

ELÂINE MARIA DOS SANTOS RIBEIRO

**INFLUÊNCIA DE PERTURBAÇÕES ANTRÓPICAS SOBRE
POPULAÇÕES DE CACTÁCEAS EM ÁREAS DE CAATINGA**

RECIFE, 2011

ELÂINE MARIA DOS SANTOS RIBEIRO

**INFLUÊNCIA DE PERTURBAÇÕES ANTRÓPICAS SOBRE
POPULAÇÕES DE CACTÁCEAS EM ÁREAS DE CAATINGA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal, na área de concentração Ecologia Vegetal e linha de pesquisa Ecologia de Populações e Comunidades Vegetais.

Orientadora: Dra. Inara Roberta Leal

Departamento de Botânica/ Universidade
Federal de Pernambuco

RECIFE, 2011

Ribeiro, Elâine Maria dos Santos
Influência de perturbações antrópicas sobre populações de cactáceas em áreas de caatinga / Elâine Maria dos Santos Ribeiro. – Recife: O Autor, 2011.

55 folhas : fig., tab.

Orientadora: Inara Roberta Leal

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCB. Biologia Vegetal, 2011.

Inclui bibliografia

1. Caatinga 2. Ecologia florestal I. Título.

634.909811

CDD (22.ed.)

UFPE/CCB-2011-123

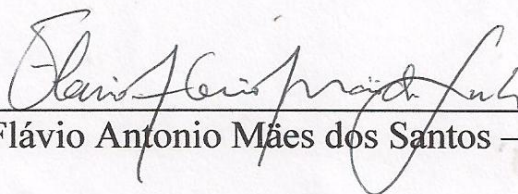
ELÂINE MARIA DOS SANTOS RIBEIRO

“INFLUÊNCIA DE PERTURBAÇÕES ANTRÓPICAS
SOBRE POPULAÇÕES DE CACTÁCEAS EM ÁREAS DE
CAATINGA”.

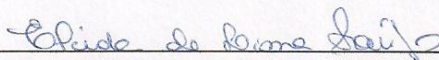
BANCA EXAMINADORA:



Dra. Inara Roberta Leal (Orientadora) – UFPE



Dr. Flávio Antonio Mães dos Santos – UNICAMP



Dra. Elcida de Lima Araújo - UFRPE

Recife- PE

2011

[...] Vede o grande no pequeno!

Vede o muito no pouco!

Enfrentai o ódio com amor no coração!

*Reconhecei o difícil, antes que apareça a
sua dificuldade!*

Realizai o grande, amando o pequeno!

*Todo complicado no mundo começa
simples!*

Todo o grande nasce pequeno! [...]

Lao-Tsé (*Tao Te Ching, poema 63*)

*Aos meus pais, por me acompanharem desde
meus primeiros suspiros de vida;*

*Ao meu companheiro Carlos, por partilhar a
verdade, a vida e os sonhos.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, por estar sempre guiando meus passos e oferecendo oportunidades de aprendizado e de superação de desafios.

Aos meus pais, Edvaldo e Eroni, e à minha irmã Evelyne, pelo amor, carinho e confiança a mim dedicados.

A Carlos, pela sua companhia, incentivo e amor.

À Inara Leal, pela sua orientação sempre dedicada, por toda amizade, confiança e carinho que me acompanham desde a graduação.

Aos membros da banca por se disponibilizarem e pelas contribuições valiosas.

A Marcos Meiado, pela ajuda desde a primeira idéia do projeto, incentivo e parceria e solicitude.

A Antônio Aguiar e a Héctor Godínez-Alvarez pelas suas contribuições ao projeto final e pelo apoio durante a execução.

Aos meus parceiros de campo Fernanda Oliveira, Kelaine Demétrio, Marcos Meiado e José Domingos, pela companhia, discussão de idéias e ajuda no trabalho de campo.

Ao Sr. Gilcean, pela amizade, ajuda no campo e segurança ao transportar-nos.

Aos funcionários da Estação de Agricultura Irrigada de Parnamirim, por sempre me receberem de forma acolhedora, pelo carinho e apoio durante a estadia em Parnamirim.

A todos proprietários das fazendas e sítios nas regiões de Olho D'água, Cachoeira e Quixadá, em Parnamirim, por permitirem acesso a suas propriedades.

A todos do Laboratório de Interação Planta-Animal (LIPA), pela amizade, por todas as oportunidades de aprendizado e solidariedade, especialmente às florzinhas Kátia Rito, Talita Câmara, Laura Leal e Gabriela Burle pelo carinho.

Aos colegas da turma de mestrado (2009.1) do Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, pelo companheirismo, especialmente a Analice Souza e Luciana Marques, por compartilharem vários momentos de aprendizado e de amizade,

À Fundação de Amparo à Ciência e à Tecnologia do estado de Pernambuco (FACEPE), pelo financiamento do projeto e pela bolsa concedida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto.

Ao Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste (CEPAN), pelo apoio logístico.

A todos que de alguma forma contribuíram com este trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
APRESENTAÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
Perturbação nas florestas tropicais secas	3
Comunidades vegetais e perturbação antrópica.....	4
Aspectos demográficos das populações vegetais e perturbação antrópica.....	6
A família Cactaceae: aspectos ecológicos gerais e ameaças à conservação.....	7
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
MANUSCRITO	18
Resumo	20
Introdução	21
Material e Métodos	22
Resultados.....	26
Discussão	27
Agradecimentos	32
Referências Bibliográficas.....	32
ANEXO.....	44

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Atributos ecológicos relativos ao hábito, sistema de polinização e agentes dispersor das oito espécies pertencentes à família Cactaceae que foram utilizadas como sistemas de estudo. 37
- Tabela 2.** Resultados dos Modelos Lineares Gerais (GLM) demonstrando os efeitos dos índices de perturbação, estrutura da vegetação e do tipo de solo sobre a riqueza de espécies e a abundância por espécie de cactos em áreas de Caatinga localizadas no município de Parnamirim, Pernambuco, Brasil. Valores em negrito destacam o efeito significativo ($p \leq 0,05$). 38
- Tabela 3.** Resultados dos Modelos Lineares Gerais (GLM) demonstrando os efeitos dos índices de perturbação, de da estrutura da vegetação e do tipo de solo sobre as classes de tamanho de sete espécies de cactos ocorrentes em áreas de Caatinga localizadas no município de Parnamirim, Pernambuco, Brasil. Valores em negrito destacam o efeito significativo ($p \leq 0,05$). 39

LISTA DE FIGURAS

Fig 1. Riqueza de espécies de cactos em relação a estrutura da vegetação (a) e os tipos de solo (b), abundância de *Arrojadoa rhodantha* em relação a estrutura da vegetação (c) e os tipos de solo (d) e abundância de *Pilosocereus gounellei* subsp. *gounellei* em relação a estrutura da vegetação (e) e os tipos de solo (f) em áreas de Caatinga do município de Parnamirim, Pernambuco, Brasil. Os valores de R^2 e p são apresentados, as colunas representam as médias e as barras verticais \pm o erro padrão. BNC = bruno-não-cálcico, RE = regossolo..... 41

Fig 2. Número de indivíduos adultos de *Arrojadoa rhodantha* (a), de plântulas, juvenis e estabelecidos de *Pilosocereus gounellei* subsp. *gounellei* (b), de reprodutivos iniciais de *P. gounellei* subsp. *gounellei* (c) com a estrutura da vegetação. O gráfico (d) apresenta o número de plântulas e indivíduos pré-reprodutivos de *Pilosocereus pachycladus* subsp. *pernambucoensis* nos tipos de solo. Os valores de R^2 e p são apresentados, as colunas representam as médias e as barras verticais \pm o erro padrão. BNC = bruno-não-cálcico, RE = regossolo..... 42

Fig 3. Valores do qui-quadrado esperado para o índice de dispersão das sete espécies de cactos versus valores do qui-quadrado crítico. Os valores são dispostos para cada categoria da estrutura da vegetação e do índice de perturbação. Os valores do qui-quadrado esperado acima dos valores do qui-quadrado crítico indicam padrão de distribuição agregado, valores sobrepostos ou um pouco abaixo do crítico indicam distribuição aleatória e valores bem menor que o crítico indicam distribuição uniforme.. 43

RESUMO

Modificações no habitat são a principal ameaça à conservação da biota, afetando desde o crescimento e reprodução de indivíduos até a comunidade como um todo. Neste estudo testamos a influência dos indicadores de perturbação criação de gado, utilização de produtos florestais e atributos da comunidade de plantas sobre a riqueza, abundância, estrutura de tamanho e distribuição espacial de cactáceas em áreas de Caatinga do nordeste brasileiro. Utilizamos como descritores da perturbação um índice de perturbação composto pela pressão por criação de gado e utilização da vegetação, e a estrutura da vegetação representada pela combinação da riqueza de espécies densidade e altura média dos indivíduos da comunidade vegetal de 30 parcelas de 0,1 ha, estabelecidas na região de Parnamirim, PE. Nessas parcelas todos os cactos foram registrados, classificados segundo sua faixa de tamanho e de acordo com os descritores da perturbação. A estrutura da vegetação e o tipo de solo foram responsáveis pelas diferenças na riqueza, na abundância e na estrutura de tamanho das populações. *Arrojadoa rhodantha* e *Pilosocereus gounellei*, tiveram suas abundâncias e estruturas de tamanho influenciadas pela complexidade da vegetação, porém em direções opostas. A abundância e número de indivíduos > 0.3 m da primeira espécie tendem a ser menores em áreas com baixa complexidade, enquanto na segunda a abundância e o número de indivíduos nas fases <1 m e de 1 a 2 m é maior. Não detectamos efeito expressivo do índice de perturbação ele influenciou apenas a distribuição espacial de *A. rhodantha*, *Melocactus zehntneri* e *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis*, o padrão de distribuição agregado foi predominante, no entanto na classe de mais alta perturbação estas espécies mudaram a distribuição de agrupada para uniforme. Nossos resultados sugerem que a maioria das espécies estudadas está se mantendo em áreas que são utilizadas pelo gado e pelas comunidades, e naquelas com menor estrutura da vegetação. Contudo, registramos espécies que demonstram ser vulneráveis e oportunistas, mostrando as diferentes respostas das cactáceas às mudanças no habitat.

Palavras-chave: Cactaceae, riqueza de espécies, abundância, estruturas de tamanho e distribuição espacial.

ABSTRACT

Modifications in the habitat are the main threat to the conservation of the biota, affecting from the growth and individuals' reproduction to the whole community. In this study we tested the influence of the following indicators of disturbance: livestock raising, use of forest products and community attributes of plants on the species richness, abundance, size structures and spacial distribution of cacti in Caatinga areas of Brazilian northeast. We used as disturbance descriptors an index composed by disturbance for the livestock raising pressure and use of the vegetation, and vegetation structure composed by the combination of the richness of species, density and the individuals' medium height of the vegetable community of 30 0,1 ha plots established in the region of Parnamirim municipality, PE. In those plots all the cacti were registered, classified according its size class and in agreement with disturbance descriptors. The structure of the vegetation and soil type were responsible for the differences in the cacti species richness, abundance and size classes. *Arrojadoa rhodantha* and *Pilosocereus gounellei* subsp. *gounellei* had their abundances and size structures influenced by the complexity of vegetation, however in opposite directions. The abundance and number of individuals > 0.3 m of the first species tend to be smaller in areas with low complexity, while the second abundance and the number of individuals in the phases <1 m and from 1 to 2 m is larger. We didn't detect expressive effect of the disturbance index it just influenced the spacial distribution of *A. rhodantha*, *Melocactus zehntneri* and *Pilosocereus pachycladus* subsp. *Pernambucoensis*. Clumped distribution pattern was predominant, however in the class of higher disturbance these species changed the distribution to uniform. Our results suggest that most of the studied species are keeping in areas that are used by the cattle and for the communities, and in those with simplified structure of the vegetation. However, we registered species that seems to be vulnerable and opportunist, displaying the different answers of cacti to the changes in the habitat.

Palavras-chave: Cactaceae, species richness, abundance, size structures and spacial distribution.

APRESENTAÇÃO

Entender como as atividades humanas atuam nos sistemas naturais e compreender quais as suas ameaças à manutenção da biodiversidade e dos serviços ambientais é de extrema importância em um mundo em frequentes mudanças (Bawa, 1997; Martorell & Peters, 2005). Inúmeras atividades antrópicas causadoras de impactos negativos são verificadas em todos ecossistemas, substancialmente nas florestas tropicais (Singh, 1998). Nas florestas secas, mais especificamente, o histórico de perturbações como a fragmentação e pastagem é antigo (Reid *et al.*, 2008) . No entanto, as consequências, ao longo do tempo, desses processos de degradação sobre a estrutura, composição e regeneração da vegetação só recentemente tem sido elucidadas (Sagar *et al.*, 2003; Pereira *et al.*, 2003; Alvarez-Yépiz *et al.*, 2008; Santos & Santos, 2008). A maior parte do nordeste do Brasil é coberta por Caatinga, um ecossistema composto por um mosaico de florestas secas e arbustos espinhentos (Pennington *et al.*, 2000) que sofre as mesmas ameaças de outras áreas com mesma tipologia florestal (Milles *et al.*, 2006; Ministério do Meio Ambiente, 2010).

Na Caatinga, as principais famílias representantes da flora são Leguminosae - 278 espécies, Convolvulaceae - 103 espécies, Euphorbiaceae - 73 espécies, Malpighiaceae - 71 espécies, Poaceae - 66 espécies e Cactaceae - 57 espécies (Giulietti *et al.*, 2006). Entre essas famílias, destaca-se a Caactaceae, endêmica das Américas e bem representada no Brasil, país que tem em sua porção oriental o terceiro maior centro de diversidade da família, mas que também apresenta a maior proporção de espécies ameaçadas (Taylor & Zappi, 2004; Ortega-Baes *et al.*, 2010). Além disso, seus membros participam de uma série de interações com animais, representando importante fonte de recursos para diversas populações, inclusive de seres humanos (Locatelli & Machado, 1999; Leal *et al.*, 2007; Rocha *et al.*, 2007; Andrade, 2008). Embora seus representantes apresentem alta adaptação a ambientes xéricos (Nobel & Bobich, 2002), vem sendo constatado que muitas das suas espécies são vulneráveis a certas condições ambientais e à exploração comercial (Valiente-Banuet *et al.*, 1991; Anderson, 2001; Mandujano *et al.*, 2002; Taylor & Zappi, 2004). Uma das formas de entender como essas pressões estão influenciando as cactáceas é a avaliação e monitoramento das populações através de pesquisas demográficas (Taylor & Zappi, 2004; Ortega-Baes *et al.*, 2010). Apesar de todas essas justificativas para a realização de estudos que avaliem os efeitos das atividades humanas sobre as populações de cactáceas na região Nordeste do Brasil, essas iniciativas

ainda são bastante escassas em toda a América do Sul, pois a maioria dos trabalhos são realizados com espécies centro e norte americanas (Godínez-Alvarez *et al.*, 2003).

Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi testar a influência de perturbações antrópicas sobre a riqueza, abundância, estrutura e distribuição espacial de cactáceas típicas da Caatinga. Esta dissertação é composta por uma revisão de literatura e um manuscrito a ser enviado para o periódico *Plant Ecology*.

REVISÃO DE LITERATURA

Perturbação nas florestas tropicais secas

Os ecossistemas naturais sofrem distúrbios físicos e biológicos autogênicos que atuam como fator chave na dinâmica da comunidade, sendo eles responsáveis pela heterogeneidade espacial, seleção e evolução de histórias de vida (Sousa, 1984). A perturbação natural é conceituada como um evento que causa mudanças na biota, atuando desde uma única planta ou animal, sobre populações ou comunidades, até ecossistemas inteiros, incluindo os fluxos e retenção de matéria orgânica e seus processos (Creed, 2006).

Em contraponto às perturbações naturais, as de origem antrópica provocadas pelos diversos tipos de uso da terra são a maior causa de descaracterização e perda da biodiversidade (World Resources Institute, 1992; Melo *et al.*, 2010). Por isso, a compreensão de como tais perturbações atuam sobre os sistemas naturais constitui-se uma necessidade atual, já que cada vez mais áreas naturais são modificadas pelo homem (Martorell & Peters, 2005). A compreensão dos efeitos da perturbação de caráter antrópico envolve uma análise do tipo de perturbação que pode ser aguda ou crônica (Singh, 1998). Um exemplo de perturbação aguda é a total descaracterização de uma área por corte raso da vegetação; já a do tipo crônica é exemplificada pela atividade de extração seletiva de madeira ou pela criação extensiva de animais na floresta (Singh, 1998; Martorell & Peters, 2005).

Ambientes que passaram por modificações agudas são estudados de forma dicotômica, na qual se comparam aspectos ecológicos de áreas em um mesmo ecossistema que sofreram e não sofreram determinada perturbação (Miller & Kauffman, 1998; Teegalapalli *et al.*, 2009). As perturbações crônicas, por sua vez, não descaracterizam de forma drástica a paisagem. Atividades como a criação extensiva de animais, corte e extração de plantas ocorrem em áreas de floresta madura ou em regeneração causam modificações de forma gradual e frequente por longos períodos de tempo (Alvarez-Yépiz *et al.*, 2008; Martorell & Peters, 2009). Nesses casos, os estudos devem incluir um gradiente entre áreas conservadas e altamente degradadas, de forma que a perturbação crônica seja medida em uma escala contínua em vez de dicotômica, visto que a comparação entre controle e tratamento normalmente negligencia diferentes níveis de perturbação e, por isto, uma análise de gradiente seria mais indicada (Watt, 1988).

Nas áreas de distribuição das florestas secas, as principais ameaças decorrentes da perturbação antrópica estão relacionadas à alta densidade da população que leva à descaracterização dos habitats naturais e às mudanças climáticas (Milles *et al.*, 2006). De fato, as áreas de clima seco são as mais populosas e a menor estatura da vegetação, o clima mais adequado para a criação de animais e a disponibilidade de forragem natural facilitam a implantação de agricultura, fazem com que os rebanhos sejam muito grandes e os animais criados de forma extensiva (Murphy & Lugo, 1986; Reid *et al.*, 2008).

Embora igualmente deletérios para as florestas secas, os efeitos das perturbações agudas e crônicas, dada a permanente utilização pastoril da terra, provavelmente atuam simplificando as características e funções do ecossistema (Singh, 1998). Além disso, considerando a heterogeneidade das florestas secas e a intensidade e continuidade das perturbações nessas áreas, as quais têm efeitos gradativos e cumulativos, ressalta-se a importância da utilização de métodos que analisem a perturbação num gradiente. Dessa forma, é possível entender como o ecossistema está mantendo suas características estruturais e funcionais ao longo do tempo e, assim, traçar estratégias de conservação da biodiversidade na presença das atividades humanas.

Comunidades vegetais e perturbação antrópica

Um primeiro passo para o entendimento dos efeitos de perturbações antrópicas sobre comunidades vegetais pode ser obtido por meio de análise de estudos clássicos sobre perturbações naturais que atuam nas comunidades vegetais de florestas tropicais úmidas, e.g. o papel de clareiras naturais, de distúrbios no solo, entre outros, na dinâmica florestal (Hartshorn, 1980; Putz, 1983; Brokaw, 1985; Denslow, 1987). Algumas das conclusões desses estudos indicam que perturbações naturais geram mosaicos de fases de regeneração na floresta, fornecendo maior heterogeneidade estrutural e, dessa forma, contribuem para manutenção dos ciclos de regeneração (Brokaw, 1985; Platt & Strong, 1989; Tabarelli & Mantovani, 1999), para a disponibilização de recursos como luz e nutrientes (Denslow, 1987) e para a diversidade de espécies da comunidade (Valverde & Silvertown, 1997). Diferente das perturbações naturais, as antrópicas geralmente atuam em maior escala e magnitude, trazendo diferentes conseqüências para as populações e comunidades vegetais. Nas florestas úmidas, a perda e fragmentação de habitats, por exemplo, é altamente deletéria à biota, já que as

comunidades tornam-se mais homogêneas e dominadas por espécies generalistas (McKinney & Lockwood, 1999).

Nas florestas tropicais secas, o principal fator limitante é a sazonalidade das chuvas, sendo a principal força ecológica que atua regulando padrões de crescimento e reprodução e, conseqüentemente, modelando comunidades altamente resilientes (Murphy & Lugo, 1986). No entanto, tal resiliência não está totalmente relacionada à capacidade de suportar diversos tipos de perturbações antrópicas, sendo constatadas mudanças na abundância e composição de espécies vegetais, bem como na diversidade da comunidade (Pereira *et al.*, 2003; Sagar *et al.*, 2003; Álvarez-Yépiz *et al.*, 2008). Nas florestas secas, é constatado que áreas muito perturbadas apresentam menores valores de diversidade local e, para a maioria das espécies, populações pouco abundantes (Sagar *et al.*, 2003). Por outro lado, em níveis intermediários de distúrbio, é frequentemente observado que a diversidade local é praticamente igual à observada em áreas sob níveis baixos de distúrbio ou não perturbadas (Kalacska *et al.*, 2004).

Considerando a escala da paisagem Gillespie *et al.* (2000), estudando o efeito do tamanho de fragmentos de floresta seca verificaram que fragmentos pequenos conseguiam manter altos níveis de diversidade, enquanto Santos & Santos (2008) não encontraram diferenças ecológicas da vegetação presente na borda e interior de um fragmento. Características funcionais como a alta proporção de espécies dispersas por vetores abióticos registrada para as florestas secas (Gentry, 1995; Griz & Machado, 2001; Silva & Rodal, 2009), têm se mostrado como provável fator mantenedor da diversidade em paisagens que sofrem distúrbios (Vieira & Scariot 2006). Contudo, é constatado que em áreas abertas e com altos níveis de incidência de luz, a germinação de sementes é duas vezes menor e a sobrevivência de plântulas é cerca de quatro vezes menor (McLaren & McDonald, 2003).

Álvarez-Yépiz *et al.* (2008), estudando florestas maduras submetidas a diferentes níveis de impacto antrópico, elaboraram um diagrama conceitual de sucessão secundária para florestas secas do nordeste do México, considerando distúrbios antrópicos agudos e crônicos. Este modelo sugere que uma floresta madura e intacta, após sofrer modificação aguda seguida de abandono, entra em uma longa fase de regeneração que leva um período de 5 a 50 anos, onde as leguminosas são dominantes. Já as modificações crônicas agem homogeneizando as paisagens, isto é, há um retardamento no processo de sucessão ecológica quando uma floresta madura sofre perturbações crônicas, de forma que a comunidade torna-se similar àquela das

áreas que sofreram transformações agudas e estão em processo de regeneração natural (Álvarez-Yépiz *et al.*, 2008).

Em síntese, perturbações intensas modificam as abundâncias e composição de espécies das florestas secas, empobrecendo as comunidades vegetais (Sagar *et al.*, 2003; Pereira *et al.*; 2003; Álvarez-Yépiz *et al.*, 2008). Em níveis intermediários de perturbação, entretanto, as comunidades vegetais podem ser bastante similares àquelas de áreas mais conservadas (Kalacska *et al.*, 2004). Atributos da paisagem como tamanho de fragmentos e áreas de borda e interior não alteram significativamente a composição de espécies e os atributos ecológicos das comunidades (Gillespie *et al.*, 2000; Santos & Santos, 2008). Por outro lado, a germinação e estabelecimento de espécies pode ser prejudicado em áreas com maior nível de distúrbio (McLaren & McDonald, 2003). As perturbações crônicas, ainda que não descaracterizem drasticamente a biota, podem atuar como as agudas, levando as comunidades atingidas a estágios iniciais de sucessão (Álvarez-Yépiz *et al.*, 2008).

Aspectos demográficos das populações vegetais e perturbação antrópica

O estudo demográfico das populações vegetais tem por fim mensurar, descrever e explicar as mudanças que ocorrem nos números dentro de uma população (Harper & White, 1974). A informação demográfica é considerada a base para entender a dinâmica da população e a história de vida das espécies (Silvertown *et al.*, 1993). Dados demográficos nos fornecem valiosas informações sobre diversos aspectos da ecologia da população, tais como sobrevivência e estabelecimento durante as fases iniciais do ciclo de vida, crescimento e reprodução dos indivíduos, distribuição, abundância, e estrutura da população (Godínez-Alvarez *et al.*, 2003), contribuindo, assim, para o entendimento dos fatores que determinam em longo prazo a dinâmica populacional (Silvertown *et al.*, 1993).

A estrutura etária da população, por exemplo, se dominada por indivíduos jovens, pode representar uma expansão da população com um número pequeno de adultos colonizadores. Por outro lado, o excesso de indivíduos adultos pode representar uma população se movendo para extinção local, sem sucesso de novos recrutamentos e estes dois casos podem indicar até mesmo estabilidade da população (Harper & White, 1974; Bruna, 2003). A dinâmica, por sua vez, descreve como a abundância da espécie varia ao longo do tempo, permitindo a previsão

de cenários futuros dos números da população e a contribuição de cada estágio de vida para manutenção da população (Gotelli & Ellison, 2006).

Dentre os fatores que promovem oscilações e modelam os números das populações, tem-se os temporais, relacionados ao ciclo de vida da espécie e os espaciais, como a competição ou facilitação, a predação e os mutualismos (Franco, 1990; Larrea-Alcázar *et al.*, 2006). Além destes fatores de ordem biótica, atributos abióticos como gradientes de latitude, relevo e umidade atuam moldando a ocorrência e distribuição das populações (Navarro-Carbajal *et al.*, 2006; Medel-Narvaez *et al.*, 2006; Dahlgren *et al.*, 2007).

Com a frequente transformação das paisagens naturais, os parâmetros demográficos têm servido como ferramenta para entender como a perda ou mau funcionamento de serviços ecossistêmicos (polinização, dispersão, ciclagem de nutrientes, evapotranspiração, entre outros) atua sobre a estrutura das populações e quais as consequências dessas mudanças ao longo do tempo (Beissinger & Westphal, 1998; Martorell & Peters, 2009). Espécies que possuem requerimentos ambientais específicos, como temperatura e níveis de sombreamento adequados, dependência de polinizadores e dispersores, tendem a apresentar mudanças na suas abundâncias, estruturas etárias e dinâmica populacional, as quais são provocadas pela perda de qualidade do habitat (Godínez-Alvarez *et al.*, 2002; Mendez *et al.*, 2004; Martorell & Peters, 2005). Algumas dessas respostas relativas à estrutura e dinâmica das populações podem ser visualizadas através de estágios de vida predominantes, taxa de crescimento e sobrevivência, fecundidade e distribuição espacial (Mandujano *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2007). Dentro deste contexto, os atributos das populações têm grande importância no entendimento das respostas das espécies à perda de qualidade ambiental (ver Beissinger & Westphal, 1998; Gotelli & Ellison, 2006; Mandujano *et al.*, 2007) e permitem avaliar sua raridade e quais ações de manejo são adequadas para mantê-las no ecossistema (Esparza-Olguín *et al.*, 2001).

A família Cactaceae: aspectos ecológicos gerais e ameaças à conservação

Trata-se de uma das famílias botânicas mais conhecidas, pois seus representantes possuem diversos hábitos e morfologia bastante distinta, com seus ramos suculentos, com folhas reduzidas a espinhos e suas flores exuberantes (Anderson, 2001; Wallace & Gibson 2002). A família é dividida em cinco subfamílias principais que são Rhodocactus,

Pereskioideae, Opuntioideae, Maihuenioideae e Cactoideae (Stevens, 2001). São descritas cerca de 1306 espécies, compreendidas em 113 gêneros (Hunt, 1999). Seus representantes estão distribuídos em todas as ecoregiões Americanas, ocorrendo naturalmente apenas nesta área geográfica, com exceção de *Rhipsalis braccifera* (J.S. Muell.) Stearn que já foi registrado em regiões da África e Ilhas do Oceano Índico, possivelmente dispersa por pássaros (Anderson, 2001; Ortega-Baes *et al.*, 2010). A distribuição das espécies vai desde o Canadá até o extremo sul da América do Sul, sendo os três principais centros de diversidade localizados no México e sudoeste dos Estados Unidos, Cordilheira dos Andes, Peru e Bolívia e leste do Brasil (Anderson 2001; Taylor & Zappi 2004).

Seus representantes diferem em relação a suas formas de vida podendo ser colunares, globosos, barriliformes, articulados, epífitos, escandescentes e arborescentes (Gibson & Nobel, 1986; Anderson, 2001; Terrazas-Salgado & Mauseth, 2002). As espécies colunares e globosas possuem maior número de espécies sob áreas de regime estacional semi-árido, as epífitas preferem as áreas sob regime pluvial (Santos 2009). Dentre os fatores que afetam a riqueza e distribuição das cactáceas, destacam-se a influência de fatores climático-ambientais e espaciais, tais como fitofisionomias, latitude, altitude e tipos de regime de renovação foliar (Santos, 2009). O tipo de solo também é descrito como fator responsável pela ocupação de algumas espécies que têm seu endemismo e densidade dos indivíduos controlados pelo tipo de solo que ocorre numa determinada região (Ruedas *et al.*, 2006; Bárcenas-Argüello *et al.*, 2009).

Durante o seu ciclo de vida, os cactos são expostos a diferentes fatores que causam sua mortalidade, os quais estão relacionados aos altos níveis de radiação, estresse hídrico e interações bióticas como mutualismos diversos, predação e competição (Valiente-Banuet & Godínez-Alvarez, 2002). Condições favoráveis, como invernos e verões amenos, promovem um período de intensificada regeneração (Drezner & Lazarus, 2008), enquanto períodos com chuvas insuficientes são responsáveis pela ausência de germinação (Godínez-Alvarez *et al.*, 2005). Os representantes da família Cactaceae interagem com vários outros membros da biota onde ocorrem, como polinizadores, dispersores, predadores e competidores (Valiente-Banuet *et al.*, 1991; Locatelli & Machado, 1999a; Godínez-Alvarez & Valiente-Banuet, 2000; Godínez-Alvarez *et al.*, 2002; Leal *et al.*, 2007). Dessa forma várias espécies de cactos são frequentemente citadas como chave na estruturação e manutenção de populações em ambientes semi-áridos (Godínez-Alvarez *et al.*, 2003). E algumas espécies são

freqüentemente associadas com plantas enfermeiras que provêem uma copa constante e durável, sendo beneficiadas pela proteção contra a radiação solar excessiva e as temperaturas mais baixas proporcionadas por estas plantas (Valiente-Banuet *et al.*, 1991). Essa proteção é responsável pelo aumento no número de plantas estabelecidas que pode ser até três vezes maior (Mandujano *et al.*, 2002) e nas taxas de germinação (Valiente-Banuet & Ezcurra, 1991). Os principais predadores de sementes que afetam negativamente o estabelecimento de novos indivíduos são aves, formigas e roedores (Godínez-Alvarez *et al.*, 2005). Já a competição é registrada entre plântulas de cactos e plantas da vizinhança ou plantas enfermeiras que disputam água (Valiente-Banuet & Godínez-Alvarez, 2002).

Ainda no que diz respeito às interações bióticas, as características das flores e frutos na família Cactaceae permitem que suas espécies interajam mutualisticamente com diferentes animais e deles dependa para a formação e dispersão de sementes (Ortega-Baes *et al.*, 2010). As flores da família são relacionadas com diferentes polinizadores como esfingídeos (Locatelli & Machado, 1999a), borboletas, abelhas, beija-flores (Locatelli & Machado, 1999b; Lambert, 2009) e morcegos (Rocha *et al.*, 2007). Os frutos, por sua vez, são consumidos por diversas aves, mamíferos, répteis e insetos (Montiel & Montaña, 2000; Godínez-Alvarez *et al.*, 2002; Godínez-Alvarez, 2004; Leal *et al.*, 2007) e, desta forma, as sementes tem sua germinação facilitada (Godínez-Alvarez & Valiente-Banuet, 2000; Naranjo *et al.*, 2003; Godínez-Alvarez, 2004). Além da grande importância para diversos animais, as cactáceas desempenham importante papel para o homem, sendo utilizadas para diversos fins, como o trófico, religioso e medicinal (Andrade, 2008).

O Brasil é o país que tem a maior proporção de espécies de Cactaceae ameaçadas em escala global (18%), seguido do México (10%), Equador (9%) e Peru (7%) (Ortega-Baes *et al.*, 2010). As pressões antrópicas representadas pelos diferentes tipos de uso da terra são citadas como a principal ameaça (Méndez *et al.*, 2004; Ortega-Baes *et al.*, 2010). Outras fontes de pressão são os colecionadores e a utilização como plantas ornamentais (Anderson, 2001; Taylor & Zappi, 2004). A influência das perturbações agudas e crônicas resultantes dos diferentes usos da terra sobre as populações de cactos é diversa e algumas espécies podem ser ameaçadas e outras favorecidas (Ortega-Baes *et al.*, 2010). Méndez *et al.* (2004) demonstraram que atividades como a criação de gado pode reduzir a probabilidade de sobrevivência das plântulas de *Pterocereus gaumeri* (Britton & Rose) MacDougall & Miranda, espécie endêmica colunar do México. Espécies arbustivas como *Opuntia*

macrocentra Engelm. apresentaram menor densidade de indivíduos em áreas mais perturbadas e com menor cobertura vegetal (Mandujano *et al.*, 2007). Estudos com espécies do gênero *Mammillaria* Haw., de hábito globoso, constataram que a degradação da terra reduziu a densidade de 8 das 9 espécies analisadas (Martorell & Peters, 2009). Por outro lado, a maioria das espécies de *Mammillaria* apresentou maiores densidades em áreas com níveis intermediários de criação de animais e outras atividades humanas (Martorell & Peters, 2009).

Esta visão geral sobre os aspectos da família Cactaceae deixa clara a importância de seus representantes, endêmicos das ecorregiões americanas e com maior diversidade de hábitos nos climas semi-áridos (Anderson, 2001; Santos, 2009). A predominância em ambientes xéricos faz com que os cactos, com suas flores e frutos muito atrativos para a fauna, desempenhem um papel importante nas redes de interações mutualísticas (Ortega-Baes *et al.*, 2010) e, conseqüentemente, na manutenção e no funcionamento das florestas secas. Sendo assim, o conhecimento sobre suas áreas e padrões de distribuição, estruturas etária e dinâmica da população, bem como de aspectos da biologia reprodutiva são fundamentais para entender até que ponto as espécies são capazes de se manter em paisagens transformadas e quais são as ameaças à sua conservação. Essas informações, entretanto, ainda são escassas na América do Sul e quase inexistentes no Brasil que, como visto anteriormente, consitui o terceiro maior centro de diversidade da família na sua porção oriental, porém, é também o país com maior proporção de espécies ameaçadas.

Diante do apresentado sobre os principais aspectos da perturbação nas florestas tropicais secas, suas influências sobre comunidades e populações, neste estudo buscamos entender como tais perturbações vem afetando populações vegetais utilizando como modelo cactáceas típicas do nordeste do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez-Yépez, J. C.; Martínez-Yrizar, A.; Búrquez, A.; Lindquist, C. 2008. Variation in vegetation structure and soil properties related to land use history of old-growth and secondary tropical dry forests in northwestern Mexico. *Forest Ecology and Management*. 256: 355-366.
- Anderson, E. F. 2001. *The cactus family*. Timber Press, Portland, Oregon, USA. 766p.
- Andrade, C.T. S. 2008. *Cactos úteis na Bahia: Ênfase no Semi-árido*, Useb, Pelotas.

- Bárcenas-Argüello, M. L.; Gutiérrez-Catorena, M. C.; Terrazas, T. López-Mata. 2009. Rock-soil preferences of three *Cephalocereus* (Cactaceae) species of tropical dry forests. *Soil Mineralogy*. (74) 4: 1374-1382.
- Bawa. K. 1997. Tropical dry forests. *Ecology*. 78 (1): 323-324.
- Beissinger, S. R.; Westphal., M. I. 1998. On the use of demographic models of population viability in endangered species management. *Journal of wildlife management*. 62 (3): 821-841.
- Brokaw, N. V. L. 1985. Gap-phase regeneration in a tropical forest. *Ecology* 66 (3):682-687.
- Bruna, E. M. 2003. Are plant populations in fragmented habitats recruitment limited? Tests with an Amazonian herb. *Ecology*. 84(4): 932-947.
- Creed, J. C. 2006. Perturbações em comunidades biológicas. In: *Biologia da conservação: essências*. Duarte, C. F.; Bergallo, M. G.; Sluys, M. V.; Alves, M. A. S. (orgs). São Carlos: Rima, 2006. 582p.
- Dahlgren, J.P.; Zeipel, H.; Ehrlén, J. 2007. Variation in vegetative and flowering phenology in a forest herb caused by environmental heterogeneity. *American Journal of Botany*. 94: 1570–1576
- Denslow, J. S. 1987. Tropical rain forest gaps and tree species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 431-451.
- Drezner, T. D. & Lazarus, B. L. The population dynamics of columnar and other cacti: a review. *Geography Compass*. 2: 1-29.
- Esparza-Olguín, L.; Valverde T.; Vilchis-Anaya, E. 2001. Demographic analysis of a rare columnar cactus (*Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacan Valley, Mexico. *Biol. Con.* 103: 349–359.
- Franco, M. 1990. *Ecología de poblaciones*. Ciencias. 4: 4-9.
- Gentry, A.H., 1995. Diversity and floristic composition of Neotropical dry forest. In: Bullock, S.H., Mooney, H.A., Medina, E. (Eds.), *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 146–194.
- Gibson, A.C. & Nobel, P. S. 1986. *The cactus primer*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Gillespie, T. W.; Grijalva, A.; Farris, C. N. 2000. Diversity, composition and structure of tropical dry forests in Central América. *Plant Ecology*. 147: 37-47.

- Giulietti, A. M.; Conceição, A.; Queiroz, L. P. 2006. Diversidade e caracterização das fanerógamas do semi-árido brasileiro. Recife, Associação Plantas do Nordeste, 2006. 488 p.
- Godínez-Alvarez, H. & Valiente-Banuet, A. 2000. Fruit-feeding behavior of the bats *Leptonycteris curasoae* and *Choeronycteris mexicana* in flight cage experiments: consequences for dispersal columnar cactus seeds. *Biotropica*. 32 (3) 552-556.
- Godínez-Alvarez, H.; Valiente-Banuet, A.; Rojas-Martinez, A. 2002. The role of seed dispersers in the population dynamics of the columnar cactus *Neobambuxia tetetzo*. *Ecology*. 83:2617:2629.
- Godínez-Alvarez, H., T. Valverde, and P. Ortega-Baes. 2003. Demographic trends in the Cactaceae. *The Botanical Review*. 69:173–203.
- Godínez-Alvarez, H. 2004. Pollination and seed dispersal by lizards: a review. *Revista de História Natural*. 77: 569-577.
- Godínez-Alvarez, H. 2005.; 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.
- Gotelli, N.; Ellison, A. M. 2006. Forecasting extinction risk with nonstationary matrix models. *Ecological Applications* 16(1): 51-61.
- Griz, L.M.S. & Machado, I.C.S. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the Northeast of Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 17: 303-321.
- Harper, J. L.; White, J. 1974. The demography of plants. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 5:419-463.
- Hartshorn, G. S. 1989. Application of gap theory to tropical forest management: natural regeneration on strip clear-cuts in the Peruvian Amazon. *Ecology*. 70 (3). 567-569.
- Hunt, D. 1999. *Cities Cactaceae checklist*. 2 ed. Royal Botanic Gardens, Kew and Int. Org. Succulent Pl. Study, Zürich. 199. 315p.
- Kalacska, M.; Sanchez-Azofeifa, G. A.; Calvo-Alvarado, J. C.; Quesada, M.; Rivard, B.; Janzen, D. H. 2004. Species composition, similarity and diversity in three successional stages of a seasonally dry tropical forest. 200: 227-247.
- Lambert, S. M. 2009. Tacinga: the hummingbird-pollinated prickly pear. *Cactus and succulent journal – Cacti of eastern Brazil* 81 (3) 156-161.

- Larrea-Alcázar, L. D., Soriano, M. L. 2006. Spatial associations, size-distance relationships and population structure of two dominant life forms in a semiarid enclave of Venezuelan Andes. *Plant Ecology* 186: 137-149.
- Leal, I. R.; Wirth, R.; Tabarelli, M. 2007. Seed dispersal by ants in the semi-arid caatinga of north-east Brazil. *Annals of Botany* 99: 885-894.
- Locatelli, E. & Machado, I. C. S. 1999a. Floral biology of *Cereus fernambucensis*: a sphingophilous cactus of restinga. *Bradleya* 17: 86–94.
- Locatelli, E. & Machado, I. C. S. 1999b. Comparative study of the floral biology in two ornithophilous species of Cactaceae: *Melocactus zehntneri* and *Opuntia palmadora*. *Bradleya* 17 : 75–85.
- Mandujano, M. C.; Flores-Martinez A.; Golubov, J.; Ezcurra, E. 2002. Spatial distribution of three globose cacti in relation to different nurse-plant canopies and bare areas. *The Southwestern Naturalist* 47(2):162-168.
- Mandujano, M. C.; Golubov, J.; Huenneke, L. F. 2007. Effect of reproductive modes and environmental heterogeneity in the population dynamics of a geographically widespread clonal desert cactus. *Popul Ecol.* 49:141–153.
- Martorell, C.; Peters, E. 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biol. Conserv.* 124:199–207.
- Martorell, C.; Peters, E. M. 2009. Disturbance-response analysis: a method for rapid assessment of the threat to species in disturbed areas. *Conservation Biology* 23(2):377–387.
- McKinney, M.L., Lockwood, J.L. 1999. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Trends in Ecology and Evolution* 14: 450–453.
- McLaren, K.P.; McDonald, M.A., 2003. The effects of moisture and shade on seed germination and seedling survival in a tropical dry Forest in Jamaica. *Forest Ecology and Management.* 183: 61–75.
- Medel-Narvaez, A.; De La Luz, J. L. L.; Freaner-Martinez, F. Molina-Freaner, F. 2006. Patterns of abundance and population structure of *Pachycereus pringlei* (Cactaceae), a columnar cactus of the Sonoran Desert. *Plant Ecol.* 187:1–14.
- Melo, F. P. L.; Pinto, S. R. R.; Tabarelli, M. 2010. Abundância de biodiversidade. *Scientific American Brasil* 39:60 – 65.

- Méndez, M.; Durán, R.; Olmsted, I; Oyama, K. 2004. Population dynamics of *Pterocereus gaumeri*, a rare and endemic columnar cactus of Mexico. *Biotropica* 36(4): 492-504.
- Miller, P. M. & Kauffman, J. B. 1998. Effects of slash and burn agriculture on species abundance and composition of a tropical deciduous forest. *Forest Ecology Management* 103: 191-201.
- Milles, L.; Newton, A. C.; DeFries, R. S.; Ravilious, I. M.; Blyth, S.; Kapos, V.; Gordon, J. E. 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *J. Biogeogr.* 33:491-505.
- Ministério do Meio Ambiente. 2010. Monitoramento dos biomas brasileiros. <http://www.mma.gov.br/portabio>. Acesso em 06 de Junho de 2010.
- Montiel, S.; Montaña, C. Vertebrate frugivory and seed dispersal of a Chihuahuan Desert cactus. 2000. *Plant Ecology* 146: 221-229.
- Murphy, P. G.; Lugo, A. E. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 67-88.
- Naranjo, M. E.; Rengifo, C.; Soriano, P. J. 2003. Effect of ingestion by bats and birds on seed germination of *Stenocereus griseus* and *Subpilocereus repandus* (Cactaceae). *Journal of Tropical Ecology* 19: 19:25. DOI:10.1017/S0266467403003031
- Navarro-Carbajal, M. C.; Tentle, M. S. J. 2006. Evaluación de algunos parámetros demográficos de *Mammillaria zephyranthoides* en Cuautinchán, Puebla, México. *Zonas Áridas* 10: 74-83.
- Nobel, P. S.; Bobich, E. G. 2002 Environmental biology. In: Nobel SP (org) *Cacti: Biology and uses*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, pp 57-74.
- Ortega-Baes, P.; Sühring, S.; Sajama, J.; Sotola, E.; Alonso-Pedano, M.; Bravo, S.; Godínez-Alvarez, H. 2010. Diversity and conservation in the cactus family In: Ramawat KG (org) *Desert Plants*, Springer, pp. 157–173.
- Pennington, R.T.; Prado, D. E.; Pendry, C. A. 2000. Neotropical seasonally dry forests and quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27: 261-273.
- Pereira, I. M.; Andrade, L. A.; Sampaio, E. V. S. B.; Barbosa, M. R. V. 2003. Use-history effects on structure and flora of Caatinga. *Biotropica* 35(2): 154: 165.
- Platt, W. J.; Strong, D. R. 1989. Special feature - Treefall gaps and forest dynamics. *Ecology* 70: 536.

- Putz, F. E. 1983. Treefall pits and mounds, buried seeds, and the importance of soil disturbance to pioneer trees on Barro Colorado Island. *Ecology* 64: 1069-1074.
- Reid, R. S.; Galvin, K. A.; Kruska, R. S. 2008. Global significance of extensive grazing lands and pastoral societies: an introduction. Galvin, K. A.; Reid, R. S.; Behnke Jr, R. H.; Hobbs, N. T. (orgs). *Fragmentation in Semi-Arid and Arid Landscapes: Consequences for Human and Natural Systems*. Springer. Dordrecht, The Netherlands. 2008. 413p.
- Rocha, E. A.; Machado, I. C.; Zappi, D. C. 2007. Floral biology of *Pilosocereus tuberculatus* (Werderm.) Byles & Rowley: a bat pollinated cactus endemic from the "Caatinga" in northeastern of Brazil. *Bradleya* 25: 125-128.
- Ruedas, M.; Valverde, T.; Zavala-Hurtado, J. A. 2006. Analysis of the factors that affect the distribution and abundance of three *Neobuxbaumia* species (Cactaceae) that differ in their degree of rarity. *Acta oecologica* 29:155–164.
- Sagar, R.; Raghubanshi, A. S.; Singh, J. S. 2003. Tree species composition, dispersion and diversity along a disturbance gradient in a dry tropical forest region of India. *Forest Ecology Management* 186: 61-71.
- Santos, A. M. M. & Santos, B. A. 2008. Are the vegetation structure and composition of the shrubby Caatinga free from edge influence? *Acta Bot. Bras.* 22: 1077-1084.
- Santos, M. R. 2009. Influência de variáveis ambientais e espaciais na distribuição geográfica da família Cactaceae no Leste do Brasil. Dissertação. Universidade Federal de Lavras. Programa de Pós-graduação em Ecologia Aplicada. Minas Gerais. 76p.
- Singh, S. P. 1998. Chronic disturbance, a principal cause of environmental degradation in developing countries. *Environmental Conservation* 25:(1)1-2.
- Silva, M. C. N. A. & Rodal, M. J. N. 2009. Padrões das síndromes de dispersão de plantas em áreas com diferentes graus de pluviosidade, PE, Brasil. *Acta bot. bras.* 23(4): 1040-1047.
- Silva, P. S. D. Da; Leal, I. R.; Wirth, R.; Tabarelli, M. 2007. Harvesting of *Protium heptaphyllum* Aublet (March.) seeds (Burseraceae) by the leaf-cutting ant *Atta sexdes* L. promotes seed aggregation and seedling mortality. *Revista Brasileira de Botânica* 30: 553-560.
- Silvertown, J. W.; Franco, M.; Pisanty, I.; Mendoza, A. 1993. Comparative plant demography: Relative importance of life-cycle components to the finite rate of increase in woody and herbaceous perennials. *Ecol.* 81: 465–476.

- Sousa, W. P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15: 353-391.
- Stevens, P. F. (2001). Angiosperm Phylogeny Website. Version 9, June 2008 <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>. Acesso em 23 de novembro de 2010.
- Tabarelli, M.; Mantovani, W. 1999. Clareiras naturais e a riqueza de espécies pioneiras em uma floresta Atlântica motana. *Revista Brasileira de Biologia* 59(2): 251-261.
- Taylor, N.; & Zappi, D. 2004. *Cacti of eastern Brazil*. Royal Botanic Gardens, Kew Richmond, Surrey.
- Teegalapalli, K.; Hiremath, A. J.; Jathanna, D. 2009. Patterns of seed rain and seedling regeneration in abandoned agricultural clearings in a seasonally dry tropical forest in India. *Journal of Tropical Ecology* 26: 25-33.
- Terrazas-Salgado, T. & Mauseth, J. D. 2002. Shoot anatomy and morphology. Nobel, S. P. (org). *Cacti: Biology and uses*. University of California Press. Berkeley and Los Angeles, California. 2002. 281p.
- Valiente-Banuet, A.; Ezcurra, E. 1991. Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia Tetetzo* and the nurse plant *Mimosa Luisiana* in the Tehuacan Valley, Mexico. *Journal of Ecology*. 79 (4): 961-971.
- Valiente-Banuet A, Bolongaro-Crevenna A, Briones O, Ezcurra O, Rosas M. (1991) Spatial relationships between cacti and nurse shrubs in a semi-arid environment in central Mexico. *Journal of Vegetation Science* 2: 15-20.
- Valiente-Banuet, A. & Godínez-Alvarez, H. 2002. Population and community ecology. Nobel, S. P. (org). *Cacti: Biology and uses*. University of California Press. Berkeley and Los Angeles, California. 2002. 281p.
- Valverde, T. & Silvertown, J. 1997. Canopy closure rate and forest structure. *Ecology* 78 (5)1555-1562.
- Vieira, D.L., Scariot, A. 2006. Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. *Res. Ecol.* 14: 11-20.
- Wallace, R. S. & Gibson, A. C. Evolution and systematics. Nobel, S. P. (org). *Cacti: Biology and uses*. University of California Press. Berkeley and Los Angeles, California. 2002. 281p.
- Watt, A. D. 1988. Measuring disturbance in tropical forests: a critique of the use of species-abundance models and indicator measures in general. *J. Appl. Ecol.* 35:467-469.

World Resources Institute - WRI. 1992. Estratégia Global da Biodiversidade. Kathleen Courrier.

MANUSCRITO A SER ENVIADO AO PERIÓDICO PLANT ECOLOGY

Perturbações antrópicas afetam populações de cactáceas em áreas de Caatinga?

Elaine Maria dos Santos Ribeiro¹ & Inara Roberta Leal^{2*}

¹Programa de Pós-Graduação em Botânica, Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Professor Moraes Rego s/n, Cidade Universitária, CEP: 50670-901, Recife, PE, Brasil. E-mail: nanigesbio@yahoo.com.br

²Departamento de Botânica, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Professor Moraes Rego s/n, Cidade Universitária, CEP: 50670-901, Recife, PE, Brasil. E-mail: irleal@ufpe.br

*Autor para correspondência

Resumo

Modificações no habitat são a principal ameaça à conservação da biota, afetando desde o crescimento e reprodução de indivíduos até a comunidade como um todo. Neste estudo testamos a influência dos indicadores de perturbação criação de gado, utilização de produtos florestais e atributos da comunidade de plantas sobre a riqueza, abundância, estrutura de tamanho e distribuição espacial de cactáceas em áreas de Caatinga do nordeste brasileiro. Utilizamos como descritores da perturbação um índice de perturbação composto pela pressão por criação de gado e utilização da vegetação, e a estrutura da vegetação representada pela combinação da riqueza de espécies densidade e altura média dos indivíduos da comunidade vegetal de 30 parcelas de 0,1 ha, estabelecidas na região de Parnamirim, PE. Nessas parcelas todos os cactos foram registrados, classificados segundo sua faixa de tamanho e de acordo com os descritores da perturbação. A estrutura da vegetação e o tipo de solo foram responsáveis pelas diferenças na riqueza, na abundância e na estrutura de tamanho das populações. *Arrojadoa rhodantha* e *Pilosocereus gounellei*, tiveram suas abundâncias e estruturas de tamanho influenciadas pela complexidade da vegetação, porém em direções opostas. A abundância e número de indivíduos > 0.3 m da primeira espécie tendem a ser menores em áreas com baixa complexidade, enquanto na segunda a abundância e o número de indivíduos nas fases < 1 m e de 1 a 2 m é maior. Não detectamos efeito expressivo do índice de perturbação ele influenciou apenas a distribuição espacial de *A. rhodantha*, *Melocactus zehntneri* e *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis*, o padrão de distribuição agregado foi predominante, no entanto na classe de mais alta perturbação estas espécies mudaram a distribuição de agrupada para uniforme. Nossos resultados sugerem que a maioria das espécies estudadas está se mantendo em áreas que são utilizadas pelo gado e pelas comunidades, e naquelas com menor estrutura da vegetação. Contudo, registramos espécies que demonstram ser vulneráveis e oportunistas, mostrando as diferentes respostas das cactáceas às mudanças no habitat.

Palavras-chave: Cactaceae, riqueza, abundância, estruturas de tamanho e distribuição espacial.

Introdução

Naturalmente os ecossistemas sofrem distúrbios físicos e biológicos autogênicos que atuam como fator chave na dinâmica da comunidade, promovendo heterogeneidade espacial, seleção e evolução de histórias de vida (Sousa 1984). A perturbação natural é conceituada como um evento que causa mudanças na biota, afetando indivíduos, populações, comunidades, e até mesmo ecossistemas inteiros, influenciando os padrões de ciclagem de nutrientes e a produtividade primária (Creed 2006). Diferente das perturbações naturais, perturbações de origem antrópica são a maior causa de descaracterização e perda da biodiversidade em todo o mundo (World Resources Institute 1992; Melo et al. 2010). Considerando que áreas naturais são cada vez mais modificadas pelas atividades do homem, a compreensão de como essas perturbações antrópicas atuam sobre populações e comunidades constitui-se uma necessidade atual e mandatória (Martorell eand Peters 2005).

A Caatinga é um tipo de floresta tropical sazonal seca que ocupa cerca de 10% do território brasileiro em sua porção Nordeste (Pennington et al. 2000, Ministério do Meio Ambiente 2007). Nessa região, a principal atividade econômica é criação de animais (Sampaio 1995) e as ameaças à conservação da sua biota são comuns a outras regiões semi-áridas do mundo e incluem a alta densidade populacional, a descaracterização de habitats e as mudanças climáticas (Milles et al. 2006, Ministério do Meio Ambiente 2010). A flora da Caatinga tem como principais famílias botânicas Leguminosae (278 espécies), Convolvulaceae (103), Euphorbiaceae (73), Malpighiaceae (71), Poaceae (66) e Cactaceae (57) (Giulietti et al. 2006). Dessas famílias, Cactaceae tem especial importância, pois é restrita às Américas, sendo o Brasil o terceiro maior centro de diversidade em sua porção oriental, mas também é o país com maior proporção de espécies ameaçadas (Taylor e Zappi 2004; Ortega-Baes et al. 2010). Além disso, seus membros participam de uma série de interações com outras espécies da biota onde ocorrem, inclusive humanos, sendo importantes no funcionamento e manutenção das florestas secas (Locatelli e Machado 1999; Leal et al. 2007; Rocha et al. 2007; Andrade 2008).

Os representantes da família Cactaceae apresentam alta adaptação a ambientes xéricos, pois possuem metabolismo de alta eficiência na utilização da água (Nobel e Bobich 2002). No entanto, vem sendo constatado que muitas espécies são vulneráveis a certas condições ambientais, a maioria delas resultante dos diferentes tipos de uso insustentável da terra

(Méndez et al. 2004; Mandujano et al 2007; Martorell e Peters 2009), além de serem exploradas comercialmente (Anderson 2001; Taylor e Zappi 2004), tornando-as ameaçadas de extinção (Valiente-Banuet et al. 1991; Anderson 2001; Mandujano et al. 2002; Taylor e Zappi 2004). A avaliação e o monitoramento das populações através de pesquisas demográficas são citados como a melhor forma de determinar como as espécies estão sendo influenciadas (Taylor e Zappi 2004; Ortega-Baes et al. 2010). Infelizmente, esses estudos ainda são escassos e concentrados em espécies centro e norte americanas (Godínez-Alvarez et al 2003).

Nesse contexto, o objetivo desse estudo foi investigar como perturbações antrópicas influenciam populações de plantas da caatinga utilizando cactáceas como modelo. Para isto, utilizamos como fatores descritores da perturbação fontes de distúrbio locais (i.e. pressão por criação de animais e outras atividades humanas) e a estrutura da vegetação (i.e. riqueza, densidade e altura das espécies). Incluímos, ainda, o tipo de solo nos nossos modelos, já que é importante preditor da variação nos atributos de populações e de comunidades vegetais da Caatinga (Santos et al. 1992). Discutimos como as espécies estão respondendo à perturbação, indicando aquelas mais vulneráveis, tolerantes e oportunistas e sugerimos novas perspectivas e demandas para o estudo das cactáceas na região Nordeste do Brasil.

Material e Métodos

Áreas de estudo

Este estudo foi desenvolvido em áreas de Caatinga localizadas no município de Parnamirim (8°5'26'' S e 39°34' 41'' O), Pernambuco, Nordeste do Brasil. O clima da região é Tropical Semi-árido (BSwh'), com temperatura e precipitação médias de 26°C e 569 mm, respectivamente, sendo os meses mais chuvosos de janeiro a abril (Serviço Geológico do Brasil - CPRM 2005). O município de Parnamirim está inserido nas bacias hidrográficas dos Rios Brígida e Terra Nova, na unidade de relevo da depressão sertaneja e os principais tipos de solo encontrados na região são os bruno-não-cálcicos, regossolos, podzólicos amarelos e planossolos (Empresa brasileira de pesquisa agropecuária – EMBRAPA 2001; Serviço Geológico do Brasil - CPRM 2005). A vegetação do local é representada por uma Caatinga hiperxerofítica, com trechos de Floresta Caducifólia e apresenta uma fisionomia predominantemente arbustiva-arbórea, com presença representativa das herbáceas na estação chuvosa, especialmente nas áreas com solos arenosos (Serviço Geológico do Brasil - CPRM

2005). A comunidade vegetal da região tem como representantes comuns as espécies *Aspidosperma pyrifolium* Mart. (Apocynaceae), *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm., *Poincianella microphylla* (Mart. ex G. Don) L.P. Queiroz, *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz var. *pyramidalis* (Fabaceae), *Cnidocolus quercifolius* Pohl, *Croton sonderianus* Müll. Arg., *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. (Euphorbiaceae) e *Fraunhoferia* cf. *multiflora* Mart. (Celastraceae).

Medida da perturbação antrópica nas parcelas

Inicialmente caracterizamos a perturbação nos remanescentes com auxílio de informações dos moradores locais sobre os tipos de uso, buscando estabelecer parcelas em áreas com diferentes graus de perturbação. A partir disso, adotamos como unidades amostrais 30 parcelas de 50 m x 20 m, distribuídas dentro de um polígono de 90 km² que abrange propriedades particulares com remanescentes de caatinga. As parcelas foram distribuídas nos dois tipos de solos predominantes da região, sendo 20 delas em solo do tipo bruno-não-cálcico, o mais comum na região, e 10 no tipo regossolo, e entre as parcelas foi mantida uma distância mínima de 500 m. Nas áreas de entorno e nas propriedades são encontradas estradas de terra e asfalto, vilarejos, algumas áreas foram cortadas para implantação de agricultura de subsistência, sendo frequente a criação de gado de forma extensiva.

Em seguida, medimos o grau de perturbação antrópica nas parcelas utilizando o método de Martorell e Peters (2005), que gera um índice de perturbação baseado na combinação das principais fontes locais de impacto antrópico. Neste estudo utilizamos as fontes perturbação criação extensiva de gado caprino e bovino e utilização de produtos florestais para subsistência. Para mensurar essas fontes de impacto foram utilizados os indicadores: 1) ocorrência de fezes de caprinos e bovinos; 2) número de trilhas de caprinos e bovinos; 3) número de indivíduos vegetais com indícios de corte; 4) número de trilhas humanas e; 5) largura em m das trilhas humanas. A ocorrência de cada um dos indicadores foi registrada nas 30 parcelas e, em cada uma delas, seis transectos de 50 m x 1 m foram implantados, sendo três deles localizados na parcela e os três restantes na área de entorno. Nos transectos, a ocorrência dos indicadores foi considerada como um registro e a largura das trilhas humanas foi mensurada em metros no ponto em que ocorriam no transecto. Posteriormente os indicadores foram combinados de acordo com sua fonte, e a soma dessas fontes gerou um índice de perturbação para cada parcela.

Além dessas fontes de impacto, utilizamos atributos da comunidade de plantas como indicadores da estrutura da vegetação e descritores do grau de integridade das parcelas. Os seguintes indicadores foram utilizados: densidade de indivíduos, riqueza de espécies e altura média dos indivíduos. Segundo Pereira et al. (2003), tais indicadores refletem a história de uso em áreas de Caatinga, sendo inferiores em áreas que foram submetidas a um forte regime de perturbação pretérita. Para medir esses indicadores, no centro de cada parcela de 50 m x 20 m foi instalada uma subparcela de 50 m x 2 m, na qual foram coletados, identificados e registrados os indivíduos vegetais vivos com diâmetro ao nível do solo ≥ 3 cm e altura total ≥ 1 m (Rodal et al. 1992).

Espécies de estudo e amostragem

Foram estudadas oito espécies de cactos ocorrentes nas áreas de estudo, as quais possuem diferentes aspectos ecológicos (Tabela 1) e distribuição nas porções de Caatinga nordeste, centro-sul e da bacia do rio São Francisco (Taylor e Zappi). São elas: *Arrojadoa rhodantha* (Gürke) Britton & Rose, *Cereus jamacaru* DC. subsp. *jamacaru*, *Harrisia adscendens* (Gürke) Britton & Rose, *Pilosocereus gounellei* (F.A.C. Weber) Byles & G.D. Rowley subsp. *gounellei*, *Pilosocereus pachycladus* F. Ritter subsp. *pernambucoensis* (F. Ritter) Zappi, *Melocactus zehntneri* (Britton & Rose) Luetzelb., *Tacinga inamoena* (K. Schum.) N.P. Taylor & Stuppy e *Tacinga palmadora* (Britton & Rose) N.P. Taylor & Stuppy (Meiado et al. 2008).

Em cada parcela foi contabilizada a riqueza (número de espécies) e a abundância (número de indivíduos). O tamanho de cada indivíduo foi mensurado de acordo com o hábito (se colunar: altura e número de ramificações; se globoso: área basal e altura; se arbustivo: tamanho e número de cladódios) (Silva 1996; Mandujano et al. 2007). Além disto, registrou-se se o indivíduo já era reprodutivo, verificando-se a presença de cefálio, flores e/ou frutos. Posteriormente, todos os indivíduos foram classificados em classes de tamanho ou idade com base na sua forma de vida: a) colunares - 0 a 1 m; 1 a 2 m; 2 a 3 m e; >3 m; b) globosos - plântulas e jovens sem cefálio; adultos com cefálio; c) arbustivos - número de cladódios 1; 2-5; 6-10; 11-15; 16-25; 26-35; 36-45; 46-65 e; >66 . (Silva 1996; Romão et al. 2007; Mandujano et al. 2007).

No caso dos colunares *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* e *C. jamacaru* subsp. *jamacaru*, foram agrupadas as classes 0 a 1 m e 1 a 2 m, e também as classes 2 a 3 m e >3 m,

pois algumas classes tiveram número insuficiente de indivíduos para análise. Para *A. rhodantha* e *P. gounellei* subsp. *gounellei* verificou-se no conjunto de dados qual era a média de tamanho em que os indivíduos começavam a apresentar estruturas reprodutivas (0.3m e 1m, respectivamente), pois o tamanho de seus indivíduos reprodutivos difere das outras espécies colunares estudadas. Baseados nessa verificação os indivíduos de *A. rhodantha* foram classificados em < 0.3 m e > 0.3 m, já os indivíduos de *P. gounellei* subsp. *gounellei* em < 1 m, >1m a 2 m e > 2 m. Com as espécies *T. palmadora* e *T. inamoena* foi necessário reagrupar as 9 classes de tamanho em 3 classes. Já para *H. adscendens*, devido à baixa ocorrência de indivíduos, não foi realizada a análise de sua estrutura de tamanho e distribuição espacial.

Análise dos dados

Para obtenção do índice de perturbação os indicadores de perturbação local foram combinados de acordo com suas fontes através de uma análise de componentes principais - PCA (Martorell e Peters 2005). A soma do eixo 1 da PCA de cada uma dessas combinações por fonte representa o índice de perturbação local. Este índice foi escalonado de 0 a 100, indicando uma gradação das parcelas menos perturbadas para as mais perturbadas. Os indicadores da estrutura da vegetação também foram ordenados através de uma PCA e os escores do eixo 1 foram escalonados de 0 a 100, representando áreas com menor e maior complexidade estrutural da vegetação, respectivamente. Modelos lineares gerais – GLM (Sokal e Rohlf 1995) foram utilizados para testar os efeitos das variáveis explanatórias (1) índice perturbação e (2) estrutura da vegetação sobre as variáveis dependentes (1) riqueza de espécies, (2) abundância de indivíduos e (3) estrutura etária das espécies de cactos. O tipo de solo também foi incluído nos modelos, uma vez que ele é citado como importante variável explanatória na análise da estrutura e composição de populações de cactos e de comunidades vegetais na Caatinga (Santos et al. 1992; Bárcenas-Argüello et al. 2009).

Para verificar os efeitos das perturbações sobre a distribuição espacial das espécies estudadas, foram criadas três classes no índice de perturbação e na estrutura da vegetação (0-35; 36-60 e 61-100). Em seguida, foram medidos, para cada classe, e por espécie, valores do índice de dispersão $I = s^2/\bar{x}$, seguido da análise do valor do qui-quadrado $X^2 = I(n-1)$, com intuito de verificar se os valores observados do índice diferem dos que definem o padrão de

distribuição (Krebs 1998). Sendo: I = índice de dispersão, s^2 = variância, \bar{x} = média X^2 = valor do qui-quadrado com $(n - 1)$ graus de liberdade e n = número de parcelas.

A normalidade de todas as variáveis foi checada com o teste de Kolmogorov-Smirnov (Sokal e Rohlf 1995) e, quando necessário, foram transformadas utilizando Log10 ou raiz quadrada para atender as condições de normalidade e homocedasticidade. Todas as análises foram realizadas no programa STATISTICA 8.0 (StatSoft 2007) e gráficos elaborados no SigmaPlot 10.0 (SPPS 2006).

Resultados

Em conjunto as variáveis índice de perturbação antrópica, estrutura da vegetação e tipo de solo explicaram 27,8% da variação na riqueza da comunidade de cactos (Tabela 2). Entretanto, sozinha a perturbação não influenciou a riqueza de cactos nas parcelas, sendo os valores significativos observados apenas para a estrutura da vegetação e o tipo de solo (Figura 1a, b). Em campo, foram observadas parcelas com apenas duas espécies até parcelas com sete espécies.

Em relação à abundância das espécies, as variáveis explanatórias foram responsáveis por 51,2% da variação na abundância de *A. rhodantha* (Tabela 2), indicando populações mais abundantes em parcelas com maior complexidade estrutural da vegetação e ocorrência apenas no tipo de solo bruno-não-cálcico (Figura 1c, 1d). Para *P. gounellei* subsp. *gounellei*, o modelo foi responsável por 30,3% da variação no número de indivíduos (Tabela 2), evidenciando populações mais abundantes em áreas com menor complexidade estrutural da vegetação (Figura 1e). Em relação à abundância das espécies *C. jamacaru* subsp. *jamacaru*, *H. adscendens*, *M. zehntneri*, *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis*, *T. inamoena*, *T. palmadora*, os GLMs não detectaram influência das variáveis explanatórias: índice de perturbação antrópica, estrutura da vegetação e tipo de solo (Tabela 2). Ao total, foram amostrados 1962 indivíduos que apresentaram as seguintes abundâncias totais em relação a cada espécie: *Pilosocereus gounellei* subsp. *gounellei* – 644; *Melocactus zehntneri* – 484; *Tacinga palmadora* – 254; *Tacinga inamoena* – 228; *Arrojadoa rhodantha* – 180; *Cereus jamacaru* subsp. *jamacaru* – 90; *Pilosocereus pachycladus* subsp. *pernambucoensis* – 69 e *Harrisia adscendens* – 13.

Quanto à estrutura de tamanho das sete espécies estudadas, apenas *A. rhodantha*, *P. gounellei* subsp. *gounellei* e *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* apresentaram resultados significativos. O modelo índice de perturbação e estrutura da vegetação foi responsável por 57% da variação observada no número de indivíduos >0.3 m de *A. rhodantha* (Tabela 3) sendo observado maior número de indivíduos nesta classe em áreas com estrutura da vegetação mais complexa (Figura 2a). Para esta espécie, o tipo de solo não entrou no modelo porque ela só ocorre no solo bruno-não-cálcico. Para *P. gounellei* subsp. *gounellei*, as variáveis explanatórias, incluindo agora o tipo de solo, explicaram 30% da variação no número indivíduos <1 m, bem como 36,1% da variação no número de indivíduos na classe >1 a 2 m (Tabela 3). Em áreas com menores valores de estrutura da vegetação foi constatado maior número de indivíduos nas classes de tamanho <1 m e >1 a 2 m da espécie *P. gounellei* subsp. *gounellei* (Figura 2 b, 2c). Foi verificada, ainda, a influência da variável tipo de solo sobre o número de indivíduos na classe 0 a 2 m da espécie *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis*, sendo observado o dobro de indivíduos no solo regossolo (Figura 2d).

De forma geral, o padrão de distribuição espacial agrupado foi predominante nas três classes do índice de perturbação e da estrutura da vegetação para as espécies analisadas (Figura 3 a, 3b). Contudo, outros padrões de distribuição espacial também foram observados. Na classe de perturbação mais alta (61-100) as espécies *A. rhodantha* ($I = 2$; $X^2 = 2$; $gl = 1$), *M. zehntneri* ($I = 1,75$; $X^2 = 7$; $gl = 4$), e *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* ($I = 2$; $X^2 = 2$; $gl = 4$) apresentaram padrão uniforme. Por outro lado, nas classes de baixa e média perturbação (0-35; 36-60), as mesmas espécies apresentaram padrão agrupado (Figura 3b).

Discussão

Nesse trabalho, buscamos compreender como os fatores de perturbação, estrutura da vegetação e, complementarmente, o tipo de solo, influenciam a riqueza de espécies, a abundância, as estruturas de tamanho e a distribuição espacial de oito espécies de cactos da Caatinga. Não detectamos efeito expressivo do índice de perturbação nas populações de cactáceas. Nossos resultados mostraram que apenas a estrutura da vegetação e o tipo de solo são responsáveis pelas diferenças na ocorrência das espécies (i.e. riqueza de cactos das parcelas), bem como na abundância de indivíduos e na estrutura de tamanho das populações.

Em contrapartida, apenas a distribuição espacial das espécies foi modificada pelo índice de perturbação.

O tipo de solo é um importante fator estruturador das comunidades vegetais nas florestas secas (Murphy e Lugo 1986). Por exemplo, Santos (1992) constatou que a riqueza e a densidade de espécies lenhosas na Caatinga chegam a ser 23% menores no tipo de solo regossolo quando comparada com o bruno-não-cálcico. Para as cactáceas, o solo é promotor de endemismos e pode afetar a abundância das populações (Parker 1988; Bárcenas-Argüello et al. 2009). Possivelmente, esses padrões relacionados ao tipo de solo e vegetação sejam estendidos às espécies estudadas. As condições oferecidas pela presença de plantas enfermeiras também é frequentemente descrita como importante fator na ocorrência de cactáceas em ecossistemas semi-áridos (Flores e Jurado 2003), afetando a germinação, recrutamento, estabelecimento e distribuição dos indivíduos (Valiente-Banuet et al. 1991; Valiente-Banuet e Ezcurra 1991; Leirana-Alcocer e Parra-Tabla 1999). Dessa maneira, áreas estudadas que apresentam estrutura da vegetação mais simplificada podem estar prejudicando ou favorecendo a manutenção de algumas das espécies estudadas por alterar a relação de facilitação entre as plantas da comunidade. Por outro lado, a influência modesta do índice de perturbação, representado pelas fontes criação de animais e atividades humanas, já foi registrada para algumas cactáceas globosas (Martorell e Peters 2009), indicando que esses tipos de perturbação antrópica podem ser tolerados por algumas espécies quando ocorrem em níveis baixos (Martorell e Peters 2005; Martorell e Peters 2009).

Analisando as abundâncias por espécie, nossos resultados mostraram que *A. rhodantha* tem sua abundância diretamente relacionada à complexidade do habitat (i.e. foi mais abundante em áreas com uma vegetação estruturalmente mais complexa) e não ocorre no solo regossolo. De fato, Taylor e Zappi (2004) consideraram *A. rhodantha* como vulnerável e sugeriram que a sua abundância seria reduzida pela descaracterização de habitats. De maneira contrária, *P. gounellei* subsp. *gounellei* apresentou maior abundância em áreas com menor complexidade estrutural da vegetação, o que significa um maior sucesso na colonização de áreas mais abertas e, possivelmente, mais alteradas. Em comparação com outras espécies, Taylor e Zappi (2004) sugeriram que *P. gounellei* subsp. *gounellei*, por ser uma espécie bem distribuída em diversos habitats de Caatinga, provavelmente não sofre redução nas suas populações com as alterações dos habitats e não está ameaçada. Também consistente com nossos resultados, Fabricante e Andrade (2007), analisando a estrutura de comunidades

vegetais em áreas remanescentes de Caatinga em regeneração onde há corte seletivo e criação de animais, verificaram que *P. gounellei* subsp. *gounellei* foi à terceira espécie com maior valor de importância.

López e Valdivia (2007), estudando a relação entre a cobertura vegetal e ocorrência de quatro espécies de cactáceas, verificaram que a espécie colunar *Corryocactus melanotrichus* (K. Schum.) Britton & Rose geralmente cresce na base de arbustos altos. Por outro lado, para as espécies arbustivas como *Austrocyllindropuntia shaferi* (Britton & Rose) Backeb. e outras espécies de *Opuntia* Mill. a presença de cobertura parece ser facultativa, e para espécie globosa *Echinopsis bridgesii* Salm-Dyck é indiferente (López and Valdivia 2007). Mandujano et al. (2007), por sua vez, constataram que populações de *Opuntia macrocentra* Engelm. tinham menor densidade de indivíduos em áreas com menor cobertura vegetal. Nossos resultados foram similares a algumas das constatações acima descritas. Podemos considerar que as espécies colunares *A. rhodantha* e *P. gounellei* subsp. *gounellei* têm suas abundâncias relacionadas à estrutura da vegetação, já para as arbustivas *T. palmadora* e *T. inamoena*, e para a globosa *M. zehntneri* ela é facultativa ou indiferente. Em relação às espécies colunares *C. jamacaru* subsp. *jamacaru*, *H. adscendens* e *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* os resultados indicaram que tais espécies conseguem manter suas abundâncias em diferentes habitats. Taylor e Zappi (2004) descreveram *C. jamacaru* DC. e *P. pachycladus* F. Ritter, Kakt. Südamer. como capazes de aumentar suas populações em áreas que sofreram distúrbios. Em um estudo recente, Meiado et al. (2010) demonstraram que *C. jamacaru* subsp. *jamacaru* possui alta capacidade de germinação em diversas condições ambientais, o que possivelmente explica sua abundância e ampla distribuição na Caatinga. *H. adscendens*, por sua vez, foi a espécie que apresentou a menor abundância, o que indica raridade na área de estudo, merecendo maiores investigações sobre suas populações em outras localidades. No entanto, ela é considerada provavelmente fora de risco por Taylor e Zappi (2004), dada sua ampla distribuição e ocupação de diversos habitats.

A estrutura da vegetação influenciou a estrutura de tamanho das mesmas espécies que tiveram a abundância afetada. Áreas com menor complexidade da estrutura da vegetação apresentaram número reduzido de indivíduos >0.3 m da espécie *A. rhodantha*. Ainda que a classe < 0.3 m não tenha sido influenciada nessas áreas, a redução de indivíduos nas classes de maior tamanho indica que há menor disponibilidade de sementes e que menos indivíduos estão chegando e se mantendo na fase adulta. Florez-Martínez et al. (2010) analisando a

demografia de *Mammillaria huitzilopochtli* D.R. Hunt., uma espécie globosa, afirmaram que a carência de indivíduos nas classes de maior tamanho indica a remoção recente por extração ou distúrbio, bem como condições limitantes do habitat que contribuem para mortalidade de adultos. A simplificação da estrutura da vegetação demonstra ser um fator limitante para *A. rhodantha*, apoiando a importância de plantas enfermeiras para muitas cactáceas (Valiente-Banuet e Ezcurra 1991; Leirana-Alcocer e Parra-Tabla 1999; Godínez-Alvarez et al. 2005). Por outro lado, a espécie *P. gounellei* subsp. *gounellei* demonstra ter alta capacidade de colonização, com maior número indivíduos nas classes de tamanho 0 a 1 m e >1 a 2 m em áreas com estrutura da vegetação pouco complexa, indicando que tem pouca ou nenhuma dependência da estrutura da vegetação nas suas fases iniciais de desenvolvimento. Estes resultados provavelmente explicam a sua maior abundância em comparação as outras espécies analisadas neste estudo, bem como sua ampla distribuição no nordeste do Brasil como um todo, a qual ocorre em vários tipos de solos, desde os rochosos, até os argilosos e arenosos (Zappi 1994). Este estudo revelou ainda que indivíduos na classe de tamanho 0 a 2 m de *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* são mais frequentes no tipo de solo regossolo, no entanto essas diferenças não se ampliaram ao número de indivíduos na classe de tamanho >2 m no mesmo tipo de solo.

A predominância do padrão de distribuição agrupado é descrito como mais comum que o uniforme e aleatório para populações de cactos (Leirana-Alcocer e Parra-Tabla 1999; Godínez-Alvarez et al. 2003; Jiménez-Sierra et al. 2007). Também constatamos predominância desse padrão no nosso conjunto de dados considerando as diferentes classes do índice de perturbação e da estrutura da vegetação. As variações encontradas no padrão de distribuição indicaram que na classe mais alta do índice de perturbação (61-100), as espécies *A. rhodantha*, *M. zehntneri* e *P. pachycladus* subsp. *pernambucoensis* mudaram o padrão de agregado para uniforme. Na Caatinga, a maioria das espécies estudadas, especialmente os frutos, é consumida voluntaria ou involuntariamente por caprinos (Leal et al. 2003), bem como utilizadas para outros fins pelas comunidades (Andrade 2008). No entanto a dispersão de sementes por caprinos não é direcionada, podendo ocorrer em locais favoráveis ou não à germinação e estabelecimento (Leal et al. 2003). Numa região semi-árida do México, Baraza e Valiente-Banuet (2008) consideraram caprinos como eficientes dispersores de sementes viáveis de cactos, no entanto, as conseqüências desse tipo de interação na estrutura da vegetação ainda são desconhecidas.

Em síntese, os resultados deste estudo indicam que a estrutura da vegetação e o tipo de solo foram as principais variáveis a determinar a riqueza de espécies, bem como a abundância dos indivíduos e a estrutura de tamanho das espécies de cactáceas analisadas. Apenas a distribuição espacial de algumas das espécies analisadas foi influenciada pelo índice de perturbação antrópica. A população da maioria das espécies estudadas parece estar se mantendo estável, mesmo sofrendo mudanças nos seus habitats. Outras espécies demonstram ser vulneráveis (e.g. *A. rhodantha*) ou oportunistas (e.g. *P. gounellei* subsp. *gounellei*), ocorrendo em áreas menos complexas. Essa menor complexidade pode não necessariamente estar relacionada a um maior grau de perturbação, uma vez que o índice de perturbação não se mostrou uma variável importante para determinar os padrões demográficos descritos. É possível que a inclusão de outras medidas do uso humano das áreas (e.g. distância para núcleos humanos ou número de pessoas vivendo nos núcleos humanos) e da degradação da terra (e.g. erosão) na determinação do índice de perturbação traga resultados diferentes. Acreditamos, no entanto, que a perturbação antrópica e a estrutura da vegetação representam distúrbios que atuam de forma e em escalas temporais diferentes. A estrutura da vegetação parece estar mais relacionada às mudanças passadas que resultaram nas populações encontradas hoje. Já as perturbações provocadas pela pressão por animais e pela utilização de produtos para subsistência dos núcleos humanos é mais atual, pode ser circunstancial ou frequente e não necessariamente muda a estrutura florestal de forma severa.

Das espécies estudadas, apenas *T. inamoena* e *T. palmadora* estão incluídas na lista vermelha da União Internacional para Conservação da Natureza e Recursos Naturais – IUCN, classificadas na categoria de conservação menos preocupante (Taylor 2002a, b). Já Taylor Zappi (2004) enquadraram todas as outras espécies aqui estudadas também na categoria de conservação menos preocupante. Recomendamos a inclusão das demais espécies na mesma categoria proposta pelos referidos autores, com exceção de *A. rhodantha*, que deve ser classificada como quase ameaçada, pois os nossos resultados sugerem. Este foi um breve ensaio que mostrou uma fotografia das populações de cactos de uma região semi-árida brasileira. Estudos que avaliem a manutenção das populações submetidas à perturbação em longo prazo são extremamente importantes e, assim, a continuidade desse estudo é desejável. Seria relevante, também, incluir aspectos da história de vida dessas espécies para que saibamos com mais precisão quais atributos as tornam vulneráveis, tolerantes ou oportunistas.

Agradecimentos

Esta pesquisa faz parte dos estudos de mestrado de EMSR na Universidade Federal de Pernambuco sobre orientação de IRL. Nós agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela ajuda financeira ao projeto (Edital Universal 477290/2009-4) e pela bolsa de produtividade a IRL; à Fundação de Amparo à Pesquisa de Pernambuco pelo financiamento do projeto (APQ-0140-2.05/08) e pela bolsa de mestrado a EMSR (IBPG- 1449-2.05/08); ao Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste pelo apoio logístico; e à Estação de Agricultura Irrigada de Parnamirim-PE pela estadia e apoio nas atividades de campo.

Referências Bibliográficas

- Anderson EF (2001) The cactus family, Timber Press, Portland, Oregon
- Andrade CTS (2008) Cactos úteis na Bahia: Ênfase no Semi-árido, Useb, Pelotas
- Baraza E, Valient-Banuet A (2008) Seed dispersal by domestic goats in a semiarid thornscrub of Mexico. *J Arid Environ* 72: 1973-1976
- Bárcenas-Argüello ML, Gutiérrez-Catorena MC, Terrazas T, López-Mata L (2009) Rock-soil preferences of three *Cephalocereus* (Cactaceae) species of tropical dry forests. *Soil Mineral* 4 (74): 1374-1382 doi:10.2136/sssaj2009.0310
- Creed JC (2006) Perturbações em comunidades biológicas. In: Duarte CF, Bergallo MG, Sluys MV, Alves MAS (orgs) *Biologia da conservação: essências*, 1st edn. Rima, São Carlos pp 183-209
- Empresa brasileira de pesquisa agropecuária - EMBRAPA (2001) Mapa exploratório de solos do município de Parnamirim, PE. Embrapa solos UEP Recife, Recife
- Fabricante JR, Andrade LA (2007) Análise estrutural de um remanescente de Caatinga no Seridó Paraibano. *Oecol Bras* 11: (3) 341-349
- Flores J, Jurado E (2003) Are nurse-protégé interactions more common among plants from arid environments? *J Veg Sci* 14: 911-916
- Flores-Martínez A, Medina GIM, Globulov J, Montañã C, Mandujano MC (2010) Demography of an endangered endemic rupicolous cactus. *Plant Ecol* 210:53–66 doi: 10.1007/s11258-010-9737-6

- Gibson A, Nobel P (1986) The cactus primer. Harvard University Press, Cambridge
- Giulietti AM, Conceição A, Queiroz LP (2006) Diversidade e caracterização das fanerógamas do semi-árido brasileiro. Associação Plantas do Nordeste, Recife
- Godínez-Alvarez H, Valverde T, Ortega-Baes P (2003) Demographic trends in the Cactaceae. *The Bot Rev* 69:173–203
- Godínez-Alvarez H, Ríos-Casanova L, Pérez F (2005) Characteristics of seedling establishment of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, Mexico. *Southwest Nat* 50(3):375–407
- Jiménez-Sierra C, Mandujano MC, Eguiarte LE (2007) Are populations of the candy barrel cactus (*Echinocactus platyacanthus*) in the desert of Tehuacán, Mexico at risk? Population projection matrix and life table response analysis. *Biol Cons* 35:278-272
- Krebs CJ (1999) Ecological methodology. 2nd ed. Benjamin Cummings Publishers
- Leal IR, Vicente A, Tabarelli M (2003) Herbivoria por caprinos na caatinga da região de Xingó: uma análise preliminar. In: Leal IR, Tabarelli M, Silva JMC (orgs) Ecologia e conservação da caatinga, 1st edn. Editora Universitaria, Recife pp 695-716
- Leal IR, Wirth R, Tabarelli M (2007) Seed dispersal by ants in the semi-arid caatinga of North-east Brazil. *Ann Bot* 99: 885-894.
- Leirana-Alcocer J and Parra-Tabla V (1999) Factors affecting the distribution, abundance and seedling survival of *Mammillaria gaumeri*, an endemic cactus of coastal Yucatán, México. *J Arid Environ* 41: 421-428
- Locatelli E and Machado ICM (1999) Comparative study of the floral biology in two orniphilous species of Cactaceae: *Melocactus zehntneri* and *Opuntia palmadora*. *Bradleya* 17:75-85
- López RP, Valdivia S (2007) The importance of shrub cover for four cactus species differing in growth form in an Andean semi-desert. *J Veg Sci* 18(2):263-270 doi: 10.1658/1100-9233(2007)18[263:TIOSCF]2.0.CO;2
- Mandujano MC, Flores-Martinez A, Golubov J, Ezcurra E (2002) Spatial distribution of three globose cacti in relation to different nurse-plant canopies and bare areas. *Southwest Nat* 47(2):162-168
- Mandujano MC, Golubov J, Huenneke LF (2007). Effect of reproductive modes and environmental heterogeneity in the population dynamics of a geographically widespread clonal desert cactus. *Popul Ecol* 49:141–153

- Martorell C, Peters E (2005) The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Biol Conserv* 124:199–207
- Martorell C, Peters E (2009) Disturbance-response analysis: a method for rapid assessment of the threat to species in disturbed areas. *Conserv Biol* 23(2):377–387
- Meiado MV, Rocha EA, Rojas-Aréchiga M, Leal IR (2008). Comunidad de cactus en la Caatinga: ¿qué influencia la dinámica de semillas en el ambiente semiárido? *Bol Soc Latinoam Caribe Cact Suc* 5: 4-6
- Meiado MV, Albuquerque LSC, Rocha EA; Rojas-Aréchigas M, Leal IR (2010) Seed germination responses of *Cereus jamacaru* DC. ssp. *jamacaru* (Cactaceae) to environmental factors. *Plant Sp Biol* 25: 120-128 doi:10.1111/j.1442-1984.2010.00274.x
- Méndez M, Durán R, Olmsted I, Oyama K (2004) Population Dynamics of *Pterocereus gaumeri*, a Rare and Endemic Columnar Cactus of Mexico. *Biotr* 36(4): 492-504
- Milles L, Newton AC, DeFries RS, Ravilious IM, Blyth S, Kapos V, Gordon JE (2006) A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *J Biogeogr* 33:491-505
- Ministério do Meio Ambiente (2007) Mapas de cobertura vegetal dos biomas brasileiros. <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=72&idMenu=381>
Accessed 10 March 2009
- Ministério do Meio Ambiente (2010) Monitoramento dos biomas brasileiros. <http://www.mma.gov.br/portallbio>. Accessed 06 June 2010
- Murphy PG, Lugo AE (1986) Ecology of tropical dry forest. *Ann Rev Ecol Syst* 17: 67-88
- Nobel PS and Bobich EG (2002) Environmental biology. In: Nobel SP (org) *Cacti: Biology and uses*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, pp 57-74
- Ortega-Baes P, Sühring S, Sajama J, Sotola E, Alonso-Pedano M, Bravo S, Godínez-Alvarez, H (2010) Diversity and conservation in the cactus family. In: Ramawat KG (org) *Desert Plants*, Springer, pp. 157–173
- Parker KC (1988) Environmental relationships and vegetation associates of columnar cacti in the northern Sonoran Desert. *Vegetatio* 78:125 140
- Pennington RT, Prado DE, Pendry CA (2000) Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *J Biogeogr* 27: 261-273
- Pereira IM, Andrade. LA, Sampaio EVSB, Barbosa MRV (2003) Use-history effects on structure and flora of Caatinga. *Biotr* 35(2): 154: 165

- Rocha EA (2007) Fenologia, biologia da polinização e da reprodução de *Pilosocereus* Byles & Rowley (Cactaceae) no Nordeste do Brasil. Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco
- Rodal MJN, Sampaio EVS, Figueiredo MA (1992) Manual sobre métodos de estudo forístico e fitossociológico - ecossistema Caatinga, Sociedade Botânica do Brasil, Brasília
- Romão RL, Hughes FM, Vieira AMC, Fontes EC (2007) Autoecologia de cabeça-de-frade (*Melocactus ernestii* Vaupel) em duas áreas de afloramentos na Bahia. Rev Bras Bioc 5(1): 738-740
- Sampaio EVSB (1995) Overview of the Brazilian Caatinga. In: Bullock SH, Mooney HA, E Medina (orgs) Seasonally dry tropical forests, Cambridge University Press, Cambridge, England, pp. 35-63
- Santos MFAV, Ribeiro MR, Sampaio EVSB (1992) Semelhanças vegetacionais em sete solos da Caatinga. Pesq Agropec Bras 27(2): 305-314
- Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2005) Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, diagnóstico do município de Parnamirim. <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/pernambuco/relatorios/PARN113.pdf>. Accessed 13 January 2011
- Silva PC (1996) Demografia comparativa de *Pachycereus pringlei* em dos unidades geomórficas contrastantes del paisaje en Baja California Sur, México. Masters's thesis, Universidad Autónoma de México.
- Sousa WP (1984) The role of disturbance in natural communities. Ann Rev Ecol Systemat 15: 353-391
- SPSS (2006) Sigmaplot 2006 for Windows, version 10.0.
- StatSoft Inc (2007) STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com
- Sokal RR, Rohlf F J (1995) Biometry. Freeman and Company, New York
- Taylor NP (2002a) *Tacinga inamoena*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species Version 2010.4. <http://www.iucnredlist.org>. Accessed 04 January 2011
- Taylor NP (2002b) *Tacinga palmadora*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species Version 2010.4. <http://www.iucnredlist.org>. Accessed 04 January 2011
- Taylor N, Zappi D (2004) Cacti of eastern Brazil. Royal Botanic Gardens, Kew

Valiente-Banuet, A. Ezcurra, E (1991) Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisiana* in the Tehuacan Valley, Mexico. *J Ecol* 79 (4): 961-971

Valiente-Banuet A, Bolongaro-Crevenna A, Briones O, Ezcurra O, Rosas M. (1991) Spatial relationships between cacti and nurse shrubs in a semi-arid environment in central Mexico. *J Veg Sci* 2: 15-20

World Resouces Institute – WRI (1992) *Estratégia global da biodiversidade*. Kathleen Courrier, Cuiabá

Zappi DC (1994) *Pilosocereus* (Cactaceae) The genus in Brazil. In: Hunt D, Taylor N (ed) *Succulent Plant Research*, Royal Botanic Gardens, Kew, pp 1–160

Tabela 1. Atributos ecológicos relativos ao hábito, sistema de polinização e agentes dispersores das oito espécies pertencentes à família Cactaceae que foram utilizadas como sistemas de estudo.

Espécie	Hábito¹	Sistema de polinização^{2,3}	Dispersores^{4,5}
<i>Arrojadoa rhodantha</i>	Colunar	Ornitófila	Aves e mamíferos
<i>Cereus jamacaru</i>	Colunar	Esfingófila	Aves e formigas
<i>Harrisia adscendens</i>	Colunar	Esfingófila	Aves e mamíferos
<i>Pilosocereus gounellei</i>	Colunar	Esfingófila	Morcegos, formigas e vespas
<i>Pilosocereus pachycladus</i>	Colunar	Quiropterófila	Aves, morcegos e formigas
<i>Melocactus zehntneri</i>	Globoso	Ornitófila	Lagartos
<i>Tacinga inamoena</i>	Arbustivo	Ornitófila	Mamíferos
<i>Tacinga palmadora</i>	Arbustivo	Ornitófila	Mamíferos e formigas

¹Gibson and Nobel 1986; ²Rocha 2007; ³Locatelli and Machado 1999; ⁴Taylor and Zappi 2004; ⁵Leal et al 2007.

Tabela 2. Resultados dos Modelos Lineares Gerais (GLM) demonstrando os efeitos dos índices de perturbação, estrutura da vegetação e do tipo de solo sobre a riqueza de espécies e a abundância por espécie de cactos em áreas de Caatinga localizadas no município de Parnamirim, Pernambuco, Brasil. Valores em negrito destacam o efeito significativo ($p \leq 0,05$).

Variáveis dependentes	Variáveis explanatórias (valores- <i>P</i>)				
	Índice de perturbação	Estrutura da vegetação	Tipo de solo	Modelo completo	R ² (%)
Riqueza de cactos	0,8597	0,0428	0,0202	0,0346	27,8
Abundância das espécies					
<i>Arrojadoa rhodantha</i>	0,3707	0,0003	0,0099	0,0112	51,2
<i>Cereus jamacaru</i>	0,4461	0,6322	0,5746	0,6749	5,6
<i>Harrisia adscendens</i>	0,6107	0,3654	0,4888	0,6367	6,2
<i>Melocactus zehntneri</i>	0,4434	0,5247	0,0683	0,1262	20
<i>Pilosocereus gounellei</i>	0,0951	0,0134	0,3814	0,0268	30,3
<i>Pilosocereus pachycladus</i>	0,0713	0,5277	0,3308	0,3094	12,6
<i>Tacinga inamoena</i>	0,9255	0,3120	0,4771	0,5720	7,2
<i>Tacinga palmadora</i>	0,2834	0,2524	0,4558	0,3219	12,3

Tabela 3. Resultados dos Modelos Lineares Gerais (GLM) demonstrando os efeitos dos índices de perturbação, de da estrutura da vegetação e do tipo de solo sobre as classes de tamanho de sete espécies de cactos ocorrentes em áreas de Caatinga localizadas no município de Parnamirim, Pernambuco, Brasil. Valores em negrito destacam o efeito significativo ($p \leq 0,05$).

Variáveis dependentes Número de indivíduos por espécie nas classes de tamanho	Variáveis explanatórias (valores-P)				
	Índice de perturbação	Estrutura da vegetação	Tipo de solo	Modelo completo	R ² (%)
<i>Arrojadoa rhodantha</i>					
< 0,3m	0,2747	0,1406	-	0,1804	43,4
> 0,3m	0,8457	0,0093	-	0,0223	57
<i>Cereus jamacaru</i>					
0 a 2m	0,8411	0,4611	0,3135	0,7426	11
>2m	0,2504	0,5247	0,8000	0,6629	10,3
<i>Melocactus zehntneri</i>					
Plântulas e jovens	0,2729	0,7028	0,1664	0,2290	18,2
Adultos	0,4410	0,3105	0,4453	0,1306	45
<i>Pilosocereus gounellei</i>					
0 a 1m	0,2167	0,0114	0,1560	0,0239	30
>1 a 2m	0,6072	0,0007	0,7143	0,0078	36,1
>2m	0,8461	0,6972	0,9708	0,9821	1
<i>Pilosocereus pachycladus</i>					
0 a 2m	0,6400	0,7584	0,0351	0,0362	92,1
>2m	0,3852	0,4446	0,0939	0,2792	19
<i>Tacinga inamoena</i>					
1-10 cladódios	0,3344	0,8513	0,3960	0,7002	10,7
11-35 cladódios	0,5522	0,7882	0,9676	0,9090	3,2
36 -66 ou >66 cladódios	0,5116	0,6095	0,3700	0,6388	10,3
<i>Tacinga palmadora</i>					
1-10 cladódios	0,5371	0,9310	0,4027	0,7962	6,8
11-35 cladódios	0,3831	0,6148	0,7895	0,7704	6,2
36 -66 ou >66 cladódios	0,5720	0,1401	0,5624	0,4988	12,6

Legenda das figuras

Fig 1 Riqueza de espécies de cactos em relação a estrutura da vegetação (a) e os tipos de solo (b), abundância de *Arrojadoa rhodantha* em relação a estrutura da vegetação (c) e os tipos de solo (d) e abundância de *Pilosocereus gounellei* subsp. *gounellei* em relação a estrutura da vegetação (e) e os tipos de solo (f) em áreas de Caatinga do município de Parnamirim, Pernambuco, Brasil. Os valores de R^2 e p são apresentados, as colunas representam as médias e as barras verticais \pm o erro padrão. BNC = bruno-não-cálcico, RE = regossolo.

Fig 2 Número de indivíduos adultos de *Arrojadoa rhodantha* (a), de plântulas, juvenis e estabelecidos de *Pilosocereus gounellei* subsp. *gounellei* (b), de reprodutivos iniciais de *P. gounellei* subsp. *gounellei* (c) com a estrutura da vegetação. O gráfico (d) apresenta o número de plântulas e indivíduos pré-reprodutivos de *Pilosocereus pachycladus* subsp. *pernambucoensis* nos tipos de solo. Os valores de R^2 e p são apresentados, as colunas representam as médias e as barras verticais \pm o erro padrão. BNC = bruno-não-cálcico, RE = regossolo.

Fig 3 Valores do qui-quadrado esperado para o índice de dispersão das sete espécies de cactos versus valores do qui-quadrado crítico. Os valores são dispostos para cada categoria da estrutura da vegetação e do índice de perturbação. Os valores do qui-quadrado esperado acima dos valores do qui-quadrado crítico indicam padrão de distribuição agregado, valores sobrepostos ou um pouco abaixo do crítico indicam distribuição aleatória e valores bem menor que o crítico indicam distribuição uniforme.

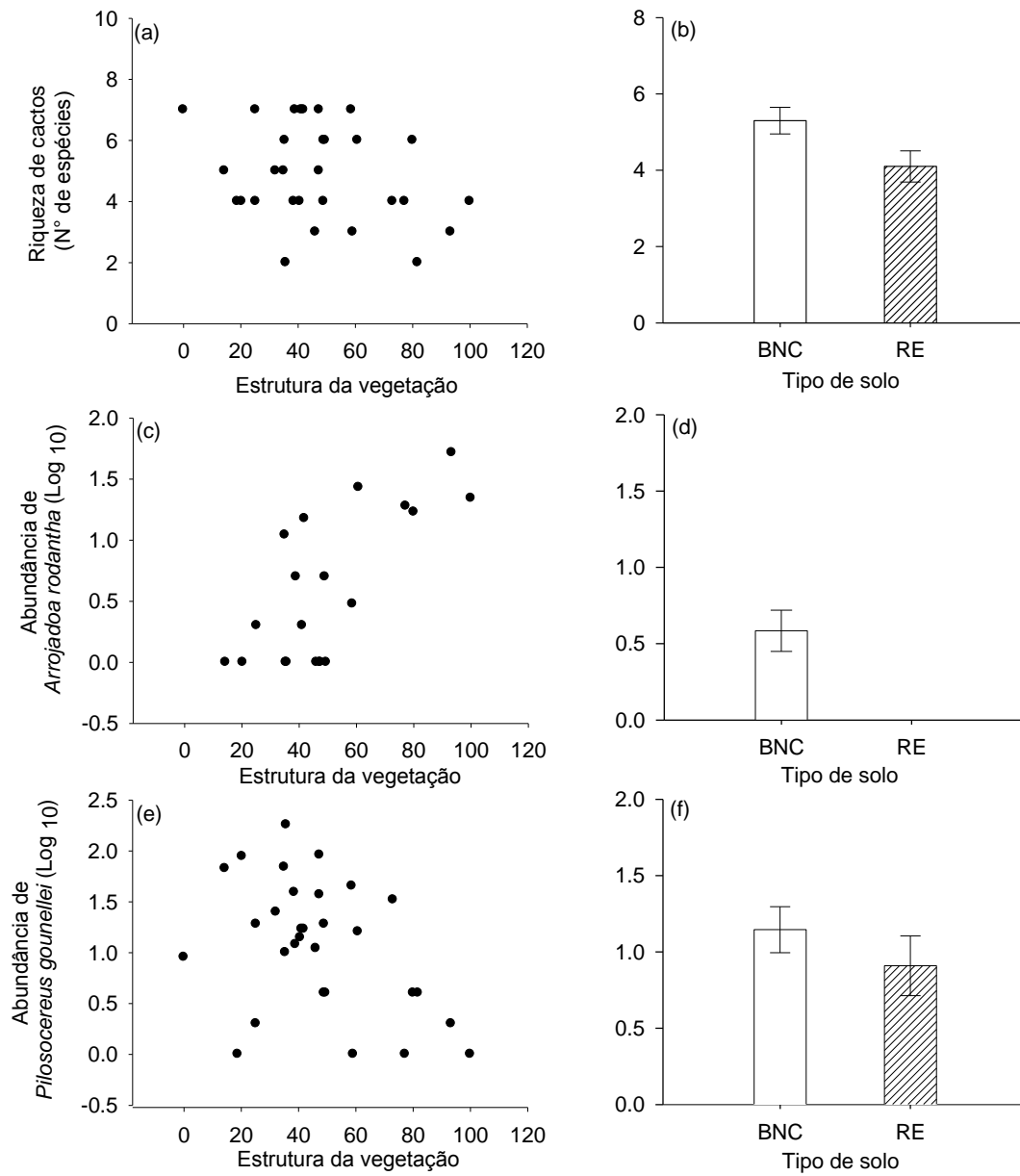


Fig 1

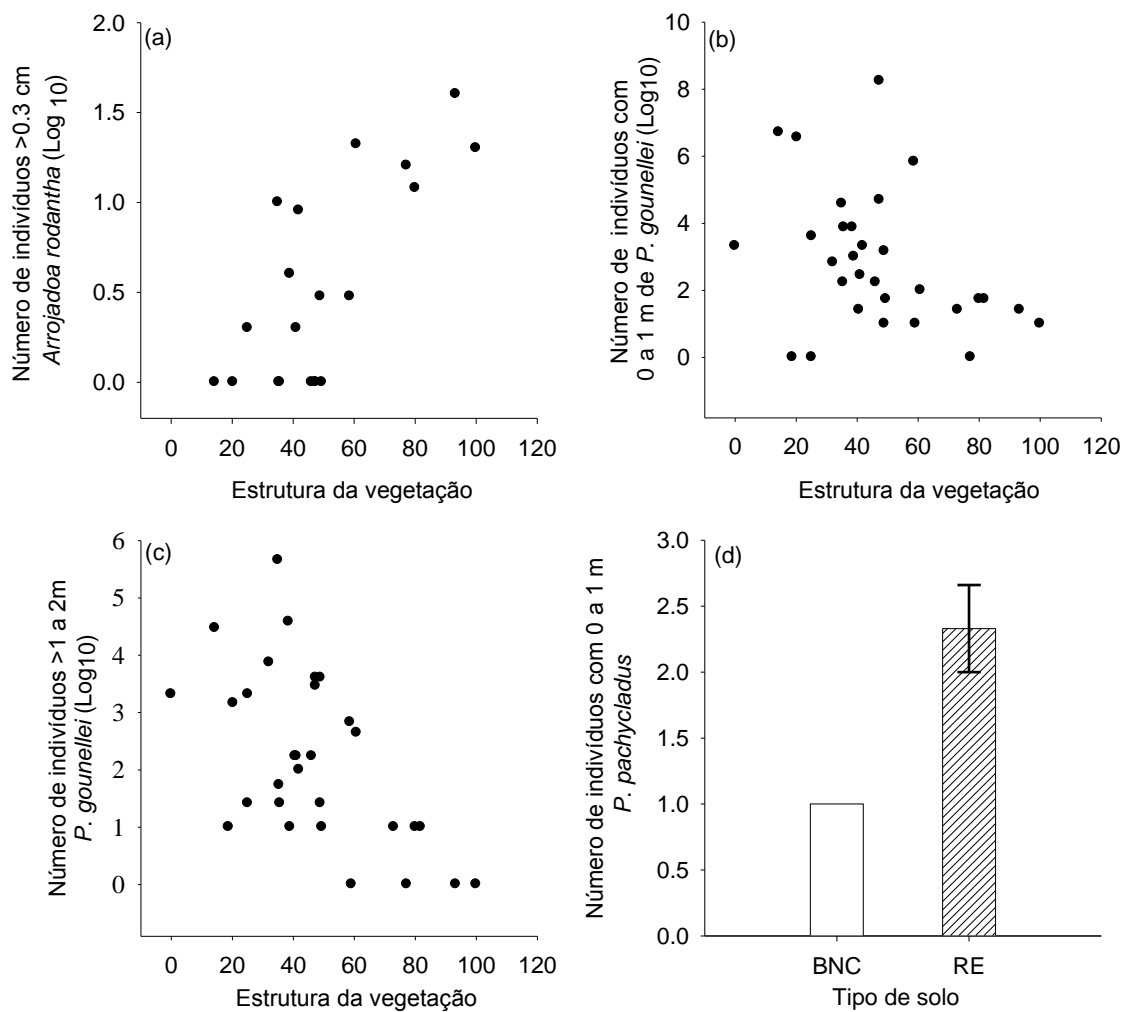


Fig 2

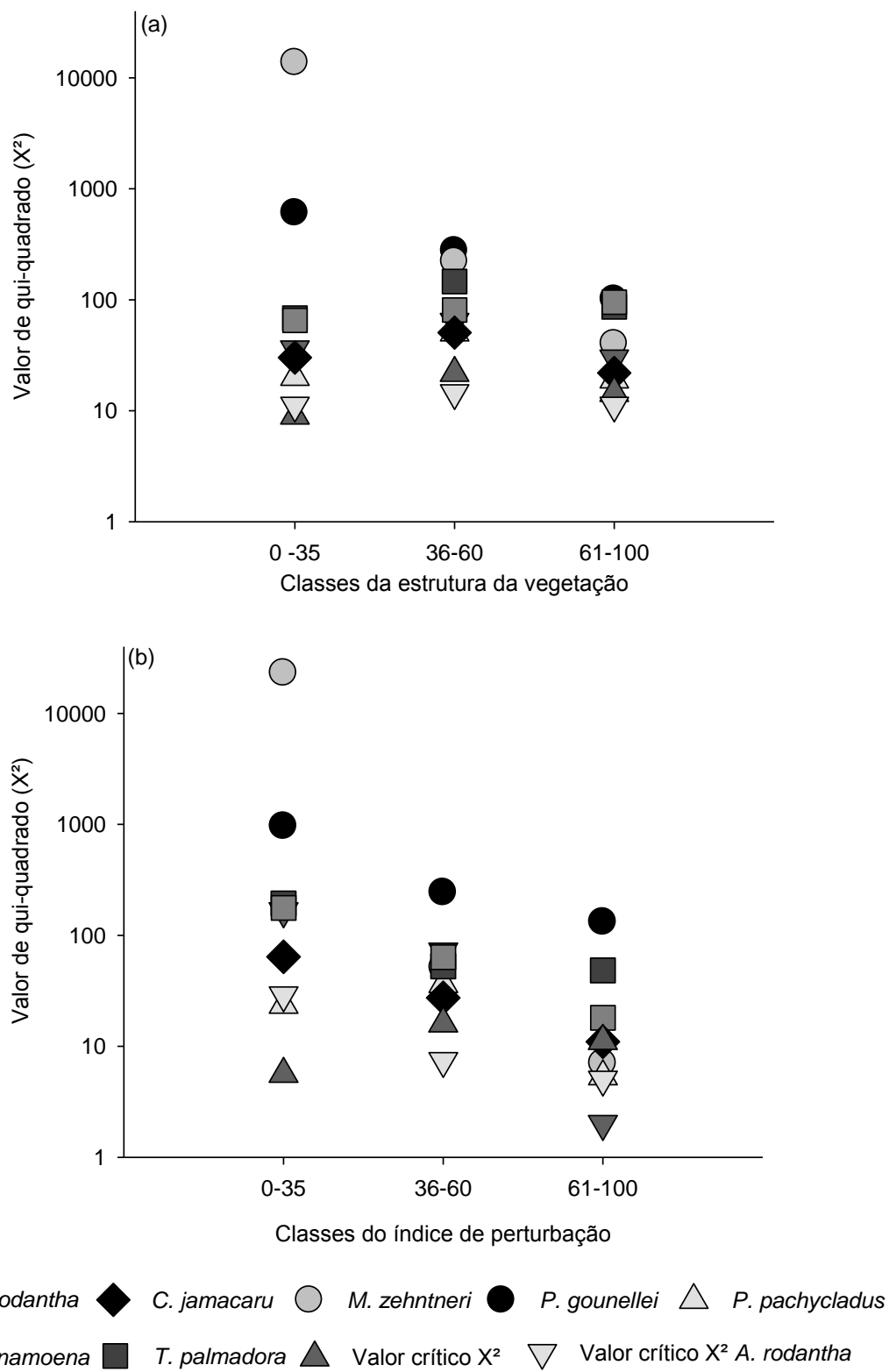


Fig. 3

ANEXO

NORMAS DO PERIÓDICO PLANT ECOLOGY

Instructions for Authors

Word count

Maximum word count is 6.000. Authors should include their final word count at the top of the manuscript when submitting.

Manuscripts exceeding the word limit will be returned to the author without review. The word count should include all text including Abstract, body of the text, and references, but excluding figures and tables and on-line supplementary materials.

Research Communications: Maximum word count 2,500.

MANUSCRIPT SUBMISSION

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

TITLE PAGE

Title Page

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

TEXT**Text Formatting**

Manuscripts should be submitted in Word.

Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.

Use italics for emphasis.

Use the automatic page numbering function to number the pages.

Do not use field functions.

Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.

Use the table function, not spreadsheets, to make tables.

Use the equation editor or MathType for equations.

Note: If you use Word 2007, do not create the equations with the default equation editor but use the Microsoft equation editor or MathType instead.

Save your file in doc format. Do not submit docx files.

Word template

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

LaTeX macro package

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data).

Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

REFERENCES

Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1993).

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work.

Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. doi:10.1007/s001090000086

Book

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

Dissertation

Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure*. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal’s name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

www.issn.org/2-22661-LTWA-online.php

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.

EndNote style

TABLES

All tables are to be numbered using Arabic numerals.

Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.

For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.

Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.

Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

ARTWORK

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

Electronic Figure Submission

Supply all figures electronically.

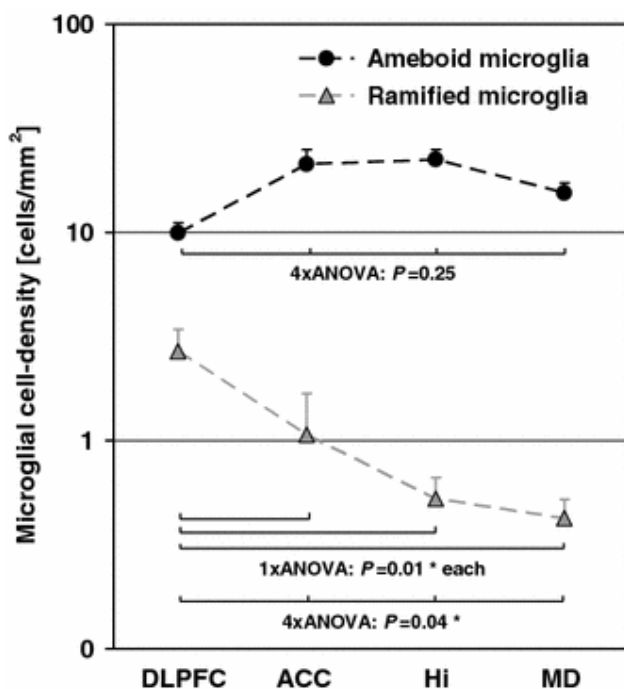
Indicate what graphics program was used to create the artwork.

For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable.

Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Line Art



Definition: Black and white graphic with no shading.

Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.

All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.

Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.

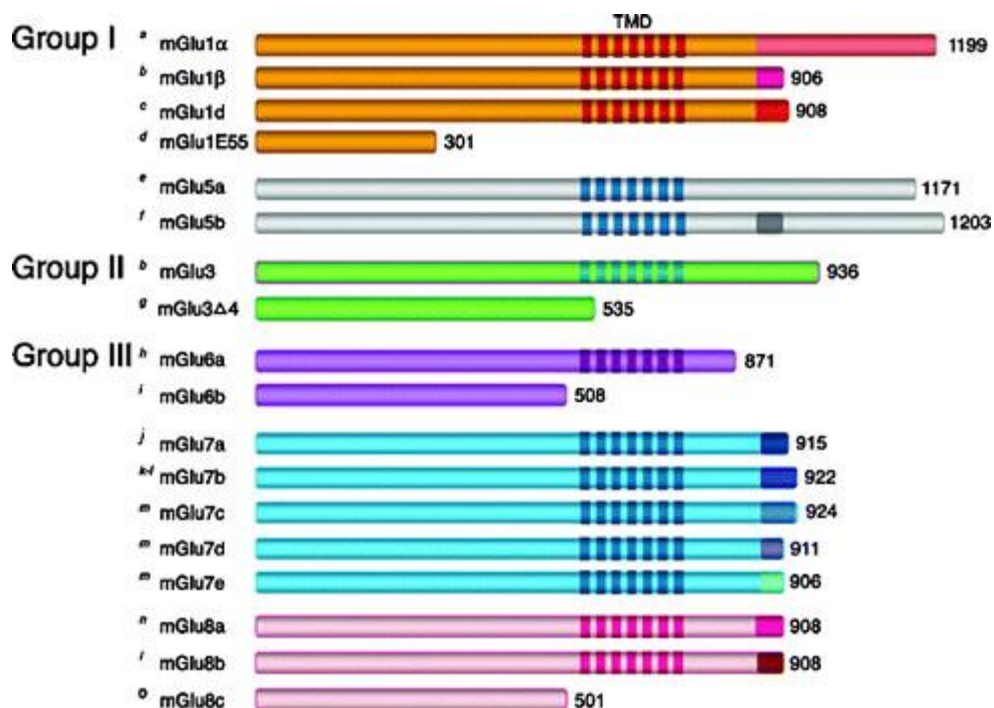
Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art

- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.



Combination Art



- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).

Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).

Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.

Avoid effects such as shading, outline letters, etc.

Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.

Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.

No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.

Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.

Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

ELECTRONIC SUPPLEMENTARY MATERIAL

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations

- Always use MPEG-1 (.mpg) format.

Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

- Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
- If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4”.
- Name the files consecutively, e.g. “ESM_3.mpg”, “ESM_4.pdf”.

Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

AFTER ACCEPTANCE

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer’s web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink. We regret that Springer Open Choice cannot be ordered for published articles.

Springer Open Choice

Copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, they agree to the Springer Open Choice Licence.

Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

Color illustrations

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.