of habitats in the high-altitude Brazilian rupestrian fields is a hotspot for arbuscular mycorrhizal fungi. *Applied Soil Ecology*, 52, 9-19
- Carvalho, F., Godoy, E.L., & Lisboa, F.J.G. (2014). Relationship between Physical and Chemical Soil Attributes and Plant Species Diversity in Tropical Mountain Ecosystems from Brazil. *Journal of Mountain Science*, 11(4), 875-883. 10.1007/s11629-013-2792-4
- Cares, A.R., Muñoz, A.P., Medel, R., & Botto-Mahan, C. (2013). Factors affecting cactus recruitment in semiarid Chile: A role for nurse effects?. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 208(5-6), 330-335. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2013.04.005>
- Chao, A., Gotelli, N.J., Hsieh, T., Sander. E.L., Ma, K., Colwell, R.K., & Ellison, A.M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling

and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84, 45-67. <https://doi.org/10.1890/13-0133.1>

- Chaves, D.A., Ribeiro-Silva, S., Rivera, V.L., Bringel, J.B.A., Nakajima, J.N., de Medeiros, M.B., & Proença, C. (2019). Diamonds and Daisies: Floristics and Conservation of Asteraceae in One of Brazil 's Major Centers of Endemism. *Tropical Conservation Science*, 12, 1-18. 10.1177/1940082919884292
- Cody, M.L. (1993). Do cholla cacti (*Opuntia* spp., subgenus *Cylindropuntia*) use or need nurse plants in the Mojave Desert?. *Journal of Arid Environments*, 24, 139-154
- Conver, J.L., Yarwood, E., Hetherington, L.D., & Swann, D.E. (2020). Nurse rock microclimates significantly buffer exposure to freezing temperature and moderate summer temperature. *Journal of Arid Environments*, 177, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104140>
- Cullen, A.C., & Frey, H.C. (1999). Probabilistic Techniques in Exposure Assessment, (1ªed). *Plenum Publishing Corp*, New York, USA
- Delignette-Muller, M.L., & Dutang, C. (2015). Fitdistrplus: An R Package for Fitting Distributions. *Journal of Statistical Software*, 64(4), 1-34. <https://doi.org/10.18637/jss.v064.i04>
- Dufrene, M., & Legendre, P. (1997). Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach. *Ecological Monographs*, 67, 345-366. <http://dx.doi.org/10.2307/2963459>
- Echternacht, L., Trovó, M., Oliveira, C.T., & Pirani, J.R. (2011). Areas of endemism in the Espinhaço Range in Minas Gerais, Brazil. *Flora*, 206, 782-791
- Eiten, G. (1978). Delimitação do conceito de cerrado. *Vegetatio*, 36(3), 169-178
- Fabricante, J.R., & Oliveira, C.R.S. (2013). Estrutura populacional de *Melocactus ernestii* Vaupel (Cactaceae). *Scientia Plena*, 9(6), 1-8
- Felfili, J.M. (1997). Diameter and height distributions in a gallery forest tree community and some of its main species in central Brazil over six-year period (1985-1991). *Brazilian Journal of Botany*, 20(2), 155-162. <https://doi.org/10.1590/S0100-84041997000200006>
- Flora do Brasil. (2020). Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 15/09/2021

- Gatsuk, L.E., Smirnova, O.V., Vorontzova, L.V., Zaugolnova, L.B. & Zhukova, L.A. (1980). Age states of plants of various growth forms: a review. *Journal of Ecology*, 68, 675-696. 10.2307/2259429
- García-Chávez, J.H., Montaña, C., Perroni, Y., Sosa, V.J., & García-Licon, J.B. (2014). The relative importance of solar radiation and soil origin in cactus seedling survivorship at two spatial scales: plant association and microhabitat. *Journal of Vegetation Science*, 25(3), 668–680. 10.1111/jvs.12139
- Gianotti, A.R.C., Souza, M.J.H., Machado, L.M., Pereira, I.M., Vieira, A.D., & Magalhães, M.R. (2013). Análise microclimática em duas fitofisionomias do Cerrado no alto do Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 28(3), 246-256
- Godínez-Álvarez, H., Valverde, T., & Ortega-Baes, P. (2003). Demographic trends in the Cactaceae. *The Botanical Review*, 69(2), 173–203. 10.1663/0006-8101(2003)069
- Godínez-Alvarez, H., Ríos-Casanova, L., & Pérez, F. (2005). Characteristics of seedling establishment of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 50(3), 375-407. 10.1894 / 0038-4909 (2005) 050 [0375: COSEOS] 2.0.CO; 2
- Goettsch, B., Hilton-Taylor, C., Cruz-Piñón, G., & Duffy, J. P. (2015). High proportion of cactus species threatened with extinction. *Nature Plants*, 1(10), 1-7. 10.1038/nplants.2015.142
- Grünwadalt, J.M., Guevara, J.C., Carretero, E.M., Grünwadalt, E.G. (2018). Effect of *Prosopis* spp. as a nurse plant on nutrient content and productivity of *Opuntia ellisiana* Griffiths. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 50(2), 129-137
- Hall, P., & Bawa, K. (1993). Methods to Assess the Impacts of Extraction of Non-Timber Tropical Forest Products on Plant Populations. *Economic Botany*, 47, 234-247
- Hay, J.D., de Lacerda, L.D., & Tan, A.L. (1981). Soil Cation Increase in a Tropical Sand Dune Ecosystem Due to a Terrestrial Bromeliad. *Ecology*, 62(5), 1392–1395. 10.2307/1937303
- Hoffmann, W.A., Lucatelli, V.M.P.C., Silva, F.J., Azevedo, I.N.C., Marinho, M.S., Albuquerque, A.M.S., Lopes, A.O., & Moreira, S.P. (2004). Impact of the invasive alien grass *Melinis minutiflora* at the savanna-forest ecotone in the Brazilian Cerrado. *Diversity and Distributions*, 10, 99-103. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00063.x>

- Holmgren, M., & Scheffer, M. (2010). Strong facilitation in mild environments: the stress gradient hypothesis revisited. *Journal of Ecology*, 98(6), 1269-1275. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01709.x>
- Hsieh, T.C., Ma, K.H., & Chao, A. (2016). iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7, 1451-1456
- ICMBio. (2010). Manual para Formação de Brigadista de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais. Disponível em: https://queimadas.dgi.inpe.br/~rqueimadas/material3os/2010_ICMBIO_ApostilaBrigadistaPrevencaoIncendios_MMA_DE3os.pdf. Acesso: 15/08/2022
- ICMBio. (2016). Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Plano de Manejo Parque Nacional das Sempre-Vivas. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/DCOM_plano_de_manejo_Parque_Nacional_Das_Sempre_Vivas.pdf. Acesso: 27/05/2020
- INMET. (2019) Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/page&page=desvioChuvaAnual> Acesso: 09/04/2020.
- Inacio, M.F., da Luz, G.R., Rocha, A.L.O., & Nunes, Y.R.F. (2015). Similaridade florística do componente regenerante em campo rupestre ao longo de um gradiente altitudinal, na Serra do Cipó, MG. *Fórum de ensino, pesquisa, extensão e gestão*. 1-4
- Juliano, A.M. (2019). Diversidade florística de campos rupestres em *inselbergs* areníticos nos campos sulinos. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, *Programa de Pós-graduação em Biologia*, 1-51
- Kerr, J.T., & Deguise, I. (2004). Habitat loss and the limits to endangered species recovery. *Ecology Letters*, 7(12), 1163–1169. 10.1111/j.1461-0248.2004.00676.x
- Kitajima, K., & Fenner, M. (2000). Seedling regeneration ecology. In Fenner M (ed.), *Seeds: Ecology of Regeneration in Plant Communities* (pp. 331-360). Wallingford, UK: CAB International
- Kleier, C., & Lambrinos, J.G. (2005). The importance of nurse associations for three tropical alpine life forms. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 37(3), 331–336. 10.1657/1523-0430(2005)037[0331:TIONAF]2.0.CO;2
- Landero, J.P.C., & Valiente-Banuet, A. (2010). Species-specificity of nurse plants for the establishment, survivorship, and growth of a columnar cactus. *American Journal of*

Botany, 97(8), 1289-1295. 10.3732 / ajb.1000088

- Legendre, P., & Legendre, L. (2012). Numerical ecology. (3^aed). Elsevier
- Leimu, R. (2010). Habitat Quality and Population Size as Determinants of Performance of Two Endangered hemiparasites. *Annales Botanici Fennici*, 47(1), 1-13. 10.5735/085.047.0101
- Lopes, M.A. (2007). Population structure of *Eschweilera coriacea* (DC.) S. A. Mori in forest fragments in eastern Brazilian Amazonia. *Brazilian Journal of Botany*, 30(3), 509-519. 10.1590/S0100-84042007000300015
- Larrea-Alcázar, D.M., & Soriano, P.J. (2008). Columnar cacti-shrub relationships in an Andean semiarid valley in western Venezuela. *Plant Ecology*, 196(2), 153–161. 10.1007/s11258-007-9344-3
- Loayza, A.P., Herrera-Madariaga, M.A., Carvajal, D.E., García-Guzmán, P., & Squeo, F.A. (2017). Conspecific plants are better “nurses” than rocks: Consistent results revealing intraspecific facilitation as a process that promotes establishment in a hyper-arid environment. *AoB PLANTS*, 9(6), 1–11. 10.1093/aobpla/plx056
- López, R.P., & Valdivia, S. (2007). The importance of shrub cover for four cactus species differing in growth form in an Andean semi-desert. *Journal of Vegetation Science*, 18(2), 263–270. 10.1111/j.1654-1103.2007.tb02537.x
- López, R.P., Valdivia, S., Sanjinés, N., & De la Quintana, D. (2007). The role of nurse plants in the establishment of shrub seedlings in the semi-arid subtropical Andes. *Oecologia*, 152(4), 779-790. 779–790. 10.1007/s00442-007-0698-y
- Macedo, W.S., da Silva, L.S., Alves, A.R., & Martins, A.R. (2019). Análise do componente arbóreo em uma área de ecótono Cerrado-Caatinga no sul do Piauí, Brasil. *Scientia Plena*, 15(1), 1-11. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2019.010201>
- Machado, S.A., Bartoszeck, A.C.P.S., Filho, A.F., & de Oliveira, E.B. (2006). Dinâmica da distribuição diamétrica de bracatingais na região metropolitana de Curitiba. *Revista Árvore*, 30(5), 759-768
- Madrigal-González, J., García-Rodríguez, J.A., & Alarcos-Izquierdo, G. (2011). Testing general predictions of the stress gradient hypothesis under high inter- and intra-specific nurse shrub variability along a climatic gradient. *Journal of Vegetation Science*, 23(1), 52–61. 10.1111/j.1654-1103.2011.01327.x
- Malo, J.E., Acebes, P., Giannoni, S.M., & Traba, J. (2011). Feral livestock threatens landscapes dominated by columnar cacti. *Acta Oecologica*, 37(3), 249–255. 10.1016/j.actao.2011.02.008

- Martins, C.R., Leite, L.L., & Haridasan, M. (2004). Capim-Gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em Unidades de Conservação. *Revista Árvore*, 28(5), 739-747. 10.1590/S0100-67622004000500014
- Maschinski, J., Baggs, J.E., & Sacchi, C.F. (2004). Seedling recruitment and survival of an endangered limestone endemic in its natural habitat and experimental reintroduction sites. *American Journal of Botany*, 91(5), 689–698. 10.3732/ajb.91.5.689
- Masrahi, Y.S., Al-Yemeni, M.N., & Sayed, O.H. (2012). Nurse association on the stem succulente *Caralluma acutangula* in its natural habitat. *Ecológica*, 31(1), 46-53
- Medina, B.M.O., Ribeiro, K.T., & Scarano, E.F.R. (2006). Plant-plant and plant-topography interactions on a rock outcrop at high altitude in southeastern Brazil. *Biotropica*, 38, 27-34
- Méndez, E. (2009). Variación estructural y habitat de poblaciones de *Gymnocalycium schickendantzii* (Cactaceae) en Mendoza, Argentina: Efecto de las plantas nurses. *Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias*, 1-11
- Mello-Silva, R. (1995). Aspectos taxonômicos, biogeográficos, morfológicos e biológicos das Velloziaceae de Grão-Mogol, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica*, 14(1), 49-79. 10.11606/issn.2316-9052.v27i1p109-118
- Miller, J.R., & Hobbs, R.J. (2007). Habitat restoration - do we know what we're doing?. *Restoration Ecology*, 15, 382-390. <https://doi.org/10.1111/j.1526100X.2007.00234.x>
- Miquelajauregui, Y., & Valverde, T. (2010). Survival and early growth of two congeneric cacti that differ in their level of rarity. *Journal of Arid Environments*, 74(12), 1624-2631. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2010.07.006>
- Miranda-Melo, A.A., Martins, F.R., & Santos, F.A.M. (2007). Estrutura populacional de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. e de *Roupala montana* Aubl em fragmentos de cerrado no Estado de São Paulo. *Brazilian Journal of Botany*, 30(3), 501-507. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000300014>
- Mittermeier, R.A., Gil, P.R., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G., Lamoreux, J., & Fonseca, G.A.B. (2004). Hotspots revisited: earth 's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. *Cemex, Conservation International*, Agrupación Sierra Madre, México
- MMA. (2022). Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA N° 148, de Junho de 2022. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portari>

a/2020/P_mma_148_2022_altera_anexos_P_mma_443_444_445_2014_atualiza_especies_ameacadas_extincao.pdf. Acesso: 08/06/2022

- Munguía-Rosas, M.A., & Sosa, V.J. (2008). Nurse plants vs. nurse objects: effects of woody plants and rocky cavities on the recruitment of the *Pilosocereus leucocephalus* columnar cactus. *Annals of Botany*, *101*(1), 175-185. 10.1093 / aob / mcm302
- Muro-Pérez, G., Jurado, E., Flores, J., & Sánchez-Salas, J. (2014). Effect of seed burial in different soils on the germination of three specially protected cactus species. *The Southwestern Naturalist*, *59*(3), 344-348
- Niering, W.A., Whittaker, R.H., & Lowe, C.H. (1963). The saguaro: A population in relation to environment. *Science*, *142*(3588), 15-23. 10.1126/science.142.3588.15
- Nobel, P.S. (1980). Morphology, nurse plants, and minimum apical temperatures for young *Carnegie gigantea*. *Botanical Gazette*, *141*, 188-191.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., & Wagner, H. (2018). R Package vegan: Community Ecology Package. *R Package* [https://doi.org/ 10.4135/9781412971874.n145](https://doi.org/10.4135/9781412971874.n145)
- Ordoñez-Salanueva, C.A., Orozco-Segovia, A., Canales-Martínez, A., Seal, C.E., Pritchard, H.W., & Flores Ortiz, C. M. (2017). Ecological longevity of *Polaskia chende* (Cactaceae) seeds in the soil seed bank, seedling emergence and survival. *Plant Biology*, *19*(6), 973–982. 10.1111 / plb.12611
- Ortiz-Martínez, E., Golubov, J., Mandujano, M.C., & Arroyo-Cosultchi, G. (2021). Factors affecting germination and establishment success of an endemic cactus of the Chihuahuan Desert. *Plant Ecology*, *222*(8), 953–963. 10.1007/s11258-021-01153-1
- Paiva, L.V., Araújo, G.M., & Pedroni, F. (2007). Structure and dynamics of a Woody plant community of a tropical semi-deciduous seasonal forest in the “Estação Ecológica do Panga”, municipality of Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, *30*(3), 365-373. 10.1590/S0100-84042007000300003
- Pardini, R., Bueno, A.A., Gardner, T.A., Prado, P.I., & Metzger, J.P. (2010). Beyond the fragmentation threshold hypothesis: Regime shifts in biodiversity across fragmented landscapes. *PLoS ONE*, *5*(10), 47-52. 10.1371/journal.pone.0013666
- Parker, K.C. (1989). Nurse plant relationships of columnar cacti in Arizona, *Physical Geography*, *10*(4), 322-335. 10.1080/02723646.1989.10642386

- Peroni, N., & Hernández, M.I.M. (2011). Ecologia de populações e Comunidades. *Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina*, 1-127
- Peters, E.M., Martorell, C., & Ezcurra, E. (2008). Nurse rocks are more important than nurse plants in determining the distribution and establishment of globose cacti (*Mammillaria*) in the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Arid Environments*, 72(5), 593-601. 0.1016/j.jaridenv.2007.10.004
- Phillips, F. J. (1909). A study of pinyon pine. *Botanical Gazette*, 48, 216-223
- Portela, R.C.Q., & Santos, F.A.M. (2011). Caracterização dos estádios ontogenéticos de três espécies de palmeiras: uma proposta de padronização para estudos de dinâmica populacional. *Revista Brasileira de Botânica*, 34(4), 523-535
- Ranieri, B.D., Negreiros, D., Lana, T.C., Pezzini, F.F. & Fernandes, G.W. (2012). Fenologia reprodutiva, sazonalidade e germinação de *Kielmeyera regalis* Saddi (Clusiaceae), espécie endêmica dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 26(3), 632–641. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000300012>
- Rapini, A., Ribeiro, P.L., Lambert, S., & Pirani, J.R. (2008). A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. *Megadiversidade*, 4(1-2), 16-24
- Reyes-Olivas, A., García-Moya, E., & López-Mata, L. (2002). Cacti–shrub interactions in the coastal desert of northern Sinaloa, Mexico. *Journal of Arid Environments*, 52(4), 431–445. 10.1006/jare.2002.1018
- Ribeiro, J.F., & Walter, B.M.T. (2008). As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In Sano, S.M., Almeida, S.P., Ribeiro, J.F (Eds.), *Cerrado: Ecologia e flora* (pp.152-212)
- Ribeiro-Silva, S., & Lima, F.V. (2012). La importancia de los campos rupestres para la persistencia de poblaciones de *Uebelmannia pectinifera* Buining (Cactaceae) en la Cadena del Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas*, 9, 16-18
- Ribeiro-Silva, S., Oliveira, W.L., & Medeiros, M.B. (2021). Plano de recuperação de *Uebelmannia buiningii* Donald. (1ª ed). Brasília
- Roberts, D.W. (2015). labdsv: Ordination and Multivariate Analysis for Ecology. *R packag*, 1-59
- Robinson, J., & Hermanutz, L. (2015). Evaluating human-disturbed habitats for recovery

- planning of endangered plants. *Journal of Environmental Management*, 150, 157–163. 10.1016/j.jenvman.2014.10.033
- Rocha, F.S. (2009). Vegetação rupestre associada à floresta estacional no sul do Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, *Programa de Pós-graduação em Botânica*, 1-94
- Roig, F.A. (2000). Dendrocronología en los bosques del Neotrópico: revisión y prospección futura. In Roig, F.A (ed.), *Dendrocronología en América Latina* (pp.307-355). EDIUCN, Mendoza.
- Rojas-Aréchiga, M., Mandujano, M.C., & Golubov, J.K. (2013). Seed size and photoblastism in species belonging to tribe Cactaeae (Cactaceae). *Journal of Plant Research*, 126, 373-386
- Rojas-Sandoval, J., & Meléndez-Ackerman, E. (2012). Factors affecting establishment success of the endangered Caribbean cactus *Harrisia portoricensis* (Cactaceae). *Revista de Biología Tropical*, 60(2), 867-79. 10.15517/rbt.v60i2.4022
- Rubin, B.D., Manion, P.D., & Faber-Langendoen, D. (2006). Diameter distributions and structural sustainability in forests. *Forest Ecology and Management*, 222(1-3), 427–438
- Scarano, F.R. (2002). Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the brazilian atlantic rainforest. *Annals of Botany*, 90, 517-524
- Scarano, F.R. (2009). Plant communities at the periphery of the atlantic rain forest: rare species bias and its risks for conservation. *Biological Conservation*, 142, 1201-1208
- Schaefer, C.E.G.R., Corrêa, G.R., Candido, H.G., Arruda, D.M., Nunes, J.A., Araujo, R.W., Rodrigues, P.M.S., Filho, E.I.F., Pereira, A.F.S., Brandão, P.C & Neri, A.V. (2016). The Physical Environment of Rupestrian Grasslands (Campos Rupestres) in Brazil: Geological, geomorphological and pedological characteristics, and interplays. In Fernandes G. (eds) *Ecology and Conservation of Mountaintop grasslands in Brazil* (pp.15-53). Springer
- Shreve, F. (1931). Physical conditions in sun and shade. *Ecology*, 12, 96-104
- Scott, D.W. (2009). Sturges' rule. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 1(3), 303–306. 10.1002/wics.35
- Silveira, A.P.D. (1992). Micorrizas. In: Cardoso, E.J.B.N., Tsai, S.M., Neves, M.C.P. (eds.). *Microbiologia do solo* (pp.257-319) Campinas: Sociedade Brasileira de

- Silveira, F.A.O., Negreiros, D., Barbosa, N.P.U. *et al.* (2016). Ecology and evolution of plant diversity in the endangered *campo rupestre*: a neglected conservation priority. *Plant Soil*, 403(1-2), 129–152. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2637-8>
- Smith, S.E., & Read, D.J. (1997). *Micorrhizal symbiosis* (2^aed) London: Academic Press
- Sosa, V.J. & Fleming, T.H. (2002). Why are columnar cacti associated with nurse plants? In Fleming T.H., & Valiente-Banuet, A. (eds.) *Columnar Cacti and Their Mutualists: Evolution, Ecology, and Conservation* (pp. 306–322). University of Arizona Press, Tucson, AZ, US.
- Sousa, M.P., Verola, C.F., Ribeiro-Silva, S., Zappi, D.C., Souza, E.H., Moraes, E.M., Taylor, N.P. & Aona, L.Y.S. (2021). Pollen-feeding bees in *Uebelmannia pectinifera* subsp. *pectinifera*- reproductive biology of an endemic cactus from the campo rupestre of eastern Brazil. *Nordic journal of Botany*, 39(1), 1-12. [10.1111/njb.02924](https://doi.org/10.1111/njb.02924)
- Souza, C.P.M., Santos, F.A.M., Rodrigues, R.R., Joly, C.A. (2007). Estrutura populacional de 12 espécies arbóreas de diferentes grupos ecológicas. *Revista do Instituto Florestal*, 29(1), 39-55. <http://dx.doi.org/10.24278/2178-5031.201729103>
- Steenberg, W.F. & Lowe, C.H. (1969). Critical factors during the first year of life of the saguaro (*Cereus giganteus*) at Saguaro National Monument. *Ecology*, 50, 825-834
- Turner, R.M., Alcorn, S.M., Olin, G., & Booth, J.A. (1966). The Influence of Shade, Soil, and Water on Saguaro Seedling Establishment. *Botanical Gazette*, 127(2-3), 95–102. <http://www.jstor.org/stable/2472944>
- Valiente-Banuet, A., & Ezcurra, E. (1991). Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Ecology*, 79, 961–970. [10.2307 / 2261091](https://doi.org/10.2307/2261091)
- Valiente-Banuet, A., Vite, F., & Zavala-Hurtado, J.A. (1991a). Interaction between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse shrub *Mimosa luisana*. *Journal Vegetation Science*, 2, 11–14. [10.2307/3235892](https://doi.org/10.2307/3235892)
- Volis, S. (2016). How to conserve threatened Chinese plant species with extremely small populations?. *Plant Diversity*, 38(1), 45–52. [10.1016/j.pld.2016.05.003](https://doi.org/10.1016/j.pld.2016.05.003)
- Wang, Y., Naumann, U., Wrigth, S.T., Warton, D.I. (2012). mvabund– an R package for model-based analysis of multivariate abundance data. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(3), 471-474. [10.1111/j.2041-210X.2012.00190.x](https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2012.00190.x)

- Webb, L.S., Tracey, J.G., & Willins, W.T. (1972). Regeneration and pattern in the subtropical rain forest. *Journal of Ecology*, 60, 675-695
- Withgott, J. (2000). Botanical Nursing: From deserts to shorelines, nurse effects are receiving renewed attention, *BioScience*, 50(6), 479-484.
[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0479:BN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0479:BN]2.0.CO;2)
- Zuidema, P.A., de Kroon, H., Marinus, J.A., & Werger, M.J.A. (2007). Testing sustainability by prospective and retrospective demographic analyses: evolution for palm leaf harvest. *Ecological Applications*, 17(1), 118-128.
[https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2007\)017\[0118:TSBPAR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2007)017[0118:TSBPAR]2.0.CO;2)

ANEXOS

Anexo 1. Levantamento em ordem cronológica da literatura sobre a interação “*nurse plants*” em Cactaceae.

Espécie/Táxon beneficiário	Espécie benfeitora	Mecanismo	Ano	Local	Referência
<i>Uebelmannia pectinifera</i> subsp <i>pectinifera</i> Buining	<i>Dyckia</i> sp. <i>Euphorbia attastoma</i> Rizzini <i>Apochloa</i> sp. <i>Vellozia</i> sp.	Luz e temperatura	2022	Minas Gerais- Brasil	Este estudo
subsp. <i>pectinifera</i>					
<i>Uebelmannia buiningii</i> Donald	<i>Vellozia</i> sp. <i>Encholirium subsecundum</i> (Baker) Mez.	Luz e temperatura, disponibilidade de nutrientes, umidade	2021	Minas Gerais- Brasil	Ribeiro-Silva <i>et al.</i> , 2021
<i>Cephalocereus polylophus</i> (DC.) Britton & Rose	<i>Croton mazapensis</i> Lundell <i>Hancornia speciosa</i> Gomes	Luz e temperatura	2021	Hidalgo- México	Ortiz-Martinez <i>et al.</i> , 2021
<i>Echinocereus enneacanthus</i> Engelm.	<i>Prosopis glandulosa</i> Torr.	Luz e	2021	Chihuahuan Desert -	Aranda-Pineda <i>et al.</i> ,

		temperatura		México	2021
	<i>Hilaria mutica</i> (Buckley) Benth.				
	<i>Opuntia rastrera</i> F.A.C. Weber				
	<i>Ziziphus obtusifolia</i> (Hook. ex Torr. & A.Gray) Gray				
	<i>Opuntia macrocentra</i> Engelm.				
	<i>Ferocactus hamatacanthus</i> (Muehlenpf.) Britton & Rose				
	<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coult.				
	<i>Cylindropuntia imbricata</i> (Haw.) F.M. Knuth				
	<i>Flourensia cernua</i> DC.				
	<i>Fouquieria splendens</i> Engelm.				
	<i>Castela texana</i> (Torr. & A. Gray) Rose				
	<i>Jatropha dioica</i> Sessé				
<i>Cereus jamacaru</i> DC subsp. <i>jamacaru</i>	<i>Pilosocereus pachycladus</i> subsp. <i>pernambucoensis</i> (F. Ritter) Zappi	Proteção contra herbivoria	2020	Paraíba- Brasil	Oliveira <i>et al.</i> , 2020
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i> (F.A.C. Weber ex K. Schum.) Backeb.	<i>Mimosa luisana</i> Brandegees	Umidade	2019	Zapotitlan Valley- México	Montesinos-Navarro <i>et al.</i> , 2019

Pachycereus hollianus (F.A.C. Weber)
Buxb.

<i>Astrophytum myriostigma</i> Lem.	<i>Hechtia glomerata</i> Zucc.	Luz e temperatura	2018	Rio verde e Pozas, San Luís Potosí- México	López-Flores <i>et al.</i> , 2018
<i>Opuntia ellisiana</i> Griffiths	<i>Prosopis</i> sp.	Luz e temperatura, disponibilidad de nutrientes	2018	Mendoza- Argentina	Grünwaldt <i>et al.</i> , 2018
<i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto	<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.	Luz e temperatura	2017	San Juanico Chico, San Luís Potosí- México	Pérez-Sanches <i>et al.</i> , 2017
<i>Ferocactus histrix</i> (DC) G.E. Linds.					
<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart. ex Pfeiff.) Console.					
<i>Stenocactus coptonogonus</i> (Lem.) A. Berger ex A.W. Hill.)					
<i>Ariocarpus kotschoubeyanus</i> (Lem.) K. Schum	<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc.	Luz e temperatura	2017	Tolimán, Querétaro- México	Arroyo-Pérez <i>et al.</i> , 2017
<i>Polaskia chende</i> (Gosselin) A.C. Gibson & K.E. Horak	<i>Acacia constricta</i> Benth.	Luz e temperatura, umidade	2017	Caltepec- México	Ordóñez-Salanueva <i>et al.</i> , 2017

<i>Melocactus ernestii</i>	<i>Cnidocolus</i> sp.	Umidade	2016	Nordeste- Brasil	Hughes <i>et al.</i> , 2016
subsp. <i>longicarpus</i> (Buining & Brederoo) N. P. Taylor	<i>Pilosocereus magnificus</i> ((Buining and Brederoo) F. Ritter)				
<i>Melocactus bahiensis</i> subsp.	<i>Tacinga inamoena</i> ((K. Schum.) N. P. Taylor and Stuppy)				
<i>amethystinus</i> (Buining & Brederoo) N. P. Taylor	<i>Orthophytum glabrum</i> (Mez)				
<i>Melocactus ernestii</i> Vaupel subsp. <i>ernestii</i>					
<i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto	<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.	Luz e temperatura, umidade	2015	San Juanico Chico-México	Pérez-Sánchez <i>et al.</i> , 2015
<i>Ferocactus histrix</i> (DC.) G.E. Linds.					
<i>Myrtillocactus geometrizans</i> Console					
<i>Stenocactus coptonogonus</i> (Lem.) A. Berger					
<i>Eriosyce villicumensis</i> (Rausch) Katt.	<i>Larrea cuneifolia</i> Cav.	Luz e temperatura	2015	San Juan- Argentina	Almirón & Carrero, 2015
	<i>Bulnesia retama</i> (Gillies ex Hooker & Arn.) Grisebach				
	<i>Zuccagnia punctata</i> Cav.				
	<i>Bougainvillea spinosa</i> (Cav.) Heimerl				

<i>Cumulopuntia boliviana</i> (Salm-Dyck) F. Ritter	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	Luz e temperatura	2015	Huaje, Puno – Peru	Balcon & Xavier, 2015
	<i>Senecio</i> sp.				
<i>Echinopsis maximiliana</i> (Heyder) A. Dietr.	<i>Grindelia boliviana</i> Rusby				
<i>Cumulopuntia</i> sp	<i>Poa</i> sp.				
<i>Austrocylindropuntia subulata</i> (Engelm.) Backeb.					
<i>Coryphantha durangensis</i> (Ruenge) Britton & Rose	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Disponibilidade de nutrientes	2014	Chihuahuan Desert- México	Muro-Pérez <i>et al.</i> , 2014
<i>Echinocereus longisetus</i> (Engelm.) Lem.					
<i>Peniocereus greggii</i> (Engelm.) Britton & Rose					
<i>Myrtillocactus geometrizans</i> Console	<i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz & Pav.) Hawkins	Luz e temperatura, Disponibilidade de nutrientes	2014	Zapotitlan Valley- México	García-Chávez <i>et al.</i> , 2014
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i> (F.A.C. Weber ex K. Schum.) Backeb.					
<i>Opuntia pilifera</i> F.A.C. Weber					
<i>Carnegiea gigantea</i> (Engelm.) Britton & Rose	<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L.Jacobs	Proteção contra herbivoria	2013	Puerto Libertad- Argentina	Hinojo-Hinojo <i>et al.</i> , 2013
	<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex				

	DC.) Coult.				
	<i>Acacia ehrenbergiana</i> Hayne				
	<i>Acacia tortilis</i> (Forssk.) Hayne				
<i>Ariocarpus retusus</i> Scheidw.		Luz e temperatura	2013	Rancho El Consuelo – México	Jurado <i>et al.</i> , 2013
<i>Astrophytum asterias</i> (Zucc.) Lem.					
<i>Echinocactus texensis</i> Hopffer					
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i> (DC.) F.M. Knuth					
<i>Sclerocactus scheerii</i> (Salm-Dyck) N.P. Taylor					
<i>Mammillaria heyderi</i> Muehlenpf.					
<i>Echinopsis chiloensis</i> (Colla) Friedrich & G.D. Rowley	<i>Flourensia thurifera</i> (Molina) DC	Luz e temperatura, umidade	2013	Choapa- Chile	Cares <i>et al.</i> , 2013
<i>Eulychnia acida</i> Phil.	<i>Bridgesia incisifolia</i> Bertero ex Cambess.				
	<i>Porlieria chilensis</i> I.M. Johnst.				
	<i>Bahia ambrosioides</i> Lag.				
	<i>Heliotropium stenophyllum</i> Hook. & Arn.				

<i>Harrisia portoricensis</i> Britton	<i>Castella tortuosa</i> Liebm.	Luz e temperatura	2012	Mona Island Reserve-Caribe	Rojas-Sandoval & Meléndez-Ackerman, 2012
	<i>Cercidium praecox</i> (Ruiz & Pav.) Harms				
	<i>Bursera odorata</i> (Turcz.) Brandegee				
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i> (DC.) F.M. Knuth	<i>Opuntia pilifera</i> F.A.C. Weber	Luz e temperatura, disponibilidad de nutrientes	2012	Chihuahuan Desert-México	Flores-Torres & Montaña, 2012
<i>Pachycereus schottii</i> (Engelm.) D.R.Hunt	<i>Atamisquea emarginata</i> Miers	Luz e temperatura	2012	Deserto de Sonora-México	Holland & Molina-Freaner, 2012
	<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt.				
	<i>Encelia farinosa</i> A. Gray ex Torr.				
	<i>Hibiscus denudatus</i> Benth.				
	<i>Jatropha cinerea</i> (Ortega) Müll.Arg.				
	<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coult.				
	<i>Lycium</i> sp.				
	<i>Maytenus phyllanthoides</i> Benth.				
	<i>Olneya tesota</i> A. Gray				
	<i>Prosopis glandulosa</i> Torr.				

	<i>Suaeda nigra</i> (Raf.) J.F. Macbr.				
<i>Harrisia portoricensis</i> Britton	<i>Reynosia uncinata</i> Urb. <i>Croton discolor</i> Willd. <i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs	Luz e temperatura	2012	Mona Island Reserve- Porto Rico	Rojas-Sandoval & Meléndez-Ackerman, 2012
<i>Coryphantha durangensis</i> (Ruenge) Britton & Rose	<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.	Luz e temperatura, disponibilidade de nutrientes	2012	Chihuahuan Desert- México	Muro-Pérez <i>et al.</i> , 2012
<i>Echinocereus longisetus</i> (Engelm.) Lem.					
<i>Peniocereus greggii</i> (Engelm.) Britton & Rose					
<i>Carnegiea gigantea</i> (Engelm.) Britton & Rose	<i>Acacia farnesiana</i> (Willd.) L.	Luz e temperatura	2010	Kofa National Wildlife Refuge- Arizona	Drezner, 2010
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i> (Bravo) Backeb.	<i>Prosopis juliflora</i> DC. <i>Prosopis articulata</i> S. Watson <i>Parkinsonia microphylla</i> Torr. <i>Parkinsonia florida</i> (Benth. ex A. Gray) S. Watson	Luz e temperatura, umidade	2010	San Juan- México	Landero & Valiente- Banuet, 2010

<i>Neobuxbaumia macrocephala</i> (F.A.C. Weber ex K. Schum.) E.Y. Dawson	<i>Acacia constricta</i> Benth. <i>Castela tortuosa</i> Liebm.	Luz e temperatura	2010	Tehuacán Valley- México	Miquelajauregui & Valverde, 2010
<i>Mammillaria carnea</i> Zucc. ex Pfeiff.	<i>Yucca periculosa</i> Baker <i>Bouteloua gracilis</i> (Kunth) Lag. ex Griffiths <i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.	Luz e temperatura	2010	Cuicatlán- México	Jordan <i>et al.</i> , 2010
<i>Peniocereus striatus</i> (Brandege) Buxb.	<i>Prosopis velutina</i> Wooton <i>Atriplex linearis</i> S. Watson <i>Ambrosia deltoidea</i> (Torr.) W. W. Payne <i>Larrea tridentata</i> (DC.) Coville <i>Atriplex polycarpa</i> (Torr.) S. <i>Lycium</i> sp. <i>Parkinsonia microphylla</i> Torr. <i>Olneya tesota</i> A. Gray	Não é relatado o mecanismo	2010	Organ Pipe Cactus National Monument- EUA	Anderson <i>et al.</i> , 2010
<i>Gymnocalycium schickendantzii</i> (F. A. C. Weber) Britton & Rose	<i>Larrea cuneifolia</i> Cav. <i>Zuccagnia punctata</i> Cav.	Luz e temperatura, disponibilidade	2009	Mendoza- Argentina	Méndez, 2009

	<i>Tricomaria usillo</i> Hook. & Arn.	de nutrientes			
<i>Pachycereus schottii</i> (Engelm.) D.R.Hunt	<i>Cordia curassavica</i> (Jacq.) Roem. & Schult <i>Jatropha gossypifolia</i> L. <i>Croton rhamnifolius</i> HBK	Micorrizas	2009	Sonora- México	Bashan <i>et al.</i> , 2009
<i>Pilosocereus leucocephalus</i> (Poselg.) Byles & G.D. Rowley	<i>Cercidium microphyllum</i> (Torr.) Rose & I.M. Johnst. <i>Bravaisia berlandieriana</i> (Nees) T.F. Daniel <i>Mimosa luisana</i> Brandegee	Luz e temperatura, umidade, disponibilidade de nutrientes	2008	Xalapa- México	Munguía-Rosas & Sosa, 2008
<i>Stenocereus griseus</i> (Haw.) F. Buxb. <i>Cereus repandus</i> (L.) Backeb <i>Pilosocereus tillianus</i> Gruber & Schatzlii	<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coult. <i>Lysiloma microphylla</i> Benth. <i>Lysiloma acapulcensis</i> Benth <i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Luz e temperatura, disponibilidade de nutrientes	2008	Mérida- Venezuela	Larrea-Alcázar & Soriano, 2008
<i>Mammillaria mammillaris</i> (L) Karsten <i>Melocactus schatzlii</i> Till & Gruber	<i>Capparis odoratissima</i> Jacq <i>Cassia emarginata</i> L.	Luz e temperatura	2008	Mérida- Venezuela	Larrea-Alcázar <i>et al.</i> , 2008

<i>Corryocactus melanotrichus</i> Britton & Rose	<i>Prosopis flexuosa</i> DC.	Disponibilidad de nutrientes	2007	La Paz- Bolivia	López & Valdivia, 2007
<i>Echinopsis bridgesii</i> Salm-Dyck	<i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq.				
<i>Opuntia</i> sp.	<i>Baccharis boliviensis</i> (Wedd.) Cuatrec.				
<i>Austrocylindropuntia shaferi</i> (Britton & Rose) Backeb.	<i>Pluchea fastigiata</i> Griseb.				
	<i>Atriplex semibaccata</i> R.Br.				
	<i>Verbesina cinerea</i> Rusby				
	<i>Acacia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.				
	<i>Tecoma arequipensis</i> (Sprague) Sandwith				
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i> (F.A.C. Weber ex K. Schum.) Backeb	<i>Mimosa luisana</i> Brandegee	Luz e temperatura	2007	Puebla- México	Bravo-Mendoza <i>et al.</i> , 2007
<i>Pachycereus pringlei</i> (S. Watson) Britton & Rose	<i>Mimosa luisana</i> Brandegee	Luz e temperatura,	2006	Sonora- México	Suzán-Azpíri & Sosa, 2006
	<i>Olneya tesota</i> A. Gray	disponibilidad de nutrientes			
<i>Mammillaria gaumeri</i> (Britton & Rose) Orcutt	<i>Prosopis glandulosa</i> Torr.	Luz e temperatura	2006	San Benito e Ria Lagartos- México	Cervera <i>et al.</i> , 2006
	<i>Diphysa carthagenensis</i> Jacq.				

<i>Carnegiea gigantea</i> (Engelm.) Britton & Rose	<i>Ambrosia deltoidea</i> (Torr.) Payne <i>Cercidium microphyllum</i> (Torr.) Rose & I.M. Johnst. <i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coult.	Luz e temperatura	2006	Deserto de Sonora-México	Drezner, 2006
<i>Lophophora diffusa</i> (Croizat) Bravo	<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coult. <i>Celtis pallida</i> Torr. <i>Acacia sororia</i> Standl. <i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.	Luz e temperatura, umidade	2005	Querétaro- México	Zúñiga <i>et al.</i> , 2005
<i>Stenocereus stellatus</i> (Pfeiff.) Riccob.	<i>Ambrosia deltoidea</i> (Torr.) Payne	Luz e temperatura	2005	Tehuacán Valley-México	Godinez-Alvarez <i>et al.</i> , 2005
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i> (F.A.C. Weber ex K. Schum.) Backeb <i>Pachycereus hollianus</i> (F.A.C. Weber) Buxb.	<i>Parkinsonia microphylla</i> Torr.	Luz e temperatura	2004	Zapotitlan Valley-México	Flores <i>et al.</i> , 2004
<i>Carnegiea gigantea</i> (Engelm.) Britton & Rose	<i>Ambrosia deltoidea</i> (Torr.) Payne <i>Cercidium microphyllum</i> (Torr.) Rose & I.M. Johnst.	Luz e temperatura	2003	Arizona	Drezner & Garrity, 2003

<i>Mammillaria carnea</i> Zucc. ex Pfeiff.	<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coult.	Luz e temperatura	2002	Jardim Botânico Helia Bravo – México	Mandujano <i>et al.</i> , 2002
<i>Mammillaria haageana</i> Pfeiff.	<i>Olneya tesota</i> A. Gray				
<i>Coryphantha pallida</i> Britton & Rose					
<i>Opuntia wilcoxii</i> Britton & Rose	<i>Haematoxylum brasiletto</i> H. Karst.	Luz e temperatura,	2002	Sinaloa - México	Reyes-Olivas <i>et al.</i> , 2002
<i>Opuntia spraguei</i> J.G. Ortega	<i>Bursera laxiflora</i> S. Watson	umidade,			
<i>Opuntia rileyi</i> J.G. Ortega	<i>Diphysa occidentalis</i> Rose	disponibilidade de nutrientes			
<i>Opuntia</i> sp.	<i>Euphorbia californica</i> Benth.				
<i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) Buxb	<i>Agave angustifolia</i> Haw.				
<i>Echinocereus sciurus</i> var. <i>floresii</i> N.P. Taylor					
<i>Mammillaria dioica</i> K. Brandege					
<i>Mammillaria mazatlanensis</i> K. Schum. ex Gürke					
<i>Ferocactus herrerae</i> J.G. Ortega					
<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i> (A. Berger) Britton & Rose					
<i>Opuntia burrageana</i> Britton & Rose					
<i>Opuntia fulgida</i> Engelm.					

<i>Trichocereus pasacana</i> (F.A.C. Weber) Britton & Rose	<i>Mimosa luisana</i> Brandegee	Luz e temperatura	2000	Salta- Argentina	Viana <i>et al.</i> ,2000
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i> (F.A.C. Weber ex K. Schum.) Backeb.	<i>Coccothrinax readii</i> H.J. Quero	Luz e temperatura	1999	Tehuacán Valley- México	Godinez-Alvarez <i>et al.</i> , 1999
<i>Mammillaria gaumeri</i> (Britton & Rose) Orcutt	<i>Coccoloba uvifera</i> (L.) L. <i>Luehea devaricata</i> Mart. & Zucc <i>Mimosa luisana</i> Brandegee <i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.	Luz e temperatura	1999	Tehuacán Valley- México	Leirana-Alcocer & Parra-Tabla 1999
<i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) Buxbaum	<i>Mimosa luisana</i> Brandegee	Luz e temperatura, disponibilidade de nutrientes	1993	Baja California Sur- México	Arriaga <i>et al.</i> , 1993
<i>Ferocactus peninsulae</i> (F.A.C. Weber) Britton & Rose	<i>Myrmecophila tibicinis</i> (Bateman ex Lindl.) Rolfe <i>Bumelia retusa</i> Balb. ex A.DC.				
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i> (F.A.C. Weber ex K. Schum.) Backeb.	<i>Haematoxylum brasiletto</i> Karst	Luz e temperatura, proteção contra herbivoria, umidade	1991	Tehuacán Valley- México	Valiente-Banuet & Ezeurra, 1991
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i> (F.A.C. Weber ex K. Schum.) Backeb	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss	Disponibilidade de nutrientes	1991	Zapotitlan de las Salinas - México	Valiente-Banuet <i>et al.</i> , 1991a

Pachycereus hollianus (F.A.C. Weber)
Buxb.

Cephalocereus hoppenstedtii K. Schum.

Neobuxbaumia tetetzo (F.A.C. Weber
ex K. Schum.) Backeb.

Mammillaria colina J.A. Purpus

Mammillaria casoii Bravo

Coryphantha pallida Britton & Rose

Carnegiea gigantea (Engelm.) Britton
& Rose

Ferocactus acanthodes (Lem.) Britton
& Rose

Carnegiea gigantea (Engelm.) Britton
& Rose

Stenocereus thurberi (Engelm.)
Buxbaum

Lophocereus schottii (Engelm.) Britton
& Rose

Prosopis laevigata (Humb. & Bonpl.
ex Willd.) M.C. Johnst.

Mimosa luisana Brandegee

Jatropha vernicosa Brandegee

Cercidium microphyllum (Torr.) Rose
& I.M. Johnst.

Larrea tridentata (Sessé & Moc. ex
DC.) Coult.

Encelia farinosa A. Gray ex Torr.

Cercidium microphyllum (Torr.) Rose
& Johnston

Cercidium praecox (Ruiz & Pav.)
Harms

Mimosa luisana Brandegee

Luz e
temperatura,
disponibilidad
de nutrientes

Luz e
temperatura,
disponibilidad
de nutrientes

Luz e
temperatura

1991

1989

1989

Zapotitlan de las Salinas
valley- México

Arizona e Palm Desert-
California

Organ Pipe Cactus
National Monument-
Arizona

Valiente-Banuet *et al.*, 1991b

Franco & Nobel,
1989

Parker, 1989

<i>Stenocereus thurberi</i> (Engelm.) Buxb.	<i>Cercidium microphyllum</i> (Torr.) Rose & Johnston <i>Olnya tesota</i> Gray <i>Ambrosia deltoidea</i> (Torr.) Payne <i>Fouquieria splendens</i> Engelm. <i>Jatropha cuneata</i> Wiggins & Rollins <i>Hibiscus denudatus</i> Benth	Luz e temperatura	1987	Organ Pipe Cactus National Monument-EUA	Parker, 1987
<i>Carnegiea gigantea</i> (Engelm.) Britton & Rose	<i>Cercidium microphyllum</i> (Torr.) Rose & I.M. Johnst. <i>Hilaria rigida</i> (Thurb.) Benth. Ex Scribn <i>Ambrosia deltoidea</i> (Torr.) Payne	Germinação	1986	Organ Pipe Cactus National Monument-EUA	Hutto <i>et al.</i> , 1986
<i>Ferocactus acanthodes</i> (Lem.) Britt. & Rose	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Luz e temperatura	1984	Santa Rosa Mountains e Kingston Range east of Tecopa- California	Nobel, 1984
<i>Carnegiea gigantea</i> (Engelm.) Britton & Rose	<i>Cercidium microphyllum</i> (Torr.) Rose & I.M. Johnst.	Umidade	1984	Organ Pipe Cactus National Monument-EUA	McAuliffe, 1984a
<i>Mammillaria microcarpa</i> Engelm.	<i>Ambrosia deltoidea</i> (Torr.) Payne	Proteção contra herbivoria	1984	Organ Pipe Cactus National Monument-	McAuliffe, 1984b

<i>Echinocereus engelmannii</i> (Parry) Lem. ex Rümpler					EUA	
<i>Carnegiea gigantea</i> (Engelm.) Britton & Rose	<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coult.	Luz e temperatura	1980	Deserto de Sonora- Arizona	Nobel, 1980	
<i>Opuntia leptocaulis</i> DC.	<i>Agave deserti</i> Engelm.	Proteção contra herbivoria, disponibilidade de sementes	1978	Texas- EUA	Yeaton, 1978	
<i>Carnegiea gigantea</i> (Engelm.) Britton & Rose	<i>Cercidium microphyllum</i> (Torr.) Rose & I.M. Johnst.	Luz e temperatura	1969	Arizona	Turner <i>et al.</i> , 1969	
<i>Carnegiea gigantea</i> (Engelm.) Britton & Rose	<i>Cercidium microphyllum</i> (Torr.) Rose & I.M. Johnst. <i>Prosopis juliflora</i> [Swartz] DC var. velutina [Woot.] Sarg	Luz e temperatura	1966	Saguaro National Monument- Arizona	Turner <i>et al.</i> , 1966	
<i>Carnegiea gigantea</i> (Engelm.) Britton & Rose	<i>Parkinsonia microphylla</i> Torr.	Luz e temperatura, umidade	1931	Deserto de Sonora- Arizona	Shreve, 1931	
