

DANIELLE MELO DOS SANTOS

BANCO DE SEMENTES DO SOLO E DINÂMICA DE DUAS POPULAÇÕES
HERBÁCEAS EM ANOS CONSECUTIVOS EM ÁREAS DE CAATINGA NO NORDESTE
BRASILEIRO

Recife, fevereiro de 2015

DANIELLE MELO DOS SANTOS

BANCO DE SEMENTES DO SOLO E DINÂMICA DE DUAS POPULAÇÕES
HERBÁCEAS EM ANOS CONSECUTIVOS EM ÁREAS DE CAATINGA NO NORDESTE
BRASILEIRO

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutora.

ORIENTADORA: Dra. Elcida de Lima Araújo

CO-ORIENTADOR: Dr. Kleber Andrade da Silva

Recife, fevereiro de 2015

Ficha catalográfica

S237b Santos, Danielle Melo dos
Banco de sementes do solo e dinâmica de duas
populações herbáceas em anos consecutivos em áreas de
caatinga no nordeste brasileiro / Danielle Melo dos
Santos. – Recife, 2015.
202 f. : il.

Orientadora: Elcida de Lima Araújo.
Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal
Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Recife,
2015.
Inclui referências e apêndice(s).

1. Banco de sementes 2. Caatinga 3. Populações
herbáceas I. Araújo, Elcida de Lima, orientadora II. Título

CDD 581

DANIELLE MELO DOS SANTOS

**BANCO DE SEMENTES DO SOLO E DINÂMICA DE DUAS POPULAÇÕES
HERBÁCEAS EM ANOS CONSECUTIVOS EM ÁREAS DE CAATINGA NO
NORDESTE BRASILEIRO**

Banca Examinadora:

Orientadora: _____

Prof^a Dr^a Elcida de Lima Araújo – UFRPE

Examinadores:

Dr^a Elba Maria Nogueira Ferraz – IFPE (Titular)

Dr^a Ana Carolina Borges Lins e Silva – UFRPE (Titular)

Dr^a Carmen Sílvia Zickel – UFRPE (Titular)

Dr^a Josiene Maria Falcão Fraga dos Santos – UFRPE (Titular)

Dr^a Francisca Soares de Araújo – UFC (Suplente)

Dr Ulysses Paulino de Albuquerque – UFRPE (Suplente)

RECIFE

2015

Ando devagar
Porque já tive pressa
E levo esse sorriso
Porque já chorei demais

Hoje me sinto mais forte
Mais feliz, quem sabe
Só levo a certeza
De que muito pouco sei
Ou nada sei

Conhecer as manhas
E as manhãs
O sabor das massas
E das maçãs

É preciso amor
Pra poder pulsar
É preciso paz pra poder sorrir
É preciso a chuva para florir

Penso que cumprir a vida
Seja simplesmente
Compreender a marcha
E ir tocando em frente

Como um velho boiadeiro
Levando a boiada
Eu vou tocando os dias
Pela longa estrada, eu vou
Estrada eu sou

Conhecer as manhas
E as manhãs
O sabor das massas
E das maçãs

É preciso amor
Pra poder pulsar
É preciso paz pra poder sorrir
É preciso a chuva para florir

Todo mundo ama um dia
Todo mundo chora
Um dia a gente chega
E no outro vai embora

Cada um de nós compõe a sua história
Cada ser em si
Carrega o dom de ser capaz
E ser feliz

Conhecer as manhas
E as manhãs
O sabor das massas
E das maçãs

É preciso amor
Pra poder pulsar
É preciso paz pra poder sorrir
É preciso a chuva para florir

Ando devagar
Porque já tive pressa
E levo esse sorriso
Porque já chorei demais

Cada um de nós compõe a sua história
Cada ser em si
Carrega o dom de ser capaz
E ser feliz

Tocando em Frente

Almir Sater

Dedicatória

Á Deus, a toda a minha família especialmente, ao meu avô Joaquim do Santos (*In memoriam*), aos meus pais Décio Ribeiro dos Santos e Maria Helena Melo dos Santos e aos meus tios Osvaldo Ribeiro e Maria do Rosário Sá Barreto por terem me conduzido a um caminho de grandes realizações e felicidades.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por permanecer comigo durante todos os momentos difíceis e felizes da minha vida e por guiar os meus passos durante a realização deste trabalho.

À minha orientadora, Profa. Dra. Elcida de Lima Araújo, que desde a época de minha graduação, com incentivo e muita paciência, vem contribuindo na minha formação profissional. Muito obrigada Elcida.

Ao grande amigo e co-orientador, Dr. Kleber Andrade da Silva, pelas críticas e conselhos que contribuíram não só para a construção desta obra, mas principalmente para minha formação pessoal.

Aos membros da banca Dr^a Francisca Soares de Araújo, Dr^a Ana Carolina Borges Lins e Silva, Dr^a Elba Maria Nogueira Ferraz, Dr^a Josiene Maria Falcão Fraga dos Santos, Dr^a Carmen Sílvia Zickel e Dr Ulysses Paulino de Albuquerque pelas críticas e contribuições que enriqueceram todas as informações contidas nesta Tese.

Aos Professores Dr. André Maurício dos Santos, Dr^a Jarcilene de Almeida e Cortez pelas críticas e sugestões durante a minha qualificação no doutorado.

À professora Dr^a Simone Cunha pela contribuição estatística na construção da minha tese.

Ao Instituto Agrônomo de Pesquisas Agropecuárias – IPA, unidade de Caruaru pelo apoio logístico. Aproveito a oportunidade para agradecer a todos os funcionários do IPA de Caruaru em especial ao seu Ivan e dona Dida pela excelente recepção e amizade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB), Pela oportunidade de obtenção do título de Doutor e à CAPES pela concessão de bolsa.

Em especial, a minha família, meus pais Décio Ribeiro dos Santos e Maria Helena Melo dos Santos e meus irmãos Danillo Melo dos Santos e Diego Melo dos Santos por acreditarem e estarem sempre presentes durante a realização deste trabalho e, pelo carinho, amor e educação, que me foram oferecidos desde sempre.

Aos meus tios Osvaldo Ribeiro dos Santos e Maria do Rosário Sá Barreto por sempre ter me oferecido amor fraternal como também ter me incentivado desde o início desta jornada acadêmica.

Ao meu esposo e amigo Shalon Guilherme de Lacerda pelo amor, apoio, incentivo, confiança e compreensão em tudo que faço na minha vida.

A todos os familiares que participaram direta e indiretamente tanto na realização desta pesquisa como na minha formação moral e acadêmica.

A todos os funcionários que trabalham na área de botânica/PPGB. Em especial ao Sr. Manasses Araújo pela ajuda logística na montagem do experimento deste trabalho e Kênia Muniz de Azevedo por estar sempre disposta a ajudar quando solicitada.

Aos herbários Professor Vasconcelos Sobrinho (PEUFR) da Universidade Federal Rural de Pernambuco e Dárdano de Andrade Lima (IPA) da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária por permitirem o livre acesso durante o período de identificação do material botânico.

A “tropa de elite” e amigos do LEVEN: Kleber, Josiene, Juliana, Diego, Clarissa, Elifábia e Vanessa pela grande amizade e apoio na conclusão desta pesquisa, muito obrigada.

Aproveito também para agradecer a nova turma de LEVEANOS e quem sabe a próxima “tropa de elite”: Joseane, Ewellyn, Alberes, Pedro e Anderson.

Aos amigos da botânica pelos momentos de descontração e trocas de conhecimento científico.

Em especial à Liliane Ferreira, Tássia Sousa Pinheiro, Angélica Marinho, Patrícia Barbosa, Nathan Messias, Juliana Santos, Letícia Zenóbia, Sarah Athiê e Leidiana Lima por sempre estarem incentivando não importa o momento solicitado.

Aos meus amigos da época do curso Idéia: Carlos, Kleneilson e Suellen mesmos distantes, mas todos no meu coração, o meu muito obrigado pela amizade, companheirismo e grandes momentos de felicidade compartilhados.

E, em fim, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta na minha formação acadêmica e na realização desta Tese.

Sumario

Lista de tabelas e apêndices	v
Lista de figuras	vi
Resumo	xvii
Abstract	xix
Introdução	14
Revisão bibliográfica	16
Banco de sementes	16
Fatores ambientais que influencia o banco de sementes do solo em ambientes secos	17
Variação Temporal	17
Variação Espacial	19
Banco de sementes de áreas antropogênicas em processo de regeneração natural	24
Relação entre a dinâmica da população vegetal e o banco de sementes do solo	25
Estudos de banco de sementes na vegetação de caatinga	27
Referências bibliográficas	29
Capítulo 1	45
Composição, riqueza e densidade do banco de sementes germinável ao longo de quatro anos em florestas jovem e madura no semiárido brasileiro	46
Resumo	46
1. Introdução	47
2. Material e métodos	48
2.1 Caracterização da área de estudo	48
2.2 Amostragem do banco de sementes	49
2.3 Análise do banco de sementes	50

3. Resultados	51
3.1 Composição e riqueza de espécies	51
3.2 Emergência de plântulas	52
4. Discussão	52
4.1 Efeito da idade da floresta sobre o banco de sementes	52
4.2 Efeito da variação temporal na precipitação sobre o banco de sementes	54
5. Agradecimentos	55
6. Referências bibliográficas	56
Capítulo 2	77
Dinâmica espaço-temporal do banco de sementes em uma área de floresta seca no nordeste do Brasil	79
Resumo	79
Introdução	80
Material e Métodos	83
Caracterização da área de estudo	83
Amostragens do banco de sementes	85
Análise do banco de sementes	87
Resultados	88
Riqueza de espécies e composição florística	88
Emergência de plântulas	90
Discussão	91
Efeito da variação temporal sobre o banco de sementes	91
Efeito da variação espacial sobre o banco de sementes	93
Considerações finais	95

Agradecimentos	96
Referências bibliográficas	97
Capítulo 3	128
Variação espaço-temporal entre a emergência de plântulas no banco de sementes e na comunidade vegetal de duas espécies herbáceas no semiárido brasileiro	129
Resumo	129
Introdução	130
Material e Métodos	132
Caracterização da área de estudo	132
Seleção das espécies	133
Amostragens das espécies na comunidade vegetal	134
Amostragens das espécies no banco de semente do solo	134
Análises dos dados	135
Resultados	135
Delília biflora	135
Pilea hyalina	136
Discussão	137
Delília biflora	137
Pilea hyalina	139
Considerações finais	140
Referências bibliográficas	140
Considerações finais	157
Anexos	158

Lista de tabelas e apêndices

Capítulo I

Apêndice 1. Espécies de plântulas emergentes nas florestas jovem e madura, entre estações climáticas (Chuva e Seca) durante quatro anos de estudo, em uma área semiárida no Nordeste do Brasil. 63

Tabela 1. Análise SIMPER calculada entre as estações climáticas chuvosa e seca, entre as florestas madura e jovem e entre os quatro anos de estudos com a contribuição de cada espécie na dissimilaridade entre as áreas amostradas (Av.Diss.) 73

Tabela 2. Análise GLM mostrando a influência da idade da floresta (jovem e madura), variação sazonal e anual na precipitação e suas interações sobre a densidade e riqueza do banco de sementes germinável em uma área semiárida no Nordeste do Brasil. Valores de P em negrito denotam diferença significativa (GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = ; P = Significância). 74

Capítulo II

Apêndice 1. Espécies de plântulas emergentes na área de caatinga, entre estações climáticas (Chuva e Seca), naserrapilheira e no solo (0-5 cm) em três microhabitats (Plano, Rocha e Ciliar) durante sete anos de estudo, em uma área semiárida no Nordeste do Brasil. 107

Tabela 1. Resultados do GLM utilizado para análise da variação da riqueza de espécies e emergência de plântulas em uma área de Caatinga. DF: Grau de liberdade; PRD: redução proporcional de variância com a inclusão da variável explicativa (pseudo r²); CPRD: acumulada do PRD. 116

Tabela 2. Número de sementes germinadas por metro quadrado (sem.m⁻²) nos três microhabitats (Plano, Rocha e Ciliar), nas duas estações climáticas (Chuvosa e Seca) na serrapilheira e no solo 0-5 cm durante sete anos consecutivos, em uma área de Caatinga no nordeste do Brasil. 117

Capítulo III

Tabela 1. Análise GLM (Modelo Linear Generalizado – ANOVA) mostrando o efeito do ano, da estação climática, idade da floresta e suas interações sobre a densidade média de germinantes de *Delilia biflora* no banco de sementes e vegetação acima do solo. GL = Graus de Liberdade; SQ = Soma dos Quadrados; QM = Quadrado Médio; p = Significância; R = Explicação. Diferença significativa para valores de p<0,05. 152

Tabela 2. Análise GLM (Modelo Linear Generalizado – ANOVA) mostrando o efeito do ano, da estação climática, idade da floresta e suas interações sobre a densidade média de germinantes de *Pilea hyalina* no banco de sementes e na vegetação acima do solo. GL = Graus de Liberdade; SQ = Soma dos Quadrados; QM = Quadrado Médio; p = Significância; R = Explicação. Diferença significativa para valores de $p < 0,05$. 156

Lista de Figuras

Capítulo I

- Figura 1.** Precipitação mensal e anual durante a estação chuvosa e seca por quatro anos. 68
Setas com linhas cheias indicam as amostras coletadas no final das estações chuvosas e setas com linhas tracejadas indicam amostras coletadas no final da estação seca. Dados fornecidos pela estação meteorológica da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) Caruaru, Pernambuco, Brasil.
- Figura 2.** Visão esquemática da coleta do banco de sementes do solo (parcelas de 20x20x5 cm) no entorno das parcelas fixas de 1x1 m em uma área semiárida no Nordeste do Brasil. 69
- Figura 3.** Ordenação formada após análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) das espécies germinadas no banco de sementes em áreas de floresta jovem e madura, durante quatro anos de estudo, com base na riqueza de espécies por área. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas. 70
- Figura 4.** Ordenação formada após análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) das espécies germinadas no banco de sementes do solo entre estações climáticas (Chuvosa e Seca) em áreas de floresta jovem (A) e madura (B) durante quatro anos consecutivos. Este gráfico foi produzido com base na riqueza de espécies por área. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas considerando apenas as estações climáticas. 71
- Figura 5.** Ordenação formada após análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) das espécies germinadas no banco de sementes do solo entre quatro anos consecutivos em áreas de floresta jovem (A) e madura (B). Este gráfico foi produzido com base na riqueza de espécies por área. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas considerando os quatro anos de estudo. 72
- Figura 6.** Variação espaço-temporal na riqueza média (número de espécies/parcela de 20x20cm) e densidade média de sementes (sementes/parcela e 20x20cm) em florestas jovem e madura durante quatro anos em uma área semiárida no Nordeste do Brasil. 75

Letras diferentes entre estações climáticas (chuvosa e seca) de cada área (madura e jovem) e entre áreas em cada estação denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95.

Figura 7. Variação anual na riqueza média (número de espécies/parcela de 20x20cm) e densidade média de sementes (sementes/parcela de 20x20cm) em florestas jovem e madura durante quatro anos em uma área semiárida no Nordeste do Brasil. Letras Maiúsculas diferentes entre anos de cada área e letras minúsculas diferentes entre áreas em cada ano denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95. 76

Figura 8. Variação sazonal na riqueza média (número de espécies/parcela de 20x20cm) e na densidade média de sementes (sementes/parcela de 20x20cm) em florestas jovem e madura durante quatro anos em uma área semiárida no Nordeste do Brasil. Letras diferentes entre estações climáticas (chuvosa e seca) de cada área denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95. 77

Capítulo II

Figura 1. Precipitação mensal e anual durante as estações chuvosas e secas por sete anos. Setas com linhas cheias indicam o período da coleta das amostras nos finais das estações chuvosas e setas com linhas tracejadas indicam o período da coleta das amostras nos finais das estações secas. Dados fornecidos pela estação meteorológica da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) em Caruaru, Pernambuco, Brasil. 118

Figura 2. Visão esquemática da coleta do banco de sementes do solo (parcelas de 20x20x5 cm) no entorno das parcelas fixas de 1x1 m em uma área semiárida no Nordeste do Brasil. 119

Figura 3. Ordenação formada após análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) das espécies germinadas no banco de sementes do solo entre estações climáticas (Chuvosa e Seca) em uma área de Caatinga durante sete anos consecutivos. Este gráfico foi produzido com base na riqueza de espécies. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas considerando apenas as estações climáticas. 120

Figura 4. Ordenação formada após análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) das espécies germinadas no banco de sementes do solo entre sete anos consecutivos em 121

uma área de Caatinga. Este gráfico foi produzido com base na riqueza de espécies. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas considerando os sete anos de estudo.

Figura 5. Ordenação formada após análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) 122 das espécies germinadas no banco de sementes do solo entre a serrapilheira e solo 0-5 cm em uma área de Caatinga durante sete anos consecutivos. Este gráfico foi produzido com base na riqueza de espécies. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas considerando apenas as profundidades.

Figura 6. Ordenação formada após análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) 123 das espécies germinadas no banco de sementes do solo entre três microhabitats (Ciliar, Plano e Rocha) em uma área de Caatinga durante sete anos consecutivos. Este gráfico foi produzido com base na riqueza de espécies. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas considerando apenas os microhabitats.

Figura 7. Distribuição do número de espécies por profundidade, microhabitat e anos de 124 estudo em uma área de caatinga, Caruaru, PE. A caixa do box-plot = 50% dos dados coletados; barras superior e inferior = 25% da variação dos dados; o = pontos mais que extremos entre os dados coletados; linha no interior da caixa = mediana da distribuição dos dados; A não sobreposição da mediana na comparação entre os anos indica diferença significativa.

Figura 8. Distribuição do número de espécies por profundidade, microhabitat e estação 125 climática em uma área de caatinga, Caruaru, PE. A caixa do box-plot = 50% dos dados coletados; barras superior e inferior = 25% da variação dos dados; o = pontos mais que extremos entre os dados coletados; linha no interior da caixa = mediana da distribuição dos dados; A não sobreposição da mediana na comparação entre as estações climáticas indica diferença significativa.

Figura 9. Distribuição do número de sementes germinadas por profundidade, 126 microhabitat e anos de estudo em uma área de caatinga, Caruaru, PE. A caixa do box-plot = 50% dos dados coletados; barras superior e inferior = 25% da variação dos dados; o = pontos mais que extremos entre os dados coletados; linha no interior da caixa = mediana da distribuição dos dados; A não sobreposição da mediana na comparação entre os anos indica diferença significativa.

Figura 10. Distribuição do número de sementes germinadas por profundidade, 127

microhabitat e estação climática em uma área de caatinga, Caruaru, PE. A caixa do box-plot = 50% dos dados coletados; barras superior e inferior = 25% da variação dos dados; o = pontos mais que extremos entre os dados coletados; linha no interior da caixa = mediana da distribuição dos dados; A não sobreposição da mediana na comparação entre as estações climáticas indica diferença significativa.

Capítulo III

- Figura 1.** Precipitação mensal e anual durante a estação chuvosa e seca por quatro anos. 150
Setas com linhas cheias indicam as amostras coletadas no final das estações chuvosas e setas com linhas tracejadas indicam amostras coletadas no final da estação seca. Dados fornecidos pela estação meteorológica da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) e Caruaru, Pernambuco, Brasil.
- Figura 2.** Visão esquemática da coleta do banco de sementes do solo (parcelas de 151
20x20x5 cm) no entorno das parcelas fixas de 1x1 m em uma região semiárida no Nordeste do Brasil.
- Figura 3.** Variação sazonal no número de germinantes de *Delilia biflora* no banco de 153
sementes e na comunidade vegetal nas florestas jovem e madura durante quatro anos consecutivos. Letras diferentes entre estações chuvosa e seca de cada ano denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95.
- Figura 4.** Variação anual no número médio de germinantes de *Delilia biflora* no banco 154
de sementes e na comunidade vegetal nas florestas jovem e madura. Letras minúsculas diferentes entre florestas para cada ano e letras maiúsculas diferentes entre anos em cada floresta denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95.
- Figura 5.** Variação no número médio de germinantes das espécies *Delilia biflora* e 155
Pilea hyalina no banco de sementes e na comunidade vegetal nas florestas jovem e madura durante quatro anos. Letras diferentes entre banco de sementes e a comunidade vegetal em cada floresta denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95.
- Figura 6.** Variação sazonal no número médio de germinantes de *Pilea hyalina* no banco 157
de sementes e na comunidade vegetal nas florestas jovem e madura durante quatro anos consecutivos. Letras diferentes entre estações chuvosa e seca de cada ano denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de

confiança de 0,95.

Figura 7. Variação anual no número médio de germinantes de *Pilea hyalina* no banco de sementes e na comunidade vegetal nas florestas jovem e madura. Letras minúsculas diferentes entre florestas para cada ano e letras maiúsculas diferentes entre anos em cada floresta denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95. 158

Resumo

O banco de sementes do solo é influenciado pelas variações que ocorrem no tempo e no espaço. Diante disso, este estudo teve os seguintes objetivos: 1-caracterizar e comparar a riqueza, composição e densidade do banco de sementes do solo de floresta jovem e madura de caatinga entre estações climáticas em anos consecutivos; 2- caracterizar a riqueza, composição e densidade do banco de sementes em uma floresta preservada de caatinga em diferentes microhabitats em anos consecutivos; 3- caracterizar e comparar a densidade de duas populações herbáceas na floresta jovem e madura da caatinga entre estações climáticas e entre anos consecutivos; 4- verificar se o número de plântulas emergidas de cada população selecionada encontrada no banco do solo difere da densidade de plantas recrutadas em florestas jovem e madura da caatinga em anos consecutivos. O estudo foi realizado no Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, localizado no município de Caruaru, Pernambuco, Brasil. A estação experimental ocupa uma área de 190 ha e foi criada com a finalidade principal de desenvolver atividades de pesquisas voltadas para agricultura e pecuária. Antes dessas atividades de pesquisa a área era ocupada por uma única mancha de vegetação natural de Caatinga e hoje a vegetação nativa encontra-se reduzida a um pequeno fragmento com cerca de 30 ha. Há aproximadamente 50 anos, este fragmento vem sendo preservado não sendo permitido o trânsito de animais domésticos e a retirada da vegetação. Este fragmento é o equivalente a primeira área de estudo sendo denominado de floresta madura. Há aproximadamente 19 anos, um trecho de 3 ha próximo da floresta madura sofreu corte raso para o cultivo de palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill.). Segundo técnicos da estação do IPA não foi utilizado fogo, nenhum tipo de fertilizante e nem esterco de curral durante o período do cultivo. Depois de seis meses do plantio da palma, o mesmo foi abandonado e a área vem se regenerando naturalmente. Por isso, este fragmento foi denominado de floresta jovem. Em cada tipo de floresta, existe um trecho de 1 ha onde foram alocadas aleatoriamente 105 parcelas de 1 x 1 m para o estudo da vegetação herbácea totalizando 210 parcelas. E em adição, no entorno destas parcelas (nas duas florestas) de 1 x 1 m, foram coletadas 105 amostras de solo, nos finais das estações chuvosas e secas durante os setes anos deste estudo. O solo foi coletado em parcelas confeccionadas com chapa galvanizada de 20 x 20 cm, a 5 cm de profundidade. A determinação da densidade de sementes no banco do solo foi realizada pelo método de emergência de plântulas sendo a mesma expressa por metro quadrado. Com o desenvolvimento do estudo foi possível responder aos objetivos específicos da seguinte forma: Para o primeiro objetivo específico foi constatado que comparando as duas florestas (jovem e madura) a composição florística da floresta jovem é diferente da floresta madura. Na floresta jovem houve variação sazonal na composição florística, mas entre anos, a composição foi semelhante. Na floresta madura, houve variação sazonal e anual na composição florística. Com a análise GLM, considerando os anos de estudo, tanto na floresta jovem como na madura a riqueza de espécies foi maior na estação seca. Comparando as áreas de estudo, a riqueza de espécies foi maior na floresta madura do que na jovem apenas na estação chuvosa. Para a emergência de plântulas, a densidade foi maior na floresta madura. Nas duas florestas, a densidade foi maior na estação seca. Em relação ao segundo objetivo, a análise GLM mostrou que o tipo de microhabitat, a profundidade do solo e as variações sazonais e anuais na precipitação, considerando a maior parte das suas interações, explicaram as variações na riqueza de espécies e densidade de sementes do banco do solo da floresta madura. Considerando os anos de estudo, a riqueza de espécies e a emergência de plântulas foram maiores no ano I nas duas profundidades do solo e nos três microhabitats. No geral, a riqueza de espécies foi semelhante entre estações climáticas, mas a emergência de plântulas foi maior na estação seca. Considerando as variações espaciais, na serrapilheira a

riqueza foi maior na estação seca nos microhabitats plano e rochoso. No solo, a riqueza foi maior na estação chuvosa no microhabitat plano e na seca do ciliar. Foi possível determinar que o solo 0-5 cm detém o maior número de espécies e sementes, mas analisando os microhabitats foi possível observar que o microhabitat ciliar detém o maior número de espécies e o microhabitat rochoso detém o maior número de sementes germinadas. Para o terceiro objetivo específico, foi possível constatar que as espécies *Delilia biflora* (L.) Kuntze e *Pilea hyalina* Fenzl são afetadas pelas variações sazonais e anuais na precipitação e pela idade da floresta. No que diz respeito, ao quarto objetivo foi possível observar que a densidade de indivíduos tanto de *D.biflora* como de *P. hyalina* é significativamente maior no banco de sementes quando comparado com a vegetação acima do solo. Em síntese, foi possível concluir que a dinâmica do banco de sementes é afetada por variações temporais e espaciais encontradas nas áreas estudadas. E que determinadas espécies possuem uma grande importância na manutenção da vegetação de caatinga.

Palavras-chave: Emergência de plântulas; semiárido; variação interanual; sazonalidade; microhabitats; ações antrópicas.

Abstract

The soil seed bank is influenced by changes that occur in time and space. Thus, this study had the following objectives: 1-characterize and compare the richness, composition and density of the soil seed bank of young and mature forest of scrub between seasons in consecutive years; 2 characterize the richness, composition and density of the seed bank in a forest preserved caatinga in different microhabitats in consecutive years; 3- characterize and compare the density of two herbaceous populations in young and mature woodland savanna between seasons and between years; 4- ensure the number of seedlings of each selected population found in the soil bank differs from plant density recruited from young and mature forests of the savanna in consecutive years. The study was conducted at the Agronomic Institute of Pernambuco - IPA, located in the city of Caruaru, Pernambuco, Brazil. The experimental station covers an area of 190 ha and was created with the main purpose to develop research activities related to agriculture and livestock. Before these research activities the area was occupied by a single spot of natural vegetation of Caatinga and today the native vegetation is reduced to a small fragment of about 30 ha. About 50 years ago, this fragment has been preserved not being allowed pets transit and the removal of vegetation. This fragment is equivalent to the first area of study being called mature forest. There are approximately 19, a 3 ha stretch of near mature forest suffered shallow cut to the giant palm cultivation (*Opuntia ficus-indica* Mill.). According to technicians of the IPA station was not used fire, any fertilizer nor cattle manure during the growing period. After six months of the palm plantation, it was abandoned and the area is regenerating naturally. Therefore, this fragment was named young forest. In each forest type, there is a stretch of 1 ha which were randomly allocated 105 plots of 1 x 1 m for the study of herbaceous vegetation totaling 210 plots. And in addition, in the vicinity of these plots (in both forests) 1 x 1 m were collected 105 soil samples at the end of the rainy and dry seasons Durante the seven years of this study. The soil was collected in portions made from galvanized sheet 20 x 20 cm, 5 cm depth. The determination of the density of seeds in the soil bank was performed by the method of seedling emergence are the same expressed per square meter. With the development of the study it was possible to respond to specific objectives as follows: For the first specific objective was found that comparing the two forests (young and mature) the floristic composition of the young forest is different from the mature forest. In young forest showed seasonal variation in floristic composition, but between years, the composition was similar. In mature forest, there was seasonal and annual variation in floristic composition. With the GLM analysis, considering the years of study, both in the young forest as the mature species richness was higher in the dry season. Comparing the study areas, species richness was higher in mature forest than in young only in the rainy season. For seedling emergence, the density was higher in mature forest. In the two forests, the density was higher in the dry season. On the second goal, the GLM analysis

showed that the type of microhabitat, soil depth and seasonal and annual variations in rainfall, considering most of their interactions, explain the changes in species richness and density of seed bank soil of mature forest. Considering the years of study, the species richness and the emergence were higher in the year I in both soil depths and three microhabitats. Overall, species richness was similar between seasons, but the emergence of seedlings was higher in the dry season. Considering the spatial variations in litter wealth was higher in the dry season in microhabitats plan and rocky. On the ground, the wealth was higher in the rainy season in microhabitat plan and dry ciliary. It was determined that the soil 0-5 cm has the largest number of species and seeds, but analyzing the microhabitats was observed that the ciliary microhabitat has the largest number of species and the rocky microhabitat has the largest number of germinated seeds. For the third specific objective, it was established that the *Delilia biflora* species (L.) Kuntze and *hyalina* Pilea Fenzl are affected by seasonal and annual variations in rainfall and the age of the forest. With regard to the fourth objective was observed that the density of both individuals as *P. D.biflora hyalina* is significantly higher in the seed bank as compared with the above-ground vegetation. In short, it was concluded that the dynamics of the seed bank is affected by temporal and spatial variations found in the studied areas. And that certain species have great importance in maintaining savanna vegetation.

Keyword: Seedling emergence; semiarid; interannual variation; seasonality; microhabitats; anthropic actions.

1. Introdução

O banco de sementes pode ser definido como sendo o estoque de sementes viáveis existentes no solo, desde a superfície até as camadas mais profundas, em uma dada área e em determinado momento (Baker, 1989; Roberts e Simpson, 1989; Almeida-Cortez, 2004). Em ambientes secos, a riqueza de espécies e a densidade de sementes no banco do solo sofrem influência das variações no espaço, caracterizados por microhabitats, (Yu et al., 2008; Santos et al., 2013) e no tempo (Cabin e Marshall, 2000; Silva et al., 2013) que são características deste ecossistema.

No espaço, o banco de semente do solo pode ser influenciado por variações que ocorrem nos sentidos horizontais e verticais. As variações espaciais no sentido vertical são caracterizadas pelas diferentes camadas do solo, indo desde a deposição das sementes na serrapilheira até profundidades variadas do solo (Guo et al., 1998; Costa e Araújo, 2003; López, 2003; Mayor et al., 2007; Mamede e Araújo, 2008; Santos et al., 2010, 2013). No sentido horizontal, as variações no ambiente são caracterizadas pelos diferentes microhabitats (Ne'eman e Izhaki, 2009; Quevedo-Robledo et al., 2009; Pekas e Schupp, 2013; Erfanzadeth et al., 2014) que modulam parte da dinâmica do banco de sementes do solo (Santos et al., 2013).

No tempo, em ambientes secos, a riqueza de espécies e a densidade de sementes do solo variam, sobretudo, em respostas às diferenças ocorrentes na distribuição da precipitação entre estações climáticas (Santos et al., 2010; Araújo et al., 2014), mas principalmente entre anos (Peters, 2002; López, 2003; Silva et al., 2013). Assim, esta irregularidade na precipitação anual pode determinar o quantitativo de espécies e sementes que chegam aos microhabitats que se encontram dentro destes ambientes. Deste modo, pode-se afirmar que estudos sobre o papel dos microhabitats e a influência da precipitação interanual sobre o banco de sementes são importantes, para que se possam determinar os padrões de distribuição da riqueza de espécies e densidade de sementes do banco do solo.

As florestas tropicais secas vêm sofrendo grande degradação pelas atividades antrópicas, sendo convertida, por exemplo, em pastagens ou áreas para o plantio de monoculturas (Murphy e Lugo, 1986; Janzen, 1997; Casteletti *et al.*, 2003). Alguns estudos que avaliam o potencial de regeneração natural de áreas antropizadas, vêm mostrando que áreas perturbadas que se regeneram naturalmente apresentam alterações principalmente na composição de espécies e estrutura das populações (Sampaio *et al.*, 1996; Negreros e Hall, 2000; Pereira *et al.*, 2003). Após perturbações antrópicas em áreas de florestas secas, seria esperada uma redução na diversidade e no quantitativo de sementes que anualmente chegam ao solo e, portanto, a regeneração natural de áreas antrópicas, a partir do banco de sementes remanescente do solo poderia ser dirigida por um conjunto reduzido de espécies.

Os trabalhos que analisaram o papel do banco de sementes na recuperação de áreas antrópicas apontam que com o aumento do nível de perturbação da área ocorre uma diminuição na densidade de sementes e riqueza de espécies do banco do solo (Kassahun *et al.*, 2009); e após determinadas ações antrópicas, a similaridade entre o banco de sementes e a cobertura vegetal do local é baixa (Chaideftou *et al.*, 2009). Além disso, sugerem que o uso do banco de sementes como um instrumento para a regeneração de áreas depende fortemente da capacidade de dormência das sementes para futuros recrutamentos após uma perturbação (Chaideftou *et al.*, 2009; Liu *et al.*, 2009).

Sabe-se que estudos que analisam a composição do banco de sementes demonstram que o número de espécies herbáceas é maior em comparação com espécies de outros hábitos (Baker, 1989; Costa e Araújo, 2003; Santos *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2013). Desta forma, outros trabalhos vêm constatando que determinadas populações de espécies herbáceas, com elevada densidade de plântulas, podem ter um importante papel na recolonização de áreas com diferentes históricos de uso (Bertiller e Coronato 1994; Cabin e Marshall, 2000; Florentine *et al.*, 2006).

Em geral, os trabalhos que correlacionam o banco de sementes com a dinâmica populacional relatam que espécies que possuem banco de sementes, sobretudo, persistente, podem contribuir com a regeneração natural de áreas que sofreram alterações antrópicas (Bertiller e Coronato, 1994; Cabin e Marshall, 2000; Florentine *et al.*, 2006). Assim, estudos sobre a dinâmica de determinadas espécies herbáceas em ambiente natural correlacionado com banco de sementes são importantes para a compreensão do funcionamento de funcionamento de ecossistemas que porventura sofreram alguma perturbação antrópica.

Na região nordeste do Brasil, a caatinga é uma formação vegetacional bastante representativa. As áreas de vegetação de caatinga possuem uma variedade fisionômica e florística (Andrade-Lima, 1981; Bezerra, 2009). Em geral, vêm sofrendo muita perturbação antrópica, sendo utilizadas por longo tempo para o estabelecimento de atividades de agricultura ou utilizadas como áreas de pastagens nativas (Araújo *et al.*, 2007), o que gera perturbações que acabam contribuindo para evaporação da água, salinização dos solos, e em situações extremas, desertificação das mesmas (Castelleti *et al.*, 2003).

Alguns trabalhos realizados em áreas de caatinga possuem o intuito de compreender a dinâmica do banco de sementes do solo desta vegetação. De uma maneira geral, os mesmos afirmam que a sazonalidade influencia o número de sementes do banco do solo (Santos *et al.*, 2010; Pessoa, 2007; Araújo *et al.*, 2014), bem como variações interanuais na precipitação (Santos *et al.*, 2013). Mas, nem sempre ocorrem diferenças na densidade de sementes e na riqueza de espécies do banco do solo em relação a precipitação do ano corrente, sendo essa

densidade fortemente explicada pelo comportamento de chuvas de anos anteriores (Silva et al., 2013). Além disso, já foi constatado que alguns tipos de microhabitats podem auxiliar no estoque de sementes viáveis no solo (Pessoa, 2007; Santos et al., 2010, 2013) e que, com o auxílio do banco de sementes remanescente, formado por espécies com um banco de sementes persistente (Araújo et al., 2013), anterior a ações antrópicas (Mendes et al., PRELO; Araújo et al., 2014), pode haver regeneração natural de áreas de caatinga que sofreram algum tipo de perturbação.

Assim, com base nas evidências de que: o banco de sementes desta vegetação é influenciado por variações temporais e espaciais; o banco de sementes remanescente no solo auxilia na regeneração natural de áreas de caatinga que sofreram algum tipo de perturbação antrópica; e determinadas populações são importantes na manutenção da vegetação, objetiva-se, neste estudo, caracterizar e comparar o banco de sementes e a dinâmica de duas populações herbáceas entre estações climáticas e entre anos em áreas de caatinga. Para isto, serão necessários: 1 - caracterizar a riqueza, composição e densidade do banco de sementes em uma floresta madura de caatinga em diferentes microhabitats em anos consecutivos; 2- caracterizar e comparar a riqueza, composição e densidade do banco de sementes do solo de áreas de caatinga entre estações climáticas em anos consecutivos; 3- caracterizar e comparar a densidade de duas populações herbáceas de áreas de caatinga entre estações climáticas e entre anos consecutivos; 4- verificar se o número de plântulas emergidas de cada população selecionada encontrada no banco do solo difere da densidade de plantas recrutadas nas áreas de caatinga em anos consecutivos.

2. Revisão de Literatura

2.1. Banco de sementes

O banco de sementes do solo é um dos componentes ecológicos que molda a dinâmica de um ecossistema. O banco do solo pode ser formado por dois tipos de sementes: alóctones (originárias de outros locais) e/ou autóctones (sementes de espécies locais). O acúmulo de sementes no banco varia de acordo com a entrada (dispersão) e saída (germinação, morte) de sementes (Baker, 1989; Roberts e Simpson, 1989; Almeida-Cortez, 2004). As sementes estocadas no banco do solo podem germinar no momento da dispersão ou ficar dormentes por um período, sendo importante para renovação de plantas adultas (Garwood, 1989). O período de permanência dessas sementes no solo é determinado por fatores fisiológicos (germinação, dormência e viabilidade) e ambientais (precipitação, umidade, temperatura, luz, presença de predadores de sementes e patógenos) (Garwood, 1989).

De acordo com esses fatores ambientais e fisiológicos, é possível descrever dois comportamentos das sementes no banco: transitório, com predomínio de sementes grandes e de vida curta, que não apresentam dormência, assim tendo um elevado recrutamento de plântulas, mas com alta taxa de mortalidade, e que germinam dentro de um ano, após o início da dispersão. Ou o persistente, associado a sementes compactas, lisas, pequenas, que requerem condições especiais para ocorrer a germinação, assim estando dormentes e permanecendo viáveis no solo por mais de um ano (Thompson e Grime, 1979; Garwood, 1989; Almeida-Cortez, 2004).

Pode-se afirmar que não são apenas os fatores ambientais e fisiológicos que vão determinar o tipo e o tamanho do banco de sementes do solo, mas também características específicas da vegetação em que este banco de sementes está armazenado, bem como a ação do homem sobre estas áreas. Logo, esta revisão de literatura tem como objetivo examinar as principais pesquisas que vêm sendo feitas sobre banco de sementes em ambientes secos e o que vem influenciando este componente ecológico. Assim, foram priorizados os principais temas que vêm sendo estudados com o intuito de tentar compreender o comportamento e a dinâmica do banco de sementes em ambientes secos.

Vale ressaltar, que para o desenvolvimento desta revisão, foi considerado como ambiente seco, os ecossistemas que possuem as seguintes características: 1) a temperatura média anual é superior a 17°C e a precipitação anual varia entre 250 a 2000 mm (Murphy & Lugo 1986) e 2) Considerou-se também a classificação de Mooney *et al.* (1995), que afirma que esses ambientes ocorrem em regiões tropicais com vários meses de seca severa, recebendo menos de 100 mm de chuva durante cerca de cinco ou seis meses do ano (Pennington *et al.* 2006). Esses ambientes secos recebem diferentes nomes e classificações regionais. No Brasil, as diferentes fitofisionomias de caatinga (Sampaio 1995), foram consideradas.

2.2 Fatores ambientais que influenciam o banco de sementes do solo em ambientes secos

2.2.1 Variação Temporal

A variação sazonal e interanual é um dos principais fatores que vão influenciar o número de sementes e de espécies que compõe o banco do solo. Em ambientes secos, a variação temporal no banco de sementes do solo está relacionada ao quantitativo de chuvas, que é uma das características ambientais marcantes para diferenciar estações climáticas e anos consecutivos nestes locais.

Assim, as variações na precipitação podem determinar o tipo de banco de sementes que existe ao solo. Por exemplo, Thompson e Grime (1979), observaram que houve uma grande diferença no número de sementes e na riqueza de espécies em dez habitats diferentes no norte da Inglaterra, sendo possível detectar a formação de quatro tipos distintos: O tipo I é formado por gramíneas anuais e perenes de habitats secos ou perturbados. O tipo II é formado por ervas anuais ou perenes que colonizam trechos de vegetação abertos no início da primavera. O tipo III é formado principalmente por espécies que germinam no outono, porém mantém um pequeno banco de sementes persistente. E o tipo IV é formado por ervas perenes e anuais e arbustos com grande banco de sementes persistente.

Em 2007, Shen et al. também observaram, em uma floresta seca na China, que o tamanho do banco de sementes do solo foi influenciado pelas variações na precipitação. Os autores descreveram quatro tipos de banco de sementes de acordo com a variação no quantitativo de chuvas: Transiente 1- Sementes que dispersam no final da primavera e germinam no verão; Transiente 2 - Sementes que são lançadas no outono e germinam na primavera do próximo ano; Persistente 1 - Sementes que são lançadas na primavera, uma porção delas germina e o restante destas estão presentes durante todo o ano e persistente 2 - As sementes são lançadas no outono, algumas germinam na primavera e outras ficam armazenadas no solo durante todo o ano.

Apesar de ser demonstrado que a variação da precipitação pode ocorrer em estações como a primavera e outono, sabe-se que a maioria dos ambientes secos são caracterizados apenas por duas estações climáticas: geralmente, um período seco prolongado, seguido de um curto período chuvoso (Wang et al., 2005; Quevedo-Robledo et al., 2009; Hegazy et al., 2009; Santos et al., 2013; Silva et al., 2013; Araújo et al., 2014). A maioria dos trabalhos que analisam a influência da variação temporal no banco de sementes do solo demonstram que o número de sementes e de espécies são significativamente maiores no período que a pluviosidade é intensa (Wang et al., 2005; Quevedo-Robledo et al., 2009). Estes trabalhos vêm apontando que isto ocorre devido: 1) Maior dessecação das sementes (Henderson et al., 1988) no período seco diminuindo o quantitativo de sementes viáveis nesta estação, em comparação com o período chuvoso; 2) Maior intensidade pluviométrica no período chuvoso, possibilitando uma maior reprodução das plantas e conseqüentemente uma maior dispersão das sementes no solo (Hegazy et al., 2009); 3) Tempo de frutificação das espécies (Wang et al., 2005) ocorrendo em sincronia com o período chuvoso, possibilitando um maior número de sementes no banco do solo; 4) E a dispersão de sementes ocorrendo no período seco, com as sementes permanecendo no banco e germinando no período chuvoso (Williams et al., 2005). Além disso, também se têm relacionado que não só um período curto de chuvas influencia a riqueza de espécies e a

densidade de sementes, mas também anos mais úmidos (Peters, 2002; Facelli et al., 2005) que delimitam a variação interanual das sementes que chega ao solo.

Apesar de estes trabalhos apontarem que, no período chuvoso, o número de sementes e espécies é mais elevado, outros trabalhos vêm descrevendo que, em alguns locais, a densidade de sementes e a riqueza de espécies é maior em períodos secos (Coffin e Lauenroth, 1989; Onaindia e Amezaga, 2000; Traba et al., 2006). Provavelmente, a elevada densidade de sementes no período seco está relacionada a persistência do banco de sementes do solo (Onaindia e Amezaga, 2000) e, por conseguinte, ao acúmulo da produção de sementes do ano anterior (Onaindia e Amezaga, 2000). A temperatura do local (Coffin e Lauenroth, 1989) também influencia esta incidência de maior número de sementes e espécies neste período. E em alguns locais, o período seco detém um pico de emergência de plântulas seguido de uma redução significativa quando a estação seca termina (Traba et al., 2006), demonstrando que estas sementes estavam compondo o banco de sementes deste local e, por alguma variável que não foi testada, germinou no período de menor intensidade pluviométrica.

Segundo Ooi (2012), com a diminuição dos níveis médios anuais da precipitação ocorrendo na maioria dos ecossistemas, devido principalmente ao aquecimento global, a fenologia das populações de plantas pode sofrer alterações, que posteriormente causarão alterações também na composição de espécies. Assim, possivelmente o banco de sementes de ambientes secos, em sua maioria, será formado por espécies que resistem a secas frequentes e chuvas esporádicas. Além disso, o banco de sementes destas espécies poderá ser considerado transitório porque será constituído de sementes que germinam dentro de um ano independentemente do quantitativo de chuvas (Garcia-Fayos e Verdú, 1998).

Vale ressaltar que, em alguns trabalhos, as variações sazonais e anuais na precipitação não afetaram a densidade de sementes nem a riqueza de espécies do banco de sementes do solo (Mayor et al., 2003; López, 2003). Estes resultados podem demonstrar que a dinâmica do banco de sementes pode ser influenciada por outros fatores como diferenças no gradiente sucessional (Ma et al., 2013), bem como variações espaciais (Santos et al., 2013), que determinam o número de sementes e de espécies no solo devido às condições de estabelecimento das plantas.

2.2.2 Variação Espacial

As variações espaciais podem ocorrer nos sentidos verticais e horizontais do solo, e ambos podem influenciar a riqueza de espécies e a densidade de sementes do banco. As variações espaciais no sentido vertical são caracterizadas pelas profundidades das diferentes camadas do solo, indo desde a deposição das sementes na serrapilheira até as profundidades do solo variando de dois a 12 centímetros (Guo et al., 1998; Costa e Araújo, 2003; López, 2003;

Mayor et al., 2007; Mamede e Araújo, 2008; Santos et al., 2010). No espaço horizontal, as variações são caracterizadas pelos diferentes microhabitats (heterogeneidade nas condições de estabelecimento em pequena escala) (Begon et al., 2007).

2.2.2.1 Espaço Vertical

As variações no espaço vertical são representadas pela serrapilheira e pelas diferentes camadas de solo. Existem estudos que avaliam separadamente a densidade de sementes na serrapilheira e em diferentes profundidades do solo (Costa e Araújo, 2003; Lobo, 2007; Yu et al., 2008; Santos et al., 2010; Araújo et al., 2011, 2013; Mendes, 2012; Silva et al., 2013). De uma maneira geral, os trabalhos realizados em ambientes secos, constataram que as camadas de solo possuem um maior número de espécies e sementes quando comparados com a serrapilheira (Aparicio e Guinsande, 1997; Cabin e Marshall, 2000; Williams et al., 2005; Ma et al., 2006; Ne'eman e Izhak, 2009; Quevedo-Robledo et al., 2009; Megil et al., 2011; Santos et al., 2013; Zhang et al., 2013; Erfanzedeth et al., 2014). Estes estudos justificaram que o solo pode auxiliar no armazenamento de sementes devido a proteção contra a predação (Pessoa, 2007; Ma et al., 2013) e contra o dessecamento acelerado da semente (Baker, 1989; Quevedo-Robledo et al., 2009; Megil et al., 2011) proporcionando a formação de um banco de sementes do solo.

Na serrapilheira o menor número de espécies e de sementes ocorre porque as sementes são mais facilmente predadas por animais na serrapilheira (Hopfensperger, 2007; Brito e Araújo, 2009) e não há possibilidade do armazenamento das sementes e, conseqüentemente, a formação de um banco de sementes do solo (Hopfensperger, 2007; Yu et al., 2008). Isso demonstra que, possivelmente, as sementes viáveis encontradas na serrapilheira devem ser as dispersas em um intervalo curto de tempo, de uma estação climática para outra, sem ultrapassar o ano. Assim pode-se concluir que o solo é uma variável que pode auxiliar na manutenção do banco de sementes do solo, pois auxilia na sua formação e permanência ao longo do tempo e em diferente habitats.

2.2.2.2 Espaço Horizontal

Em ambientes secos, as variações horizontais são representadas por microhabitats, que são classificados por características ambientais marcantes, possuindo uma heterogeneidade nas condições de estabelecimento em pequena escala (Begon et al., 2007).

Os principais tipos de microhabitats estudados são: Montes de solo produzidos por formigas, ao removerem o sedimento para a construção dos seus ninhos (Müll e Macmahon, 1996; Dóstal, 2005; Schütz et al., 2008). Estes montes de solo possuem características peculiares que vão afetar o armazenamento de sementes no banco do solo; Em alguns ambientes secos, existem manchas de vegetação arbustivas entremeando áreas de campo dominadas por

vegetação herbácea (Cabin e Marshall, 2000; Caballero et al., 2008; Ne'eman e Izhaki, 2009; Quevedo-Robledo et al., 2009; Pekas e Schupp, 2013; Erfanzadeth et al., 2014). As condições microclimáticas abaixo da copa destes arbustos diferem dos trechos dominados por vegetação herbácea o que também afeta a entrada e saída de sementes do banco do solo; e existem áreas que são caracterizadas por diferentes gradientes altitudinais como base, declive e topo de montanhas e dunas (Caballero et al., 2003; Ma et al., 2006; Yu et al., 2008; Hegazy et al., 2009) e diferenças no tipo e na topografia do solo (Araújo et al., 2005; Pessoa, 2007).

A construção de ninhos de formigas proporciona alterações nas condições físico-químicas do solo, criando uma micro heterogeneidade topográfica. Também pode auxiliar na construção de mosaicos vegetacionais em pequena escala porque as formigas utilizam folhas e raízes de diversas espécies para auxílio na confecção dos ninhos, alterando até mesmo a herbivoria nas camadas mais profundas do solo (Dauber et al., 2006). Por conseguinte, estas alterações no ecossistema causadas pela atividade das formigas afeta a composição florística, riqueza de espécies e densidade de sementes do banco do solo. Por exemplo, Müll e Macmahon (1996), Dauber et al. (2006) e Schütz et al. (2008) encontraram um maior número de espécies e sementes nos montes de solo construídos pelas formigas em comparação com as áreas adjacentes a estes montes. Segundo os autores, isto pode ter ocorrido devido à combinação das condições peculiares de microclima das manchas arbustivas e a atividade das formigas, que favoreceu a uma maior densidade de sementes dentro dos microhabitats formados pelos ninhos abaixo das manchas arbustivas (Müll e Macmahon, 1996); a dispersão limitada das sementes ocorrendo no entorno dos montes de solos ocasionando um maior número de sementes no banco de sementes do solo destes locais em comparação com as áreas adjacentes (Dauber et al., 2006); E ao fato de que houve uma predação mínima da maioria das sementes pelas formigas. Assim as sementes foram acumulando ao longo de vários anos e permaneceram viáveis nos microhabitats formados pelos ninhos das formigas (Schütz et al., 2008).

Apesar de estes resultados demonstrarem que os montes de solo construídos pelas formigas são eficazes para a manutenção do tamanho do banco de sementes de ambientes secos, o estudo de Dóstal (2005) encontrou que a riqueza de espécies e a densidade de sementes das amostras do solo coletadas nas áreas adjacentes aos ninhos de duas espécies de formigas foram significativamente maiores quando comparado com o solo coletado no topo do ninho. O autor explica que estes resultados podem ter ocorrido devido à atividade de remoção de solos dentro destes ninhos, pois com a construção das mesmas partículas de solo dos horizontes mais profundos podem ter sido trazidas e geralmente os diásporos estão ausentes ou têm pouca abundância. Associado a isto, não existe uma cobertura vegetal perto destes ninhos, devido à atividade das formigas e isso pode ter causado uma menor retenção de sementes nos solos dos microhabitats formados pela construção dos ninhos. Por outro lado, nas áreas adjacentes, as

formigas não removem a vegetação, o que contribui para uma maior entrada de sementes nestas áreas. Com isso, percebe-se que, de uma maneira geral, a atividade das formigas na construção de seus ninhos afeta a dinâmica do banco de sementes do solo. No entanto, não se pode definir uma tendência se esta influência vai ocorrer em todos os ninhos de formigas construídos em ambientes secos porque os trabalhos ainda são escassos.

As manchas arbustivas e as áreas adjacentes com predominância de vegetação herbácea também são microhabitats encontrados em ambientes secos no mundo. E também têm demonstrado influências significativas na riqueza de espécies e na densidade de sementes entre estas áreas (Guo et al., 1998; Cabin e Marshall, 2000; Pugnaire e Lazaró, 2000; Mayor et al., 2007; Caballero et al., 2008; Quevedo-Robledo et al., 2009).

De uma maneira geral, os trabalhos vêm demonstrando que as manchas arbustivas detêm um maior número de espécies e sementes. Isto ocorre porque as manchas arbustivas parecem funcionar como um local de armazenamento de sementes (Caballero et al., 2008; Dreber et al., 2011; Erfanzadeth et al., 2014) proporcionando um refúgio para as espécies ameaçadas pela competição ou ação antrópica (Dreber et al., 2011; Erfanzadeth et al., 2014) afetando assim o tamanho do banco de sementes nestas áreas (Caballero et al., 2008). E ainda o quantitativo de espécies e sementes nas manchas arbustivas pode estar relacionado com a forma da copa arbustiva que afeta a dispersão das sementes e conseqüentemente a predação dos animais a mesmas (Guo et al., 1998).

Em uma escala menor, foi possível constatar que a copa dos arbustos também estaria funcionando como um microhabitat. Este local estaria proporcionando a reprodução de espécies anuais quando as condições de seca do meio ambiente limitam o estabelecimento e o crescimento das plantas (Quevedo-Robledo et al., 2009). Em outro estudo, os autores relataram que o tamanho dos arbustos pode ter diminuído a ação dos ventos, fixando fisicamente as sementes sobre as manchas (Pekas e Schupp, 2013). Estes trabalhos citados anteriormente demonstram que independente da escala espacial, ou seja, se são manchas arbustivas ou apenas a copa de um arbusto, em ambientes secos, estes tipos de microhabitats são importantes para a manutenção do banco de sementes do solo.

No entanto, outros trabalhos realizados com esta temática relataram que as áreas adjacentes a estes microhabitats, que possuem uma predominância da vegetação herbácea, também afetam positivamente a dinâmica do banco de sementes do solo (Mayor et al., 2007; Yu et al., 2008; Ne'eman e Izhaki, 2009). Mayor et al., 2007 relataram que, em áreas abertas, as temperaturas são mais elevadas em comparação com as manchas arbustivas e este fato pode auxiliar na quebra de dormência de sementes que necessitem de uma maior incidência luminosa para germinar. O que também corrobora com o trabalho de Yu et al., (2008), que atribui a maior

intensidade de luz em áreas adjacentes às manchas arbustivas, condições para a germinação e crescimento de plântulas de determinadas espécies nativas.

Já Ne'eman e Izhaki (2009), afirmam que a heterogeneidade espacial entre manchas arbustivas e áreas abertas com predominância de vegetação herbácea auxiliou na conservação da variação dos *pools* genéticos de determinadas espécies de ambientes secos. Em contrapartida Buisson et al., (2006) enfatizaram que estas duas condições não afetaram o tamanho de banco de sementes do solo em uma floresta na França. Eles atribuem que outros fatores não mensuráveis podem estar atuando na dinâmica do banco de sementes do solo, como por exemplo, o tipo de dispersão das sementes. Porém, estes trabalhos só estudaram o papel das manchas arbustivas em uma série temporal de um ano. Todavia, no Novo México Cabin e Marshall (2000) avaliaram o banco de sementes da espécie *Lesquerella fendleri* (A. Gray) S. Watson em manchas arbustivas e áreas abertas com predominância de vegetação herbácea. Os autores encontraram que, no primeiro ano de trabalho, o maior número de sementes foi abaixo da copa dos arbustos. Porém, no segundo ano de estudo, este padrão se inverteu, sendo maior nas áreas abertas. Os autores justificaram o ocorrido pelo fato do banco de semente do solo não ser apenas composto por sementes produzidas durante períodos reprodutivos favoráveis, e que parte das sementes do banco pode ter sido produzida em anos com condições climáticas mais restritivas, mas ficaram armazenadas no solo, contribuindo para a densidade registrada a cada ano.

Em uma floresta tropical seca, localizada no sudeste da Espanha, Pugnaire e Lazaró (2000) avaliaram o papel dos arbustos e da precipitação sobre o banco de sementes e riqueza de espécies. A riqueza de espécies foi maior no ano mais úmido. A densidade de sementes variou com a idade do arbusto, existindo dois grupos: o primeiro formado por espécies que aumentaram a densidade de sementes com a idade do arbusto; e o segundo formado por espécies que diminuíram a densidade das sementes com a idade do arbusto. Deste modo, pode-se afirmar que estudos sobre o papel dos microhabitats formados por manchas vegetacionais no banco de sementes devem ser feitos em uma série temporal maior que um ano, para que se possam determinar os padrões de influência destes microhabitats na riqueza de espécies e densidade de sementes do banco do solo.

Em ambientes com microhabitats formados por gradientes altitudinais, as variações na riqueza de espécies e densidade de sementes do banco do solo podem ser ocasionadas pelas diferenças micro físicas destes microhabitats. Por exemplo, Ma et al. (2006) e Hegazy et al. (2009) encontraram um maior número de sementes na base de uma montanha em comparação com o topo. Os autores apontam que estas diferenças podem ser justificadas pela ação conjunta de fatores bióticos como características morfológicas das sementes e fatores abióticos como

vento, precipitação e estrutura do solo que podem influenciar o potencial de sementes viáveis no solo, afetando a densidade de emergência de plântulas (Ma et al., 2006). Além disso, a disponibilidade de água no local estudado é superior em comparação a altitudes mais elevadas, promovendo assim, o estabelecimento e crescimento de plântulas e, por conseguinte, maior produção de sementes (Hegazy et al., 2009). Fato semelhante foi encontrado por Caballero et al. (2003) na Espanha. No entanto, os autores argumentam que, em conjunto com a disponibilidade de água, os processos físicos do local também interferem na variação da riqueza de espécies e densidade de sementes no banco do solo, regulando a dispersão e posterior acumulação das sementes em áreas planas com altitudes baixas.

Porém, não se pode dizer que maior densidade de sementes na base das montanhas é um padrão para os ambientes secos, pois Funes et al. (2003) observaram que a riqueza de espécies e densidade de sementes do banco do solo teve um maior acúmulo de sementes no topo da área estudada. Os autores apontam que temperaturas elevadas em baixas altitudes podem aumentar a predação das sementes, enquanto que o clima frio em altitudes mais elevadas pode favorecer a formação de um banco de sementes persistente.

De uma maneira geral, os microhabitats associados às variações temporais dos ambientes secos como, velocidade do vento, temperatura, escoamento superficial da água (Ma et al., 2006; Yu et al., 2008; Quevedo-Robledo et al., 2009; Pekas e Schupp, 2013), influenciam o número de espécies e sementes encontrados no banco do solo. Assim os microhabitats vão auxiliar na formação de um banco de sementes persistente de espécies nativas destas florestas que vem sofrendo bastante ação antrópica.

2.3. Banco de sementes de áreas antropogênicas em processo de regeneração natural

As consequências das perturbações ocorridas em ambientes secos pelo mundo, têm estimulado estudos nestas áreas para tentar desenvolver modelos de regeneração e, assim, evitar a perda da biodiversidade destes habitats (Murphy e Lugo, 1986; Janzen, 1997). Os estudos sobre banco de sementes do solo com esta temática vêm demonstrando que entre os tipos de perturbações antrópicas dois tipos vêm sendo estudados com mais ênfase: a pastagem e o cultivo de grãos.

Em áreas que vêm sofrendo com a pastagem, geralmente o banco de sementes é comprometido e ocorre a perda de espécies e o quantitativo de sementes é baixo quando comparada com áreas que não sofreram nenhum tipo de ação antrópica (Cox e Allen, 2008; Kassahun et al., 2009; Liu et al., 2009; Chaideftou et al., 2009; Loydi et al., 2012; Tessema et al., 2012). Segundos os autores, nas áreas que foram convertidas em pastagens, a similaridade florística do banco de sementes é diferente quando comparado com o banco do solo de áreas

nativas (Cox e Allen, 2008; Chaideftou et al., 2009). Com a redução do número de sementes e da diversidade de espécies do banco, a regeneração natural destas áreas pode ser afetada (Loydi et al., 2012; Tessema et al., 2012). Assim, pode-se afirmar que apenas a utilização do banco de sementes para a regeneração natural de áreas perturbadas vai depender fortemente da capacidade de dormência das sementes para futuros recrutamentos após uma perturbação (Liu et al., 2009; Kassahun et al., 2009). Por outro lado, alguns trabalhos vêm apontando que nas áreas de florestas secas que ocorrem intenso pastoreio, a riqueza de espécies e a densidade de sementes no banco do solo é quantitativamente maior em comparação com áreas que nunca sofreram este tipo de perturbação (Wassiea e Teketay, 2006; Wang et al., 2009). Nestes trabalhos, os autores relatam que, apesar da quantidade significativa de espécies e sementes nas áreas perturbadas, o banco de sementes do solo destas áreas possivelmente é transitório e superficial (Wang et al., 2009). E isto ocorre devido à rotatividade e o índice de perturbação, além disso, a maioria das sementes são de espécies exóticas e/ou tidas como daninhas, não possibilitando utilizar este banco de sementes para a regeneração natural destas áreas (Wassiea e Teketay, 2006).

Além das práticas de pastejo, outra forma de degradação de florestas secas são as práticas de agricultura. Em uma área na Etiópia, Teketay (1997) constatou que a área que sofreu intenso cultivo de espécies exóticas deteve um maior número de sementes em comparação com a área que não sofreu nenhum tipo de perturbação. Porém, o autor conclui que, após uma devastação na floresta, seguida de uma implantação de um cultivo permanente, quase todas as plantas nativas lenhosas e uma parte do componente herbáceo podem reduzir com o tempo o seu banco de sementes e assim, ser substituído por espécies herbáceas exóticas, as quais foram introduzidas pela ação do homem.

Além disso, a completa remoção de manchas florestais perto destas áreas impossibilita a regeneração natural de áreas de florestas secas que foram convertidas em áreas de cultivos permanente e posteriormente abandonadas. Posteriormente, na mesma área, Senbeta e Teketay (2002) analisaram o banco de sementes e constataram o mesmo resultado de cinco anos antes deste estudo, o que demonstra que em certas áreas são necessários longos anos para que ocorra a completa regeneração. Então, baseando-se neste contexto, tornam-se necessários estudos que investiguem o papel do banco de sementes em áreas antropizadas com períodos maiores que um mínimo de um ano para que se possam traçar paralelos entre áreas preservadas e antropizadas e assim descrever os diferentes estabelecimentos da comunidade vegetal entre estes locais.

2.4. Relação entre a dinâmica de populações vegetais e o banco de sementes do solo.

Estudos de banco de sementes e de dinâmica populacional (recrutamento de plântulas e crescimento populacional) permitem uma maior compreensão do funcionamento e dinâmica do

ecossistema (Ungar, 2001; Peters, 2002; Hopfensperger, 2007). Sabe-se que o banco de sementes do solo de um ecossistema pode fornecer informações importantes a respeito de quais espécies podem estar presentes na vegetação e se estas representam um potencial regenerativo (Hopfensperger, 2007).

Muitos trabalhos vêm sendo realizados com o intuito de correlacionar o tamanho das populações no banco de sementes com o tamanho das populações no campo. E com isso, estes trabalhos têm principalmente os objetivos de obter respostas para os efeitos da restauração (Hamin et al., 2013); os efeitos das perturbações antrópicas (Clemente et al., 2007; Megill et al., 2011); como ocorre a sucessão em determinados ambientes (Hopfensperger, 2007); a dinâmica de espécies invasoras (Makarjian et al., 2007); quais são as espécies com potencial de regeneração (Clemente et al., 2007; Florentine et al., 2006; Megill et al., 2011; Hamin et al., 2013) e até mesmo novas técnicas de gestão de áreas que foram antropizadas (Hopfensperger, 2007). De uma maneira geral, as espécies estudadas na vegetação e no banco de sementes são, em sua maioria, herbáceas (Kalisz, 1991; Aparicio e Guinsande, 1997; Clemente et al., 2007; Xiao et al., 2009; Megill et al., 2011; Hamin et al., 2013), poucas são arbustos (Ooi et al., 2007; Nano et al., 2013) e árvores (Garcia-Fayos e Verdú, 1998; Arrieta e Suarez, 2005; Du et al., 2007).

Analisando a relação entre o banco de sementes do solo e a dinâmica populacional de determinadas espécies, é possível observar que o quantitativo de sementes germinadas é maior na vegetação do que no banco de sementes (Kalisz, 1991; Bertiller e Coronato, 1994; Garcia-Fayos e Verdú, 1998; Arrieta e Suarez, 2005; Clemente et al., 2007; Du et al., 2007; Xiao et al., 2009; Megill et al., 2011; Nano et al., 2013). Isto ocorre porque a variação entre anos determina a fração de plântulas que emerge na vegetação (Kalisz, 1991; Arrieta e Suarez, 2005); as altas temperaturas encontradas em algumas áreas podem colaborar com um maior estabelecimento e a alta produção de sementes para posterior germinação (Bertiller e Coronato, 1994); a curta longevidade de determinadas sementes e a falta de dormência limita o armazenamento de sementes no banco do solo formando banco de sementes transitório com sementes germinando dentro de um ano (Garcia-Fayos e Verdú, 1998; Du et al., 2007; Nano et al., 2013); a área de estudo pode estar severamente fragmentada devido a expansão urbana que tem diminuído as populações de determinadas espécies sem a possibilidade de formar um banco de sementes persistente (Clemente et al., 2007; Megill et al., 2011); e o banco de sementes de determinadas espécies pode ser reduzido devido ao ataque de patógenos e fungos (Xiao et al., 2009). No entanto, a tendência de que em ambientes secos o quantitativo de sementes de determinadas espécies é maior na vegetação em comparação com o seu banco de sementes, não pode ser observada como um padrão. Alguns trabalhos vêm demonstrando o contrário, ou seja, o número de sementes é maior no banco do solo em comparação com a emergência de plântulas na

vegetação local (Aparicio e Guinsande, 1997; Adams et al., 2005; Arroyo et al., 2006; Ooi et al., 2007; Makarian et al., 2007; Florentine et al., 2009; Hamin et al., 2013).

Segundo os autores, estes resultados podem ser justificados porque pode não ter havido o surgimento de novos indivíduos em estágios reprodutivos, resultando em uma autofecundação com a produção de sementes menores do que o normal e, assim, as plântulas não conseguem se estabelecer (Aparicio e Guinsande, 1997); a sobrevivência das sementes no banco do solo auxilia na formação de um banco de sementes persistente por longos anos (Adams et al., 2005; Makarian et al., 2007; Ooi et al., 2007). Isto indica, que o tamanho de um banco de sementes tido como persistente pode consistir de coortes de vários anos, protegendo as populações isoladas em ambientes áridos possibilitando a regeneração de áreas que tenham sido degradadas (Hamin et al., 2013). Além disso, o tamanho do banco de sementes do solo pode ter correlação com o grau de aridez da área estudada, ou seja, quanto maior a aridez maior o tamanho do banco de sementes do solo de determinadas espécies (Arroyo et al., 2006). E em condições de seca determinadas espécies reduzem drasticamente a sua densidade populacional na comunidade vegetal, mas as suas sementes ficam retidas no solo formando um banco de sementes transitório que possibilita a renovação da população desta espécie (Florentine et al., 2009).

Apesar de se ter conhecimento que a dinâmica do banco de sementes relacionada com a dinâmica no campo de determinadas espécies pode auxiliar na manutenção de áreas áridas e semiáridas que constantemente vêm sendo perturbadas pela ação antrópica, ainda são necessários estudos mais aprofundados e principalmente considerando séries temporais longas para que se possam descrever o comportamento de determinadas espécies que são importantes para a manutenção de ambientes secos.

2.5. Estudos do banco de sementes na vegetação de caatinga

Como visto nos tópicos anteriores, os estudos sobre banco de sementes podem auxiliar no entendimento da dinâmica vegetacional destes ambientes, bem como na sua manutenção e em áreas que sofreram ações antrópicas podem auxiliar na sua regeneração natural. Desta forma, foi realizada uma pesquisa com o intuito de saber os trabalhos atuais dos estudos realizados sobre banco de sementes na vegetação da caatinga, levando em consideração trabalhos realizados do ano 2000 em diante. Foram encontrados 15 trabalhos sendo divididas em: uma monografia (Lobo, 2007), duas dissertações (Pessoa, 2007; Bezerra, 2009) duas teses de doutorado (Andrade, 2008; Barbosa, 2008), dois capítulos de livros (Araújo et al., 2011, 2013) e oito artigos científicos, sendo quatro publicados em periódicos nacionais (Costa e Araújo, 2003; Brito e Araújo, 2009; Santos et al., 2010; Araújo et al., 2014) e quatro publicados em periódicos internacionais (Mamede e Araújo, 2008; Santos et al., 2013; Silva et al., 2013; Mendes et al., PRELO). Levando em consideração que a caatinga ocorre em oito estados do

nordeste do Brasil (Hauff, 2010), foi possível constatar que apenas em três estados são desenvolvidos trabalhos com este tema, são eles: Pernambuco (Pessoa, 2007; Lobo, 2007; Santos et al., 2010, 2013; Mendes, 2012; Araújo et al., 2011, 2013, 2014; Silva et al., 2013) seguido por Ceará (Costa e Araújo, 2003; Mamede e Araújo, 2008; Brito e Araújo, 2009) e Paraíba (Andrade, 2008; Barbosa, 2008; Bezerra, 2009). Também foi possível observar que, em sua maioria, o método utilizado nestes trabalhos, para quantificar o banco de sementes do solo, é o de emergência de plântulas com o monitoramento variando de um (Mamede e Araújo, 2008) a seis meses (Santos et al., 2013; Silva et al., 2013; Araújo et al., 2014).

De uma maneira geral, os objetivos dos trabalhos foram obter respostas principalmente sobre a influência das variações temporais e espaciais no banco de sementes do solo da caatinga. No que diz respeito à variação temporal, pode-se dizer que as variações nos totais de chuva afetam o quantitativo de espécies e sementes, ou seja, quanto maior o índice pluviométrico maior número de espécies e sementes no solo (Costa e Araújo, 2003; Santos et al., 2010; Araújo et al., 2014). No entanto, quando se analisam séries temporais maiores do que um ano, foi demonstrado que nem sempre ocorrem diferenças sazonais na densidade de sementes e na riqueza de espécies do banco do solo porque eventos erráticos (caracterizados por ocorrência de chuvas na estação seca ou por ocorrência de seca na estação chuvosa) podem induzir redução na densidade de sementes, sendo essa densidade mais explicada pelo comportamento de chuvas de anos anteriores do que pelas chuvas do ano corrente (Silva et al., 2013). No trabalho de Lobo (2007), foi analisado o quantitativo de espécies e sementes do banco do solo, submetendo-o a um período de germinação, seguido por um período de simulação de seca. A autora observou que quatro novas espécies emergiram do banco do solo após a simulação, demonstrando que uma seca prolongada possivelmente pode contribuir para quebra de dormência de determinadas espécies da caatinga.

Em relação às variações espaciais, pode-se afirmar que alguns microhabitats vão auxiliar no estoque de sementes viáveis e moldar a composição florística do banco de sementes do solo. Por exemplo, no trabalho de Santos et al. (2013) foi observado que o microhabitat ciliar deteve um maior número de espécies e o rochoso deteve o maior número de sementes. Os autores relatam que a riqueza de espécies e a emergência de plântulas dependem das condições de microhabitats moldando parte da dinâmica do banco de sementes de ambientes semiáridos. No trabalho de Pessoa (2007), foi possível observar que o número de sementes foi maior na parte superior da encosta em comparação com a parte inferior. A autora relata que estes resultados podem ser explicados pelas características do terreno, pois pode ocorrer retenção de sedimento através de resíduos vegetais, fragmentos de rocha e outras partículas de maior tamanho na parte superior da encosta.

Com a perturbação antrópica crescente na caatinga, alguns trabalhos se propuseram a entender como o banco de sementes pode auxiliar na regeneração destas áreas (Barbosa, 2008; Mamede e Araújo, 2008; Bezerra, 2009; Mendes, 2012). Por exemplo, em uma área de caatinga que passou por um regime de queimada, foi observado que houve uma redução de 80% da densidade de sementes e uma redução significativa da diversidade de espécies (Mamede e Araújo, 2008). Os autores relatam que as práticas agrícolas tradicionais, como as queimadas, têm um grande impacto sobre o banco de sementes do solo, representando uma séria ameaça à conservação de espécies nativas da caatinga. Por outro lado, outros trabalhos vêm relatando que algumas práticas antrópicas como as pastagens nativas não comprometem a diversidade da vegetação nem a composição florística (Bezerra, 2009). Além disso, também foi observado que determinadas espécies nativas da caatinga possuem um banco de sementes persistente (Barbosa, 2008) que pode auxiliar na renovação de populações de plantas nativas. Em outra área, foi possível constatar que o banco de sementes do solo possivelmente pode auxiliar na regeneração natural de áreas que sofreram alguma ação antrópica (cultivo de palma) mas foram abandonadas e vem se regenerando naturalmente (Mendes et al., PRELO).

Assim, atrelado à afirmativa de que algumas espécies nativas da caatinga possuem um banco de sementes persistente e que possivelmente pode auxiliar na regeneração natural das mesmas, dois trabalhos se propuseram a avaliar a dinâmica de populações no banco de sementes. Brito e Araújo (2009) relataram que a espécie *Cordia oncocalyx* Allemão possui um padrão espacial agregado correlacionando sua dispersão com a planta-mãe o que não favorece ao armazenamento de sementes no banco do solo, diminuindo as chances de estabelecimento desta espécie após alguma ação antrópica. Já no trabalho de Araújo et al., (2013) foi possível constatar que a espécie *Delilia biflora* (L.) Kuntze possui um banco de sementes transitório, que não contribui com a regeneração natural de áreas de caatinga antropizada. Segundo os autores, são necessários estudos com séries temporais maiores que um ano para que se possa estabelecer uma tendência para o comportamento da espécie.

Em síntese, pode-se observar que o tema banco de sementes do solo vem sendo estudado na vegetação de caatinga. E permite inferir que este componente é afetado pelas variações temporais e espaciais que afetam esta vegetação, sendo de extrema importância para a manutenção da mesma, principalmente em áreas que sofreram algum tipo de modificação pelo homem. Ainda assim, são necessários que estes estudos continuem de uma forma intensa, tendo uma abrangência maior de áreas de caatinga para que se possam desenvolver possíveis padrões de como ocorre a dinâmica do banco de sementes em áreas de caatinga, correlacionando com outros componentes ecológicos deste ecossistema.

3. Referências Bibliográficas

ADAMS, M. V.; MARSH, M. D.; KNOX, S. J. Importance of the seed bank for population viability and population monitoring in a threatened wetland herb. **Biological conservation**, v.124, p. 425-436. 2005.

ALMEIDA-CORTEZ, J. S. Dispersão e banco de sementes. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**, Recife 2004 p. 225-235.

ANDRADE-LIMA, D. The caatinga dominium. **Revista Brasileira de Botânica** v. 4, p. 149-153. 1981.

ANDRADE, M.V.M. **Dinâmica e qualidade do estrato herbáceo e sub-arbustivo na Caatinga do cariri paraibano**. 2008. 100f. Tese (Doutorado), Universidade Federal da Paraíba.

APARICIO, A.; GUINSANDE, R. Replenishment of the endonreged *Echinopartum albigicum* (Genisteae, Fabaceae) from the soil seed bank. **Biological conservation**, v. 81: 267-273. 1997

ARAÚJO, E.L.; SILVA, K. A.; FERRAZ, E. M. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SILVA, S. I. Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de caatinga, Caruaru-PE. **Acta Botanica Brasílica**. v. 19, p. 285-294. 2005

ARAÚJO, E.L.; CASTRO, C. C ALBUQUERQUE, U. P. Dynamics of Brazilian caatinga – A review concerning the plants, environment and people. **Functional Ecosystems and Communities**. v. 1, n. 1, p. 15-28. 2007.

ARAÚJO, V.K.R.; SANTOS, D.M.; ARAÚJO, E.L. Análise da riqueza e composição de espécies no banco de sementes em uma área de floresta tropical seca (caatinga) após simulação de um período de seca. **Educação ambiental responsabilidade para a conservação da sociobiodiversidade**. (org) Giovani Seabra e Ivo mendonça. Editora Universitária, UFPB. 2011.

ARAÚJO, V.K.R.; SANTOS, D.M.; ARAÚJO, E.L. Diferenças no banco de sementes de *Delilia biflora* (L.) Kuntze entre duas áreas de caatinga (antropizada e preservada) no nordeste do Brasil. **Terra (Qualidade de vida, Mobilidade e segurança nas cidades)**. (Org) Giovani Seabra. Editora universitária UFPB. 2013.

ARAÚJO, V.K.R.; SANTOS, D.M.; SANTOS, J.M.F.F.; LIMA, K.A.; SOUZA, D.N.N.; ARAÚJO, E.L. Influência do *status* da floresta e da variação sazonal sobre o banco de sementes no semiárido brasileiro. **Gaia Scientia**, PRELO.

ARRIETA, S.; SUAREZ, F. Spatial dynamics of *Ilex aquifolium* populations seed dispersal and seed bank: Understanding the first steps of regeneration. **Plant ecology**, 177: 237-248. 2005.

ARROYO, M.T.K.; CHACON, P.; CAVIERES, L.A. Relationship between seed bank expression, adult longevity and aridity in species of *Chaetanthera* (asteraceae) in Central Chile. **Annals of botany**, 98: 591-600. 2006.

BAKER, H. G. Some aspects of the natural history of seed banks. In: LECK, M. A.; PARKER, T.V.; SIMPSON, R.L.A.F. (Eds.). **Ecology of soil seed banks**. London: Academic Press, p. 9-21. 1989.

BARBOSA, M.F. **Estudo do potencial de regeneração natural: Uma análise da Chuva de sementes, do banco de sementes e do estrato regenerante da vegetação ciliar na Bacia hidrográfica do rio taperoá, semi-árido paraibano, Brasil**. 2008. 100f. Tese (Doutorado), Universidade de São Carlos, São Paulo.

BERTILLER, B. M.; CORONATO, F. Seed bank patterns of *Festuca pallescens* (St.-Yves) Parodi in semiarid Patagonia (Argentina): a possible limit to bunch reestablishment. **Biodiversity and Conservation**. p. 57-67. 1994.

BEZERRA, M.F. **Florística e fitossociologia do banco de sementes do solo e composição bromatológica do estrato herbáceo da Caatinga, no Cariri Paraibano.** 2009. 100f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.

BRITO, L.B.M.; ARAÚJO, F.S. Banco de sementes de *Cordia oncocalyx* Allemão em uma área de Caatinga sobre planossolo. **Revista Caatinga.** V.22, n.2, p 206-212. 2009.

BUISSON, E.; DUTOIT, T.; TORRE, F.; RÖMERMANN, C.; POSCHLOD, P. The implications of seed rain and seed bank patterns for plant succession at the edges of abandoned fields in Mediterranean landscapes. **Agriculture, Ecosystems & Environment.** 115, 6-14. 2006.

CABALLERO, I.; OLANO, J. M.; LOIDI, J.; ESCUDERO, A. Seed bank structure along a semi-arid gypsum gradient in central Spain. **Journal of Environments.** v. 55, p. 287-299. 2003.

CABALLERO, I.; OLANO, J. M.; ESCUDERO, A.; LOIDI, J. Seed bank spatial structure in semi-arid environments: beyond the patch-bare area dichotomy. **Plant Ecology.** v. 195, p. 215-223. 2008.

CABIN, R. J.; MARSHALL, D. C. The demographic role of soil seed banks. I. Spatial and temporal comparisons of below- and above-ground populations of the desert mustard *Lesquerella fendleri*. **Journal of Ecology.** v.88, p.233-292. 2000.

CASTELLETTI, C. H. M.; SANTOS, A. M. M.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. Quanto ainda resta da caatinga? Uma estimativa preliminar. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (eds). **Ecologia e conservação da caatinga.** Recife: p.719-734. 2003.

CHAIDEFTOU, E.; THANOS, C. A.; BERGNEIER, E.; KALLIMANIS, A.; DIMOPOULOS, P. Seed bank composition and above-ground vegetation in response to grazing in sub-mediterranean oak forests (NW Greece). **Plant Ecology**. v.201, p.255-265. 2009.

CLEMENTE, A.S.; REGO, F.C.; CORREIA, O. A. Seed bank dynamics of two obligate seeders, *Cistus monspeliensis* and *Rosmarinus officinalis* in relation to time since fire. **Plant ecology**. 190, 175-188. 2007.

CONFFIN, P.D; LAUENROTH, K.W. Spatial and temporal variation in the seed bank of a semiarid grassland. **Journal of Botany**. v. 76, p. 53-58. 1989.

COSTA, R. C.; ARAÚJO, F. S. Densidade, germinação e flora do banco de sementes do solo no final da estação seca, em uma área de caatinga, Quixadá, CE. **Acta Botanica Brasilica**. v. 17, p. 259-264. 2003.

COX, R. D.; ALLEN, E.B. Composition of soil seed bank in southern California Coastal sage Scrub and adjacent exotic grassland. **Plant Ecology**. 198, 37-46. 2008.

DAUBER, J.; ROMMELER, A.; WOLTERS, V. The ant *Lasius flavus* alters the viable seed bank in pastures. **European Journal of Soil Biology**. 42, 157–163. 2006.

DÓSTAL, P. Effect of three mound-building ant species on the formation of soil seed bank in mountain grassland. **Flora**. v. 200, p.148-158. 2005.

DREBER, N.; OLDELAND, J.; GRETEL, M. V.; ROOYEN, V. Species, functional groups and community structure in seed banks of the arid Nama Karoo: grazing impacts and implications for rangelands restoration. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 141, 399-409. 2011.

DU, X.; GUO, Q.; GAO, X.; MA, K. Seed rain, soil seed bank, seed loss and regeneration of *Castanopsis fargesii* (Fagaceae) in a subtropical evergreen broadleaved forest. **Forest Ecology and management**. 238, 212-219. 2007.

ERFANZADEH, R.; SHAHBAZIAN, R.; ZALI, H. Role of plant patches in preserving flora from the soil seed bank in an overgrazed high-mountain habitat in Northern Iran. **Journal Agronomic Science Technologic**. 19, 229-238. 2014

FACELLI, J. M.; CHESSON, P.; BARNES, N. Differences in seed biology of annual plants in arid lands: a key ingredient of the storage effect. **Ecology**. v. 86, n. 11, p. 2998-3006. 2005.

FUNES, G.; BASCONCELO, S.; DÍAZ, S.; CABIDO, M. Seed bank dynamics in tall-tussock grasslands along an altitudinal gradient. **Journal of Vegetation Science**. v. 14, p. 253-258. 2003.

FLORENTINE, K. S.; WESTBROOKE, M. E.; GOSNEY, K.; AMBROSE, G.; O'KEEFE, M. The arid land invasive weed *Nicotiana glauca* R.Graham (Solanaceae): Population and soil seed bank dynamics, seed germination patterns and seedling response to flood and drought. **Journal of Arid Environments**. 66, p. 218-230. 2006.

GARCIA-FAYOS, P.; VERDÚ, M. Soil seed bank factors controlling germination and establishment of a Mediterranean shrub: *Pistacia lentiscus* L. **Acta Oecologica**. 19(4), 357-366. 1998.

GARWOOD, N.C. Tropical soil seed banks *In*: LECK, M.A.; PARKER, T. V.; SIMPSON, R.L.A.F. (eds) **Ecology of soil seed banks**. New York. p. 149-209. 1989.

GUO, Q; RUNDEL, P.W. GOODALL, D.W. Horizontal and vertical distribution of desert seed banks: patterns, causes, and implications. **Journal of Arid Environments**. v. 38, p. 465-478. 1998.

HAMIN, N.; QUAYE, M.; WESTBERG, E.; BARAZONI, O. Soil seed bank among-years genetic diversity in arid populations of *Eruca Sativa* Miller (Brassicaceae). **Journal of arid environments**, 91, 151-154. 2013.

HEGAZY, A. K.; HAMMOUDA, O.; LOVETT-DOUST, J.; GOMAA, N. H. Variations of the germinable soil seed bank along the altitudinal gradient in the northwestern Red Sea region. **Acta Ecologica Sinica**. v. 29, p. 20-29. 2009.

HENDERSON, B.C; PETERSEN, K.E; REDAK, R.A. Spatial and temporal patterns in the seed bank and vegetation of a desert grassland community. **Journal of Ecology**. 76, 717-728. 1988.

HOPFENSBERGER, K.N. A review of similarity between seed bank and standing vegetation across ecosystems. **Oikos**. 116, 1438-1448. 2007.

JANZEN, D. H. Florestas tropicais secas: o mais ameaçado dos ecossistemas tropicais. In: Wilson E. O. **Biodiversidade**. Nova Fronteira. Rio de janeiro. p.166-176. 1997.

KALISZ, S. Experimental determination of seed bank age structure in the winter annual *Collinsia verna*. **Ecology**. 72 (2), 575-585. 1991.

KASSAHUN, A.; SNYMAN, H. A.; SMIT, G. N. Soil seed bank evaluation along a degradation gradient in arid rangelands of the Somali region, eastern Ethiopia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 129, 428-436. 2009.

LIU, M.; JIANG, G.; YU, S.; LI, Y.; LI, G. The role of soil seed banks in natural restoration of the degraded Hunshandak sandlands, northern China. **Restoration Ecology**. 17, 127-136. 2009.

LOBO, P. C. A. **Análise do banco de sementes de uma área de caatinga-PE após simulação de seca**. 2008, 34f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) Universidade de Pernambuco, Recife.

LÓPEZ, R. P. Soil seed bank in the semi-arid Prepuna of Bolivia. **Plant Ecology**. 168, 85-92. 2003.

LOYDI, A. ZALBA; S.M.; DISTEL, R.A. Viable seed banks under grazing and exclosure conditions in Montane Mesic grasslands of Argentina. **Acta oecologica**. 43, 1-5, 2012.

MA, J. Y.; REN J.; WANG, G.; CHEN, F. H. Influence of different microhabitats and stand age on viable soil seed banks of sand-stabilising species. **South African Journal of Botany**. 72, 46-50. 2006.

MA, M.; ZHOU, X.; QUI, W.; LIU, K.; JIA, P.; DU, G. Seasonal dynamics of the plant community and soil seed bank along a successional gradient in a subalpine Meadow on the Tibetan Plateau. **Plos One**. 8 (11) 1-9, 2013.

MAMEDE, M.A.; ARAÚJO F.S. Effects of slash and burn practices on a soil seed bank of caatinga vegetation in Northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**. 72, 458-470. 2008.

MAKARIAN, H.; MOHASSEL, R. H. M.; BANNAYAN, M.; NASSIRI, M. Soil seed bank and seedling populations of *Hordeum murinum* and *Cardaria draba* in saffron fields. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 120, 307-312. 2007

MAYOR, M.D.; BÓO, M.R.; PELÁEZ, V.D.; ELÍA, R.O. Seasonal variation of the soil seed bank of grasses in central Argentina as related to grazing and shrub cover. **Journal of Arid Environments**. 53, 467-477. 2003.

MAYOR, M. D.; BÓO, R. M.; PELAÉZ, D. V. ELÍA, O. R.; TOMÁZ, M. A. Influence of shrub cover on germination, dormancy and viability of buried and unburied seeds of *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hackel. **Journal of Arid Environments**. 68, 509-521. 2007.

MEGILL, L.; LAWRENCE, R.W.; CHERYL, V.; JOHNSON, D. Seed bank dynamics and habitat indicators of *Arctomecon californica*, a rare plant in a fragmented Desert environment. **Western North American Naturalist**. 71 (2), 195-205. 2011.

MENDES, L.B. **Influência da sazonalidade climática e espaço vertical sobre o banco de sementes do solo de uma área de caatinga: paralelos entre áreas preservada e antropizada**. 2012. 70f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) Universidade Federal Rural de Pernambuco.

MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Ecology of tropical dry forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**. 17, 67–88. 1986.

MÜLL, F. J.; MACMAHON, A. J. Factors determining the spatial variability of seed densities in a shrub-steppe ecosystem: the role of harvester ants. **Journal of Arid Environments**. 32, 181-192. 1996.

NANO, C.E.M; BOWLAND, A.E.; PAVEY, C.R. Factors controlling regeneration in a rare desert tree *Acacia peuce*: limits to soil seed bank accumulation in time and space. **Journal of arid environments**. 90, 114-122. 2013.

NE'EMAN G.; IZHAKI, I. The effect of stand age and microhabitat on soil seed banks in Mediterranean Aleppo pine forests after fire. **Plant Ecology**. 144, 115–125. 2009

NEGREROS-CASTILHO, P.; HALL, R. B. Sprouting capability of 17 tropical tree species after overstory removal in Quintana Rôo. México. **Forest Ecology and Management**. 126, 399-403. 2000.

ONAINDIA, M.; AMEZAGA, I. Seasonal variation in the seed banks of native woodland and coniferous plantations in Northern Spain. **Forest Ecology and Management**. 126, 163-172. 2000.

OOI, M. K.J; AULD, T. D. ; WHELON, R. J. Distinguishing between persistence and dormancy in soil seed bank of three shrub species from fire-prone Southeastern Australia. **Journal of vegetation Science**. 18, 405-412. 2007.

OOI, M.K.J. Seed bank persistence and climate change. **Seed Science Research**. 22, 53-60. 2012.

PEKAS, K.M.; SCHUPP, E.W. Influence of aboveground vegetation on seed bank composition and distribution in a Great Basin desert sage brush community. **Journal of arid environments**. 88, 113-120. 2013.

PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L.; A. SAMPAIO, E. V. S. B.; BARBOSA, M. R. V. Use-history Effects on Structure and Flora of Caatinga. **Biotropica**. 35, 154–165. 2003.

PESSOA, L. M. **Variação espacial e sazonal do banco de sementes do solo em uma área de caatinga, Serra Talhada, PE**. 2007. 45f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

PETERS D. P. C. Plant species dominance at a grassland-Shrubland ecotone: and individual-based gap dynamics model of herbaceous and species woody. **Ecological Modeling**. 152, 5-32. 2002.

PUGNAIRE, F. I.; LAZARÓ, R. Seed bank and understorey species composition in a semi-arid environment: the effect of shrub age and rainfall. **Annals of Botany**. 86, 807-813. 2000.

QUEVEDO-ROBLEDO, L., PUCHETA, E., RIBAS-FERNANDÉZ, Y. Influences of interyear rainfall variability and microhabitat on the germinable seed bank of annual plants in a Sandy Monte Desert. **Journal of Arid Environments**. 74 (2), 167-172. 2009.

ROBERTS, H. A; SIMPSON, R. L. Seed banks: general concepts and methodological issues. In: LECK, M.A.; PARKER, T. V.; SIMPSON, R. L. A. de F. (eds.) **Ecology of soil seed banks**. New York, 1989 p. 3-7.

SANTOS, D.M.; SILVA, K.A.; SANTOS, J.M.F.F.; LOPES, C.G.R.; PIMENTEL, R.M.M.; ARAÚJO, E.L. Variação espaço-temporal do banco de sementes em uma área de floresta tropical seca (caatinga) – Pernambuco. **Revista de Geografia**. 27(1), 234-253. 2010

SANTOS, D.M.; SILVA, K.A.; ALBUQUERQUE, U.P.; SANTOS, J.M.F.F.; LOPES, C.G.R.; ARAÚJO, E.L. Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinable soilseed bank in a tropical dry forest in north-eastern Brazil? **Flora**. 208 , 445-452. 2013

SAMPAIO, E. V. S. B. Fitossociologia. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; MAYO S. J.; BARBOSA, M.R.V. (Eds.). **Pesquisas Botânicas Nordestinas: Progresso e perspectivas**. Recife: Sociedade Botânica do Brasil, Seção Regional de Pernambuco, p.203-224. 1996.

SENBETA, F.; TEKETAY, D. Soil seed banks in plantations and adjacent natural dry Afromontane forests of central and southern Ethiopia. **Tropical Ecology**.43(2), 229-242. 2002.

SCHÜTZ, M.; KRETZ, C.; DEKONINCK, L. J.; IRAVANI, M.; RISCH C. A. Impact of *Formica exsecta* Nyl. on seed bank and vegetation patterns in a subalpine grassland ecosystem. **Journal Applied Entomology**. 132, 295-305. 2008.

SHEN, Y.; LIU, W.; CAO, M.; LI, Y. Seasonal variation in density and species richness of soil seed-banks in karst forests and degraded vegetation in central Yunnan, SW China. **Seed Science Research**.17, 99–107. 2007.

SILVA, K.A.; SANTOS, D.M.; SANTOS, J.F.F.; ALBUQUERQUE, U.P.; FERRAZ, E.M.N.; ARAÚJO, E.L. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. **Acta Oecologica**. 46, 25-32. 2013.

TEKETAY, D. The impact of clearing and conversion of dry Afromontane forests into arable land n the composition and density of soil seed banks. **Acta Ecologica**. 18(5), 557-573. 1997.

TESSEMA. Z. K.; BOER, W. F.; BAARS, R. M.; PRINS, H. H. Influence of Grazing on Soil Seed Banks Determines the Restoration Potential of Aboveground Vegetation in a Semi-arid Savanna of Ethiopia. **Biotropica**.44(2), 211–219. 2012.

THOMPSON, K.; GRIME, J.P. Seasonal variation in the seed bank of herbaceous species in ten contrasting habitats. **Journal of Ecology**. 67, 893-921. 1979.

TRABA, J.; AZCÁRATE, F.M.; Peco, B. The fate of seeds in Mediterranean soil seed bank in relation to their traits. **Journal of vegetation science**. 17, 5-10. 2006.

UNGAR, I.W. Seed bank and seed population dynamics of halophytes. **Wetlands ecology and management**. 9, 499–510. 2001

YU, S.; BELL, D.; STERNBERG, M.; KUTIEL, P. The effect of microhabitats on vegetation and its relationships with seedlings and soil seed bank in a Mediterranean coastal sand dune community. **Journal of Arid Environments**. 72, 2040-2053. 2008.

WASSIEA, A. TEKETAY, D. Soil seed banks in church forests of northern Ethiopia: Implications for the conservation of woody plants. **Flora**. 201, 32–43. 2006.

WANG, S.M.; ZHANG, X.; LI, Y.; ZHANG, L.; XIONG, Y.C.; WANG, G. Spatial distribution patterns of the soil seed bank of *Stipagrostis pennata* (Trin.) de winter in the gurbantonggut desert of north-west, China. **Journal of arid environments**. 63, 203-222. 2005.

WANG, N. JIAO, J. JIA, Y. ZHANG. X. Soil seed bank composition and distribution on eroded slopes in the hill-gully Loess Plateau region (China): influence on natural vegetation colonization. **Earth Surf. Process. Landforms**. 36, 1825–1835. 2009.

WILLIAMS, P.R.; CONGDON, R.A; GRICE, A.C; CLARKE, P.J. Germinable soil seed banks in a tropical savanna: seasonal dynamics and effects of fire. **Austral Ecology**. 30, 79–90. 2005.

XIAO, D.; ZHANG, L.; ZHU, Z. A study on seed characteristics and seed bank of *Spartina alterniflora* at saltmarshes in the Yangtze Estuary, China. **Estuarine, coastal and shelf Science**. 83, 105-110. 2009.

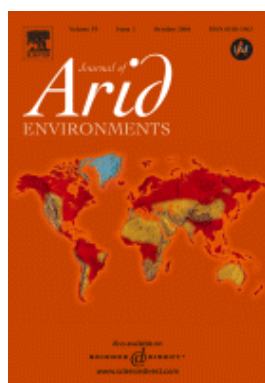
ZHANG, H.; CHU, L.M. Changes in soil seed bank composition during early succession of rehabilitated quarries. **Ecological engineering**. 55, 43-50. 2013.

Capítulo 1

Composição, riqueza e densidade do banco de sementes germinável ao longo de quatro anos em florestas jovem e madura no semiárido brasileiro

Danielle Melo dos Santos^{1*}; Kleber Andrade da Silva²; Elcida de Lima Araújo¹

Artigo enviado a Journal of Arid Environments



Composição, riqueza e densidade do banco de sementes germinável ao longo de quatro anos em florestas jovem e madura no semiárido brasileiro

Danielle Melo dos Santos^{1*}; Kleber Andrade da Silva²; Elcida de Lima Araújo¹

RESUMO

O banco de sementes no solo é um componente ecológico importante no processo de regeneração florestal. Em regiões semiáridas, a regeneração florestal é fortemente afetada pelas variações sazonais e anuais na precipitação, uma vez que tais variações podem afetar inclusive a composição, riqueza e densidade de sementes no solo. Desta forma, este estudo se propôs a caracterizar e comparar a composição, riqueza e densidade do banco de sementes do solo proveniente de fragmentos de floresta jovem e madura de um ambiente semiárido entre estações climáticas e em anos consecutivos. Em parcelas de 20x20x5 cm foram coletadas 105 amostras de solo por floresta (Jovem e Madura) nos finais das estações chuvosas e secas e durante quatro anos (2009, 2010, 2011 e 2012), totalizando 840 amostras. A composição e riqueza de espécies assim como a densidade de sementes foram determinadas pelo método de emergência de plântulas. Nos quatro anos, 121 espécies emergiram do banco do solo, sendo 86 na floresta jovem e 109 na floresta madura. Foram registradas diferenças significativas na composição, riqueza e densidade entre as florestas, estações climáticas e entre anos, com interação significativa entre os mesmos. A variação na precipitação e a idade das florestas afeta parte da dinâmica do banco de sementes de ambientes semiáridos, sendo estas variações importantes para a manutenção destes locais.

Palavras chaves: Caatinga, Emergência de plântulas, Regeneração natural.

1. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de biologia, Área Botânica, Dois Irmãos, 52171-900, Recife-PE, Brasil.

*Autor para correspondência: Tel.: +558133206308; fax: +558133206360/ Endereço de email: danmelo_bio@hotmail.com

2. Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Rua do Alto do Reservatório s/n, Bela Vista CEP: 55608-680, Vitória de Santo Antão-PE, Brasil.

1. Introdução

A dinâmica do banco de sementes exerce papel fundamental no processo de regeneração da vegetação (Chaideftou et al., 2009; Liu et al., 2009; Kassahun et al., 2009). Embora a característica sucessional (Lopes et al., 2012), chuva de sementes (Souza et al., 2013) e pressão antrópica sofrida (J. Santos et al., 2013) também sejam importantes neste processo, o banco de sementes parece ser um dos componentes mantenedores das populações vegetais que vão auxiliar no restabelecimento de áreas afetadas pela intensa atividade antrópica.

Alguns estudos vêm relatando que: após determinadas ações antrópicas, a similaridade entre o banco de sementes e a cobertura vegetal do local é baixa (Chaideftou et al., 2009) e que o uso do banco de sementes como um instrumento para a regeneração de áreas degradadas depende fortemente da capacidade de dormência das sementes para futuros recrutamentos após uma perturbação (Chaideftou et al., 2009; Liu et al., 2009; Loydi et al., 2012; Tessema et al., 2012).

Em regiões semiáridas, a regeneração da vegetação também é fortemente afetada pelas variações sazonais e anuais na precipitação, uma vez que tais variações podem afetar inclusive a composição, riqueza e densidade de sementes no solo. Nestes ambientes, as estações chuvosas e secas são bem delimitadas, o que possibilita diferenças na época de produção de frutos e de sementes das plantas (Amorim et al., 2005; Selwyn e Parthasarathy, 2006; Valdez-Hernández et al., 2010) auxiliando na chuva de sementes. Além disso, o maior quantitativo de espécies e sementes ocorre geralmente nas estações chuvosas e nos anos mais chuvosos em comparação com as estações secas e anos com pluviosidade menor (Facelli et al., 2005; Lopéz, 2003; Peters, 2002).

Na região nordeste do Brasil, a vegetação do semiárido é a Caatinga, que possui áreas outrora antropizadas e que agora estão abandonadas. Estas áreas frequentemente são utilizadas para o estabelecimento de atividades de agricultura ou como áreas de pastagens nativas (Araújo et al., 2007), o que gera perturbações que acabam contribuindo para evaporação da água, salinização dos solos, e em situações extremas, desertificação das mesmas (Castelleti et al., 2003). Algumas das áreas utilizadas apresentam potencial de regeneração natural. Alguns trabalhos realizados em florestas secas vêm demonstrando que o banco de sementes remanescente no solo pode auxiliar na regeneração natural das mesmas, caso cesse a atividade produtiva desenvolvida (Chaideftou et al., 2009; Liu et al., 2009; Kassahun et al., 2009). Além disso, estudos que avaliam o potencial de regeneração natural de áreas antropizadas vêm mostrando que áreas perturbadas que se regeneram naturalmente apresentam alterações

principalmente na composição de espécies e estrutura das populações (Negreros-Castilho e Hall, 2000; Pereira et al., 2003; Sampaio et al., 1998).

Assim, com base nas evidências de que a composição, riqueza e densidade de sementes do banco no solo são afetadas após uma perturbação antrópica; e de que as variações sazonais e anuais também influenciam no quantitativo de espécies e sementes que chegam ao solo, este estudo se propõe a investigar as seguintes hipóteses: 1) Existem diferenças na composição florística, riqueza de espécies e densidade de sementes do banco presente no solo entre um fragmento de vegetação jovem e madura de Caatinga; 2) As variações sazonais e interanuais na precipitação afetam a composição florística, a riqueza de espécies e a densidade de sementes do banco remanescente do solo, independentemente da idade da vegetação.

Para testar as hipóteses, este estudo se propôs a caracterizar e comparar a composição, riqueza e densidade do banco de sementes do solo em fragmentos de floresta jovem e madura de caatinga entre estações climáticas e em anos consecutivos.

2. Material e Métodos

2.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na estação experimental no Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA (8° 14' S e 35° 55' W, 537m de altitude), localizado no município de Caruaru, Pernambuco, Brasil. O IPA está inserida na zona rural a uma distância de 9 Km da cidade. O clima local é semiárido seco do tipo BShs (Koppen, 1931) com temperatura mínima de 11°C e máxima absoluta de 38°C. A precipitação média anual é de 694 mm e a estação chuvosa concentra-se de março a agosto e poucos meses apresentam precipitação superior a 100 mm. A estação seca ocorre de setembro a fevereiro, com chuvas inferior a 30 mm por mês. Todavia, podem ocorrer chuvas eventuais ou erráticas na estação seca bem como veranicos na estação chuvosa (Araújo et al., 2005a). O total de precipitação registrado em 2009, 2010, 2011 e 2012, anos deste estudo, variou de 350,8 mm à 1031,2 mm (Figura 1). Os dados da precipitação foram fornecidos pela estação meteorológica do IPA. A estacionalidade climática local determina a deciduidade da flora lenhosa durante a estação seca e visibilidade de ervas terófitas apenas na estação chuvosa.

A estação experimental ocupa 190 ha e foi criada com a finalidade principal de desenvolver atividades de pesquisas voltadas para agricultura e pecuária. Antes dessas atividades de pesquisa, a área era ocupada por uma única mancha de vegetação natural de Caatinga, mas hoje a vegetação nativa encontra-se reduzida a um pequeno fragmento com cerca de 30 ha. Nesta área, predominam espécies lenhosas das famílias Mimosaceae, Caesalpiniaceae, Euphorbiaceae e Cactaceae (Alcoforado-Filho et al., 2003; Araújo et al., 2007), formando um

dossel fechado que proporciona um tempo maior de umidade no solo (D.Santos et al., 2013). No componente herbáceo, predominam espécies das famílias Poaceae, Euphorbiaceae, Convolvulaceae, Malvaceae, Asteraceae e Fabaceae (Araújo et al., 2005a; Reis et al., 2006). Há aproximadamente 50 anos, este fragmento vem sendo preservado, não sendo permitido o trânsito de animais domésticos e a retirada da vegetação (Lopes et al., 2012; J. Santos et al., 2013). Este fragmento é a primeira área de estudo sendo denominado de floresta madura.

Há aproximadamente 19 anos, um trecho de 3 ha próximo da floresta madura sofreu corte raso para o cultivo de palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill.) (J.Santos et al., 2013; Lopes et al., 2012). Segundo técnicos da estação do IPA, não foi utilizado fogo, nenhum tipo de fertilizante e nem esterco de curral durante o período do cultivo (J.Santos et al., 2013; Lopes et al., 2012; Souza et al., 2013). Depois de seis meses do plantio da palma, o trecho de 3 ha foi abandonado e vem se regenerando naturalmente. Atualmente, o componente herbáceo do fragmento em regeneração é rico em espécies de Poaceae e Cyperaceae (J. Santos et al., 2013) e, o componente lenhoso é representado por alguns indivíduos adultos de várias espécies como *Poincianella pyramidales* (Tul.) L.P.Queiroz (catingueira), *Acacia paniculata* Willd. (unha de gato) e *Anandeanthera macrocarpa* (Benth) Brenan. (angico), (Lopes et al., 2012), que não formam um dossel fechado promovendo assim uma maior incidência luminosa nesta área (Andrade, 2012 dados não publicados). Este fragmento será denominado de floresta jovem.

2.2. Amostras do banco de sementes

Tanto para o fragmento da vegetação madura como para a vegetação jovem, existe um trecho de 1ha, em cada, onde vêm sendo realizados estudos sobre o componente lenhoso e herbáceo da vegetação e sobre chuva de sementes (Araújo et al., 2005b; Souza et al., 2013). Neste trecho de 1ha das florestas jovem e madura, foram alocadas aleatoriamente, através de sorteio das parcelas, 105 parcelas de 1 x 1 m para o estudo da vegetação herbácea (Araújo et al., 2005a; J. Santos et al., 2013; Reis et al., 2006) totalizando 210 parcelas. No entorno destas parcelas (nas duas florestas) de 1 x 1 m, foram coletadas 105 amostras de solo, nos finais das estações chuvosas e secas durante quatro anos consecutivos (para possibilitar a comparação do efeito temporal entre as áreas), totalizando 840 amostras em cada floresta (Figura 2). O solo foi coletado em parcelas confeccionadas com chapa galvanizada de 20 x 20 cm, a 5 cm de profundidade, incluindo a camada de serrapilheira e seguindo a metodologia adotada na maioria dos estudos sobre o banco de sementes do solo (Hegazy et al., 2009; Ma et al., 2006; Ne'eman e Izhaki, 2009; Quevedo-Robledo et al., 2010)

Todas as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e etiquetadas por parcela e por floresta e, em casa de vegetação, cada amostra foi colocada em bandeja de isopor (20 x 38 x 3 cm) e irrigada diariamente, sem adição de solução nutritiva e/ou hormonal por um período de

seis meses. Foi utilizado um período de seis meses, por que, em média, este é o tempo de duração de cada estação climática na área de coleta possibilitando, assim, a comparação do efeito da sazonalidade entre as coletas das florestas jovem e madura. As bandejas foram organizadas em duas fileiras, sendo colocada uma bandeja controle entre as mesmas, contendo solo esterilizado em autoclave, visando detectar possíveis contaminações causadas por sementes dispersas pelo vento. Durante o estudo não foi verificada contaminação.

A determinação da densidade de sementes no banco do solo foi realizada pelo método de emergência de plântulas (não considerando a densidade de sementes dormentes da amostra), seguindo metodologia adotada por Bromn (1992), Christoffoleti e Caetano (1998), Gasparino et al. (2006), sendo a mesma expressa por metro quadrado para possibilitar comparações com outros estudos (Baskin e Baskin, 1989; Caballero et al., 2003; Hegazy et al., 2009; Ne'eman e Izhaki, 1999).

Diariamente, as plântulas emergentes de cada amostra do solo foram contadas e etiquetadas, anotando-se a data de germinação, o número da parcela e a floresta onde a amostra foi coletada. Plântulas com cerca de 5 cm de altura foram transplantadas para sacos de polietileno, irrigadas e monitoradas durante seis meses, visando obter material reprodutivo de ervas terófitas para identificação taxonômica correta da espécie.

A identificação das espécies foi realizada através de consultas em literatura específica e por comparações com exsicatas depositadas nos herbários Prof. Vasconcelos Sobrinho (PEUFR) e Dárdano de Andrade Lima (IPA), adotando-se o sistema de classificação APG 3 (Souza e Lorenzi, 2012). Plântulas não identificadas foram indicadas como morfoespécies.

2.3. Análises do banco de sementes

A composição florística das florestas (jovem e madura) foi comparada entre anos através da Análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS), utilizando a matriz de dissimilaridade Bray-Curtis, com base na densidade relativa das espécies das 105 unidades amostrais de cada área de estudo. O ANOSIM foi utilizado para verificar a significância do agrupamento formado no NMDS. Para verificar a contribuição de cada espécie entre estações climáticas e entre as florestas madura e jovem foi realizada a análise SIMPER. Para as análises do NMDS, ANOSIM e SIMPER foi utilizado o programa Primer versão 6.1.6 (Clarke e Gorley, 2006).

Para verificar o efeito das variáveis preditoras (idade da floresta – jovem e madura; variação sazonal e anual na precipitação sobre a riqueza de espécies e densidade de sementes foi realizada uma análise GLM (Modelo Linear Generalizado). Diferenças na riqueza de espécies e

densidade de sementes entre florestas jovem e madura, entre estações chuvosa e seca e entre anos foram verificadas pelo teste *a posteriori* de Tukey. Todas estas análises foram realizadas no programa Estatistic 7.0.

3. Resultados

3.1. Composição e riqueza de espécies

Durante os quatro anos, um total de 121 espécies emergiu das amostras do banco de sementes do solo, sendo 86 espécies na floresta jovem e 109 na floresta madura (Apêndice 1). Do total de espécies, 16 foram identificadas ao nível de família, 17 ao de gênero, 84 ao nível específico e apenas cinco como morfoespécies. Ainda do total de espécies, 13 ocorreram exclusivamente na floresta jovem e 36 na floresta madura (Apêndice 1). Das espécies exclusivas de cada floresta, apenas quatro ocorreram nas duas estações climáticas (chuvosa e seca) e nos quatro anos, sendo elas: *Lippia americana* na floresta jovem; *Begonia reniformis*; Cactaceae sp1 e *Schinopsis brasiliensis* na floresta madura. Em relação ao hábito das espécies encontradas, na vegetação jovem foram encontradas 76 ervas, sete arbustos e três árvores (Apêndice 1). Na vegetação madura, 92 espécies são ervas, nove são arbustos e oito são árvores (Apêndice 1).

As famílias com maior riqueza de espécies, durante os quatro anos de estudo, foram Euphorbiaceae (14), Fabaceae (14), Poaceae (10), Asteraceae (11), Portulacaceae (cinco espécies) e Malvaceae (seis), para as duas florestas (Apêndice 1). Além disso, foi possível verificar que 28 espécies ocorreram nas duas estações climáticas (chuvosa e seca) e nos quatro anos de estudos (Apêndice 1). Das 28 espécies, apenas *Delilia biflora*, *Panicum trichoides* e *Pilea hyalina* também ocorreram nas duas florestas.

A composição florística do banco de sementes da floresta jovem é diferente do da floresta madura ($R_{\text{global}} = 0,898$ e $p=0,001$; figura 3). Na floresta jovem houve variação sazonal na composição florística ($R_{\text{global}} = 0,274$ e $p=0,001$; figura 4), mas entre anos, a composição foi semelhante ($R_{\text{global}} = -0,002$ e $p=0,555$; figura 5). Na floresta madura, houve variação sazonal ($R_{\text{global}} = 0,126$ e $p= 0,001$; figura 4) e anual ($R_{\text{global}} = 0, 018$ e $p= 0,031$; figura 5) na composição florística. O conjunto de espécies registrado no quarto ano na floresta madura foi diferente dos conjuntos registrados nos três primeiros anos (figura 5).

A análise SIMPER mostrou uma elevada dissimilaridade entre as estações climáticas e entre as florestas madura e jovem. As cinco espécies que mais contribuíram com as diferenças entre as estações chuvosa e seca, em ordem decrescente, foram *Delilia biflora*, *Pilea hyalina*, *Panicum trichoides*, *Heliotropium angiospermum* e *Panicum venezuelae* (Tabela 1). O percentual acumulado de contribuição dessas espécies, nas diferenças entre as estações foi de 40,05%. A análise de dissimilaridade entre a floresta jovem e madura apontou que *Pilea*

hyalina, *Delilia biflora*, *Panicum trichoides*, *Heliotropium angiospermum* e *Panicum venezuelae* são as principais espécies que respondem pelas diferenças entre as áreas, acumulando 43,15% de contribuição (Tabela 1).

A análise GLM mostrou que a idade da floresta, as variações sazonais e anuais na precipitação e a maior parte das suas interações explicaram as variações na riqueza de espécies (Tabela 2). Considerando os quatro anos, tanto na floresta jovem como na madura, a riqueza de espécies foi maior na estação seca (figura 6). Comparando as áreas de estudo, a riqueza de espécies foi maior na floresta madura do que na jovem apenas na estação chuvosa (figura 6). Na floresta madura, a riqueza de espécies foi maior no segundo e terceiro ano (figura 7). Na floresta jovem, a riqueza foi maior no primeiro ano e reduziu significativamente ao longo do tempo (figura 7). Considerando cada ano isoladamente, na floresta madura, a riqueza de espécies foi maior durante a estação seca do segundo e quarto ano (figura 8). Na floresta jovem, a riqueza foi maior durante a estação seca do terceiro e quarto ano (figura 8).

3.2. Emergência de plântulas

Durante os quatro anos de estudo emergiram 17.209 plântulas (4.097 sementes. m⁻²) do banco de sementes do solo, sendo 6.695 na floresta jovem (1.594 sementes. m⁻²) e 10.514 na floresta madura (2.503 sementes. m⁻²). A análise isolada das estações climáticas demonstrou que para a floresta jovem emergiu um total de 1.934 plântulas (460 sementes. m⁻²) nas estações chuvosas e 4.761 (1.133 sementes. m⁻²) nas estações secas. Para a floresta madura, emergiu um total de 3.587 plântulas (854 sementes. m⁻²) nas estações chuvosas e 6.927 (1.649 sementes. m⁻²) nas estações secas.

Através da análise GLM foi possível constatar que a idade da floresta, as variações sazonais e anuais na precipitação e a maior parte das suas interações explicaram as variações na densidade de sementes (Tabela 2). Considerando os quatro anos, a densidade média foi maior na floresta madura. Nas duas florestas, a densidade média foi maior na estação seca (figura 6). Na floresta madura, a densidade média foi maior no segundo e terceiro ano. Na floresta jovem a densidade média foi maior no primeiro ano e reduziu significativamente no último ano (figura 7).

Considerando cada ano isoladamente, a densidade média foi maior durante as estações secas do segundo e quarto ano na floresta madura e primeiro e quarto ano na floresta jovem (figura 8). No segundo e terceiro ano a densidade média foi maior na floresta madura (figura 8).

4. Discussão

4.1. Efeito da idade da floresta sobre o banco de sementes.

Os trabalhos que vêm sendo realizados sobre o papel do banco de sementes na regeneração de áreas degradadas vêm demonstrando que perturbações antrópicas influenciam no quantitativo de sementes nativas que chega ao solo (Chaideftou et al., 2009; Jacquemyn et al., 2011; Kassahun et al., 2009; Loydi et al., 2012; Tessema, 2012; Wang et al., 2009). Por exemplo, o corte raso da vegetação para a prática de pastagem é uma das causas para diminuição de determinadas populações no banco de sementes e mudanças na composição florística. Consequentemente, a riqueza e densidade do banco de sementes de áreas antropizadas são menores do que o banco da floresta original (Augusto et al., 2011; Janicka, 2006; Kassahun et al., 2009; Loydi et al., 2012; Tessema et al., 2012). Esta tendência também foi encontrada neste estudo, pois a riqueza e densidade do banco de sementes da floresta jovem foram menores do que na floresta madura. Além disso, a composição florística das florestas foi diferente, confirmando a primeira hipótese deste estudo. Portanto, 19 anos ainda não é suficiente para que o banco de sementes recupere a composição florística, a riqueza e a densidade da floresta original.

Vale salientar que, a composição florística, a riqueza e a densidade do banco de sementes podem aumentar significativamente com o tempo de regeneração, ou seja, quanto maior o tempo de regeneração maior será a semelhança florística e o número de espécies e de sementes encontradas no banco do solo da floresta original (Chaideftou et al., 2009; Liu et al., 2009; Kassahun et al., 2009). A floresta jovem possui apenas alguns indivíduos adultos de espécies lenhosas, que não formam um dossel fechado, o que pode possibilitar uma maior incidência luminosa e um maior ressecamento do solo (J.Santos et al., 2013; Lopes et al., 2012). Porém, esta característica é mais atenuada na floresta madura. Ela possui plantas lenhosas apresentando em média de 5-7 m de altura, formando um dossel relativamente fechado, ocorrendo maior sombreamento sobre o solo, o qual se mantém úmido por um número maior de meses (D. Santos et al., 2013). Assim, estas características podem ter refletido no estabelecimento passado de determinadas espécies que necessitam de um sombreamento maior para se fixar promovendo, no presente, uma riqueza de espécies maior na área madura e uma composição florística diferente em comparação com a área jovem.

A maioria dos trabalhos enfatiza que a perturbação antropica contribui para o maior número de espécies, principalmente herbáceas ruderais e/ou tidas como daninhas (Augusto et al., 2001; Teketay, 1997; Waissea, 2002; Wang et al., 2009). Os autores relatam que o maior quantitativo de sementes de espécies daninhas em áreas que sofreram algum distúrbio se dá pelo fato de que: 1) a perturbação promove o desaparecimento de espécies nativas com capacidade de colonização baixa (Augusto et al., 2001); ou 2) que as comunidades anteriores as práticas antrópicas, não tenham contribuído para a formação do banco de sementes remanescente no solo

(Wang et al., 2009). Vale ressaltar, que o surgimento de espécies tidas como daninhas em áreas perturbada vai depender do tempo e da intensidade do distúrbio.

Neste estudo, a maior parte das espécies encontradas no banco de sementes foi de herbáceas anuais, mas todas estas espécies são consideradas ervas nativas para as duas florestas (J. Santos et al., 2013). As espécies herbáceas exercem papel fundamental para o equilíbrio do ecossistema como um todo, pois correspondem à maior parte da fitodiversidade das florestas secas, exercendo influência sobre as plantas lenhosas (Santos et al., 2010; Waissea, 2002; Wang et al., 2009).

Além disso, um conjunto específico de espécies herbáceas contribuiu para as diferenças encontradas na composição florística entes estações climáticas e entre as florestas. Assim, este grupo de espécies, possivelmente, possui maior potencial de regeneração por ter um banco de sementes do solo diversificado e persistente (Wang et al., 2009; Wassiea, 2002). Portanto, nem sempre ações antrópicas causam o desaparecimento local de espécies nativas, principalmente quando este distúrbio ocorre em um curto espaço de tempo. Então, este estudo mostra que, possivelmente este grupo de espécies pode auxiliar na regeneração de áreas, como a jovem, que sofreu um corte raso, para a implantação de cultivo de Palma Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill.) por seis meses.

4.2. Efeito da variação temporal na precipitação sobre o banco de sementes

A variação sazonal na precipitação mudou a composição florística, riqueza de espécies e densidade do banco de sementes independentemente da idade da floresta, confirmando parte da segunda hipótese deste estudo. Nas florestas secas as variações sazonais na precipitação influenciam a composição, riqueza e densidade de sementes (Aziz e Khan, 1996; Pugnaire e Lazaró, 2000; Santos et al., 2010). A maioria dos trabalhos sobre banco de sementes enfatiza que o número de espécies e o de sementes é maior durante a estação chuvosa e que a composição florística difere em função desta estação (Aziz e Khan, 1996; Lopez, 2003; Mayor et al., 2003; Pugnaire e Lazaró, 2000; Peters, 2002; Santos et al., 2010). A tendência de maior riqueza e densidade na estação chuvosa não foi registrada neste estudo. O conjunto de espécies registrado apenas na estação seca foi responsável pelas mudanças na composição florística. Possivelmente, estas espécies dispersam suas sementes na estação chuvosa, contribuindo para a formação do banco de sementes na estação seca. Portanto, em regiões semiáridas, as variações sazonais nas características do banco de sementes também podem ser causadas pela redução drástica na precipitação durante a estação seca.

Em relação às variações anuais, a literatura aponta que a riqueza de espécies e o número de sementes são diretamente proporcionais a intensidade do índice pluviométrico anual nas

florestas secas (Aziz e Khan, 1996; Costa e Araújo, 2003 ; Facelli et al., 2005; Mayor et al., 2003; Pugnaire e Lazaró, 2000; Santos et al., 2010). Assim como, a composição florística é afetada por anos mais úmidos (Facelli et al., 2005; Lopez, 2003; Peters, 2002; Santos et al., 2010). Neste estudo, foi possível observar que para a riqueza de espécies e densidade de sementes das duas florestas esta tendência foi registrada, confirmando parte da segunda hipótese deste estudo. Na área madura, a riqueza de espécies e a densidade de sementes foram maiores no segundo (865 mm) e terceiro (1031.2 mm) anos, que obtiveram as maiores médias de precipitação anual. Por conseguinte, na floresta jovem a riqueza de espécies e a densidade de sementes reduziram significativamente no quarto ano, que obteve a menor precipitação anual (350.8 mm), em comparação com os outros anos.

Contudo, as variações anuais na composição florística divergiram entre as florestas. Não houve variação anual na composição florística da floresta jovem. Portanto, o conjunto de espécies que ocorrem neste local possivelmente não é fortemente influenciado pela variação anual na precipitação, o que não confirma parte da segunda hipótese deste estudo. Por outro lado, na floresta madura houve diferenças na composição florística entre os anos. Variações anuais na composição florística do banco de sementes também foram observadas em outros estudos (Caballero et al., 2008; Chaideftou et al., 2009; D.Santos et al., 2013; Janicka, 2006; Santos et al., 2010; Silva et al., 2013). Na floresta madura, o conjunto de espécies encontrado no quarto ano diferiu dos demais anos. Isto pode ter ocorrido devido à redução acentuada na precipitação média anual do terceiro (1031,2 mm) para o quarto ano (350,8 mm). Desta forma, reduções drásticas na precipitação anual podem reduzir a produção de sementes da comunidade local e, conseqüentemente, causar o desaparecimento de algumas espécies do banco de sementes. Este fato pode ser comprovado quando se compara o quantitativo de espécies exclusivas do terceiro ano (11 espécies) com o do quarto ano (cinco).

Em conclusão, nós verificamos que: 1) ações antrópicas, causam alterações na composição florística, na riqueza de espécies e na densidade do banco de sementes do solo; 2) A variação temporal na precipitação causou mudanças na riqueza e densidade do banco de sementes e 3) redução drástica na precipitação anual não afetou a variação anual na composição florística da floresta jovem.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Agrônomo de Pesquisa Agropecuária (IPA) pela logística e permissão de trabalhar em sua propriedade; aos pesquisadores do Laboratório de Ecologia Vegetal e Ecossistemas Nordestinos (LEVEN) pelo apoio, sugestões e auxílio na execução do projeto e à CAPES e o CNPq pela concessão da bolsa de estudo, bolsa de produtividade dos pesquisadores e apoio financeiro ao projeto.

6. Referências Bibliográficas

Alcoforado-Filho, F.G., Sampaio, E.V.S.B., Rodal, M.J.N., 2003. Florística fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru. *Acta Bot. Bras.* 17, 287-303.

Amorim, I., Sampaio, E.V.S.B., Araújo, E. L., 2005. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de Caatinga do Seridó, RN, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 19, 615-623.

Araújo, E.L., Castro, C.C., Albuquerque, U.P., 2007. Dynamics of brazilian Caatinga – a review concerning the plants, environment and people. *Funct. Ecol. Comm.* 1, 15-28.

Araújo, E.L., Martins, F.R., Santos, A.M., 2005b. Establishment and death of two dry tropical forest woody species in dry and rainy seasons in northeastern Brazil. In: Nogueira, R.J.M.C., Araújo, E.L., Willadino, L.G., Cavalcante, U.M.T. (Eds.) *Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas*. Recife: MXM Gráfica e Editora, pp.76- 91.

Araújo, E.L., Silva, K.A., Ferraz, E.M.N., Sampaio, E.V.S.B., Silva, S.I., 2005a. Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de Caatinga, Caruaru-PE. *Acta Bot. Bras.* 19, 285-294.

Augusto, L., Dupouey, J.L., Picard, J.F., Ranger, J. 2001. Potential contribution of the seed bank in coniferous plantations to the restoration of native deciduous forest vegetation. *Acta Oecol.* 22, 87-98.

Aziz, S., Khan, A., 1996. Seed bank dynamics of a semi-arid coastal shrub community in Pakistan. *Journal of Arid Environ.* 1, 81-87.

Baskin, C.C., Baskin, J.M., 1989. Seeds, ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination in: Leck, A.M., Parker, T.V., Simpson, L.R. (Eds.) Ecology of soil seed banks. New York: Academic Press, pp.53-67.

Bromn, D., 1992. Estimating the composition of a forest seed bank: a comparison of the seed extraction and seedling emergence methods. *Can. J. Bot.* 70, 1603-1612.

Caballero, I., Olano, J. M., Escudero, A., Loidi, J. 2008. Seed bank spatial structure in semi-arid environments: beyond the patch-bare area dichotomy. *Plant Ecol.* 195, 215-223.

Caballero, I., Olano, J.M., Loidi, J., Escudero, A., 2003. Seed bank structure along a semi-arid gypsum gradient in central Spain. *Journal of Arid Environ.* 55, 287-299.

Castelletti, C. H. M., Santos, A. M. M., Tabarelli, M., Silva, J. M. C. 2003. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: Leal, I.R., Tabarelli, M., Silva, J. M. C. (Eds.), *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Ed. Universitária da UFPE, Recife, pp.719-734.

Chaideftou, E., Thanos, C. A., Bergneier, E., Kallimanis, A., Dimopoulos, P. 2009. Seed bank composition and above-ground vegetation in response to grazing in sub-mediterranean oak forests (NW Greece). *Plant Ecol.* 201, 255-265.

Christoffoleti, P.J., Caetano, R.S.X., 1998. Soil seed bank. *Sci. Agric.* 55, 74-78.

Clarke, K.R., Gorley, R.N. 2006. *Primer v6: user manual/tutorial*. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.

Costa, R.C., Araújo, F.S., 2003. Densidade, germinação e flora do banco de sementes do solo no final da estação seca, em uma área de Caatinga, Quixadá, CE. *Acta Bot. Bras.* 17, 259-264.

Facelli, J. M., Chesson, P., Barnes, N. 2005. Differences in seed biology of annual plants in arid lands: a key ingredient of the storage effect. *Ecology*. 86, 2998-3006.

Gasparino, D., Malavasi, U.C., Malavasi, M.M., Souza, I., 2006. Quantificação do banco de sementes sob diferentes usos do solo em área de domínio ciliar. *Revi. Árvore*. 30, 1-9.

Hegazy A.K., Hammouda O., Lovett-Doust J., Gomaa N.H., 2009. Variations of the germinable soil seed bank along the altitudinal gradient in the northwestern Red Sea region. *Acta Ecol. Sin.* 29, 20-29.

Jacquemyn, H., Mechelen, V.C., Brys, R., Hannay, D. 2011. Management effects on the vegetation and soil seed bank of calcareous grasslands an 11-year experiment. *Biol. Conserv.* 144, 416-422.

Janicka, M. 2006. Species composition of the soil seed bank in comparison with the floristic composition of meadow sward. The Warsaw Agricultural University (SGGW). *Grass. Science*. 1, 200-202.

Kassahun, A., Snyman, H. A., Smit, G. N. 2009. Soil seed bank evaluation along a degradation gradient in arid rangelands of the Somali region, eastern Etiopia. *Agric. Ecosyst. Environ.* 129, 428-436.

Liu, M., Jiang, G., Yu, S., Li, Y., Li, G. 2009. The role of soil seed banks in natural restoration of the degraded Hunshandak sandlands, northern China. *Restor. Ecol.* 17, 127-136.

Lopes, C.G.R., Ferraz, E.M.N., Castro, C.C., Lima, E.N., Santos, J.M.F.F., Santos, D.M., Araújo, E.L. 2012. Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. *Forest ecol. Manag.* 271, 115-123.

López, R.P. 2003. Soil seed bank in the semi-arid Prepuna of Bolivia. *Plant Ecol.* 168, 85-92.

Loydi, A., Zalba, M.S., Distel, A.R. 2012. Viable seed banks under grazing and exclosure conditions in montane mesic grasslands of Argentina. *Acta Oecol.* 43, 1-5.

Ma, J.Y., Ren J., Wang, G., Chen, F.H., 2006. Influence of different microhabitats and stand age on viable soil seed banks of sand-stabilising species. *S. Afr. J. Bot.* 72, 46–50.

Mayor, M.D., Bóo, M.R., Peláez, V.D., Elía, R.O. 2003. Seasonal variation of the soil seed bank of grasses in central Argentina as related to grazing and shrub cover. *Journal of Arid Environ.* 53, 467-477.

Ne'eman G., Izhaki, I., 2009. The effect of stand age and microhabitat on soil seed banks in Mediterranean Aleppo pine forests after fire. *Plant Ecol.* 144, 115-125.

Negreros-Castilho, P., Hall, R. B. 2000. Sprouting capability of 17 tropical tree species after overstory removal in Quintana Rôo. México. *Forest ecol. Manag.* 126, 399-403.

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, 154–165.

Peters, D.P.C. 2002. Plant species dominance at a grassland-Shrubland ecotone: and individual-based gap dynamics model of herbaceous and species woody. *Ecol. Model.* 152, 5-32.

Pugnaire, F.I., Lazaró, R., 2000. Seed bank and understorey species composition in a semi-arid environment: the effect of shrub age and rainfall. *Ann. Bot-London.* 86, 807-813.

Quevedo-Robledo, L., Pucheta, E., Ribas-Fernández, Y., 2010. Influences of interyear rainfall variability and microhabitat on the germinable seed bank of annual plants in a Sandy Monte Desert. *Journal of Arid Environ.* 74, 167-172.

Reis, A.M.S., Araújo, E.L., Ferraz, E.M.N., Moura, A.N., 2006. Variações interanuais na florística e fitossociologia do componente herbáceo de uma área de Caatinga, Pernambuco, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 29, 497-508.

Sampaio, E. V. S. B., Araújo, E. L., Salcedo, I. H., Tiessen, H. 1998. Regeneração da vegetação após corte e queima, em Serra Talhada, PE. *Revista Brasileira de Pesquisa Agropecuária.* 33, 621 – 632.

Santos, J.M.F.F., Santos, D.M., Lopes, C.G.R.L., Silva, K.A., Sampaio, E.V.S.B., Araújo, E.L. 2013. Natural regeneration of the herbaceous community in a semiarid region in Northeastern Brazil. *Environ. Monit. Assess.* 185, n.10, 8287-8302.

Santos, D.M., Silva, K.A., Albuquerque, U.P., Santos, J.M.F.F., Lopes, R.G.C., Araújo, E.L. 2013. Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinable soil seed bank in a tropical dry forest in north-eastern Brazil?. *Flora*, 208, 445-452.

Santos, D.M., Silva, K.A., Santos, J.M.F.F., Lopes, C.G.R., Pimentel, R.M.M., Araújo, E.L. 2010. Variação espaço-temporal do banco de sementes em uma área de floresta tropical seca (Caatinga) – Pernambuco. *R. Geog.* 27, 234-253.

Selwyn, M.A., Parthasarathy, N., 2006. Reproductive traits and phenology of plants in tropical dry evergreen forest on the Coramandel Coast of India. *Biodivers. Conserv.* 15, 3207-3234.

Silva, K.A., Santos, D.M., Santos, J.M.F.F., Albuquerque, U.P., Ferraz, E.M.N., Araújo, E.L. 2013. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. *Acta Oecol.* 46, 25-32.

Souza, J.T., Ferraz, E.M.N., Albuquerque, U.P., Araújo, E.L. 2013. Does proximity to a mature forest contribute to the seed rain and recovery of an abandoned agriculture area in a semiarid climate? *Plant Biology.* 16, 748-756.

Souza, V.C., Lorenzi, H. 2012. *Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APGIII.* 3. ed. Nova Odessa/SP: Instituto Plantarum, 768p.

Teketay, D. 1997. The impact of clearing and conversion of dry Afromontane forests into arable land on the composition and density of soil seed banks. *Acta Ecol.* 18, 557-573.

Tessema, Z. K., Boer, W. F., Baars, R. M., Prins, H. H. 2012. Influence of Grazing on Soil Seed Banks Determines the Restoration Potential of Aboveground Vegetation in a Semi-arid Savanna of Ethiopia. *Biotropica*, 44, 211–219.

Valdez-Hernández, M., Andrade, J.L., Jackson, P.C., Rebolledo-Vieyra, M., 2010. Phenology of five tree species of a tropical dry forest in Yucatan, México: effects of environmental and physiological factors. *Plant Soil.* 339, 155-171.

Wang, N., Jiao, J., Jia, Y., Zhang, X. 2009. Soil seed bank composition and distribution on eroded slopes in the hill-gully Loess Plateau region (China): influence on natural vegetation colonization. *Earth Surf. Process. Landforms.* 36, 1825–1835.

Wassiea, A., Teketay, D. 2006. Soil seed banks in church forests of northern Ethiopia: Implications for the conservation of woody plants. *Flora.* 201, 32–43.

Apêndice 1. Espécies de plântulas emergentes nas florestas jovem e madura, entre estações climáticas (Chuva e Seca) durante quatro anos de estudo, em uma área semiárida no Nordeste do Brasil.

Família/Espécie	Hábito	Chuva		Seca	
		Jovem Ano	Madura Ano	Jovem Ano	Madura Ano
Acanthaceae					
<i>Pseuderanthemum detruncatum</i> (Nees & Mart.) Radlk.	Erva	-	-	-	II
<i>Ruellia asperula</i> (Mart. & Nees) Lindau	Arbusto	I/II	I/II	I	-
<i>Ruellia bahiensis</i> (Nees) Morong	Arbusto	-	-	I/II	II
<i>Ruellia</i> sp1	Arbusto	I/III	II/III	III/IV	III/IV
Amaranthaceae					
<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	Erva	-	-	-	III
<i>Gomphrena vaga</i> Mart.	Erva	I/II/III/IV	I/II/III/IV	I/II/IV	I/II/III/IV
Amarillydaceae					
<i>Hippeastrum</i> sp1 Herb.	Erva	I/II/III	I/II/III	I/II/III/IV	I/II/III/IV
Anacardiaceae					
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Árvore	IV	I/II/III	-	I/II/III
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	Árvore	-	I/III	-	II/III/IV
Apocinaceae					
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	Árvore	-	III	-	IV
Araceae					
<i>Alocasia plúmbea</i> Van Houtte	Erva	-	I/II/III/IV	III/IV	II/IV
Asparagaceae					
<i>Sansevieria guineensis</i> (L.) Willd.	Erva	-	-	-	I
Asteraceae					
<i>Bidens bipinnata</i> L.	Erva	I/II/IV	I/II	I/II/III/IV	I/II
<i>Blainvillea acmella</i> (L.) Philipson	Erva	II	-	I/II/III	-
<i>Centratherum punctatum</i> Cass.	Erva	-	III	III	III
<i>Conocliniopsis prasiifolia</i> (DC.) R.M. King & H. Rob.	Erva	III	III/IV	IV	III
<i>Delilia biflora</i> (L.) Kuntze	Erva	I/II/III/IV	I/II/III/IV	I/II/III/IV	I/II/III/IV
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.	Erva	III	-	IV	III
<i>Gnaphalium spicatum</i> Mill.	Erva	I/III	I/III	II/III/IV	I/II/III/IV
<i>Gnaphalium</i> sp1.	Erva	-	III	-	-
<i>Ageratum</i> sp1.	Erva	-	-	-	IV
<i>Conyza</i> sp1.	Erva	-	-	IV	IV
<i>Tridax</i> sp1.	Erva	-	-	-	IV
Begoniaceae					
<i>Begonia reniformis</i> Vell.	Erva	-	II/III	-	I/II/III/IV
Bignoniaceae					
Bignoniaceae 1	Erva	-	III	-	IV
Boraginaceae					
<i>Heliotropium angiospermum</i>	Erva	II/III	II/III	I/II/III/IV	I/II/III/IV
Bromeliaceae					
Bromeliaceae 1	Erva	-	III	-	-

Apêndice 1. Continuação

Família/Espécie	Hábito	Chuva		Seca	
		Jovem Ano	Madura	Jovem Ano	Madura
Burseraceae					
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett	Árvore	-	I	-	-
Cactaceae					
Cactaceae 1	Arbusto	-	I/II/III	-	I/II/III/IV
Cactaceae 2	Arbusto	-	III	-	II/IV
Capparaceae					
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J. Presl	Árvore	-	II/III/IV	III	-
Cleomaceae					
<i>Tarenaya spinosa</i> (Jacq.) Raf.	Erva	-	III	-	III
Commelinaceae					
<i>Callisia repens</i> (Jacq.) L.	Erva	I/II/III	I/II/III/IV	I/II/III	I/II/III/IV
<i>Commelina obliqua</i> Vahl	Erva	II/III	II/III	I/IV	II/III
Commelinaceae 1	Erva	-	-	II/III	II
Convolvulaceae					
<i>Evolvulus filipes</i> Mart.	Erva	-	-	II/III	I
<i>Ipomoea rosea</i> Choisy	Erva	I	II	-	-
<i>Ipomoea</i> 1	Erva	II	I/II/III	III	III/IV
<i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urb.	Erva	-	III	-	IV
Cordiaceae					
<i>Cordia</i> sp1.	Árvore	-	II	-	-
Cyperaceae					
<i>Cyperus</i> sp1.	Erva	-	III	IV	IV
<i>Cyperus uncinulatus</i> Schrad. ex Nees	Erva	I/III	III	I/II/III/IV	I/II/III/IV
<i>Haloschoenus contractus</i> Nees	Erva	-	III	-	-
Dioscoreaceae					
<i>Dioscorea coronata</i> Hauman	Erva	-	I/II/III/IV	II	I/II/III/IV
<i>Dioscorea polygonoides</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Erva	-	-	I	I/II/III
Euphorbiaceae					
<i>Acalipha multicaulis</i> Müll. Arg.	Erva	-	III	-	IV
<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Millsp.	Erva	III	-	IV	-
<i>Chamaesyce hyssopifolia</i> (L.) Small	Erva	-	IV	II/III	II/III
<i>Cnidocolus urens</i> (L.) Arthur	Erva	II	II/III/IV	-	I/II/III/IV
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	Arbusto	III	II/III	I/III/IV	-
<i>Croton glandulosus</i> L.	Arbusto	III	-	-	-
<i>Croton hirtus</i> L'Hér.	Erva	-	-	-	III
<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth	Arbusto	I/II/III/IV	I/III	II/IV	II/IV
<i>Dalechampia scandens</i> (L.) Müll.Arg.	Erva	II/III	III	III/IV	III/IV
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Erva	-	-	IV	-
<i>Euphorbia hirta</i> L.	Erva	-	-	-	IV
<i>Euphorbia insulana</i> Vell.	Erva	I/IV	III/IV	I	-

Apêndice 1. Continuação

Família/Espécie	Hábito	Chuva		Seca	
		Jovem Ano	Madura Ano	Jovem Ano	Madura Ano
Euphorbiaceae					
<i>Tragia volubilis</i> L.	Erva	II	III	IV	II/IV
Euphorbiaceae 1	Erva	-	III	-	-
Fabaceae					
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Árvore	III	III	I	-
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	Árvore	-	-	-	I
<i>Chaetocalyx longiflora</i> Benth. ex A. Gray	Erva	-	-	III/IV	III
<i>Chaetocalyx</i> sp1	Erva	-	-	I	-
<i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene	Erva	II	III	II	-
<i>Chamaecrista</i> sp1.	Erva	III	II		
<i>Desmodium glabrum</i> (Mill.) DC.	Erva	I/II/III/IV	I/II/IV	I/II/III/IV	I/III
<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P. Queiroz	Erva	-	-	I	-
<i>Senegalia tenuifolia</i> (L.) Britton & Rose	Erva	II/IV	I/II/III	I/III/IV	II/III
<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	Erva	III	-	IV	-
<i>Stylosanthes scabra</i> Vogel	Erva	-	-	I	II
<i>Vigna peduncularis</i> (Kunth) Fawc.& Rendle	Erva	I/II/IV	I/II/III/IV	I/II/III/IV	I/II/III/IV
<i>Vigna</i> sp1.	Erva	I/II/III	-	I/II/III	-
<i>Indigofera</i> sp1.	Erva	-	-	I	-
Lycopodiaceae					
<i>Selaginella sulcata</i> (Desv. ex Poir.) Spring	Erva	-	-	II/III/IV	II/III
Lythraceae					
<i>Cuphea prunellifolia</i> A. St.-Hil.	Erva	I	I	I	IV
Malvaceae					
<i>Corchorus hirtus</i> L.	Erva	I	III	-	-
<i>Herissantia crispa</i> (L.) Brizicky	Erva	II	I	I/III	I/II
<i>Physalastrum stoloniferum</i> (Salzm. ex Turcz.) Monteiro	Erva	-	III	-	-
<i>Pseudabutilon spicatum</i> (Kunth).	Erva	-	I/III	II	II/III
<i>Sida rhombifolia</i> L.	Erva	-	-	-	I
Malvaceae 1	Erva	I	I/II/IV	I/II	I/II/III
Mimosaceae					
<i>Mimosa arenosa</i> (Willd.) Poir.	Erva	IV	-	IV	IV
Mimosaceae 1	Erva	I/III/IV	I/III/IV	I/II/IV	IV
Mimosaceae 2	Erva	-	-	IV	-
Molluginaceae					
<i>Mollugo verticillata</i> L.	Erva	II/III	I/II/III	I/III/IV	II/III/IV

Apêndice 1. Continuação

Família/Espécie	Hábito	Chuva		Seca	
		Jovem Ano	Madura	Jovem Ano	Madura
Moraceae					
<i>Dorstenia asaroides</i> Gardner ex Hook.	Erva	-	-	III	I/IV
Orchidaceae					
<i>Cyrtopodium holstii</i> L.C. Menezes	Erva	-	-	-	I
Oxalidaceae					
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Erva	-	III	-	-
<i>Oxalis euphorbioides</i> A. St.-Hil.	Erva	-	I/II/III/IV	II/III	-
Passifloraceae					
<i>Piriqueta racemosa</i> (Jacq.) Sweet	Erva	-	-	-	IV
Phyllantaceae					
<i>Phyllanthus niruri</i> (L.) Müll.Arg.	Erva	-	I/III	II	-
Poaceae					
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	Erva	-	III	-	III
<i>Digitaria</i> sp1 Haller	Erva	III	-	-	-
<i>Panicum trichoides</i> Sw.	Erva	I/II/III/IV	I/II/III/IV	I/II/III/IV	I/II/III/IV
<i>Panicum venezuelae</i> Hack.	Erva	I/II/III/IV	I/II/III/IV	II/III/IV	I/II/III/IV
<i>Pappophorum papipherum</i> (Lam.) Kuntze	Erva	I	-	I/III/IV	III
<i>Paspalum</i> sp1 L.	Erva	-	IV	-	-
<i>Urochloa maxima</i> (Jacq.) R.D. Webster	Erva	III/IV	IV	I/II	I
Poaceae 1	Erva	I/II/III	I/II/III/IV	II/III/IV	II/III/IV
Poaceae 2	Erva	I/II/III/IV	I/II/III/IV	II/IV	II/III/IV
Poaceae 3	Erva	III	-	-	-
Portulacaceae					
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Erva	-	I/II	-	IV
Portulacaceae sp1	Erva	-	-	-	II
<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Willd.	Erva	-	III	IV	IV
<i>Talinum triangulare</i> (Jacq.) Willd.	Erva	I/II	I/II/III/IV	II/III/IV	I/II/III/IV
<i>Talinum</i> sp1.	Erva	III	III/IV	-	IV
Rubiaceae					
<i>Richardia grandiflora</i> (Cham. & Schltl.) Steud.	Erva	-	III	IV	IV
Sapindaceae					
<i>Serjania</i> sp1.	Erva	III	III	III	III/IV
Sapindaceae 1	Erva	I	-	-	I
Solanaceae					
<i>Solanum americanum</i> Mill.	Erva	III	III	III	III/IV
<i>Solanum paniculatum</i> L.	Erva	-	-	-	III
Solanaceae 1	Erva	-	I	-	II
Urticaceae					
<i>Pilea hyalina</i> Fenzl	Erva	I/II/III/IV	I/II/III/IV	I/II/III/IV	I/II/III/IV

Apêndice 1. Continuação

Família/Espécie	Hábito	Chuva		Seca	
		Jovem Ano	Madura	Jovem Ano	Madura
Verbenaceae					
<i>Lantana camara</i> L.	Arbusto	-	III	-	-
<i>Lippia americana</i> L.	Arbusto	II/III	-	I/IV	-
Verbenaceae 1	Arbusto	-	-	-	I
Morfoespécie 1		I/IV	I/IV	II/III	-
Morfoespécie 2		II	I/II/III	I/II/III/IV	I/II/III/IV
Morfoespécie 3		III	III	-	-
Morfoespécie 4		-	III	III	III
Morfoespécie 5		I	II/III	IV	III

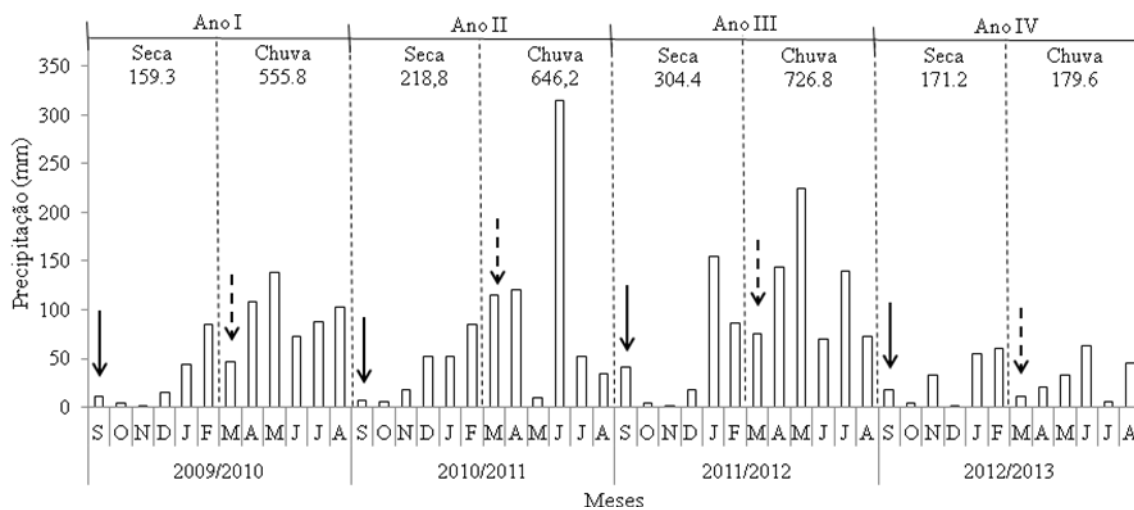


Figura 1. Precipitação mensal e total de precipitação durante a estação chuvosa e seca por quatro anos. Setas com linhas cheias indicam as amostras coletadas no final das estações chuvosas e setas com linhas tracejadas indicam amostras coletadas no final da estação seca. Dados fornecidos pela estação meteorológica da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) e Caruaru, Pernambuco, Brasil.

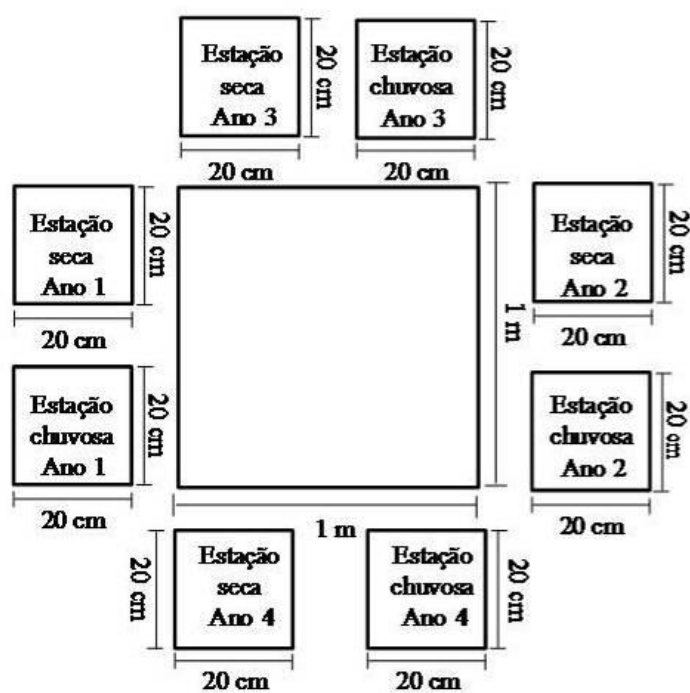


Figura 2. Visão esquemática da coleta do banco de sementes do solo (parcelas de 20x20x5 cm) no entorno das parcelas fixas de 1x1 m em uma região semiárida no Nordeste do Brasil.

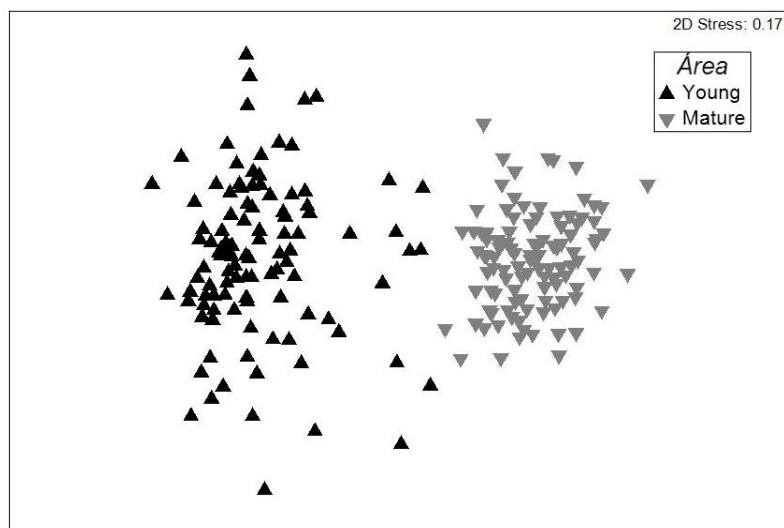


Figura 3. Ordenação formada após análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) das espécies germinadas no banco de sementes germináveis do solo em áreas de floresta jovem e madura, durante quatro anos de estudo, com base na riqueza de espécies por área. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas.

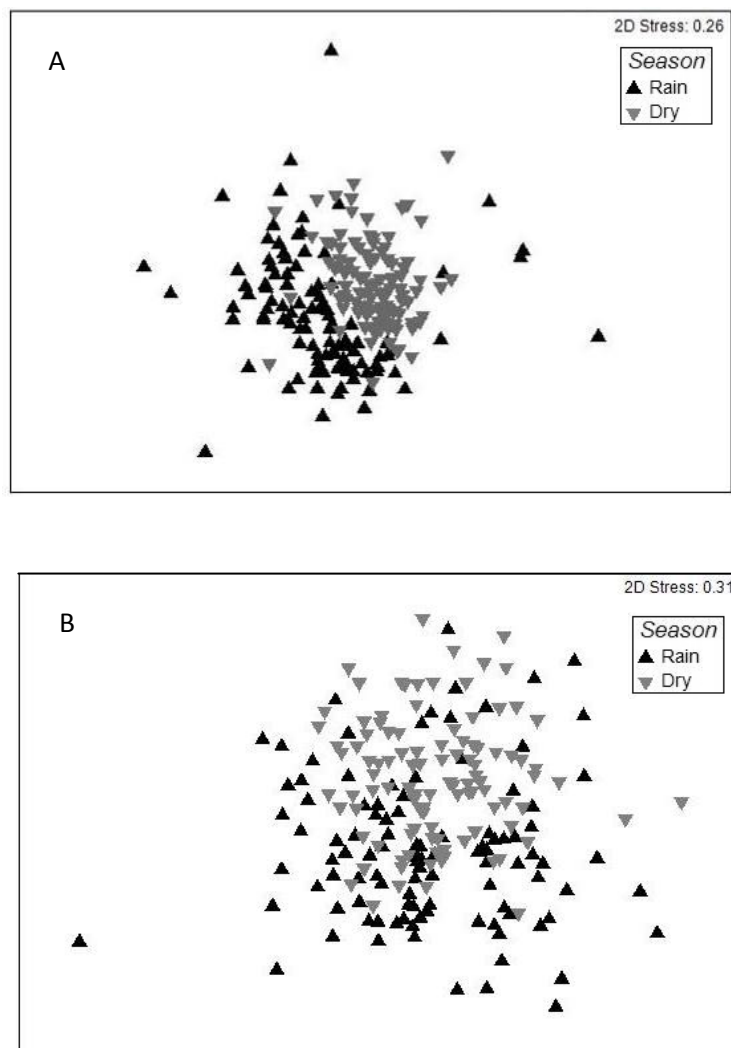


Figura 4. Ordenação formada após análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) das espécies germinadas no banco de sementes do solo entre estações climáticas (Chuvosa e Seca) em áreas de floresta jovem (A) e madura (B) durante quatro anos consecutivos. Este gráfico foi produzido com base na riqueza de espécies por área. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas considerando apenas as estações climáticas.

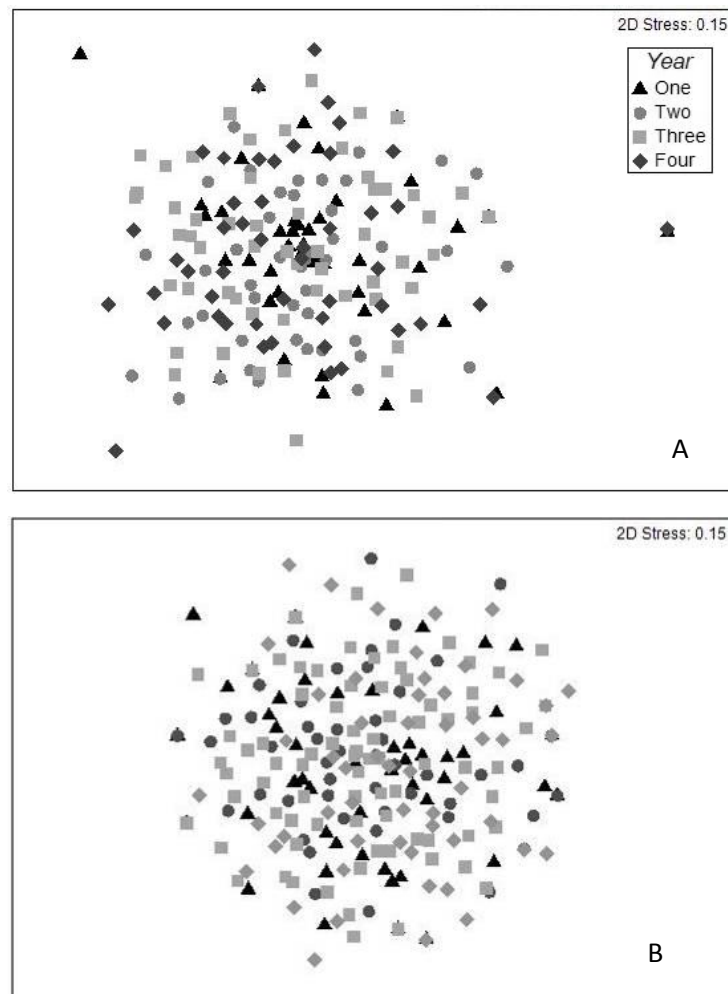


Figura 5. Ordenação formada após análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) das espécies germinadas no banco de sementes do solo entre quatro anos consecutivos em áreas de floresta jovem (A) e madura (B). Este gráfico foi produzido com base na riqueza de espécies por área. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas considerando os quatro anos de estudo.

Tabela 1. Análise SIMPER calculada entre as estações climáticas chuvosa e seca, entre as de floresta madura e jovem e entre os quatro anos de estudos com a contribuição de cada espécie na dissimilaridade entre as áreas amostradas (Av.Diss.).

Estação seca e chuvosa		Floresta Jovem e Madura	
Av. Diss. = 86,29		Av. Diss. = 92,18	
Espécie	Av. Diss	Espécie	Av. Diss
<i>Delília biflora</i>	10,24	<i>Pilea Hyalina</i>	12,47
<i>Pilea Hyalina</i>	9,77	<i>Delília biflora</i>	11,81
<i>Panicum trichoides</i>	6,97	<i>Panicum trichoides</i>	7,58
<i>Heliotropium angiospermum</i>	4,08	<i>Heliotropium angiospermum</i>	4,43
<i>Panicum venezuelae</i>	3,49	<i>Panicum venezuelae</i>	3,49
Poaceae 1	2,63	Poaceae 1	2,69
<i>Phaseolus pedunculares</i>	2,63	<i>Phaseolus pedunculares</i>	2,56
<i>Ruellia</i> sp1	2,50	<i>Begonia reniformis</i>	2,56
<i>Begonia reniformis</i>	2,43	<i>Ruellia</i> sp1	2,48
<i>Tallinum triangulare</i>	2,12	Poaceae 2	2,18
Poaceae 2	2,06	<i>Tallinum triangulare</i>	2,07
<i>Desmodium glabrum</i>	1,95	<i>Desmodium glabrum</i>	2,05
<i>Gomphrena vaga</i>	1,94	<i>Gomphrena vaga</i>	1,94
Malvaceae 1	1,77	Malvaceae 1	1,87
<i>Bidens bipinnata</i>	1,53	<i>Bidens bipinnata</i>	1,59
<i>Callisia repens</i>	1,39	<i>Callisia repens</i>	1,37
<i>Gnaphalium spicatum</i>	1,27	<i>Gnaphalium spicatum</i>	1,30
<i>Ruellia asperulla</i>	1,24	<i>Ruellia bahiensis</i>	1,28
<i>Dioscorea coronata</i>	1,22	<i>Ruellia asperulla</i>	1,24
<i>Ruellia bahiensis</i>	1,18	<i>Pappophorum papipherum</i>	1,24
<i>Pappophorum papipherum</i>	1,14	<i>Dioscorea coronata</i>	1,22
<i>Hippeastrum</i> sp1	1,09	<i>Hippeastrum</i> sp1	1,13
<i>Croton blanchetianus</i>	1,07	<i>Croton blanchetianus</i>	1,08
<i>Cyperus uncinulatus</i>	1,01	<i>Cyperus uncinulatus</i>	1,04
<i>Mimosa arenosa</i>	1,01	<i>Mimosa arenosa</i>	1,02
<i>Croton heliotropiifolius</i>	0,98	<i>Croton heliotropiifolius</i>	1,00
<i>Urochloa maxima</i>	0,96	<i>Urochloa maxima</i>	0,98
Mimosaceae 1	0,89	Mimosaceae 1	0,88
Cactaceae 1	0,87	Cactaceae 1	0,84
Morfoespécie 2	0,70	Morfoespécie 2	0,73
Morfoespécie 1	0,57	<i>Chamaesyce hyssopifolia</i>	0,56
<i>Chamaesyce hyssopifolia</i>	0,52	<i>Blainvillea acmella</i>	0,52
<i>Blainvillea acmella</i>	0,47	Morfoespécie 1	0,52
<i>Solanum americanum</i>	0,47	<i>Solanum americanum</i>	0,48
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	0,47	<i>Vigna</i> sp1	0,46
<i>Vigna</i> sp1	0,45	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	0,44
<i>Conocliniopsis prasiifolia</i>	0,45	<i>Dalechampia scandens</i>	0,44
<i>Dalechampia scandens</i>	0,43	<i>Conocliniopsis prasiifolia</i>	0,41
<i>Mollugo verticillata</i>	0,40	<i>Mollugo verticillata</i>	0,41
<i>Phyllantus niruri</i>	0,37	<i>Commelina obliqua</i>	0,36
<i>Commelina obliqua</i>	0,36	<i>Selaginella sulcata</i>	0,35
<i>Lippia americana</i>	0,35	-	-

Tabela 2. Análise GLM mostrando a influência da idade da floresta (jovem e madura), variação sazonal e anual na precipitação e suas interações sobre a densidade e riqueza do banco de sementes germinável em uma área semiárida no Nordeste do Brasil. Valores de P em negrito denotam diferença significativa (GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = ; P = Significância).

Variáveis	Densidade					Riqueza				
	GL	SQ	QM	F	P	GL	SQ	QM	F	P
Intercepto	1	176607.5	176607.5	496.9650	0.000000	1	16783.39	16783.39	3.765.988	0,000000
Idade	1	8745.2	8745.2	24.6085	0.000001	3	621.34	207.11	46.473	0,000000
Ano	3	8525.4	2841.8	7.9967	0.000027	1	1160.01	1160.01	260.292	0,000000
Estação	1	22755.6	22755.6	64.0333	0.000000	1	85.95	85.95	19.287	0,000012
Idade *Ano	3	14297.0	4765.7	13.4104	0.000000	3	499.21	499.21	37.339	0,000000
Idade *Estação	1	162.8	162.8	0.4582	0.498582	3	679.35	679.35	50.812	0,000000
Ano*Estação	3	3006.5	1002.2	2.8200	0.037721	1	71.26	71.26	15.990	0,000066
Idade *Ano*Estação	3	8421.8	2807.3	7.8995	0.000031	3	427.75	142.58	31.994	0,000000
Erro	1664	591339.2	355.4			1664	7415.73	4.46		
Total	1679	657253.5				1679	10960.61			

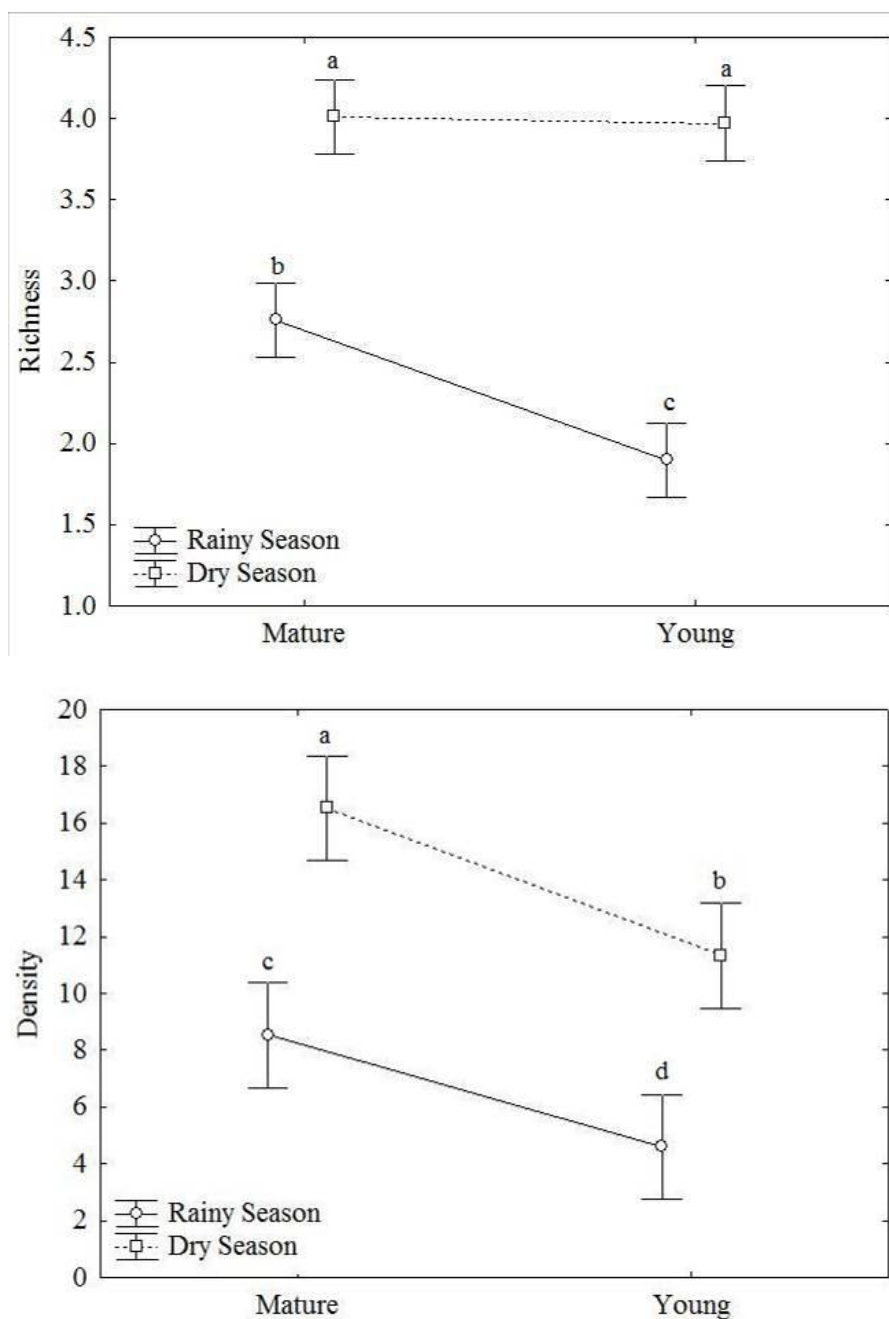


Figura 6. Variação espaço-temporal na riqueza média (número de espécies/parcela de 20x20cm) e densidade média de sementes (sementes/parcela de 20x20cm) em áreas de floresta jovem e madura durante quatro anos em uma região semiárida no Nordeste do Brasil. Letras diferentes entre estações climáticas (chuvosa e seca) de cada área (madura e jovem) e entre áreas em cada estação denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95.

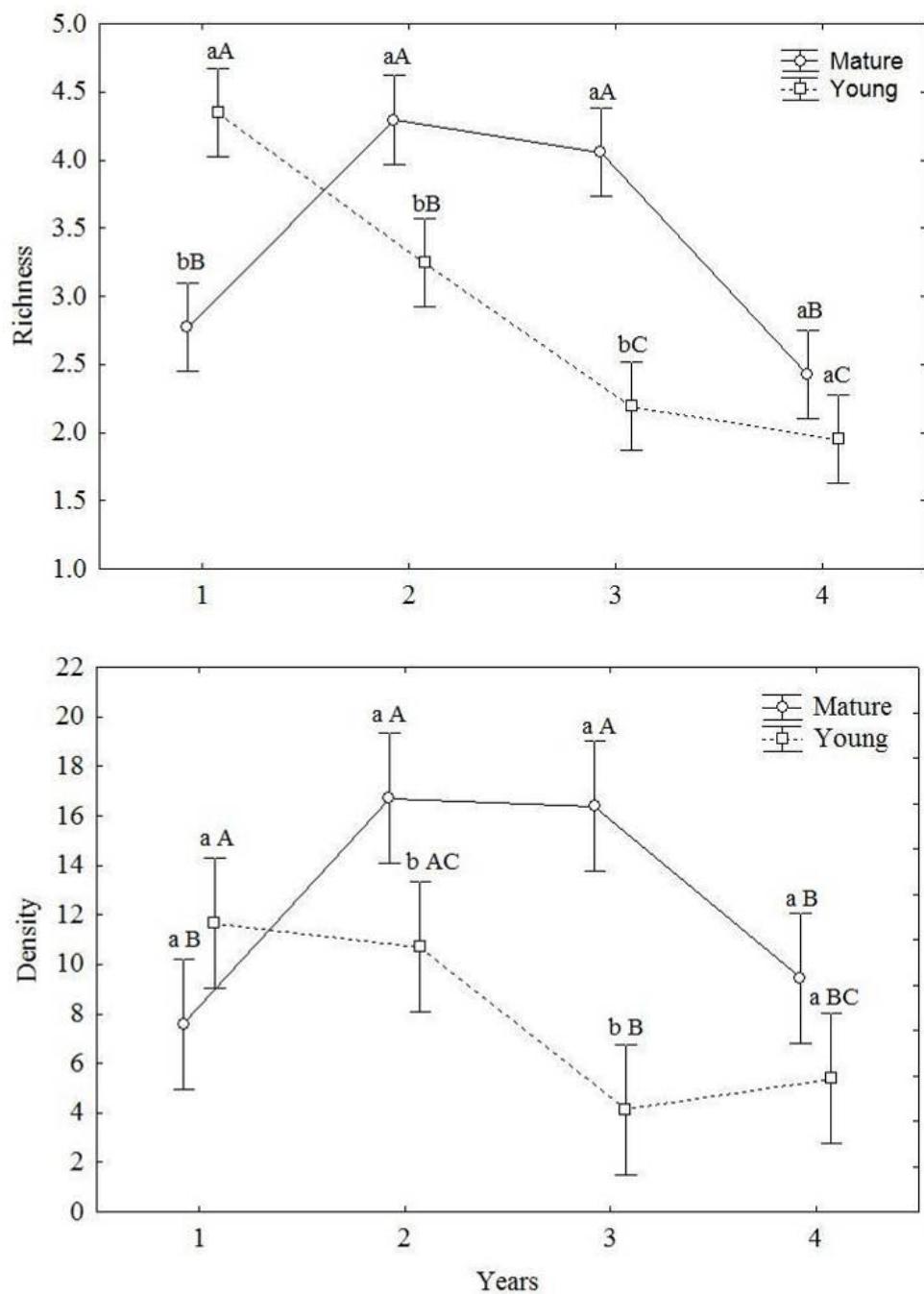


Figura 7. Variação anual na riqueza média (número de espécies/parcela de 20x20cm) e densidade média de sementes (sementes/parcela de 20x20cm) em áreas de floresta jovem e madura durante quatro anos em uma região semiárida no Nordeste do Brasil. Letras Maiúsculas diferentes entre anos de cada área e letras minúsculas diferentes entre áreas em cada ano denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95.

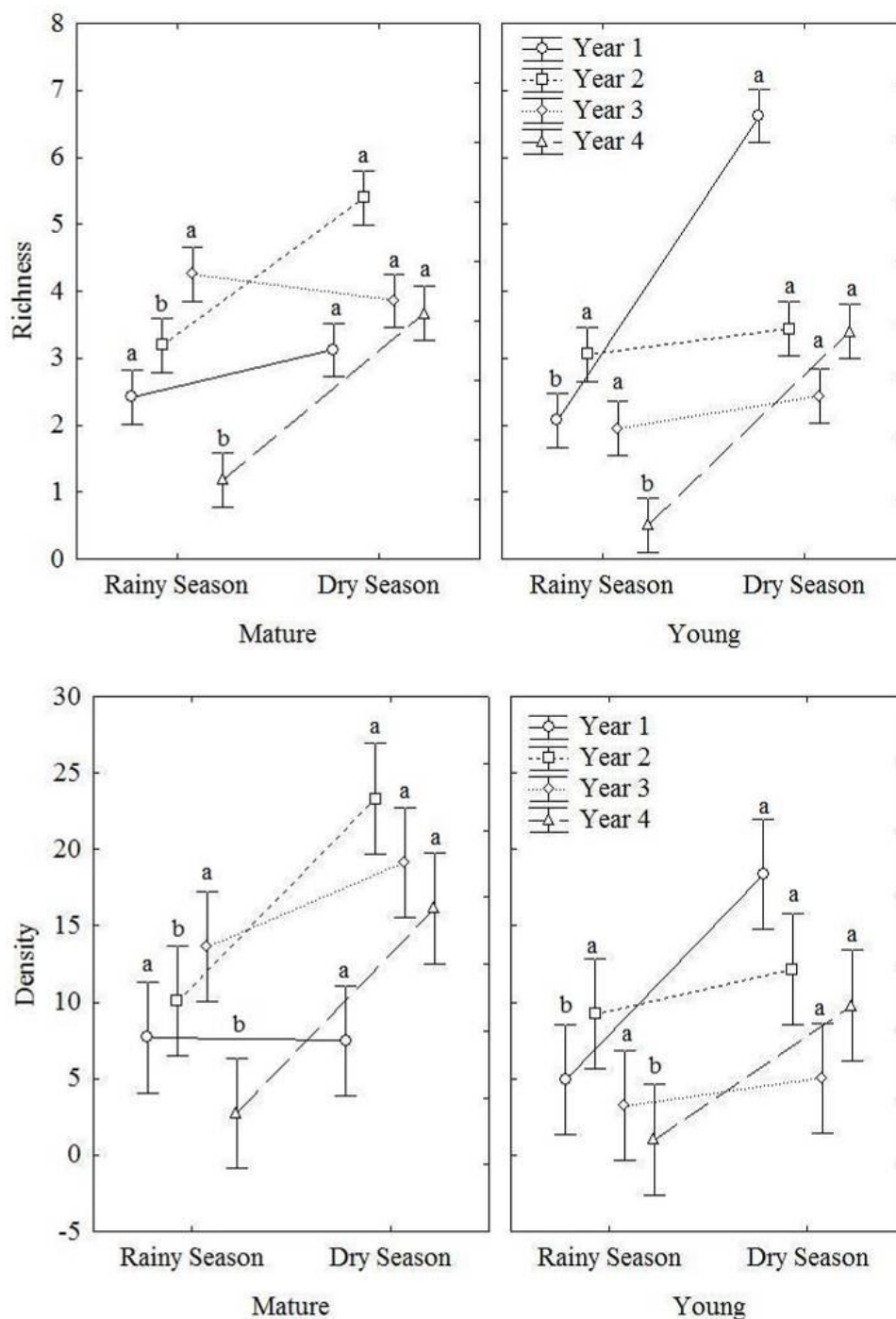


Figura 8. Variação sazonal na riqueza média (número de espécies/parcela de 20x20cm) e na densidade média de sementes (sementes/parcela de 20x20cm) em áreas de floresta jovem e madura durante quatro anos em uma região semiárida no Nordeste do Brasil. Letras diferentes entre estações climáticas (chuvosa e seca) de cada área denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95.

Capítulo 2

Dinâmica espaço-temporal do banco de sementes germinável em uma área de floresta seca no Nordeste do Brasil

Danielle Melo dos Santos^{1*}; Kleber Andrade da Silva²; Simone Rabelo Cunha²; Elcida de Lima Araújo¹

Artigo a ser enviado a Ecology



Dinâmica espaço-temporal do banco de sementes germinável em uma área de floresta seca no Nordeste do Brasil

Danielle Melo dos Santos^{1*}; Kleber Andrade da Silva²; Simone Rabelo Cunha²; Elcida de Lima Araújo¹

Resumo

O banco de sementes do solo contribui para a manutenção e renovação da comunidade vegetal. A riqueza de espécies e a densidade do banco de sementes do solo é afetado pelas variações temporais e espaciais que ocorrem em ambientes secos. Desta forma, este estudo teve como objetivo caracterizar o efeito do tempo (estação climática e precipitação do ano) e do espaço (profundidade do solo e tipo de microhabitat) na composição florística, riqueza de espécies e densidade de sementes no banco do solo de uma floresta seca no Brasil, durante sete anos consecutivos. Durante o período de estudo, as amostras de solo foram coletadas por estação climática (chuvosa e seca) em três tipos de microhabitats (Plano, Rochoso e Ciliar) para a serrapilheira e o solo 0-5 cm, totalizando 2940 amostras. O método utilizado para quantificar o banco de sementes do solo foi o de emergência de plântulas, sendo cada amostra coletada, monitorado por seis meses. Todos os dados de riqueza de espécies e emergência de plântulas foram analisados pelo teste de GLM e Anosim para a composição florística. Os resultados obtidos demonstram que a composição florística, riqueza de espécies e densidade de sementes difere entre estações climáticas, entre anos de estudo, entre profundidades do solo e entre os três tipos de microhabitats encontrados na área estudada. Porém, o poder de explicação de cada variável foi baixo demonstrando que outras variáveis como temperatura, ação do vento e predação também podem estar influenciando no armazenamento de sementes no banco do solo. Em síntese, este estudo demonstrou que a composição florística, riqueza de espécies e a emergência de plântulas encontradas no banco de sementes do solo é influenciada pela variação espaço-temporal encontrada em ambientes secos. Desta forma, pode-se afirmar que todas as variáveis testadas explicaram em parte o comportamento encontrado no banco de sementes.

Palavras-Chave: Emergência de plântulas; Microhabitats; Sazonalidade; Semiárido.

1. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de biologia, Área Botânica, Dois Irmãos, 52171-900, Recife-PE, Brasil.

*Autor para correspondência: Tel.: +558133206308; fax: +558133206360/ Endereço de email: danmelo_bio@hotmail.com

2. Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Rua do Alto do Reservatório s/n, Bela Vista CEP: 55608-680, Vitória de Santo Antão-PE, Brasil.

INTRODUÇÃO

O banco de sementes das florestas tropicais secas contribui com a manutenção e renovação das populações de plantas nativas (Florentine et al. 2006, Megill et al. 2011, Araújo et al. 2013, Hamim et al. 2013). Ele assegura a sobrevivência de determinadas espécies através do armazenamento de sementes que, porventura, não consigam se estabelecer na vegetação (Hopfensperger 2007, Makarian et al. 2007, Wang et al. 2009). A riqueza de espécies e a densidade de sementes encontradas no banco do solo variam de acordo com o tempo e com as diferenças espaciais encontradas nesta vegetação (Garwood 1989, Quevedo-Robledo et al. 2009, Silva et al. 2013, Santos et al. 2013).

As variações anuais e sazonais que ocorrem na precipitação em função do tempo podem causar mudanças na dinâmica do banco de sementes das florestas secas. Entre os atributos mais afetados da comunidade vegetal estão a riqueza de espécies e a densidade de sementes que em algumas áreas são maiores em anos mais úmidos (Peters 2002, Facelli et al. 2005) em outras áreas são maiores em períodos secos (Coffin e Lauenroth, 1989; Onaindia e Amezaga, 2000; Traba et al., 2006). Além disso, a precipitação de anos anteriores também podem ter um maior poder de explicação sobre os atributos do banco de sementes do que as chuvas do ano corrente (Silva et al. 2013). Portanto, os atributos do banco de sementes do presente pode ser um reflexo da influência da precipitação do passado sobre a dinâmica da comunidade vegetal.

Durante a estação chuvosa, existe uma maior disponibilidade de água que possibilita uma maior reprodução das plantas (Peters 2002, Facelli et al. 2005, Hegazy et al. 2009) e tempo de frutificação das espécies ocorrendo em sincronia com o período chuvoso (Wang et al. 2005). Consequentemente, ocasiona uma maior dispersão das sementes no solo, formando um banco de sementes mais rico e denso neste período. Além disso, sementes de algumas espécies que são dispersas no período seco, podem

permanecer dormentes no banco do solo e germinar apenas durante o período chuvoso (Williams et al. 2005). Também pode ocorrer maior dessecação das sementes no período seco diminuindo a riqueza e o quantitativo de sementes (Henderson et al. 1988).

Pesquisas também vêm descrevendo que em alguns locais a densidade de sementes e a riqueza de espécies podem ser maiores em períodos secos (Cabin e Marshall 2000, Arroyo et al. 2006). Tal fato está relacionado à persistência do banco de sementes do solo (Onaindia e Amezaga 2000) e, por conseguinte, ao acúmulo da produção de sementes do ano anterior (Onaindia e Amezaga 2000, Silva et al. 2013) e dispersão de sementes quiescentes de espécies que frutificam apenas na estação seca (Shackleton 1999, Selwyn e Parthasarathy 2006, Valdez- Hernández et al. 2010).

No espaço, as variações na riqueza de espécies e na densidade de sementes podem ocorrer de duas maneiras: 1) diferenças no espaço vertical (Yu et al. 2008, Santos et al. 2010, Silva et al. 2013, Araújo et al. 2014) e 2) diferenças no espaço horizontal (microhabitats) (Cabin e Marshall 2000, Hegazy et al. 2009, Pekas e Schupp 2013, Erfanzadeth et al. 2014). No espaço vertical, a riqueza e densidade do banco de sementes das florestas secas presente no solo são maiores do que na camada de serrapilheira. Este fato é justificado porque a camada de serrapilheira nas florestas secas tende a ser fina e as sementes são mais facilmente predadas (Hopfensperger 2007, Mamede e Araújo, 2008; Yu et al. 2008, Brito e Araújo 2009).

No espaço horizontal, as florestas secas são caracterizadas por uma grande diversidade de microhabitats que, conseqüentemente, causam mudanças na dinâmica do banco de sementes, como por exemplo, microhabitats formados por manchas de vegetação arbustivo-arbórea e áreas abertas adjacentes (Caballero et al. 2008, Dreber et al. 2011, Erfanzadeth et al. 2014) e aqueles formados por um gradiente de altitude (Caballero et al. 2003, Ma et al. 2006, Hegazy et al. 2009). De maneira geral, estes

estudos registraram que as manchas de vegetação arbustivo-arbóreas abrigam uma maior riqueza e densidade no banco de sementes do solo, porque estes microhabitats detêm condições microclimáticas (como umidade e temperatura, por exemplo) que favorecem a formação de um banco de sementes mais rico e denso.

No entanto, isso não é uma tendência geral para as florestas secas, pois Mayor et al. (2007) e Yu et al. (2008) registraram a formação de um banco de sementes de elevada riqueza e densidade em áreas abertas do que nas manchas de vegetação. Em uma área de floresta seca no Nordeste do Brasil, a riqueza de espécies do banco de sementes foi maior em um microhabitat ciliar (condições mais favoráveis, como por exemplo, um maior tempo de sombreamento o que acarreta um maior tempo de umidade do solo) e a densidade em um microhabitat rochoso (condições menos favoráveis, como por exemplo, um maior tempo de incidência luminosa o que acarreta a dessecação rápida do solo) (Santos et al. 2013), mostrando que a influência das condições microclimáticas nem sempre vão ser semelhantes para a riqueza de espécies e densidade de sementes.

Na Região Nordeste do Brasil, o tipo predominante de floresta seca é denominado de caatinga, na qual ocorrem baixos totais pluviométricos anuais, irregularidade de distribuição das chuvas (Sampaio et al., 2005) e variações nos microhabitats para o estabelecimento das plantas (Araújo et al. 2007, Santos et al. 2013, Silva et al. 2013), que a torna um bom exemplo para verificar o efeito da precipitação do presente e passado, espaço vertical (serrapilheira e solo) e horizontal (microhabitats) sobre os atributos do banco de sementes em uma série temporal longa. Então, admitindo que a dinâmica do banco de sementes do solo das florestas tropicais secas seja regida pela heterogeneidade espaço-temporal, este estudo tem por hipóteses que: 1) As variações na precipitação, entre estações climáticas e entre anos consecutivos, causam mudanças na

composição florística e determinam o número de sementes e de espécies do banco de sementes; 2) Após sete anos de pesquisa, é possível prever que a precipitação do passado possui um maior impacto do que a precipitação do presente na riqueza e densidade do banco de sementes; 3) as variações nos espaços vertical (serrapilheira e solo) e horizontal (microhabitats) influenciam a composição florística, a riqueza e a densidade do banco de sementes.

Para testar estas hipóteses este estudo se propõe a responder as seguintes perguntas: (1) variação temporal na precipitação causa mudança na composição florística, riqueza de espécies e a densidade de sementes do banco do solo? (2) as variações nos espaços vertical (serrapilheira e solo) e horizontal (microhabitats plano, rochoso e ciliar) alteram a composição florística, riqueza de espécies e a densidade de sementes? (3) ao longo de sete anos consecutivos é possível prever como ocorre a formação do banco de sementes do solo em ambientes secos?

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em uma área de floresta tropical seca, localmente denominada Caatinga, com fisionomia arbustivo-árborea (Andrade-Lima, 1981; Rodal et al., 1999; Sampaio et al., 2005). Esta vegetação possui uma elevada importância econômica para as comunidades da região (Monteiro et al. 2006, Lucena et al. 2007, 2008). Todavia, a vegetação da área de estudo é preservada porque está localizada numa estação de pesquisas experimentais pertencente ao Instituto de Pesquisa Agropecuária – IPA (8°14'18" S e 35°55'20" W, 535 m de altitude), em Caruaru, PE, Brasil.

O clima local é semiárido seco do tipo BSh (Koppen, 1931) com precipitação média anual de 680 mm e temperaturas mínima e máxima absolutas de 11° C e 38° C,

respectivamente, com temperatura média compensada de 22,7° C. Os totais de precipitação variaram de 350,8 mm a 1031,2 mm durante os setes anos (2006 a 2012) de estudo (Figura 1). Os dados de precipitação foram fornecidos pela estação meteorológica do IPA. A estação chuvosa geralmente ocorre entre março e agosto e os demais meses são marcados pela seca. Todavia, podem ocorrer eventuais chuvas na estação seca bem como veranicos na estação chuvosa (Araújo et al. 2007). A estacionalidade climática local determina a deciduidade da flora lenhosa durante a estação seca e a visibilidade de ervas terófitas apenas na estação chuvosa.

A área do IPA é drenada pelo riacho Olaria, afluente do rio Ipojuca (Araújo et al. 2005, Reis et al. 2006) e, segundo Alcoforado Filho et al. (2003), o solo ocupado pela vegetação nativa é Podzólico Amarelo Eutrófico. Na vegetação da área estudada predominam espécies lenhosas das famílias Mimosaceae, Caesalpiniaceae, Euphorbiaceae e Cactaceae (Alcoforado-Filho et al. 2003, Araújo et al. 2007). No componente herbáceo predominam espécies das famílias Poaceae, Euphorbiaceae, Convolvulaceae, Malvaceae, Asteraceae e Fabaceae (Araújo et al. 2005, Reis et al. 2006).

Pelo menos três tipos de microhabitats (heterogeneidade nas condições de estabelecimento em pequena escala) (Begon et al., 2007) são facilmente visualizados na área do estudo, sendo descritos por Araújo et al. (2005) e Santos et al. (2013) como: ciliar, plano e rochoso. O ciliar corresponde à faixa de terreno com inclinação suave às margens do riacho Olaria, sem considerar a parte do leito onde corre água do riacho na época de maior precipitação. Neste microhabitat, as plantas lenhosas apresentam em média 7 m de altura e formam um dossel relativamente fechado, ocorrendo maior sombreamento sobre o solo, o qual se mantém úmido por um número maior de meses quando comparado aos demais microhabitats. O microhabitat plano corresponde aos

terrenos planos, sem maiores elevações e que distam até 150 m das margens do leito do Riacho. As plantas lenhosas desse microhabitat apresentam altura média de 5 m, mas, comparado ao microhabitat ciliar formam um dossel mais aberto, com maior penetração de luz solar direta, o que, dentro desta vegetação, favorece a uma maior dessecação rápida do solo na estação seca quando visualmente comparado com os outros microhabitats. O microhabitat rochoso corresponde aos locais com pequenos afloramentos rochosos (com área variando de 2 a 5 m² e altura 0,1 a 1 m), que ocorrem como manchas dispersas no microhabitat plano, alguns bem sombreados por copas de plantas lenhosas e outros mais expostos à incidência da luz solar. Apesar de não ser comum existir distintas solo formado na superfície dos afloramentos rochosos, os mesmos apresentam depressões profundas, e às vezes fissuras espessas, de forma que as depressões e as fissuras acumulam um pouco de solo e serrapilheira, o que permitiu a coleta de solo neste microhabitat. Além disso, nos afloramentos rochosos também ocorre presença de uma fina camada de briófitos e de líquens (que mantém um pouco de umidade sobre as rochas), além de algumas plantas herbáceas terófitas.

Amostragens do banco de sementes

No fragmento de vegetação nativa estudada, existe um trecho de 1 ha onde vêm sendo realizado estudos de longo prazo sobre a vegetação local (Araújo et al. 2005, Lopes et al. 2012, Santos et al. 2013). No interior desse trecho foram aleatoriamente alocadas 105 parcelas de 1x1 m para o estudo da vegetação herbácea (Araújo et al. 2005, Reis et al. 2006, Santos et al. 2013), sendo 35 em cada microhabitat (plano, rochoso e ciliar) totalizando 105 parcelas. No entorno de cada parcela foram coletadas amostras de solo por microhabitat, nos finais das estações chuvosas (Março) e secas (Setembro) durante sete anos consecutivos (2006 a 2012) (Figura 2). O solo foi coletado

em parcelas confeccionadas com chapa galvanizada de 20x20 cm, a 5 cm de profundidade, separando a camada de serrapilheira, totalizando 2940 amostras (sendo 70 amostra de solo por ano em cada microhabitat x sete anos x duas profundidades), seguindo a metodologia adotada na maioria dos estudos sobre o banco de sementes do solo (Ma et al. 2006, Hegazy et al. 2009, Ne'eman e Izhaki 2009, Quevedo-Robledo et al. 2009, Santos et al. 2010, 2013; Silva et al. 2013).

Todas as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e etiquetadas por parcela, profundidade, microhabitat e, em casa de vegetação, cada amostra foi colocada em bandeja de isopor (20x38x3 cm) e irrigada diariamente, sem adição de solução nutritiva e/ou hormonal por um período de seis meses. As bandejas foram organizadas em duas fileiras, sendo colocada bandejas controle entre as mesmas, contendo solo esterilizado em autoclave por 30 minutos a 150°C, visando detectar possíveis contaminações causadas por sementes dispersas pelo vento, totalizando mais 51 bandejas controle por cada estação.

A determinação do número de sementes no banco do solo foi realizada pelo método de emergência de plântulas (não considerando o número de sementes dormentes da amostra), seguindo metodologia adotada por Bromn (1992), Christoffoleti e Caetano (1998), Gasparino et al. (2006), Santos et al. (2013) sendo a mesma expressa por metro quadrado para possibilitar comparação entre os estudos realizados (Baskin e Baskin 1989, Caballero et al. 2003, Hegazy et al. 2009, Ne'eman e Izhaki 2009, Santos et al. 2010, 2013, Silva et al. 2013).

Diariamente, as plântulas emergentes de cada amostra do solo foram contadas e etiquetadas, anotando-se a data de germinação, o número da parcela e o tipo de microhabitat de onde a amostra foi coletada. Plântulas com cerca de 5 cm de altura foram transplantadas para sacos de polietileno, irrigadas e monitoradas durante seis

meses, visando obter material reprodutivo, quando possível, de ervas terófitas para identificação taxonômica correta da espécie. Ainda para auxiliar na identificação das plântulas que não floresceram, foram coletadas sementes das espécies ocorrentes na área de estudo e colocadas para germinar, sendo as plântulas comparadas, através de fotografias que fazem parte de um banco de imagem pertencente ao Laboratório de Ecologia Vegetal de Ecossistemas Naturais (LEVEN).

Além disso, a identificação também foi realizada através de consultas em literatura específica e por comparações com exsicatas depositadas nos herbários Prof. Vasconcelos Sobrinho (PEUFR) e Dárdano de Andrade Lima (IPA), adotando-se o sistema de classificação de APG III (Souza e Lorenzi 2012). Plântulas não identificadas foram indicadas como morfoespécies.

Análises do banco de sementes

A composição florística da floresta foi comparada entre a serrapilheira e solo, entre estações climáticas, entre microhabitats e entre anos através da Análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS), utilizando a matriz de dissimilaridade Bray-Curtis, com base na densidade relativa das espécies das 105 unidades amostrais da área de estudo. O ANOSIM foi utilizado para verificar a significância do agrupamento formado no NMDS. Para as análises do NMDS e ANOSIM foi utilizado o programa Primer versão 6.1.6 (Clarke e Gorley 2006).

Modelos lineares generalizados (GLM) (Dobson 2002) foram utilizados para avaliar o efeito: 1) das variações sazonais e anuais nas precipitações do presente e do passado; 2) profundidade do solo e 3) o tipo de microhabitat sobre a riqueza de espécies e emergência de plântulas do banco de sementes do solo. Foram utilizadas as distribuições normal, lognormal ou de probabilidade de Poisson, de acordo com casos específicos. Para as distribuições normais ou lognormal, a função de ligação identidade

foi utilizada, enquanto função de ligação log foi utilizada para as distribuições de Poisson. Também foram consideradas as interações de primeira ordem entre as variáveis explicativas. Akaike Critérios de Informação (AIC) (Akaike 1974) foram utilizados para modelos parcimoniosos selecionados. Redução proporcional dos desvios obtidos foi usada para acessar a importância da variável explicativa para explicar a variável resposta (Dobson 2002). Todas as análises estatísticas foram feitas com o software livre R (R Development Core Team 2011).

RESULTADOS

Riqueza de espécies e composição florística

Durante os sete anos deste estudo, um total de 138 espécies emergiu das amostras do banco de sementes do solo, sendo 23 identificadas em nível de família, 17 em nível de gênero, 82 em nível de espécie e 16 como morfoespécies (Apêndice 1). Das 138 espécies, 101 emergiram apenas na estação seca e 102 apenas na estação chuvosa. Analisando a variação espacial vertical, foi possível observar que 89 espécies ocorreram na serrapilheira e 128 no solo 0-5 cm. No espaço horizontal, 100 espécies ocorreram no microhabitat plano, 88 no rochoso e 110 no ciliar (Apêndice 1).

Trinta e cinco espécies ocorreram exclusivamente na estação seca e 29 na estação chuvosa. No espaço vertical, nove espécies ocorreram exclusivamente na serrapilheira e 44 no solo (0-5 cm). No espaço horizontal, 17 espécies ocorreram exclusivamente no microhabitat plano, quatro no rochoso e 22 no ciliar (Apêndice 1).

As famílias com maior riqueza de espécies, durante os setes anos de estudo, foram Euphorbiaceae (11), Poaceae (10), Fabaceae (9), Asteraceae (9) e Malvaceae (oito), (Apêndice 1). Durante os sete anos foi verificado que um grupo de 10 espécies tiveram ocorrência contínua no tempo (estações climáticas) e no espaço (profundidade do solo e tipo de microhabitat), sendo elas: *Begonia reniformis* Vell. (Begoniaceae), *Callisia*

repens (Jacq.) L. (Commelinaceae), *Cyperus uncinulatus* Schrad. ex Nees (Cyperaceae), *Delilia biflora* (L.) Kuntze (Asteraceae), *Dioscorea coronata* Hauman (Dioscoreaceae), *Gomphrena vaga* Mart. (Amaranthaceae), *Panicum trichoides* Sw. (Poaceae), *Panicum venezuelae* Hack. (Poaceae), *Pilea hyalina* Fenzl (Urticaceae) e *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd (Portulacaceae) (Apêndice 1). Vale ressaltar, que todas as espécies supracitadas possuem o hábito herbáceo.

Em relação à composição florística, foi possível constatar que houve variação sazonal (R global = 0,242 e $p < 0,01$; figura 3) e anual (R global = 0,209 e $p < 0,01$; figura 4) no conjunto de espécies. O conjunto de espécies registrado no sétimo ano deste estudo foi diferente, sendo menor, em comparação com os conjuntos registrados nos seis primeiros anos. No espaço vertical, a composição florística da serrapilheira foi diferente da composição florística encontrada no solo 0-5 cm (R global = 0,35 e $p < 0,01$; figura 5). No espaço horizontal, também houve variação na composição florística entre os três microhabitats (R global = 0,311 e $p < 0,01$; figura 6).

A análise GLM mostrou que o tipo de microhabitat, a profundidade do solo e as variações sazonais e anuais nas precipitações do presente e do passado, considerando a maioria das suas interações, explicaram em parte, as variações na riqueza de espécies (Tabela 1). Considerando os sete anos, a riqueza de espécies foi maior no ano I nas duas profundidades e nos três microhabitats (Figura 7). No geral, a riqueza de espécies foi semelhante entre estações climáticas. Considerando as variações espaciais, na serrapilheira a riqueza foi maior na estação seca nos microhabitats plano e rochoso. No solo, a riqueza foi maior na estação chuvosa no microhabitat plano e na seca do ciliar (figura 8). Foi possível determinar que o solo do microhabitat ciliar detêm o maior número de espécies encontradas no banco de sementes (figura 7).

A análise do GLM também demonstrou que a profundidade do solo explicou 19,6% da riqueza de espécies, seguido da precipitação do ano anterior e do ano corrente com 4,2% cada e do microhabitat com apenas 0,2% (Tabela 1). Vale salientar que, tanto para a riqueza quanto para a emergência de plântulas, todas as interações entre as variáveis analisadas neste estudo apresentaram efeito significativo, mas para algumas interações esta significância foi muito baixa, chegando a menos de 1%.

Emergência de plântulas

Durante os sete anos de estudo, a densidade do banco de sementes variou de 1 a 66 sem.m⁻² (Tabela 2). A densidade total do banco de sementes foi 583 sem.m⁻² sendo 235 sem.m⁻² na estação chuvosa e 348 sem.m⁻² na estação seca. No espaço vertical, 119 sem.m⁻² germinaram na serrapilheira e 464 sem.m⁻² no solo 0-5 cm. No espaço horizontal, 121 sem.m⁻² germinaram no microhabitat plano, 287 sem.m⁻² no rochoso e 175 sem.m⁻² no ciliar.

A análise GLM mostrou que o tipo de microhabitat, a profundidade do solo e as variações sazonais e anuais nas precipitações do presente e do passado considerando a maioria das suas interações explicaram em parte as variações encontradas na emergência de plântulas (Tabela 1). Considerando os sete anos, a emergência de plântulas foi maior no ano I nas duas profundidades do solo e nos três microhabitats (figura 9). Analisando isoladamente as estações climáticas, foi possível constatar que a estação seca deteve o maior número de sementes nas duas profundidades do solo e nos três microhabitats (figura 10). Analisando isoladamente as variações espaciais, foi possível determinar que o solo (0-5 cm) e o microhabitat rochoso detêm o maior número de sementes germinadas (figura 9).

A análise GLM também demonstrou que a profundidade do solo explicou 16,1 % da emergência de plântulas, seguido da precipitação do ano anterior com 7,0%,

microhabitat com 6,1 % e a precipitação do ano corrente com 3.1 % explicando as diferenças encontradas na emergência de plântulas (Tabela 1).

DISCUSSÃO

Efeito da variação temporal sobre o banco de sementes

A composição florística, riqueza de espécies e emergência de plântulas encontradas no banco de sementes do solo, são afetadas pelas variações sazonais e anuais das precipitações do presente e do passado, confirmando a hipótese.

A maioria dos trabalhos sobre o banco de sementes do solo de ambientes secos demonstra que a pluviosidade influenciam positivamente a composição e riqueza de espécie, além do número de sementes que chegam ao solo (Henderson et al. 1988, Peters 2002, Facelli et al. 2005, Wang et al. 2005, Williams et al. 2005, Hegazy et al. 2009, Quevedo-Robledo et al. 2009). Por exemplo, anos com maior total pluviométrico podem auxiliar no aumento da reprodução das plantas e conseqüentemente no número de sementes produzidas que são dispersas para o solo.

No entanto, neste estudo, considerando isoladamente a variação sazonal, foi constatado que o número de espécies encontrados no banco do solo foi semelhante entre as estações climáticas. Mas a composição florística diferiu significativamente entre estações e o número de sementes que germinaram do banco foi maior na estação seca em comparação com a estação chuvosa.

Outras pesquisas descrevem que a densidade de sementes e a riqueza de espécies são maiores em períodos secos (Coffin e Lauenroth 1989; Cabin e Marshal 2000, Onaindia e Amezaga 2000; Arroyo et al. 2006; Traba et al. 2006). Segundo os autores a elevada densidade de sementes no período seco está relacionada à persistência do banco de sementes do solo e, por conseguinte, ao acúmulo da produção de sementes do ano anterior (Onaindia e Amezaga 2000). E em alguns locais, a densidade de sementes no

solo é maior no verão, devido ao pico de emergência de plântulas na estação subsequente (Traba et al. 2006).

Neste estudo, apesar do banco de sementes do solo ser composto em sua maioria, por espécies herbáceas terófitas, possivelmente a estação chuvosa esteja funcionando como época de armazenamento de sementes destas espécies, possibilitando a formação de um banco de sementes na estação seca. No entanto, no que diz respeito a riqueza florística parece que a estação climática não afeta o número de espécies que chega ao solo, pois tanto na estação seca como na estação chuvosa o número de espécies registrados foram semelhantes.

A influência da variabilidade anual da precipitação no banco de sementes do solo vêm apontando que anos mais úmidos detém um maior número de espécies e de sementes no solo (Pugnaire e Lazaró 2000, Peters 2002, Lopez et al. 2003, Facelli et al. 2005, Shen et al. 2007). No entanto, esta tendência não foi encontrada neste estudo, pois o número de sementes e de espécies foi maior no ano I que obteve um índice pluviométrico (602 mm) inferior aos demais anos, ficando acima apenas do total de chuvas do ano VII (350,8 mm).

Segundo Silva et al. (2013) a riqueza de espécies e a densidade de sementes encontradas no banco do solo são melhor explicadas pelo comportamento de chuvas de anos anteriores do que pelas chuvas do ano corrente. No presente estudo esta afirmação não foi encontrada, pois a precipitação do ano corrente e anterior obtiveram um poder de explicação menor que 10% tanto para a riqueza de espécies como para emergência de plântulas. De acordo com Ooi (2012), com a diminuição dos níveis médios anuais da precipitação que vem ocorrendo na maioria dos ecossistemas semiáridos e áridos, devido principalmente ao aquecimento global, a fenologia e reprodução de plantas podem sofrer alterações, podendo causar posterior alterações também na composição de

espécies. Talvez, tal fato esteja ocorrendo na área estudada, afetando de maneira drástica o número de sementes e a composição de espécies que compõe o banco do solo, pois o ano VII que atravessou uma seca severa e prolongada, com apenas 350 mm de precipitação anual, teve uma composição florística significativamente reduzida em comparação com os demais anos. No sétimo ano, 52 espécies foram registradas sendo que oito ocorreram exclusivamente. Destas espécies exclusivas, sete são herbáceas e apenas uma possui o hábito arbóreo. Possivelmente, as plântulas destas espécies suportam uma estação seca mais prolongada ou possuem um banco permanente do solo, que pode ter sido produzido em anos anteriores.

Efeito da variação espacial sobre o banco de sementes

A profundidade do solo e os diferentes microhabitats afetaram a composição florística, riqueza de espécies e emergência de plântulas encontradas no banco de sementes do solo, confirmando a hipótese.

Em relação às variações no espaço vertical, foi possível constatar que o solo 0-5 cm deteve o maior número de espécies e sementes. Os trabalhos sobre banco de sementes do solo vêm demonstrando que a serrapilheira detêm um menor número de espécies e de sementes em comparação com as camadas do solo (Hopfensperger 2007, Yu et al. 2008, Brito e Araújo 2009, Santos et al. 2010, 2013, Araújo et al. 2014). Nestes trabalhos, os autores relatam que isto ocorre porque as sementes são mais facilmente predadas por animais na serrapilheira (Hopfensperger 2007, Brito e Araújo 2009) e não há possibilidade do armazenamento das sementes e, conseqüentemente, da formação de um banco de sementes do solo (Hopfensperger 2007, Yu et al. 2008). Assim, as sementes viáveis encontradas na serrapilheira permanecem nesta camada em um intervalo curto de tempo, de uma estação climática para outra sem ultrapassar o ano (Hopfensperger 2007).

Neste estudo, esta tendência também pode ser comprovada pelo quantitativo de espécies e sementes encontradas nesta camada e também pelas diferenças na composição entre serrapilheira e solo (0-5 cm). Desta forma, pode-se afirmar que as sementes dispersas na serrapilheira constituem um banco do solo transitório onde parte destas sementes germina dentro de um ano e as sementes que não germinam neste intervalo de tempo, possivelmente vão ser depositadas no solo (0-5 cm).

Em relação ao espaço horizontal, foi verificado que para a riqueza de espécies o efeito significativo do microhabitat foi muito baixo. No entanto, o ciliar deteve uma composição florística diferente bem como um maior número de espécies em relação ao plano e ao rochoso. No entanto, para a emergência de plântulas, a variável microhabitat teve um efeito elevado, apontando o microhabitat rochoso com maior número de sementes. Os trabalhos que vêm sendo realizados com o objetivo de quantificar as espécies e as sementes em diferentes tipos de microhabitats relatam que a riqueza de espécies e a emergência de plântulas são significativamente maiores em microhabitats com características específicas como: maior umidade (Pugnaire e Lazaró 2000, Hegazy et al. 2009, Quevedo-Robledo et al. 2009); maior sombreamento (Guo et al. 1998, Caballero et al. 2008, Pekas e Schupp 2013, Dreber et al. 2011, Erfanzadeth et al. 2014) e maior temperatura (Mayor et al. 2007, Yu et al. 2008).

Estas características também podem ser observadas no microhabitat ciliar. No trabalho de Santos et al. (2013), realizado na mesma área, o ciliar também apresentou maior riqueza de espécies, devido ao maior número de espécies exclusivas. Os autores relataram que possivelmente este ambiente tenha disponibilidade de água por um tempo maior quando comparado aos microhabitats rochoso e plano, além disso, a vegetação lenhosa nesse trecho formava um dossel mais fechado que mantinha folhagem por um tempo maior, conferindo maior sombreamento ao solo. No estudo de Santos et al.

(2013) a análise da influência dos microhabitats no banco de sementes do solo foi realizada por três anos consecutivos. No presente estudo esta análise perdurou sete anos consecutivos, o que permite afirmar que possivelmente existe uma tendência de microhabitats ciliares deter o maior número de espécies e uma composição florística diferente quando comparado com os demais microhabitats.

Em relação ao microhabitat rochoso que deteve o maior número de sementes, também foi possível observar que este mesmo resultado foi encontrado no estudo de Santos et al. (2013). Os autores relataram que possivelmente os microhabitats rochosos conseguem obter uma maior persistência no armazenamento do banco de sementes porque são recobertos por líquens e briófitos e apresentam depressões e fendas que favorecem o acúmulo de solo e serrapilheira e de umidade. Além disso, as fendas e fissuras das rochas são características que contribuam para retenção da semente neste microhabitat. Desta forma, este estudo apenas comprova e afirma que o microhabitat rochoso contribue para a formação do banco de sementes permanente nesta área de caatinga.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A composição florística, riqueza de espécies e a emergência de plântulas encontradas no banco de sementes do solo são influenciadas pela variação espaço-temporal encontradas em ambientes secos. Desta forma, pode-se afirmar que todas as variáveis testadas neste estudo explicaram em parte o comportamento encontrado no banco de sementes.

No entanto, algumas variáveis tiveram o poder de explicação maior, como foi o caso da profundidade do solo e outros tiveram baixo poder de explicação, como foi o caso do microhabitat. Para as variações temporais, foi possível constatar, que sete anos

de pesquisa demonstram que a variabilidade no quantitativo de chuvas proporciona diferenças no quantitativo de sementes e espécies que ficam armazenadas no solo.

Para as variações espaciais, foi possível constatar, que o número de sementes e espécies no solo (0-5 cm) é maior em comparação com a serrapilheira, durante os sete anos consecutivos. Isto demonstra que o solo provavelmente tem potencial de armazenar espécies através de suas sementes com uma densidade elevada devido a proteção que o mesmo tem conferida pela serrapilheira. Então mesmo a serrapilheira não tendo a mesma riqueza e densidade, seu papel também é importante para manutenção das populações vegetais na forma de semente.

Em relação ao efeito dos microhabitats foi possível comprovar que o ciliar mantém um maior número de espécies. Porém para a emergência de plântulas, o rochoso foi o microhabitat que deteve o maior número de sementes, revelando a importância dos mesmos para a conservação da diversidade biológica dos ambientes secos.

Assim, ao longo de sete anos consecutivos é possível afirmar que o banco de sementes do solo da vegetação de caatinga é formado com o auxílio das variações na precipitação e nas condições de diferentes tipos de microhabitats.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Agrônomo de Pesquisa Agropecuária (IPA) pela logística e permissão de trabalhar em sua propriedade; aos pesquisadores do Laboratório de Ecologia Vegetal e Ecossistemas Nordestinos (LEVEN) pelo apoio, sugestões e auxílio na execução do projeto e à CAPES e o CNPq pela concessão da bolsa de estudo, bolsa de produtividade dos pesquisadores e apoio financeiro ao projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcoforado-Filho, F.G., Sampaio, E.V.S.B., Rodal, M.J.N., 2003. Florística fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru. *Acta Botânica Brasileira* 17: 287-303.

Akaike, H. 1974. A New Look at the Statistical Model. *Identification Transactions on automatic control* 19 (6): 716-723.

Araújo, E. L.; Silva, K. A.; Ferraz, E. M. N.; Sampaio, E. V. S. B.; Silva, S. I. 2005. Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de caatinga, Caruaru-PE. *Acta Botanica Brasilica* 19: 285-294.

Araújo, E. L.; Castro, C. C.; Albuquerque, U. P. 2007. Dynamics of Brazilian caatinga – A review concerning the plants, environment and people. *Functional Ecosystems and Communities* 1(1): 15-28.

Araújo, V.K.R.; Santos, D.M.; Araújo, E.L. Diferenças no banco de sementes de *Delilia biflora* (L.) Kuntze entre duas áreas de caatinga (antropizada e preservada) no nordeste do Brasil. 2013. *Terra (Qualidade de vida, Mobilidade e segurança nas cidades)*. (Org) Giovani Seabra. Editora universitária UFPB.

Araújo, V.K.R.; Santos, D.M.; Santos, J.M.F.F.; Lima, K.A.; Souza, D.N.N.; Araújo, E.L. Influência do status da floresta e da variação sazonal sobre o banco de sementes no semiárido brasileiro. *Gaia Scientia*, 2014.

Arroyo, M.T.K.; Chacon, P.; Cavieres, L.A. 2006. Relationship between seed bank expression, adult longevity and aridity in species of *Chaetanthera* (Asteraceae) in Central Chile. *Annals of Botany* 98: 591-600.

Baskin, C.C., Baskin, J.M., 1989. Seeds, ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination in: Leck, A.M., Parker, T.V., Simpson, L.R. Eds. *Ecology of soil seed banks*. New York: Academic Press, pp.53-67.

Brito, L.B.M.; Araújo, F.S. 2009. Banco de sementes de *Cordia oncocalyx* Allemão em uma área de Caatinga sobre planossolo. *Revista Caatinga* 22(2): 206-212.

Bromn, D., 1992. Estimating the composition of a forest seed bank: a comparison of the seed extraction and seedling emergence methods. *Canadian Journal of Botany* 70: 1603-1612.

Caballero, I.; Olano, J. M.; Loidi, J.; Escudero, A. 2003. Seed bank structure along a semi-arid gypsum gradient in central Spain. *Journal of Arid Environments* 55: 287-299.

Caballero, I.; Olano, J. M.; Escudero, A.; Loidi, J. 2008. Seed bank spatial structure in semi-arid environments: beyond the patch-bare area dichotomy. *Plant Ecology* 195: 215-223.

Cabin, R. J.; Marshall, D. C. 2000. The demographic role of soil seed banks. I. Spatial and temporal comparisons of below- and above-ground populations of the desert mustard *Lesquerella fendleri*. *Journal of Ecology*. 88: 233-292.

- Christoffoleti, P.J., Caetano, R.S.X., 1998. Soil seed bank. *Scientia Agricola* 55: 74-78.
- Clarke, K.R., Gorley, R.N. 2006. Primer v6: user manual/tutorial. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth.
- Conffin, P.D; Lauenroth, K.W. 1989. Spatial and temporal variation in the seed bank of a semiarid grassland. *Journal of Botany* 76: 53-58.
- Dobson, A.J. 2002. An introduction to generalized linear models second edition. Press Company Boca Raton London. New York, Washington, D.C.
- Dreber, N.; Oldeland, J.; Gretil, M. V.; Rooyen, V. 2011. Species, functional groups and community structure in seed banks of the arid Nama Karoo: grazing impacts and implications for rangelands restoration. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 141: 399-409.
- Erfanzadeh, R.; Shahbazian, R.; Zali, H. 2014. Role of plant patches in preserving flora from the soil seed bank in a overgrazed high-mountain habitat in Northern Iran. *Journal Agronomic Science Technologic* 19: 229-238.
- Facelli, J. M.; Chesson, P.; Barnes, N. 2005. Differences in seed biology of annual plants in arid lands: a key ingredient of the storage effect. *Ecology* 86(11): 2998-3006.

Florentine, K. S.; Westbrooke, M. E.; Gosney, K.; Ambrose, G.; O'keefe, M. 2006. The arid land invasive weed *Nicotiana glauca* R.Graham (Solanaceae): Population and soil seed bank dynamics, seed germination patterns and seedling response to flood and drought. *Journal of Arid Environments* 66: 218-230.

Garwood, N.C. 1989. Tropical soil seed banks *In*: Leck, M.A.; Parker, T. V.; Simpson. R.L.A.F. (eds) *Ecology of soil seed banks*. New York. p. 149-209.

Gasparino, D., Malavasi, U.C., Malavasi, M.M., Souza, I., 2006. Quantificação do banco de sementes sob diferentes usos do solo em área de domínio ciliar. *Revista Árvore* 30: 1-9.

Guo, Q; Rundel, P.W. Goodall, D.W. 1998. Horizontal and vertical distribution of desert seed banks: patterns, causes, and implications. *Journal of Arid Environments* 38: 465-478.

Hamin, N.; Quaye, M.; Westberg, E.; Barazoni, O. 2013. Soil seed bank among-years genetic diversity in arid populations of *Eruca Sativa* Miller (Brassicaceae). *Journal of arid environments* 91: 151-154.

Hegazy, A. K.; Hammouda, O.; Lovett-Doust, J.; Gomaa, N. H. 2009. Variations of the germinable soil seed bank along the altitudinal gradient in the northwestern Red Sea region. *Acta Ecologica Sinica* 29: 20-29.

Henderson, B.C; Petersen, K.E; Redak, R.A. 1988. Spatial and temporal patterns in the seed bank and vegetation of a desert grassland community. *Journal of Ecology* 76: 717-728.

Hopfensperger, K.N. 2007. A review of similarity between seed bank and standing vegetation across ecosystems. *Oikos* 116: 1438-1448.

Lopes, C.G.R., Ferraz, E.M.N., Castro, C.C., Lima, E.N., Santos, J.M.F.F., Santos, D.M., Araújo, E.L. 2012. Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. *Forest ecology Management* 271: 115-123.

López, R. P. 2003. Soil seed bank in the semi-arid Prepuna of Bolivia. *Plant Ecology* 168: 85-92.

Lucena, R.F.P., Araújo, E.L., Albuquerque, U.P., 2007. Does the Local Availability of Woody Caatinga Plants (Northeastern Brazil) Explain Their Use Value? *Economic Botany* 61: 347-361.

Lucena R.F.P., Nascimento, V.T., Araújo, E.L., Albuquerque, U.P., 2008. Local uses of native plants in an area of caatinga vegetation (Pernambuco, NE-Brazil). *Ethnobotany Research and Applications* 6: 3-13.

Ma, J. Y.; Ren J.; Wang, G.; Chen, F. H. 2006. Influence of different microhabitats and stand age on viable soil seed banks of sand-stabilising species. *South African Journal of Botany* 72: 46-50.

Makarian, H.; Mohassel, R. H. M.; Bannayan, M.; Nassiri, M. 2007. Soil seed bank and seedling populations of *Hordeum murinum* and *Cardaria draba* in saffron fields. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120: 307-312.

Mayor, M. D.; Bóo, R. M.; Pelaéz, D. V. Elía, O. R.; Tomás, M. A. 2007. Influence of shrub cover on germination, dormancy and viability of buried and unburied seeds of *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hackel. *Journal of Arid Environments* 68: 509-521.

Megill, L.; Lawrence, R.W.; Cheryl, V.; Johnson, D. 2011. Seed bank dynamics and habitat indicators of *Arctomecon californica*, a rare plant in a fragmented Desert environment. *Western North American Naturalist* 71 (2): 195-205.

Monteiro, J.M., Lins Neto, E.M.F., Albuquerque, U.P., Amorim, E.L.C., Araújo, E.L., 2006. Use patterns and knowledge of medicinal species among two rural communities from Northeastern Brazil semi-arid region. *Journal of Ethnopharmacology* 105: 173-186.

Ne'eman, G.; Izhaki, I. 2009. The effect of stand age and microhabitat on soil seed banks in Mediterranean Aleppo pine forests after fire. *Plant Ecology* 144: 115–125.

Onaindia, M.; Amezaga, I. 2000. Seasonal variation in the seed banks of native woodland and coniferous plantations in Northern Spain. *Forest Ecology and Management* 126: 163-172.

Pekas, K.M.; Schupp, E.W. 2013. Influence of aboveground vegetation on seed bank composition and distribution in a Great Basin desert sage brush community. *Journal of arid environments* 88: 113-120.

Peters D. P. C. 2002. Plant species dominance at a grassland-Shrubland ecotone: and individual-based gap dynamics model of herbaceous and species woody. *Ecological Modeling* 152: 5-32.

Pugnaire, F. I.; Lazaró, R. 2000. Seed bank and understory species composition in a semi-arid environment: the effect of shrub age and rainfall. *Annals of Botany* 86: 807-813.

Ooi, M.K.J. 2012. Seed bank persistence and climate change. *Seed Science Research* 22: 53-60.

Quevedo-Robledo, L., Pucheta, E., Ribas-Fernandéz, Y. 2009. Influences of interyear rainfall variability and microhabitat on the germinable seed bank of annual plants in a Sandy Monte Desert. *Journal of Arid Environments* 74(2): 167-172.

R Development Core Team (2011), *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria : the R Foundation for Statistical Computing. ISBN: 3-900051-07-0. Available online at <http://www.R-project.org/>.

Reis, A.M.S., Araújo, E.L., Ferraz, E.M.N., Moura, A.N., 2006. Variações interanuais na florística e fitossociologia do componente herbáceo de uma área de caatinga, Pernambuco, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 29: 497-508.

Santos, D.M.; Silva, K.A.; Santos, J.M.F.F.; Lopes, C.G.R.; Pimentel, R.M.M.; Araújo, E.L. 2010. Variação espaço-temporal do banco de sementes em uma área de floresta tropical seca (caatinga) – Pernambuco. *Revista de Geografia* 27(1): 234-253.

Santos, J.M.F.F., Santos, D.M., Lopes, C.G.R.L., Silva, K.A., Sampaio, E.V.S.B., Araújo, E.L. 2013. Natural regeneration of the herbaceous community in a semiarid region in Northeastern Brazil. *Environment Monitoring Assessment* 185(10): 8287-8302.

Santos, D.M.; Silva, K.A.; Albuquerque, U.P.; Santos, J.M.F.F.; Lopes, C.G.R.; Araújo, E.L. 2013. Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinable soilseed bank in a tropical dry forest in north-eastern Brazil? *Flora* 208 : 445-452.

Seifan, M., Seifan, T., Ariza, C., Tielbörger, K., 2010. Facilitating an importance Index. *Journal of Ecology* 98: 356-361.

Selwyn, M.A., Parthasarathy, N., 2006. Reproductive traits and phenology of plants in tropical dry evergreen forest on the Coromandel coast of India. *Biodiversity and Conservation* 15: 3207-3234.

Shackleton, C.M., 1999. Rainfall and topo-edaphic influences on woody community phenology in South African savannas. *Global Ecology and Biogeography* 8: 125-136.

Shen, Y.; Liu, W.; Cao, M.; LI, Y. 2007. Seasonal variation in density and species richness of soil seed-banks in karst forests and degraded vegetation in central Yunnan, SW China. *Seed Science Research* 17: 99–107.

Silva, K.A.; Santos, D.M.; Santos, J.F.F.; Albuquerque, U.P.; Ferraz, E.M.N.; Araújo, E.L. 2013. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. *Acta Oecologica* 46: 25-32.

Souza, V.C., Lorenzi, H. 2012. *Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APGIII*. 3. ed. Nova Odessa/SP: Instituto Plantarum, 768p.

Traba, J.; Azcárate, F.M.; Peco, B. 2006. The fate of seeds in Mediterranean soil seed bank in relation to their traits. *Journal of vegetation science* 17: 5-10.

Yu, S.; Bell, D.; Sternberg, M.; Kutiel, P. 2008. The effect of microhabitats on vegetation and its relationships with seedlings and soil seed bank in a Mediterranean coastal sand dune community. *Journal of Arid Environments* 72: 2040-2053.

Valdez-Hernández, M., Andrade, J.L., Jackson, P.C., Rebolledo-Vieyra, M., 2010. Phenology of five tree species of a tropical dry forest in Yucatan, Mexico: effects of environmental and physiological factors. *Plant and Soil* 329: 155-171.

Wang, S.M.; Zhang, X.; LI, Y.; Zhang, L.; Xiong, Y.C.; Wang, G. 2005. Spatial distribution patterns of the soil seed bank of *Stipagrostis pennata* (Trin.) de winter in the gurbantonggut desert of north-west ,China. *Journal of arid environments* 63:203-222.

Wang, N. Jiao, J. Jia, Y. Zhang. X. 2009. Soil seed bank composition and distribution on eroded slopes in the hill-gully Loess Plateau region (China): influence on natural vegetation colonization. *Earth Surf. Process. Landforms* 36: 1825–1835.

Williams, P.R.; Congdon, R.A; Grice, A.C; Clarke, P.J. 2005. Germinable soil seed banks in a tropical savanna: seasonal dynamics and effects of fire. *Austral Ecology* 30: 79–90.

Apêndice 1. Espécies de plântulas emergentes na área de caatinga, entre estações climáticas (Chuva e Seca), na serrapilheira e no solo (0-5 cm) em três microhabitats (Plano, Rocha e Ciliar) durante sete anos de estudo, em uma área semiárida no Nordeste do Brasil.

Família/Espécie	Chuva						Seca					
	Serrapilheira			Solo			Serrapilheira			Solo		
	Plano	Rocha Ano	Ciliar	Plano	Rocha Ano	Ciliar	Plano	Rocha Ano	Ciliar	Plano	Rocha Ano	Ciliar
Acanthaceae												
<i>Pseuderanthemum detruncatum</i> (Nees & Mart.) Radlk.	-	-	I	-	-	-	-	-	V	-	-	-
<i>Ruellia asperula</i> (Mart. & Nees) Lindau	-	-	V	IV	V	V	-	-	-	-	-	-
<i>Ruellia bahiensis</i> (Nees) Morong	-	-	-	-	-	-	-	V	V	V	V	V
<i>Ruellia</i> sp1	-	-	-	VI	-	VI	-	VI/VII	VII	VI/VII	VI/VII	VII
Amaranthaceae												
<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	-	-	-	-	-	-	-	-	-	VI	-	-
<i>Gomphrena vaga</i> Mart.	I/II/IV/VII	I/II/III/V	II/IV	I/II/IV/V/VII	I/II/IV/V	I/II/IV	III/V/VI	I/III/V/VII	III/IV/V/VII	III/IV/V/VI/VII	I/V/VI/VII	I/III/IV/V/VI/VII
Amarillydaceae												
<i>Hippeastrum</i> sp1 Herb.	-	-	V	IV/VI	IV	IV/V	VII	-	-	VII	-	IV/V/VI
Anacardiaceae												
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	I/V	VI	I/V	I/III/VI	IV/V	III	IV/V	IV	V/VI	-	IV	V/VI
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	-	-	-	-	IV	-	-	V/VI	-	VI/VII	-	VI
Araceae												
<i>Alocasia plumbea</i> Van Houtte	-	-	V	VI	-	IV/V/VI/VII	-	-	-	VII	-	V
<i>Anthurium affine</i> Schoot	-	-	-	-	III/IV	I/V	-	-	IV	-	-	IV
Asparagaceae												
<i>Sansevieria guineensis</i> (L.)	-	-	-	-	-	-	-	-	IV	-	-	-
Asteraceae												
<i>Bidens bipinnata</i> L.	I/II/III/IV/V	I/II	II/III	IV/V	I/III/IV/V	I/II/III	I/IV/V	IV/V	II/V	II	I/III	-

Apêndice 1. Continuação

Família/Espécie	Chuva						Seca					
	Serrapilheira			Solo			Serrapilheira			Solo		
	Plano	Rocha Ano	Ciliar	Plano	Rocha Ano	Ciliar	Plano	Rocha Ano	Ciliar	Plano	Rocha Ano	Ciliar
Asteraceae												
<i>Centratherum punctatum</i> Cass	-	-	-	VI	-	-	-	-	-	-	-	VI
<i>Delilia biflora</i> (L.) Kuntze	I/II/III/IV/V/ /VII	I/II/III/I V/V	I/II/III/ V	I/II/III/I V/V/VII	I/II/III/IV/ V/VI/VII	I/II/III/IV/ V	I/II/III/IV/ V	I/II/III/IV/V	I/II/III/V	I/II/III/IV/V/VI /VII	I/II/III/IV/V/ VI	I/II/III/IV/V/V II
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.	-	-	-	-	-	-	-	VI	-	VI/VII	VI	VII
<i>Gnaphalium spicatum</i> Mill.	-	IV	-	VI	-	-	III/IV/V	III/V/VII	III/IV/V	III/IV/V/VII	III/IV/V/VI/ VII	III/IV/V/VII
<i>Gnaphalium</i> 1.	-	-	-	VI	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ageratum</i> 1.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	VII	-	-
<i>Conyza</i> 1.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	VII	-	-
<i>Emilia</i> 1.	-	-	III	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tridax</i> 1.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	VII
Begoniaceae												
<i>Begonia reniformis</i> Vell.	II/VI	I/II	I/II/V	I/II/VI	I/II/V	I/II/V	III/IV/VI	I/III/IV/V/ VI	I/III/IV/V/VI/ VII	III/IV/V/VII	I/II/III/IV/V/ VI	I/II/III/IV/V/ VI/VII
Boraginaceae												
<i>Heliotropium angiospermum</i> Murray	VI	-	I/V	V/VI	-	I	IV/VI	VI/VII	VI/VII	V/VI/VII	V/VI/VII	I/VI/VII
Bromeliaceae												
Bromeliaceae 1	-	-	-	VI	-	-	-	-	-	-	-	-
Burseraceae												
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B. Gillett	-	IV	II	III	-	II/III	-	-	-	-	-	-
Cactaceae												
<i>Cereus jamacaru</i> D.C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III
Cactaceae 1	VI	-	III/IV/V	-	-	II/IV/V	-	-	II/V/VI	II/IV/V/VI/VII	VII	I/II/III/IV/V/ VI
Cactaceae 2	VI	-	-	VI	-	II	-	-	-	VII	V	V/VI

Apêndice 1. Continuação

Família/Espécie	Chuva						Seca					
	Plano	Serrapilheira Rocha Ano	Ciliar	Plano	Solo Rocha Ano	Ciliar	Plano	Serrapilheira Rocha Ano	Ciliar	Plano	Solo Rocha Ano	Ciliar
Capparaceae												
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J. Presl	VII	-	IV	VI	-	-	V	V	-	-	-	V
Cleomaceae												
<i>Tarenaya spinosa</i> (Jacq.) Raf.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	VI	-
Commelinaceae												
<i>Callisia repens</i> (Jacq.) L.	II/III/IV	II/IV/V	III/V/VI /VII	I/III/V/ VI/VII	I/II/IV/V/ VI/VII	I/II/III/IV/ V/VI/VII	VI	V	V/VI	I/II/III/V/VI/ VII	II/IV/V/VI/ VII	I/II/III/IV/V/V I/VII
<i>Commelina obliqua</i> Vahl	-	-	II	VI	I	III/V	-	-	-	VII	I/II/VI	V/VI
Commelinaceae 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	V	-
Convolvulaceae												
<i>Evolvulus filipes</i> Mart.	-	-	-	I	I	I	-	-	IV	III/IV	IV	III/IV
<i>Ipomoea rosea</i> Choisy	V	-	-	V	-	V	-	-	-	-	-	-
<i>Ipomoea</i> 1	-	IV	-	-	V	-	-	-	-	-	VI	VII
<i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urb.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	VII	-
Convolvulaceae 1	-	-	II	I/II	I	II	-	-	-	-	-	-
Convolvulaceae 2	-	-	I	-	-	II	-	-	-	-	-	-
Convolvulaceae 3	-	-	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyperaceae												
<i>Cyperus</i> sp1.	-	-	-	VI	-	-	-	-	-	VII	-	VII
<i>Cyperus uncinulatus</i> Schrad. ex Nees	I	I	I/II	I/II/VI	I/II	I/II/III	I/II	I/V	I/II/V/VI	I/V/VII	I/IV/V	I/II/III/IV/V/ VI
<i>Haloschoenus contractus</i> Nees	-	-	-	VI	-	-	-	-	-	-	-	-
Curcubitaceae												
Curcubitaceae 1	-	-	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dioscoreaceae												
<i>Dioscorea coronata</i> Hauman	I/V	I	I/III/IV	I/IV/VI/ VII	I/IV/V/VI/ VII	I/V	IV/V	I/IV/V	II/IV/V	I/III/IV/V	I/II/IV/V/VI/ VII	I/IV/V/VII
<i>Dioscorea polygonoides</i> Humb..	-	-	-	-	I	I/II	-	I/IV	I/VI	-	I/VI	I/IV/V/VI

Apêndice 1. Continuação

Família/Espécie	Chuva						Seca					
	Plano	Serrapilheira Rocha Ano	Ciliar	Plano	Solo Rocha Ano	Ciliar	Plano	Serrapilheira Rocha Ano	Ciliar	Plano	Solo Rocha Ano	Ciliar
Euphorbiaceae												
<i>Acalipha multicaulis</i> Müll. Arg.	-	-	-	VI	-	-	-	-	-	VI	-	VII
<i>Bernardia sidoides</i> (Klotzsch) Müll. Arg.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I
<i>Chamaesyce hyssopifolia</i> (L.) Small	-	-	-	I	-	I	V	-	-	-	-	VI
<i>Cnidoscopus urens</i> (L.) Arthur	-	V	-	III	VI/VII	V	I/VII	-	-	I/IV	VI	V/VI/VII
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	III	I/III/VI	-	I/VI	III	I/III/IV	V	-	-	-	-	-
<i>Croton rhaminifolius</i> L.	-	-	V	I	I	-	-	-	VII	-	VII	VII
<i>Dalechampia scandens</i> (L.) Müll.Arg.	-	-	-	VII	-	-	-	-	-	I	VI	-
<i>Euphorbia hirta</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	VII	VII	-	-	-
<i>Euphorbia insulana</i> Vell.	III	-	-	-	III	-	-	-	-	-	III	-
<i>Tragia volubilis</i> L.	-	VI	-	VI	-	-	-	-	-	VII	VII	V
Euphorbiaceae 1	-	II	-	-	-	III	-	-	-	II	II	-
Fabaceae												
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	-	-	-	VI	II	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	-	-	-	II	-	-	-	-	-	IV	-	-
<i>Chaetocalyx longiflora</i> Benth. ex A. Gray	-	-	-	-	I	-	-	-	-	-	-	VI
<i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene	-	-	-	V	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chamaecrista</i> 1	-	-	-	I	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Desmodium glabrum</i> (Mill.) DC.	I/IV/VII	I/III/V	-	I/II/V	I/II/III/V	I/III	IV	-	-	-	I/VI	-

Apêndice 1. Continuação

Família/Espécie	Chuva						Seca					
	Plano	Serrapilheira Rocha Ano	Ciliar	Plano	Solo Rocha Ano	Ciliar	Plano	Serrapilheira Rocha Ano	Ciliar	Plano	Solo Rocha Ano	Ciliar
Fabaceae												
<i>Mimosa arenosa</i> (Willd.) Poir	-	-	-	-	-	-	-	VII	VII	-	-	VII
<i>Senegalia tenuifolia</i> (L.) Britton & Rose	I/II/VI	I/II/V/ VI	II/III/IV/ V	I/II/VI	I/II	I/IV	II/IV	II	VI	-	V/VI	II/V/VI
<i>Stylosanthes scabra</i> Vogel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	V
<i>Vigna peduncularis</i> (Kunth) Fawc.& Rendle	I/III/VI	I/III/IV/ V/VII	I/II/IV/ V	I/II/III/ IV/V/ VII	I/II/III/IV/ V/VII/VII	I/II/III/IV/ V	V	IV/V/VI	-	I/II/IV/V/VI	I/III/IV/V/VI	II/V/VI/VII
Fabaceae 1	VI/VII	-	IV/VI	IV/VI/V II	-	IV/VI/VII	VII	VII	VII	-	VII	-
Fabaceae 2	-	-	III	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lycopodiaceae												
<i>Selaginella sulcata</i> (Desv. ex Poir.) Spring	-	-	-	-	-	III	-	-	III/V/VI	V	V	-
Lythraceae												
<i>Cuphea prunellifolia</i> A. St.-Hil.	-	-	-	-	-	IV	-	-	-	-	-	III/VII
<i>Corchorus hirtus</i> L.	I	I	-	I	I	-	-	-	-	-	-	-
Malvaceae												
<i>Herissantia crispa</i> (L.) Brizicky	-	-	-	-	IV	-	IV	-	IV	IV/V	IV/V	IV/V
<i>Herissantia tiubae</i> (K. Schum.) Brizicky	-	-	-	-	-	-	III	-	III	III	III	III
<i>Physalastrum stoloniferum</i> (Salzm. ex Turcz.) Monteiro	-	-	-	I	I	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudabutilon spicatum</i> (Kunth) R.E. Fr.	III	-	-	I/II/IV	-	-	-	V	-	-	VI	-
<i>Sida rhombifolia</i> L.	-	-	-	-	-	-	IV	-	-	IV	IV	-
Malvaceae 1	-	-	-	I/IV/V	VI/VII	IV	V	IV/V	II/IV/VI	-	-	II/IV/V
Malvaceae 2	-	-	-	I	I	I	-	I	I	-	I	I

Apêndice 1. Continuação

Família/Espécie	Chuva						Seca					
	Plano	Serrapilheira Rocha Ano	Ciliar	Plano	Solo Rocha Ano	Ciliar	Plano	Serrapilheira Rocha Ano	Ciliar	Plano	Solo Rocha Ano	Ciliar
Malvaceae												
Malvaceae 3	-	-	-	I	I	-	-	-	-	-	I	-
Molluginaceae												
<i>Mollugo verticillata</i> L.	-	-	V	VI	-	III/IV/V	-	-	-	V/VII	-	II/IV/V/VI
Moraceae												
<i>Dorstenia asaroides</i> Gardner ex Hook	-	-	-	-	-	-	-	-	-	VII	IV	I/IV/VI
Orchidaceae												
<i>Cyrtopodium holstii</i> L.C. Menezes	-	-	-	-	-	-	-	-	IV	-	IV	IV
<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl	-	-	I	-	-	-	-	-	I	-	-	-
Oxalidaceae												
<i>Oxalis corniculata</i> L.	VI	-	-	VI	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oxalis euphorbioides</i> A. St.- Hil.	VII	-	-	V/VI/ VII	IV	I	-	-	-	-	-	-
Phyllantaceae												
<i>Phyllanthus niruri</i> (L.) Müll.Arg.	-	-	-	-	-	IV	-	-	-	-	-	-
<i>Phyllanthus</i> 1	VI	VI	-	I/VI	I	-	-	-	-	I	-	-
Plantaginaceae												
<i>Scoparia dulcis</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	VII	-	VII
Poaceae												
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.)	-	-	-	VI	-	I/II	-	-	-	-	-	VI
<i>Enteropogon mollis</i> (Nees)	-	-	-	I	I	-	-	-	-	-	-	-

Apêndice 1. Continuação

Família/Espécie	Chuva						Seca					
	Serrapilheira			Solo			Serrapilheira			Solo		
	Plano	Rocha Ano	Ciliar	Plano	Rocha Ano	Ciliar	Plano	Rocha Ano	Ciliar	Plano	Rocha Ano	Ciliar
Poaceae												
<i>Panicum trichoides</i> Sw.	I/II/III/IV/V/ /VI/VII	I/II/III/I V/V/VI/ VII	I/II/III/ V/VI/ VII	I/II/III/ IV/V/VI /VII	I/II/III/IV/ V/VI/VII	I/II/III/IV/ V/VI/VII	I/II/IV/V/ VI/VII	I/II/V/VI/ VII	I/II/IV/V/VI/ VII	I/II/III/IV/V/VI /VII	I/II/IV/V/VI/ VII	I/II/III/IV/V/ VI/VII
<i>Panicum venezuelae</i> Hack.	I/II/IV/V	I/IV/V/ VI	I	I/II/III/ IV/V/VI /VII	I/II/IV/V/ VI/VII	I/II/III/IV/ V	I/V/VI	I/V/VI/VII	VII	I/III/IV/V/VI	I/IV/V/VI/ VII	V/VI/VII
<i>Pappophorum papipherum</i> (Lam.) Kuntze	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	VI
<i>Paspalum</i> sp1	-	-	-	-	VI/VII	-	-	-	-	-	-	-
<i>Urochloa maxima</i> (Jacq.) R.D. Webster	-	-	I	-	-	VI/VII	-	-	IV	-	IV	IV
Poaceae 1	VI	-	V	I	I/III/V/VI/ VII	I/II/III/IV/ V/VI/VII	I/III	V/VI	-	I/III/VII	I/VI	I/III/V/VI/VII
Poaceae 2	-	-	-	I	-	II/IV/V	V	-	V	VII	V	V
Poaceae 3	-	-	-	-	-	I	-	-	-	-	-	-
Polygalaceae												
<i>Polygala paniculata</i> L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	III
Portulacaceae												
<i>Portulaca oleracea</i> L.	-	-	-	-	IV	V	-	-	-	VII	-	-
<i>Portulaca</i> 1	-	-	-	-	-	I/II/III	-	-	II	-	-	-
<i>Portulaca</i> 2	-	-	-	-	-	I/II	-	-	-	-	-	II
Portulacaceae 1	-	-	-	-	-	-	-	-	V	V	-	V
<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	-	-	-	II/VI	I/II	-	-	VII	VII	-	VII	VI/VII
<i>Talinum triangulare</i> (Jacq.) Willd.	I/III/V	I/II/III/ IV/V/ VII	I/II/III	I/II/III/ IV/V/ VII	I/II/III/IV/ V/VI/VII	I/II/III/V/ VI/VII	V/VI	V/VI	VI/V/VI	I/II/IV/V/VI	II/III/V/VI	I/II/V/VI/VII
<i>Talinum</i> sp1.	-	VII	-	VI/VII	VI/VII	VI/VII	VII	-	-	VII	-	-

Apêndice 1. Continuação

Família/Espécie	Chuva						Seca					
	Serrapilheira			Solo			Serrapilheira			Solo		
	Plano	Rocha Ano	Ciliar	Plano	Rocha Ano	Ciliar	Plano	Rocha Ano	Ciliar	Plano	Rocha Ano	Ciliar
Morfoespécie 3	-	-	-	-	-	I	-	-	-	-	-	-
Morfoespécie 4	I	-	I	-	-	I	-	-	-	-	II	II
Morfoespécie 5	-	-	-	I	-	I	-	-	II	-	-	-
Morfoespécie 6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II
Morfoespécie 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	II
Morfoespécie 8	-	-	-	-	-	-	I	I	I	I	I	I
Morfoespécie 9	-	-	-	V	-	V	-	-	-	-	-	-
Morfoespécie 10	-	-	-	VI	-	V	-	-	-	-	-	-
Morfoespécie 11	-	-	-	-	-	-	VI	-	-	VI	VI	-
Morfoespécie 12	-	-	-	-	-	-	VI	-	-	VI	-	-
Morfoespécie 13	-	-	-	-	-	-	-	-	VI	-	-	VI
Morfoespécie 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	VII	-	-
Morfoespécie 15	-	VI	-	VI/VII	-	-	-	-	-	-	-	VI
Morfoespécie 16	-	-	-	-	-	V	-	-	-	-	-	-

Tabela 1. Resultados do GLM utilizado para análise da variação da riqueza de espécies e emergência de plântulas em uma área de Caatinga. DF: Grau de liberdade; PRD: redução proporcional de variância com a inclusão da variável explicativa (pseudo r²); CPRD: acumulada do PRD.

Resposta da variável	Variações explicativas e suas interações	DF	Deviância explicada pela variável	Residual DF	Residual Deviância	P-value	PRD	CPRD	CPRD%
<u>Riqueza de espécies</u>	NULL	NA	NA	2939	5762.075032				
	Profundidade	1	1132.01889	2938	4630.056142	0.0000	0.196	0.196	19.6
	Precipitação do ano anterior	1	243.0666244	2937	4386.989517	0.0000	0.042	0.239	4.2
	Precipitação do ano	1	239.359418	2936	4147.630099	0.0000	0.042	0.280	4.2
	Precipitação da estação climática	1	3.437730606	2935	4144.192369	0.0637	0.001	0.281	0.1
	Microhabitat	2	10.90314181	2933	4133.289227	0.0043	0.002	0.283	0.2
	Precipitação da estação climática anterior	1	3.257551862	2932	4130.031675	0.0711	0.001	0.283	0.1
<u>Emergência de plântulas</u>	NULL	NA	NA	2939	62454	NA			
	Profundidade	1	10043	2938	52411	0.0000	0.161	0.161	16.1
	Precipitação do ano anterior	1	4391	2937	48020	0.0000	0.070	0.231	7.0
	Microhabitat	2	3840	2935	44179	0.0000	0.061	0.293	6.1
	Precipitação da estação climática anterior	1	918	2934	43261	0.0000	0.015	0.307	1.5
	Precipitação do ano	1	1966	2933	41296	0.0000	0.031	0.339	3.1
	Precipitação da estação climática	1	181	2932	41115	0.0000	0.003	0.342	0.3

Tabela 2. Número de sementes germinadas por metro quadrado (sem.m⁻²) nos três microhabitats (Plano, Rocha e Ciliar), nas duas estações climáticas (Chuvosa e Seca) na serrapilheira e solo 0-5 cm durante sete anos consecutivos, em uma área de Caatinga no nordeste do Brasil.

Ano	Emergência de plântulas											
	Plano				Rocha				Ciliar			
	Chuva		Seca		Chuva		Seca		Chuva		Seca	
Serrapilheira	Solo	Serrapilheira	Solo	Serrapilheira	Solo	Serrapilheira	Solo	Serrapilheira	Solo	Serrapilheira	Solo	
I	6	29	4	14	8	43	14	66	3	15	4	29
II	1	7	1	3	2	9	4	8	2	15	1	8
III	1	2	1	6	1	3	9	21	1	3	1	13
IV	1	3	1	4	1	11	2	7	1	3	1	3
V	1	4	3	7	2	12	12	25	1	5	3	9
VI	1	5	1	5	1	6	13	21	6	16	1	7
VII	1	2	1	8	1	4	1	5	1	1	4	22
Total	11	52	12	46	15	88	54	154	13	57	15	18

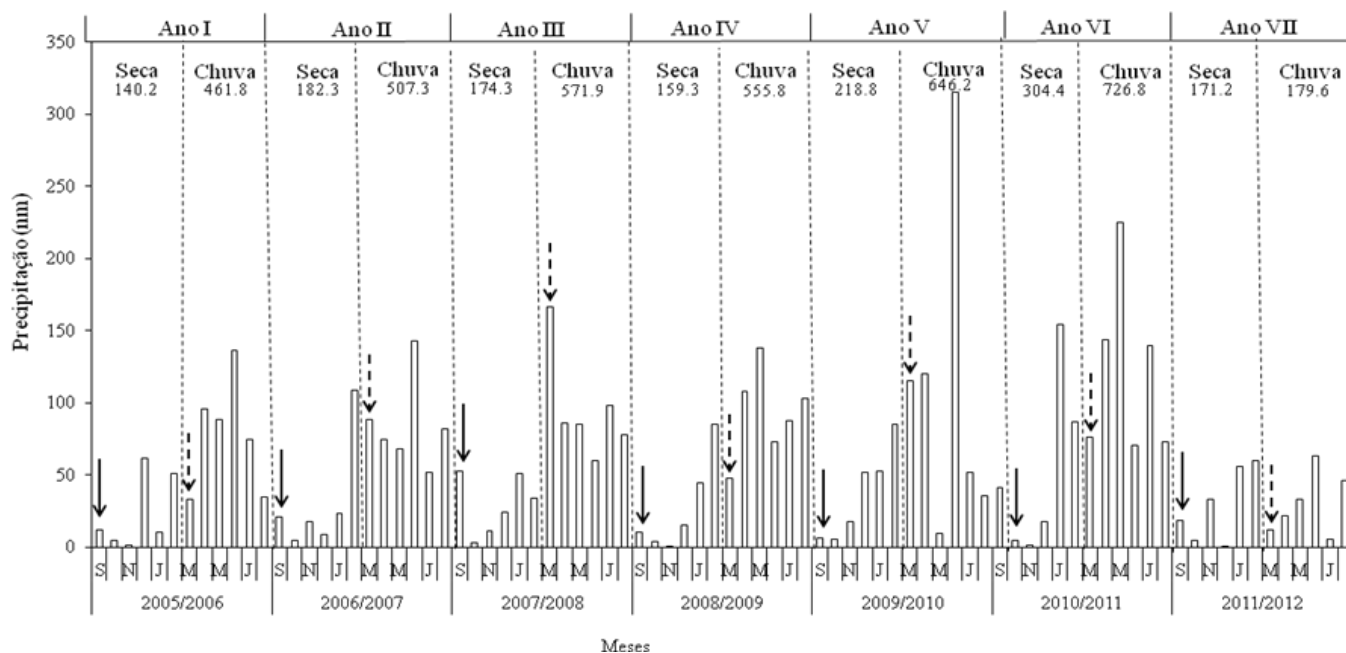


Figura 1. Precipitação mensal e total de precipitação durante as estações chuvosas e secas por sete anos. Setas com linhas cheias indicam o período da coleta das amostras nos finais das estações chuvosas e setas com linhas tracejadas indicam o período da coleta das amostras nos finais das estações secas. Dados fornecidos pela estação meteorológica da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) em Caruaru, Pernambuco, Brasil.

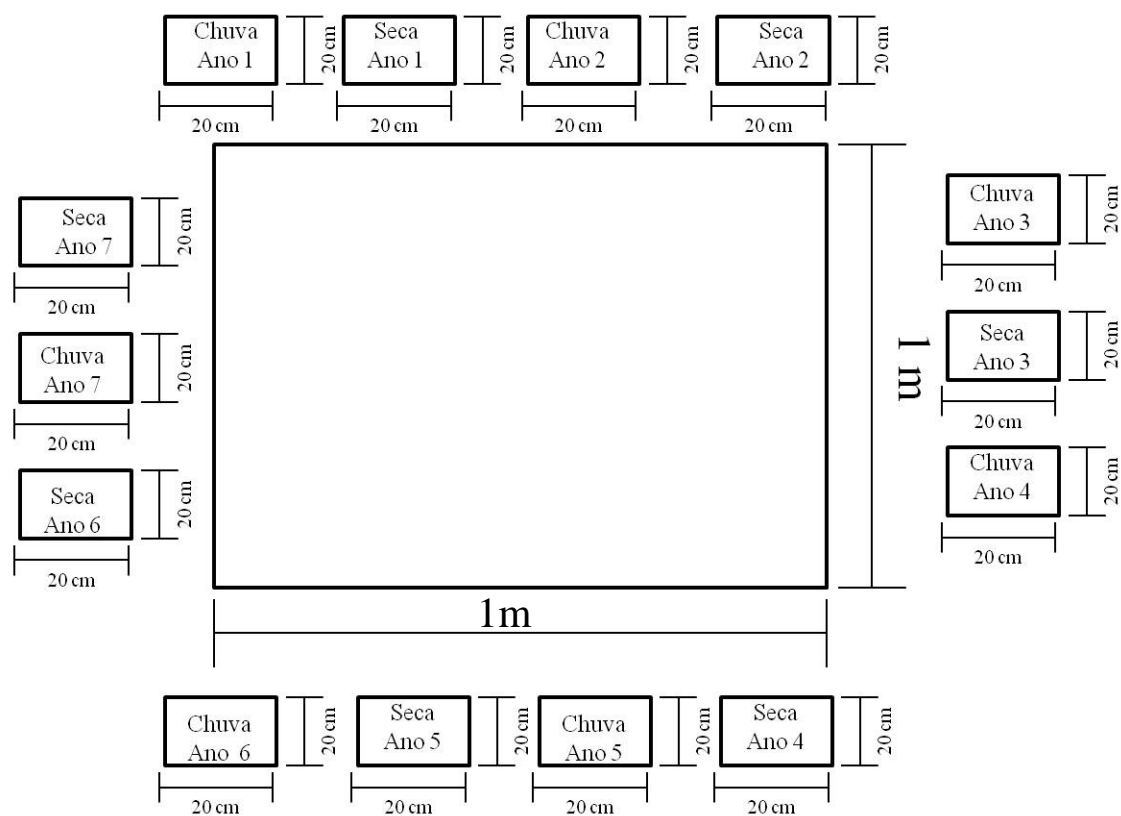


Figura 2. Visão esquemática da coleta do banco de sementes do solo (parcelas de 20x20x5 cm) no entorno das parcelas fixas de 1x1 m em uma área semiárida no Nordeste do Brasil.

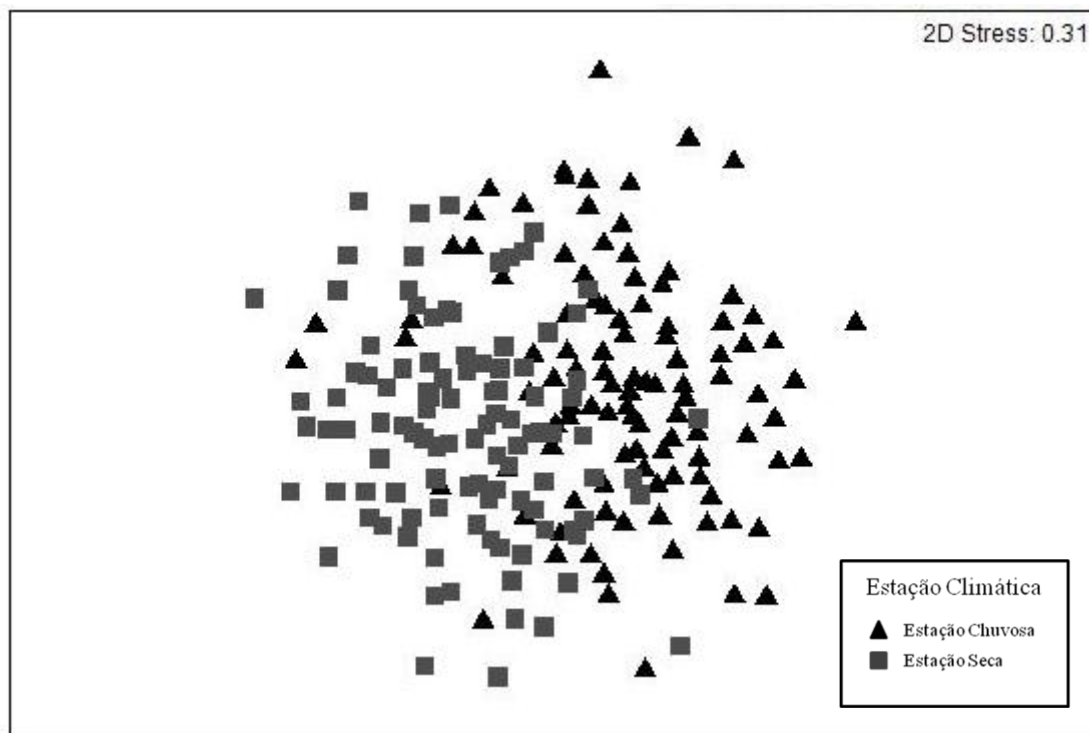


Figura 3. Ordenação formada após análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) das espécies germinadas no banco de sementes do solo entre estações climáticas (Chuvosa e Seca) em uma área de Caatinga durante sete anos consecutivos. Este gráfico foi produzido com base na riqueza de espécies. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas considerando apenas as estações climáticas.

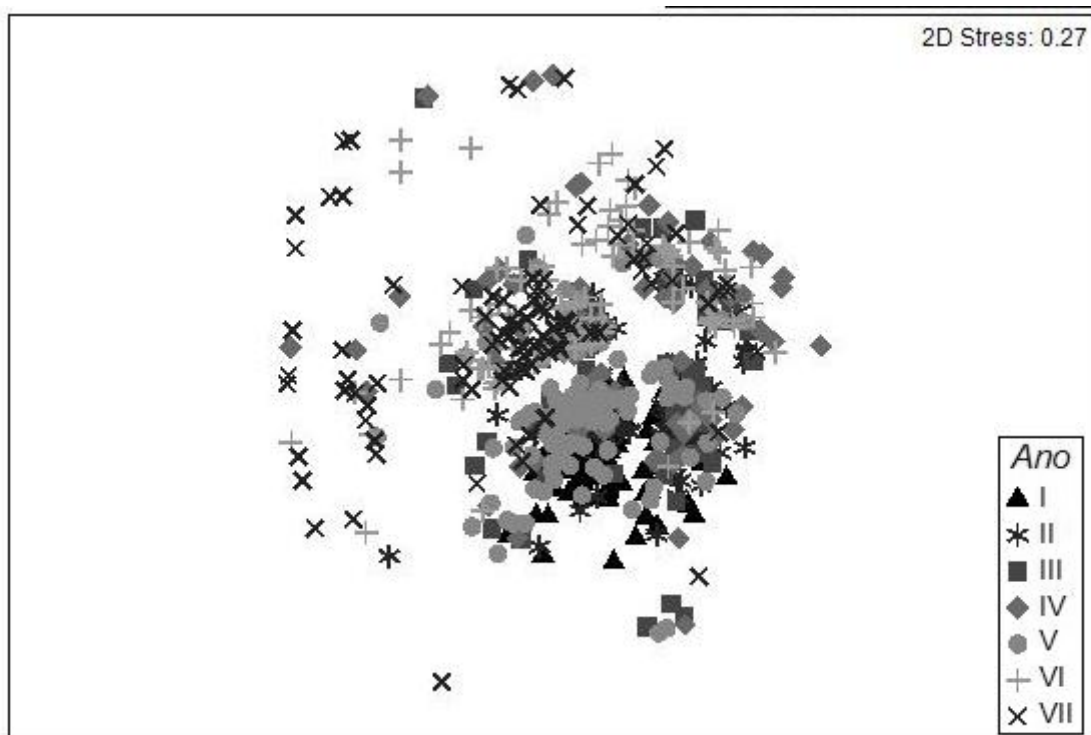


Figura 4. Ordenação formada após análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) das espécies germinadas no banco de sementes do solo entre sete anos consecutivos em uma área de Caatinga. Este gráfico foi produzido com base na riqueza de espécies. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas considerando os sete anos de estudo.

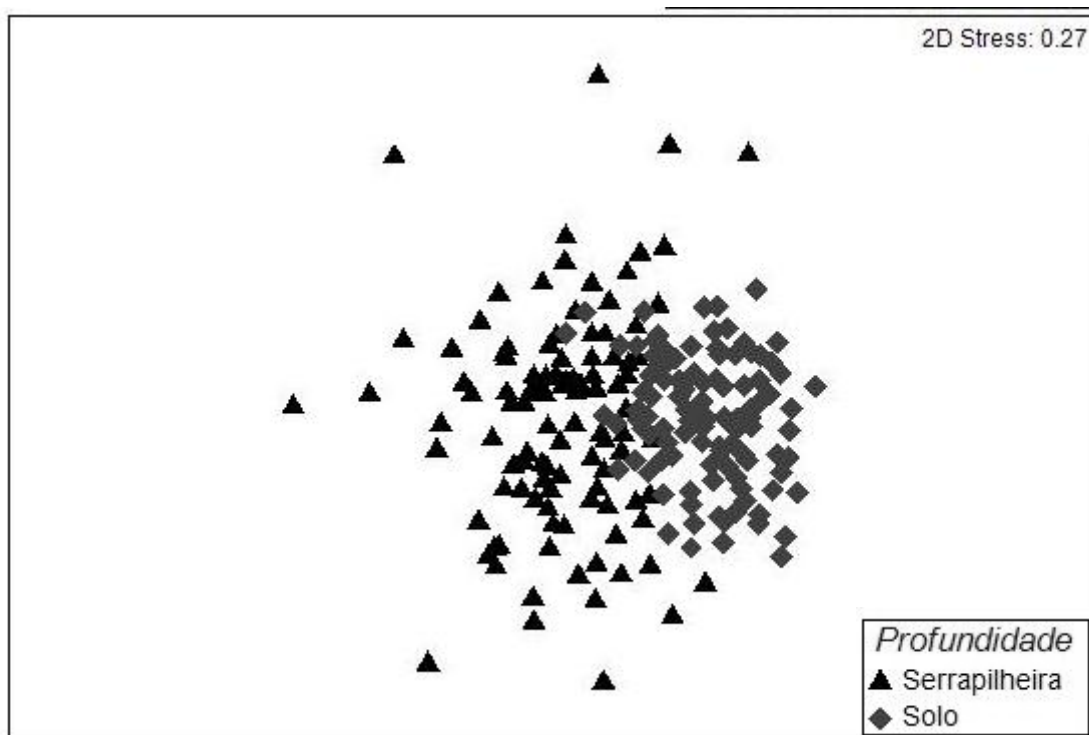


Figura 5. Ordenação formada após análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) das espécies germinadas no banco de sementes do solo entre duas profundidades (serrapilheira e solo 0-5 cm) em uma área de Caatinga durante sete anos consecutivos. Este gráfico foi produzido com base na riqueza de espécies. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas considerando apenas as profundidades.

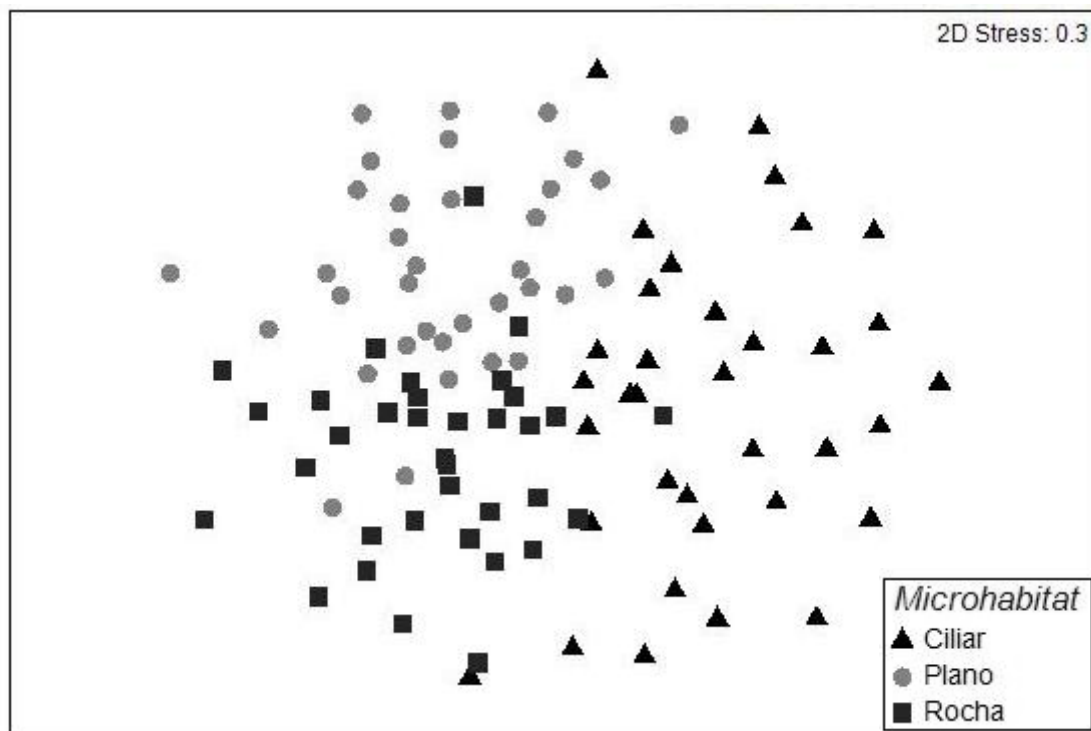


Figura 6. Ordenação formada após análise de Escalonamento Multidimensional (MDS) das espécies germinadas no banco de sementes do solo entre três microhabitats (Ciliar, Plano e Rocha) em uma área de Caatinga durante sete anos consecutivos. Este gráfico foi produzido com base na riqueza de espécies. Os símbolos no gráfico representam as amostras de solo e suas respectivas espécies germinadas considerando apenas os microhabitats.

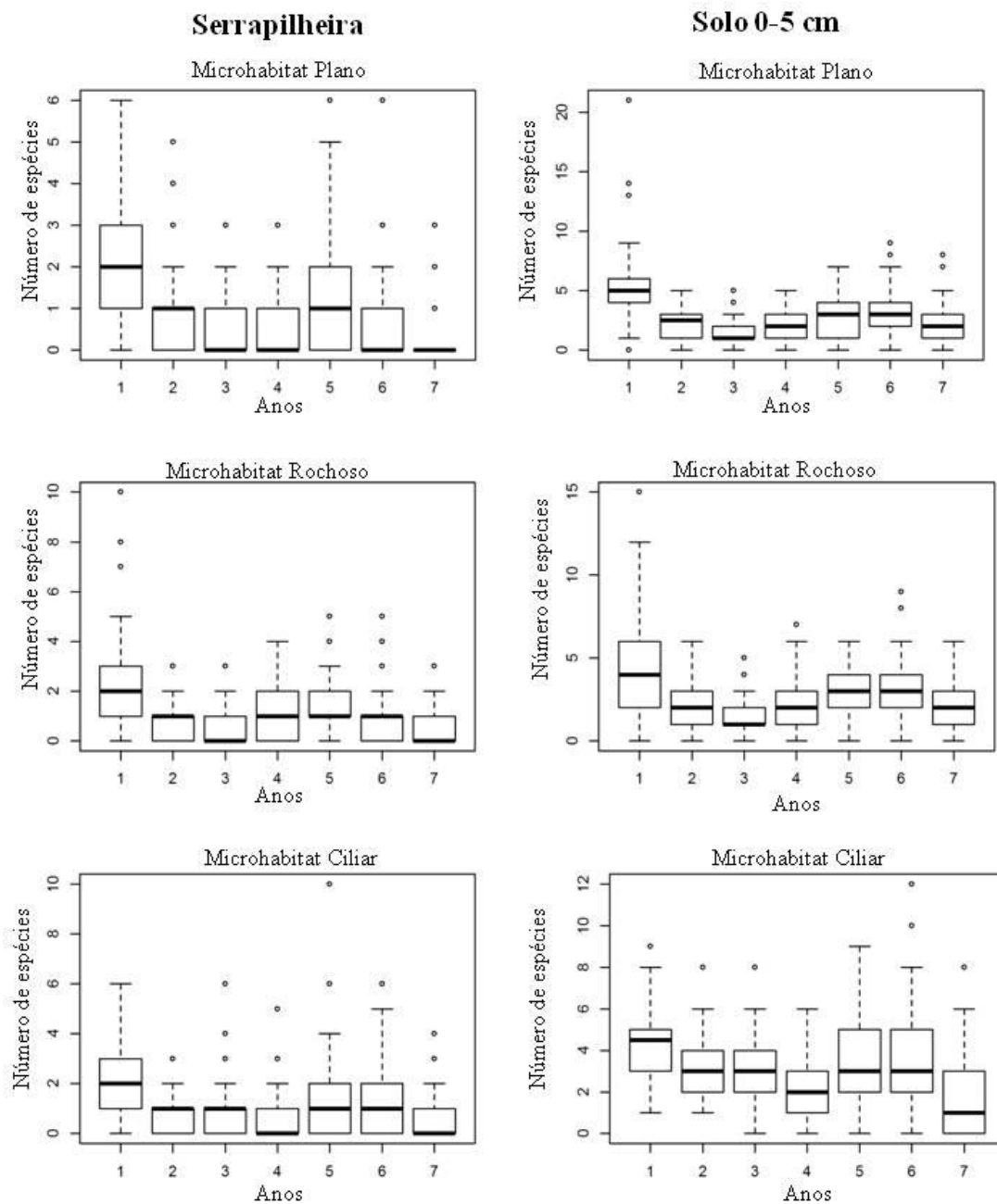


Figura 7. Distribuição do número de espécies por profundidade, microhabitat e anos de estudo em uma área de caatinga, Caruaru, PE. A caixa do box-plot = 50% dos dados coletados; barras superior e inferior = 25% da variação dos dados; o = pontos mais que extremos entre os dados coletados; linha no interior da caixa = mediana da distribuição dos dados; A não sobreposição da mediana na comparação entre os anos indica diferença significativa.

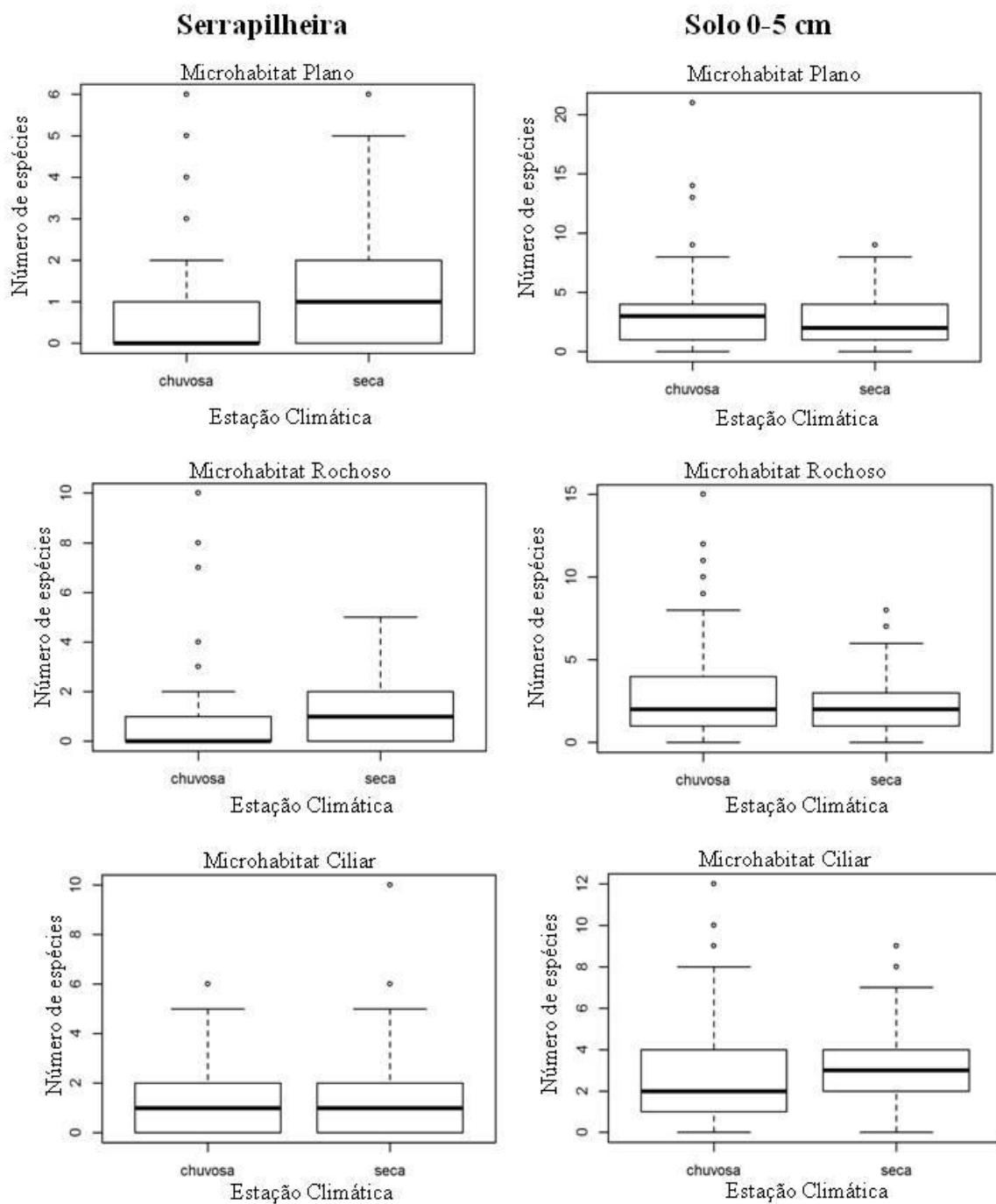


Figura 8. Distribuição do número de espécies por profundidade, microhabitat e estação climática em uma área de caatinga, Caruaru, PE. A caixa do box-plot = 50% dos dados coletados; barras superior e inferior = 25% da variação dos dados; o = pontos mais que extremos entre os dados coletados; linha no interior da caixa = mediana da distribuição dos dados; A não sobreposição da mediana na comparação entre as estações climáticas indica diferença significativa.

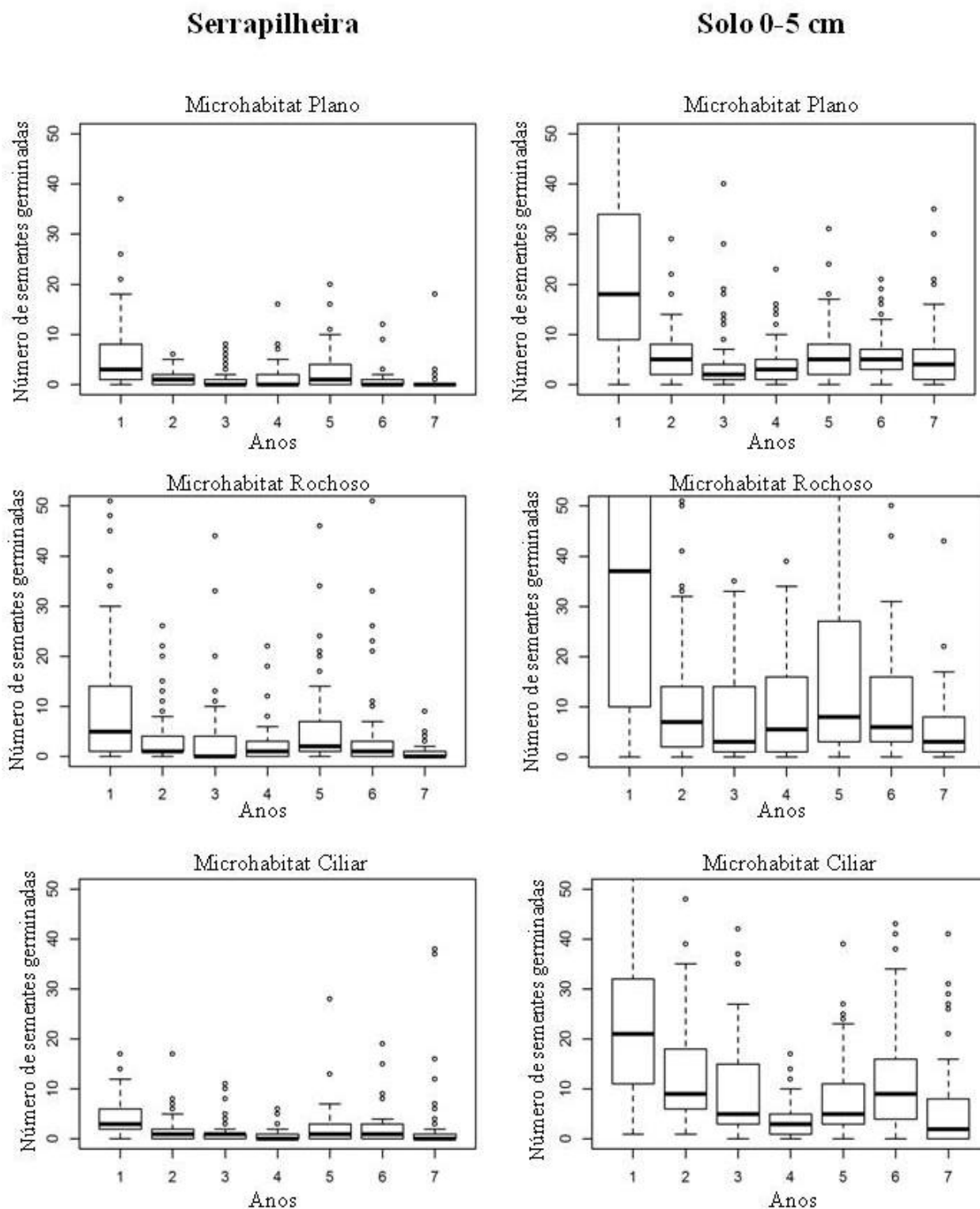


Figura 9. Distribuição do número de sementes germinadas por profundidade, microhabitat e anos de estudo em uma área de caatinga, Caruaru, PE. A caixa do box-plot = 50% dos dados coletados; barras superior e inferior = 25% da variação dos dados; o = pontos mais que extremos entre os dados coletados; linha no interior da caixa = mediana da distribuição dos dados; A não sobreposição da mediana na comparação entre os anos indica diferença significativa.

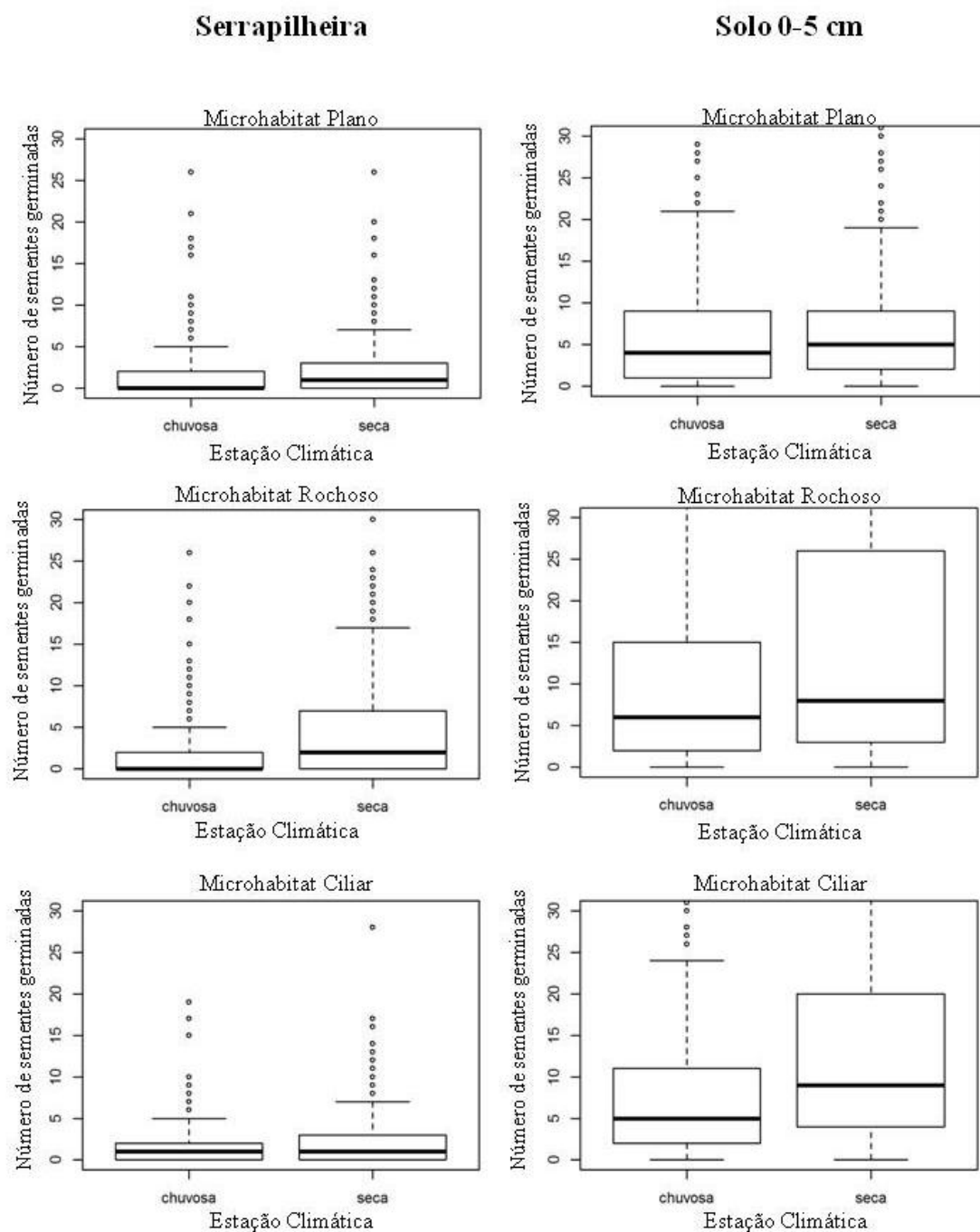


Figura 10. Distribuição do número de sementes germinadas por profundidade, microhabitat e estação climática em uma área de caatinga, Caruaru, PE. A caixa do box-plot = 50% dos dados coletados; barras superior e inferior = 25% da variação dos dados; o = pontos mais que extremos entre os dados coletados; linha no interior da caixa = mediana da distribuição dos dados; A não sobreposição da mediana na comparação entre as estações climáticas indica diferença significativa.

Capítulo 3

Populações herbáceas em ambientes semiáridos: uma comparação entre a emergência de plântulas na assembléia vegetal e no banco de sementes do solo

Danielle Melo dos Santos; Kleber Andrade da Silva; Elcida de Lima Araújo.

Artigo a ser enviado a Acta Oecologica



Populações herbáceas em ambientes semiáridos: uma comparação entre a emergência de plântulas na assembléia vegetal e no banco de sementes do solo

Danielle Melo dos Santos; Kleber Andrade da Silva; Elcida de Lima Araújo.

Resumo

Em ambientes secos, o banco de sementes do solo é um dos principais componentes que auxilia na manutenção das populações vegetais. Alguns trabalhos vêm encontrando que determinadas populações de espécies, com elevada densidade de plântulas, podem ter um importante papel na recolonização de áreas com diferentes históricos de uso. Com base neste contexto este estudo se propôs a caracterizar e comparar o efeito da idade de duas florestas, da estação climática e da variação anual no número de emergência de plântulas de duas populações herbáceas no banco de sementes e na comunidade vegetal. O estudo foi realizado no Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA. As espécies selecionadas para este estudo foram as terófitas: *Delilia biflora* (L.) Kuntze. (Asteraceae) e *Pilea hyalina* Fenzl. (Urticaceae). Em parcelas de 1 x 1 m foram monitorados mensalmente a emergência de plântulas destas duas espécies e em parcelas de 20x20x5 cm foram coletadas 105 amostras de solo. Tanto o monitoramento na comunidade vegetal como no banco de sementes foram feitas por floresta (Jovem e Madura) nos finais das estações chuvosas e secas e durante quatro anos (2009, 2010, 2011 e 2012). Foi possível constatar que *D. biflora* e *P. hyalina* é afetada pelas variações sazonais e anuais na precipitação e pela idade da floresta. Além disso, a densidade de indivíduos tanto de *D. biflora* como de *P. hyalina* é significativamente maior no banco de sementes quando comparado com a comunidade vegetal. Em síntese, foi comprovado que as espécies *D. biflora* e *P. hyalina* são importantes na manutenção da área estudada através do seu banco de sementes persistente.

Palavras chave: Semiárido; Banco de sementes; Variação espaço-temporal; *Pilea hyalina*; *Delilia biflora*.

1. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de biologia, Área Botânica, Dois Irmãos, 52171-900, Recife-PE, Brasil.

*Autor para correspondência: Tel.: +558133206308; fax: +558133206360/ Endereço de email: danmelo_bio@hotmail.com

2. Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Rua do Alto do Reservatório s/n, Bela Vista CEP: 55608-680, Vitória de Santo Antão-PE, Brasil.

Introdução

O banco de sementes do solo é um dos principais componentes que auxilia na manutenção das populações vegetais nos ecossistemas (Peters, 2002; D.Santos et al., 2013; Silva et al., 2013) e características intrínsecas a espécie que compõem esse banco pode ser um indicativo importante para regeneração de áreas antropizadas. Por exemplo, as espécies que conferem uma maior habilidade de colonizar uma área de forma mais eficiente, ocupando mais rapidamente os espaços descobertos do solo, pode ser fundamental nas etapas iniciais de regeneração natural de ambientes perturbado pelo homem (Ungar, 2001; Hopfensperger, 2007; Hamin et al., 2013).

Com o intuito de avaliar se as populações presentes na vegetação acima do solo formam banco de sementes viáveis, alguns trabalhos buscaram correlacionar a emergência de plântulas no banco de sementes em casa de vegetação com a emergência de plântulas dentro da floresta (Kalisz, 1991; Aparicio e Guinsande, 1997; Clemente et al., 2007; Xiao et al., 2009; Megill et al., 2011; Hamin et al., 2013). Geralmente espécies com banco de sementes persistente, independente do hábito, tendem a auxiliar na regeneração de áreas após uma perturbação (Clemente et al., 2007; Xiao et al., 2009; Megill et al., 2011; Hamin et al., 2013).

Fatores ambientais que mudam em função do tempo, como características pluviométricas, também são importantes na dinâmica do banco de sementes. A respeito disso, os trabalhos realizados na vegetação acima do solo vêm indicando que o número de sementes armazenada no solo que germinam é maior durante o período de maior disponibilidade hídrica (Peters, 2000; Facelli et al., 2005; Santos et al., 2010). Por outro lado, os trabalhos sobre germinação de sementes no banco do solo, com foco nas populações, têm descrito um comportamento diferente, ou seja, durante o período seco tem sido registrado um maior número de emergência de plântulas (Cabin e Marshal, 2000; Arroyo et al., 2006; Ooi, 2012). Desta forma, pode-se inferir que existe uma tendência de comportamento sobre a dinâmica do banco de sementes em função das variações pluviométrica, tanto em nível de comunidade quanto em nível de população.

No nordeste do Brasil, as florestas secas são bem representadas pela vegetação de caatinga. E assim como a maioria dos ambientes naturais, a vegetação de caatinga também vêm sofrendo grande interferência antrópica, com muitas áreas sendo convertida em pastos ou cultivo (Castelleti et al., 2003).

Assim com base nas evidências de que o banco de sementes de determinadas espécies podem ser importantes na manutenção da vegetação acima do solo de ambientes secos este estudo teve como hipótese que não existe diferença significativa no número de indivíduos de populações herbáceas entre o banco de sementes e o interior da floresta, sendo essas populações mais numerosas na floresta jovem do que na floresta madura em períodos de maior precipitação pluviométrica.

Para testar esta hipótese, este estudo se propôs a caracterizar e comparar o efeito da idade de dois trechos de floresta, da estação climática e da variação anual no número de emergência de plântulas de duas populações herbáceas no banco de sementes e no interior da floresta.

Material e Métodos

2.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA (8° 14' S e 35° 55' W, 537m de altitude), localizada no município de Caruaru, Pernambuco, Brasil. Esta estação está inserida na zona rural a uma distância de 9 Km da cidade. O clima da região é estacional, com temperatura mínima de 11°C e máxima absoluta de 38°C. A precipitação média anual é de 694 mm e a estação chuvosa concentra-se de março a agosto e poucos meses apresentam precipitação superior a 100 mm. A estação seca ocorre de setembro a fevereiro, normalmente com total de chuvas inferior a 30 mm por mês (Araújo et al., 2005; Santos et al., 2013; Araújo et al., 2014) Todavia, podem ocorrer chuvas eventuais ou erráticas na estação seca bem como veranicos na estação chuvosa (Araújo et al., 2005). O total de precipitação registrado nos anos de 2009, 2010, 2011 e 2012 deste estudo, variou de 350,8 mm à 1031,2 mm (Figura 1). A estacionalidade climática local determina a deciduidade da flora lenhosa durante a estação seca e visibilidade de ervas terófitas apenas na estação chuvosa (Araújo et al., 2005; Santos et al., 2013).

A estação experimental ocupa uma área de 190 ha e foi criada com a finalidade principal de desenvolver atividades de pesquisas voltadas para agricultura e pecuária. Antes dessas atividades de pesquisa, a área era ocupada por uma única mancha de vegetação natural de Caatinga. Atualmente, a vegetação nativa encontra-se reduzida a um pequeno fragmento com cerca de 30 ha (Alcoforado-Filho et al., 2003; D.Santos et al., 2013). Dentro desta área, predominam espécies lenhosas das famílias Mimosaceae, Caesalpiniaceae, Euphorbiaceae e Cactaceae (Alcoforado-Filho et al., 2003; Araújo et

al., 2007), formando um dossel fechado que proporciona um tempo maior de umidade no solo (D.Santos et al., 2013). No componente herbáceo, predominam espécies das famílias Poaceae, Euphorbiaceae, Convolvulaceae, Malvaceae, Asteraceae e Fabaceae (Araújo et al., 2005; Reis et al., 2006). Há aproximadamente 50 anos, este fragmento vem sendo preservado, não sendo permitido o trânsito de animais domésticos e a retirada da vegetação (Lopes et al., 2012; J. Santos et al., 2013). Neste estudo, esse trecho foi denominado de floresta madura.

Há aproximadamente 19 anos, um trecho de 3 ha da floresta madura sofreu corte raso para o cultivo de palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill.) (J. Santos et al., 2013; Lopes et al., 2012). Segundo técnicos da estação do IPA, não foi utilizado fogo, nenhum tipo de fertilizante e nem esterco de curral durante o período do cultivo (J.Santos et al., 2013; Lopes et al., 2012; Souza et al., 2013). Depois de seis meses do plantio da palma, o mesmo foi abandonado e vem se regenerando naturalmente. Nesse trecho, o componente herbáceo é rico em espécies de Poaceae e Cyperaceae (J. Santos et al., 2013). A vegetação lenhosa é representada por alguns indivíduos adultos de várias espécies como *Poincianella pyramidales* (Tul.) L.P.Queiroz (catingueira), *Acacia paniculata* Willd. (unha de gato) e *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenan. (angico), (Lopes et al., 2012), que não formam um dossel fechado promovendo assim uma maior incidência luminosa nesta área (Andrade, 2012 dados não publicados). E conseqüentemente, o solo é impactado diretamente pela ação da chuva e pela incidência dos raios solares (J. Santos et al., 2013). Este trecho, foi denominado de floresta jovem.

2.2. Seleção das populações vegetais

As populações selecionadas para este estudo foram as herbáceas:

Delilia biflora (L.) Kuntze. (Asteraceae) - erva terófito, 10-90 cm com talo ereto (Gargiullo et al., 2008). A densidade absoluta da população nas áreas jovem e madura variam de 463.333 a 488381.0. A dominância absoluta varia de 2,94 a 7,29 e a frequência absoluta varia de 84,76 a 88,57 (J.Santos et al., 2013); e *Pilea hyalina* Fenzl. (Urticaceae) - erva terófito, 10-30 cm, ereta. (Gaglioti, dados não publicados). A densidade absoluta da população nas áreas jovem e madura variam de 7.523 a 14.095. A dominância absoluta varia de 0,054 a 2,76 e a frequência absoluta varia de 0,95 a 2,86.

Estas terófitas foram escolhidas pelos seguintes critérios: 1- formam populações abundantes e permanentes, ocorrendo nas duas estações climáticas durante todo o ano, nos dois trechos selecionados (floresta madura e floresta jovem) (Reis et al., 2006; J.

Santos et al., 2013) e estão presentes no banco de sementes (Mendes et al., PRELO; D.Santos et al., 2013); 2- segundo o modelo hipotético descrito por J. Santos et al. (2013) *Delilia biflora* é uma espécie colonizadora/facilitadora de ambientes secos e, portanto, tem a capacidade de promover um aumento na riqueza e densidade de plantas herbáceas conferindo um certo grau de cobertura para o solo e assim, pode facilitar o crescimento e a sobrevivência de plântulas de espécies lenhosas de estágios sucessionais tardios. Já a espécie *Pilea hyalina* estaria inserida no grupo de espécies herbáceas que estão presentes em ambientes sem nenhuma intervenção antrópica, mas que possuem capacidade de colonizar áreas que sofreram alguma perturbação e vem se regenerando naturalmente.

Análises do banco de sementes destas populações correlacionadas ao número de indivíduos presente na vegetação acima do solo são importantes para auxiliar na definição sobre possíveis estratégias de armazenamento de sementes no solo de ambientes secos perturbados por algum tipo de perturbação antrópica.

2.3 Amostragens das populações na vegetação acima do solo

Tanto para o fragmento da floresta madura como para floresta jovem, existe um trecho de 1ha onde foram fixadas 105 parcelas de 1 x 1 m para o estudo da vegetação herbácea (Araújo et al., 2005; Reis et al., 2006; J. Santos et al., 2013) totalizando 210 parcelas.

Inicialmente, todos os indivíduos das populações de *D. biflora* e *P. hyalina* foram identificados e contados. Foi considerado como indivíduo todo eixo aéreo que acima do solo fosse individualizado, ou seja, fosse separado de outro eixo vegetal aéreo. Todos os indivíduos das duas espécies no interior das parcelas foram marcados com etiquetas de plástico, ligadas aos indivíduos com arame plastificado. Mensalmente, as parcelas foram monitoradas para quantificar o número de indivíduos de cada espécie. O estudo foi conduzido em quatro estações chuvosas e quatro secas, totalizando quatro anos de monitoramento consecutivos.

2.4 Amostragens das populações no banco de semente do solo

No entorno das parcelas fixadas para o monitoramento das populações na vegetação acima do solo (madura e jovem), foram coletadas 105 amostras de solo, nos finais das estações chuvosas e secas durante quatro anos consecutivos, totalizando 840 amostras em cada floresta (Figura 2). O solo foi coletado em parcelas confeccionadas

com chapa galvanizada de 20 x 20 cm, a 5 cm de profundidade, incluindo a camada de serrapilheira e seguindo a metodologia adotada nos estudos sobre o banco de sementes do solo (Hegazy et al., 2009; Ma et al., 2006; Ne'eman e Izhaki, 2009; Quevedo-Robledo et al., 2009)

Todas as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e etiquetadas por parcela e por floresta e, em casa de vegetação, cada amostra foi colocada em bandeja de isopor (20 x 38 x 3 cm) e irrigada diariamente, sem adição de solução nutritiva e/ou hormonal por um período de seis meses. Foi utilizado um período de seis meses, por que este é o tempo de duração de cada estação climática na área de coleta. As bandejas foram organizadas em duas fileiras, sendo colocada uma bandeja controle entre as mesmas, contendo solo esterilizado em autoclave, visando detectar possíveis contaminações causadas por sementes dispersas pelo vento.

A determinação do número de sementes no banco do solo foi realizada pelo método de emergência de plântulas (não considerando as sementes dormentes da amostra), seguindo metodologia adotada por Bromn (1992), Christoffoleti e Caetano (1998), Gasparino et al. (2006). Os resultados obtidos foram expressos por metro quadrado para possibilitar comparações com os dados provenientes da vegetação acima do solo. Diariamente, as plântulas emergentes de cada amostra do solo foram contadas e etiquetadas, anotando-se a data de germinação, o número da parcela e a floresta onde a amostra foi coletada.

2.5. Análises dos dados

Inicialmente, foram construídas matrizes no programa EXCEL com informações coletadas da emergência de plântulas das populações herbáceas selecionadas formando um banco de dados para permitir a realização das diferentes análises.

Para verificar o efeito das variáveis preditoras (idade da floresta – jovem e madura; variação sazonal (estação chuvosa e seca) e anual na precipitação) sobre a emergência de plântulas no banco de sementes e no interior da floresta sobre as populações de *D. biflora* e *P. hyalina* foi realizada uma análise GLM (Modelo Linear Generalizado). Diferenças na emergência de plântulas entre o banco de sementes e a vegetação acima do solo, entre florestas madura e jovem, entre estações chuvosa e seca e entre anos em *D. biflora* e *P. hyalina*, foram verificadas pelo teste a *posteriori* de Tukey. Todas as análises foram realizadas pelo programa Estatistic 7.0.

3. Resultados

3.1 *Delilia biflora*

No banco de sementes do solo de *Delilia biflora*, durante os quatro anos de estudo, emergiram 754,5 plântulas/m², sendo 618,5 na floresta jovem e 136 na floresta madura. A análise isolada das estações climáticas demonstraram que na floresta jovem emergiram um total de 151 plântulas/m² nas estações chuvosas e 467 plântulas/m² nas estações secas. Na floresta madura, emergiram um total de 29 plântulas plântulas/m² nas estações chuvosas e 106,6 plântulas/m² nas estações secas.

Na vegetação acima do solo, durante os quatro anos de estudo, emergiram 513 plântulas/m², sendo 420 plântulas/m² na floresta jovem e 93,2 de plântulas/m² na floresta madura. A análise isolada das estações climáticas demonstraram que para a floresta jovem emergiram um total de 350,4 plântulas/m² nas estações chuvosas e 69,5 plântulas/m² nas estações secas. Para a floresta madura, emergiram um total de 55,7 plântulas/m² nas estações chuvosas e 37,4 plântulas/m² nas estações secas.

A análise GLM mostrou que a idade da floresta, as variações sazonais e anuais na precipitação e a maior parte das suas interações explicaram as variações na emergência de plântulas de *D. biflora* tanto no banco de sementes como na vegetação acima do solo. Analisando as variações sazonais, no banco de sementes do solo, foi possível constatar que na floresta jovem a estação seca deteve o maior número de sementes (Figura 3). Na floresta madura, não houve diferença significativa entre as estações climáticas (Figura 3). Na vegetação acima do solo, de uma maneira geral, o número de indivíduos foram semelhantes entre as estações climáticas tanto na floresta jovem como na madura (Figura 3).

Considerando cada ano isoladamente, no banco de sementes, o número de emergência de plântulas na floresta jovem foi maior significativamente no primeiro e no segundo ano deste estudo (Figura 4). Na floresta madura, o segundo ano deteve o maior número de emergência de plântulas em comparação com os demais anos deste estudo (Figura 4). Analisando a vegetação acima do solo, na floresta jovem, o número de indivíduos foi significativamente maior no primeiro ano (Figura 4). Já na floresta madura, não houve diferença significativa no número de indivíduos entre os anos deste estudo (Figura 4).

Em relação a idade da floresta, no banco de sementes, foi possível observar que a jovem deteve o maior número de emergência de plântulas do que a madura (Figura 5). Na vegetação acima do solo, a floresta jovem deteve o maior número de plântulas emergidas apenas no primeiro e no quarto ano (Figura 5). Além disso, na floresta

jovem o banco de sementes deteve o maior número de emergência de plântulas em comparação com a vegetação acima do solo sendo semelhante apenas no terceiro ano deste estudo (Figura 5). Para a floresta madura, a emergência de plântulas foi maior no banco de sementes do solo apenas no segundo ano (Figura 5), sendo semelhante nos demais anos.

3.2 *Pilea hyalina*

Durante os quatro anos de estudo, emergiram 1585 plântulas/m² do banco de sementes do solo, sendo 65 plântulas/m² na floresta jovem e 1520 plântulas/m² na floresta madura. A análise isolada das estações climáticas demonstraram que na floresta jovem emergiram um total de 6,0 plântulas/m² nas estações chuvosas e 59 plântulas/m² nas estações secas. Para a floresta madura, emergiram um total de 445 plântulas/m² nas estações chuvosas e 1075 plântulas/m² nas estações secas.

Na vegetação acima do solo, durante os quatro anos de estudo, emergiram 246,4 plântulas/m² no interior da floresta, sendo 73,2 na floresta jovem e 173,2 na floresta madura. A análise isolada das estações climáticas demonstraram que para a floresta jovem emergiram um total de 72,3 plântulas/m² nas estações chuvosas e 0,88 plântulas/m² nas estações secas. Para a floresta madura, emergiram um total de 163,6 plântulas/m² nas estações chuvosas e 9,6 plântulas/m² nas estações secas.

A análise GLM mostrou que a idade da floresta, as variações sazonais e anuais na precipitação e a maior parte das suas interações explicaram as variações na emergência de plântulas no banco de sementes (Tabela 2). Na vegetação acima do solo, este resultado não foi encontrado, apenas as variações sazonais explicaram as variações na emergência de plântulas de *P. hyalina* (Tabela 2). Analisando as variações sazonais, no banco de sementes do solo, foi possível constatar que na floresta jovem a emergência de plântulas foi semelhante entre as estações climáticas (Figura 6). Já na floresta madura, foi possível constatar que a estação seca deteve o maior número de sementes germinadas em comparação com a estação chuvosa (Figura 6). Na vegetação acima do solo, tanto para a floresta jovem como na madura o número de indivíduos foram semelhantes entre as estações climáticas chuvosa e seca (Figura 6).

Considerando cada ano isoladamente, no banco de sementes, o número de emergência de plântulas na floresta jovem foi semelhante entre os anos de estudo (Figura 7). Na floresta madura, o terceiro ano deteve o maior número de emergência de plântulas em comparação com os demais anos deste estudo (Figura 7). Analisando a

vegetação acima do solo, tanto na floresta jovem como na madura, o número de indivíduos foram semelhantes entre os anos de estudo (Figura 7).

Em relação a idade da floresta, no banco de sementes, foi possível observar que a madura deteve o maior número de emergência de plântulas do que a jovem (Figura 7). Na vegetação acima do solo, o número de indivíduos foram semelhantes entre as florestas (Figura 7). Além disso, na floresta jovem não houve diferença significativa no número de indivíduos germinados entre o banco de sementes e a vegetação acima do solo (Figura 5). Para a floresta madura, a emergência de plântulas foi maior no banco de sementes do solo em comparação com a vegetação acima do solo independente do ano estudado (Figura 5).

4. Discussão

4.1 *Delilia biflora*

Com os resultados obtidos, é possível constatar que a população da espécie *Delilia biflora* é influenciada, em parte, pelas variações sazonais e anuais na precipitação, pela idade da vegetação e existem diferenças no quantitativo de indivíduos germinados entre o banco de sementes e a vegetação acima do solo.

Considerando isoladamente as estações climáticas, a estação seca deteve o maior o número de emergência de plântulas no banco de sementes do solo, apenas na floresta jovem o que não corrobora com a hipótese. Alguns trabalhos vêm demonstrando que as estações com escassa precipitação influenciam o tamanho do banco de sementes do solo das espécies encontradas na vegetação de áreas semiáridas (Coffin e Laurenroth, 1989; Cabin e Marshal, 2000; Onaindia e Amezaga, 2000; Arroyo et al., 2006; Traba et al., 2006; Ooi, 2012). Estes trabalhos relataram que isto se deve ao fato de que pode ocorrer uma persistência do banco de sementes durante esta estação climática (Coffin e Laurenroth, 1989; Onaindia e Amezaga, 2000; Arroyo et al., 2006) e conseqüentemente um armazenamento de sementes da produção da estação anterior (Cabin e Marshal, 2000; Onaindia e Amezaga, 2000).

Neste estudo, tal fato pode ter ocorrido porque possivelmente a estação seca esteja servindo como época de armazenamento de uma parte das sementes após a dispersão. Assim, as sementes de *D.biflora* possivelmente são dispersas na estação chuvosa e ficam armazenadas no banco de sementes do solo na estação seca subsequente. Na vegetação acima do solo, não houve diferença significativa no número de indivíduos germinados entre as estações climáticas. Este resultado pode demonstrar

que esta espécie consegue se estabelecer tanto em condições ótimas (alta pluviosidade) como em condições de seca.

Analisando isoladamente a variação anual, foi possível constatar que o primeiro e o segundo ano deste estudo teve o maior número de indivíduos germinando tanto no banco de sementes como na vegetação acima do solo. Estes anos de estudo tiveram respectivamente 715,1 mm e 865 mm de precipitação, o que demonstra que a espécie necessita de um quantitativo de chuva para germinar, se estabelecer e formar um banco de sementes do solo corroborando com a hipótese deste estudo. Assim, estes resultados corroboram com os trabalhos que relatam que a emergência de plântulas no banco de sementes e na vegetação acima do solo são maiores em anos mais úmidos (Henderson et al., 1988; Wang et al., 2005; Hegazy et al., 2009; Quevedo-Robledo et al., 2009).

Em relação a influência da idade da vegetação no número de indivíduos, da espécie *D.biflora*, germinados foi possível constatar que tanto no banco de sementes como na vegetação acima do solo o número de indivíduos foi maior na vegetação jovem corroborando com a hipótese deste estudo. Esta área vem se regenerando naturalmente, apesar de seu dossel já ser formado por indivíduos adultos de espécies nativas lenhosas, ainda é possível perceber uma maior incidência luminosa (J.Santos et al., 2013; Lopes et al., 2012). Logo, a espécie *D. biflora* deve ter um sucesso maior no tamanho do banco de sementes do solo e conseqüentemente no crescimento, estabelecimento das suas plântulas na vegetação acima do solo deste local por que necessite de um local com grande incidência luminosa.

De uma maneira geral, o banco de semente do solo teve o maior número de emergência de plântulas para *D. biflora*, o que não corrobora com a hipótese deste estudo. Alguns trabalhos, vêm demonstrando que o número de sementes é maior no banco do solo em comparação com a emergência de plântulas na vegetação acima do solo (Aparicio e Guinsande, 1997; Adams et al., 2005; Arroyo et al., 2006; Ooi et al., 2007; Makarian et al., 2007; Florentine et al., 2006; Hamin et al., 2013). E isto vem ocorrendo porque por não haver novos indivíduos em estágios reprodutivos, ocorreu uma autofecundação que resultou na produção de sementes menores do que o normal e assim as plântulas não conseguiriam se estabelecer (Aparicio e Guinsande, 1997). Outra justificativa relata que há formação de um banco de sementes persistente constituído de coortes de vários anos (Adams et al., 2005; Makarian et al., 2007; Ooi et al., 2007) o que possibilitará o sucesso no estabelecimento da espécie em todas as épocas do ano.

Neste estudo possivelmente isto ocorreu porque independente da idade da floresta e das variações sazonais e anuais *D.biflora*, mantém um banco de sementes persistente, pois ela está presente nas duas florestas durante as duas estações climáticas nos quatro consecutivos deste estudo.

4.2 *Pilea hyalina*

Com os resultados obtidos, também foi possível constatar que a população da espécie *Pilea hyalina* é influenciada, em parte, pelas variações sazonais e anuais na precipitação, pela idade da vegetação existindo diferenças no quantitativo de indivíduos germinados entre o banco de sementes e a vegetação acima do solo. Considerando isoladamente as estações climáticas, a estação seca deteve o maior número de emergência de plântulas no banco de sementes do solo apenas na floresta madura, o que não corrobora com a hipótese deste estudo. Então, também para *P.hyalina*, a estação seca esteja funcionando como uma época importante na formação do banco de sementes através do seu armazenamento nesta estação. O que também pode ser comprovado por algumas pesquisas (Coffin e Laurenroth, 1989; Cabin e Marshal, 2000; Onaindia e Amezaga, 2000; Arroyo et al., 2006; Traba et al., 2006; Ooi, 2012). Para a vegetação acima do solo, tanto na floresta madura como na jovem o número de indivíduos germinados foram semelhantes nas duas estações climáticas.

Analisando isoladamente a variação anual, foi possível constatar que o terceiro ano deteve um maior número de indivíduos germinadas apenas no banco de sementes do solo. Este ano obteve um maior quantitativo de chuvas com 1031,2 mm, corroborando com a hipótese deste estudo, em comparação com os outros anos desta pesquisa. O que também foi comprovado por alguns trabalhos que relatam que anos mais úmidos detêm uma maior germinação (Henderson et al., 1988; Wang et al., 2005; Hegazy et al., 2009; Quevedo-Robledo et al., 2009), conseqüentemente, ocorrerá um maior dispersão acarretando em um maior número de sementes viáveis no solo. O que também possivelmente ocorre com a espécie *P. hyalina*.

Analisando a influência da idade da floresta no número de indivíduos germinados, foi possível constatar que somente o banco de sementes do solo foi afetado. A emergência de plântulas foi maior na floresta madura, o que não corrobora com a hipótese deste estudo. A floresta madura é tida como preservada há aproximadamente 50 anos (Lopes et al., 2012; Araújo et al., 2014), possuindo características específicas, maior sombreamento e conseqüentemente um maior tempo de umidade no solo (D. Santos et al., 2013), que possivelmente pode ter auxiliado no estabelecimento dos

indivíduos de *P. hyalina* e por conseguinte no armazenamento de sementes desta espécie na formação de um banco de sementes maior neste local.

Comparando o banco de semente do solo com a vegetação acima do solo, foi possível observar que o número de emergência de plântulas no banco de sementes foi maior apenas na floresta madura. O fato de ser apenas na floresta madura denota que esta vegetação é o local mais propício para a formação do banco de sementes de *P.hyalina*. Alguns trabalhos relatam que o número de indivíduos germinantes é maior no banco de sementes do que na vegetação acima do solo porque quanto maior a aridez da área maior o tamanho do banco de sementes do solo (Arroyo et al., 2006) ou ainda em condições de seca determinadas espécies reduz drasticamente a sua densidade populacional na vegetação acima do solo, mas as suas sementes ficam retidas no solo formando um banco de sementes que possibilita a renovação da população (Florentine et al., 2006).

Neste estudo possivelmente isto ocorreu porque a idade da floresta influenciam o quantitativo de sementes de *P.hyalina*, mantendo um banco de sementes durante as duas estações climáticas nos quatro consecutivos deste estudo. No entanto a contribuição desta espécie difere entre as florestas possuindo papéis distintos na manutenção da vegetação existente no local.

5. Considerações finais

Neste estudo, foi possível constatar que *D. biflora* e *P. hyalina* são importantes na manutenção da comunidade vegetal, pois mantém um banco de sementes entre estações climáticas ao longo de quatro anos consecutivos.

6. Referências bibliográficas

ADAMS, M. V.; MARSH, M. D.; KNOX, S. J. Importance of the seed bank for population viability and population monitoring in a threatened wetland herb. **Biological conservation**. v.124, p. 425-436. 2005.

ALCOFORADO-FILHO, F.G., SAMPAIO, E.V.S.B., RODAL, M.J.N., 2003. Florística fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru. **Acta Botânica Brasileira** 17: 287-303.

APARICIO, A.; GUINSANDE, R. Replenishment of the endonreged *Echinospartum albigicum* (Genisteae, Fabaceae) from the soil seed bank. **Biological conservation**, v. 81: 267-273. 1997

ARAÚJO, E. L.; SILVA, K. A.; FERRAZ, E. M. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SILVA, S. I. Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de caatinga, Caruaru-PE. **Acta Botanica Brasilica**. v. 19, p. 285-294. 2005

ARAÚJO, E. L.; CASTRO, C. C ALBUQUERQUE, U. P. Dynamics of Brazilian caatinga – A review concerning the plants, environment and people. **Functional Ecosystems and Communities**. v. 1, n. 1, p. 15-28. 2007.

ARAÚJO, V.K.R.; SANTOS, D.M.; SANTOS, J.M.F.F.; LIMA, K.A.; SOUZA, D.N.N.; ARAÚJO, E.L. Influência do status da floresta e da variação sazonal sobre o banco de sementes no semiárido brasileiro. **Gaia Scientia**, PRELO.

ARROYO, M.T.K.; CHACON, P.; CAVIERES, L.A. Relationship between seed bank expression, adult longevity and aridity in species of chaetanthera (asteraceae) in Central Chile. **Annals of botany**, 98: 591-600. 2006.

BASKIN, C.C., BASKIN, J.M., 1989. Seeds, ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination in: Leck, A.M., Parker, T.V., Simpson, L.R. Eds. **Ecology of soil seed banks**. New York: Academic Press, pp.53-67.

BRITO, L.B.M.; ARAÚJO, F.S. 2009. Banco de sementes de *Cordia oncocalyx* Allemão em uma área de Caatinga sobre planossolo. **Revista Caatinga** 22(2): 206-212.

BROMN, D., 1992. Estimating the composition of a forest seed bank: a comparison of the seed extraction and seedling emergence methods. **Canadian Journal of Botany** 70: 1603-1612.

CABALLERO, I.; OLANO, J. M.; LOIDI, J.; ESCUDERO, A. Seed bank structure along a semi-arid gypsum gradient in central Spain. **Journal of arid Environments**. v. 55, p. 287-299. 2003.

CABALLERO, I.; OLANO, J. M.; ESCUDERO, A.; LOIDI, J. Seed bank spatial structure in semi-arid environments: beyond the patch-bare area dichotomy. **Plant Ecology**. v. 195, p. 215-223. 2008.

CABIN, R. J.; MARSHALL, D. C. The demographic role of soil seed banks. I. Spatial and temporal comparisons of below- and above-ground populations of the desert mustard *Lesquerella fendleri*. **Journal of Ecology**. v.88, p.233-292. 2000.

CASTELLETTI, C. H. M.; SANTOS, A. M. M.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. Quanto ainda resta da caatinga? Uma estimativa preliminar. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (eds). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: p.719-734. 2003.

CHRISTOFFOLETI, P.J., CAETANO, R.S.X., 1998. Soil seed bank. **Scientia Agricola** 55: 74-78.

CHAIDEFTOU, E.; THANOS, C. A.; BERGNEIER, E.; KALLIMANIS, A.; DIMOPOULOS, P. Seed bank composition and above-ground vegetation in response to grazing in sub-mediterranean oak forests (NW Greece). **Plant Ecology**. v.201, p.255-265. 2009.

CLEMENTE, A.S.; REGO, F.C.; CORREIA, O. A. Seed bank dynamics of two obligate seeders, *Cistus monspeliensis* and *Rosmarinus officinalis* in relation to time since fire. **Plant ecology**. 190, 175-188. 2007.

CONFFIN, P.D; LAUENROTH, K.W. Spatial and temporal variation in the seed bank of a semiarid grassland. **Journal of Botany**. v. 76, p. 53-58. 1989.

COX, R. D.; ALLEN, E.B. Composition of soil seed bank in southern California Coastal sage Scrub and adjacent exotic grassland. **Plant Ecology**. 198, 37-46. 2008.

ERFANZADEH, R.; SHAHBAZIAN, R.; ZALI, H. Role of plant patches in preserving flora from the soil seed bank in an overgrazed high-mountain habitat in Northern Iran. **Journal Agronomic Science Technologic**. 19, 229-238. 2014

FACELLI, J. M.; CHESSON, P.; BARNES, N. Differences in seed biology of annual plants in arid lands: a key ingredient of the storage effect. **Ecology**. v. 86, n. 11, p. 2998-3006. 2005.

FLORENTINE, K. S.; WESTBROOKE, M. E.; GOSNEY, K.; AMBROSE, G.; O'KEEFE, M. The arid land invasive weed *Nicotiana glauca* R.Graham (Solanaceae): Population and soil seed bank dynamics, seed germination patterns and seedling response to flood and drought. **Journal of Arid Environments**. 66, p. 218-230. 2006.

GASPARINO, D., MALAVASI, U.C., MALAVASI, M.M., SOUZA, I., 2006. Quantificação do banco de sementes sob diferentes usos do solo em área de domínio ciliar. **Revista Árvore** 30: 1-9.

HAMIN, N.; QUAYE, M.; WESTBERG, E.; BARAZONI, O. Soil seed bank among-years genetic diversity in arid populations of *Eruca Sativa* Miller (Brassicaceae). **Journal of arid environments**, 91, 151-154. 2013.

HEGAZY, A. K.; HAMMOUDA, O.; LOVETT-DOUST, J.; GOMAA, N. H. Variations of the germinable soil seed bank along the altitudinal gradient in the northwestern Red Sea region. **Acta Ecologica Sinica**. v. 29, p. 20-29. 2009.

HENDERSON, B.C; PETERSEN, K.E; REDAK, R.A. Spatial and temporal patterns in the seed bank and vegetation of a desert grassland community. **Journal of Ecology**. 76, 717-728. 1988.

HOPFENSBERGER, K.N. A review of similarity between seed bank and standing vegetation across ecosystems. **Oikos**. 116, 1438-1448. 2007.

KALISZ, S. Experimental determination of seed bank age structure in the winter annual *Collinsia verna*. **Ecology**. 72 (2), 575-585. 1991.

KASSAHUN, A.; SNYMAN, H. A.; SMIT, G. N. Soil seed bank evaluation along a degradation gradient in arid rangelands of the Somali region, eastern Ethiopia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 129, 428-436. 2009.

LIU, M.; JIANG, G.; YU, S.; LI, Y.; LI, G. The role of soil seed banks in natural restoration of the degraded Hunshandak sandlands, northern China. **Restoration Ecology**. 17, 127-136. 2009.

LOPES, C.G.R., FERRAZ, E.M.N., CASTRO, C.C., LIMA, E.N., SANTOS, J.M.F.F., SANTOS, D.M., ARAÚJO, E.L. 2012. Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. **Forest ecology Management** 271: 115-123.

LÓPEZ, R. P. Soil seed bank in the semi-arid Prepuna of Bolivia. **Plant Ecology**. 168, 85-92. 2003.

LOYDI, A. ZALBA; S.M.; DISTEL, R.A. Viable seed banks under grazing and exclosure conditions in Montane Mesic grasslands of Argentina. **Acta oecologica**. 43, 1-5, 2012.

MA, J. Y.; REN J.; WANG, G.; CHEN, F. H. Influence of different microhabitats and stand age on viable soil seed banks of sand-stabilising species. **South African Journal of Botany**. 72, 46-50. 2006.

MAKARIAN, H.; MOHASSEL, R. H. M.; BANNAYAN, M.; NASSIRI, M. Soil seed bank and seedling populations of *Hordeum murinum* and *Cardaria draba* in saffron fields. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 120, 307-312. 2007

MAYOR, M.D.; BÓO, M.R.; PELÁEZ, V.D.; ELÍA, R.O. Seasonal variation of the soil seed bank of grasses in central Argentina as related to grazing and shrub cover. **Journal of Arid Environments**. 53, 467-477. 2003.

MEGILL, L.; LAWRENCE, R.W.; CHERYL, V.; JOHNSON, D. Seed bank dynamics and habitat indicators of *Arctomecon californica*, a rare plant in a fragmented Desert environment. **Western North American Naturalist**. 71 (2), 195-205. 2011.

MENDES, L.B. **Influência da sazonalidade climática e espaço vertical sobre o banco de sementes do solo de uma área de caatinga: paralelos entre áreas preservada e antropizada**. 2012. 70f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) Universidade Federal Rural de Pernambuco.

NE'EMAN G.; IZHAKI, I. The effect of stand age and microhabitat on soil seed banks in Mediterranean Aleppo pine forests after fire. **Plant Ecology**. 144, 115–125. 2009

ONAINDIA, M.; AMEZAGA, I. Seasonal variation in the seed banks of native woodland and coniferous plantations in Northern Spain. **Forest Ecology and Management**. 126, 163-172. 2000.

OOI, M. K.J; AULD, T. D. ; WHELON, R. J. Distinguishing between persistence and dormancy in soil seed bank of three shrub species from fire-prone Southeastern Australia. **Journal of vegetation Science**. 18, 405-412. 2007.

OOI, M.K.J. Seed bank persistence and climate change. **Seed Science Research**. 22, 53-60. 2012.

PEKAS, K.M.; SCHUPP, E.W. Influence of aboveground vegetation on seed bank composition and distribution in a Great Basin desert sage brush community. **Journal of arid environments**. 88, 113-120. 2013.

PETERS D. P. C. Plant species dominance at a grassland-Shrubland ecotone: and individual-based gap dynamics model of herbaceous and species woody. **Ecological Modeling**. 152, 5-32. 2002.

PUGNAIRE, F. I.; LAZARÓ, R. Seed bank and understory species composition in a semi-arid environment: the effect of shrub age and rainfall. **Annals of Botany**. 86, 807-813. 2000.

QUEVEDO-ROBLEDO, L., PUCHETA, E., RIBAS-FERNANDÉZ, Y. Influences of interyear rainfall variability and microhabitat on the germinable seed bank of annual plants in a Sandy Monte Desert. **Journal of Arid Environments**. 74 (2), 167-172. 2009.

REIS, A.M.S., ARAÚJO, E.L., FERRAZ, E.M.N., MOURA, A.N., 2006. Variações interanuais na florística e fitossociologia do componente herbáceo de uma área de caatinga, Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 29: 497-508.

SANTOS, D.M.; SILVA, K.A.; SANTOS, J.M.F.F.; LOPES, C.G.R.; PIMENTEL, R.M.M.; ARAÚJO, E.L. Variação espaço-temporal do banco de sementes em uma área de floresta tropical seca (caatinga) – Pernambuco. **Revista de Geografia**. 27(1), 234-253. 2010

SANTOS, D.M.; SILVA, K.A.; ALBUQUERQUE, U.P.; SANTOS, J.M.F.F.; LOPES, C.G.R.; ARAÚJO, E.L. Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinable soilseed bank in a tropical dry forest in north-eastern Brazil? **Flora**. 208 , 445-452. 2013

SANTOS, J.M.F.F., SANTOS, D.M., LOPES, C.G.R.L., SILVA, K.A., SAMPAIO, E.V.S.B., ARAÚJO, E.L. 2013. Natural regeneration of the herbaceous community in a semiarid region in Northeastern Brazil. **Environment Monitoring Assessment** 185(10): 8287-8302.

SILVA, K.A.; SANTOS, D.M.; SANTOS, J.F.F.; ALBUQUERQUE, U.P.; FERRAZ, E.M.N.; ARAÚJO, E.L. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. **Acta Oecologica**. 46, 25-32. 2013.

SOUZA, J.T., FERRAZ, E.M.N., ALBUQUERQUE, U.P., ARAÚJO, E.L. 2013. Does proximity to a mature forest contribute to the seed rain and recovery of an abandoned agriculture area in a semiarid climate? **Plant Biology**. 16, 748-756.

TESSEMA. Z. K.; BOER, W. F.; BAARS, R. M.; PRINS, H. H. Influence of Grazing on Soil Seed Banks Determines the Restoration Potential of Aboveground Vegetation in a Semi-arid Savanna of Ethiopia. **Biotropica**.44(2), 211–219. 2012.

TRABA, J.; AZCÁRATE, F.M.; Peco, B. The fate of seeds in Mediterranean soil seed bank in relation to their traits. **Journal of vegetation science**. 17, 5-10. 2006.

UNGAR, I.W. Seed bank and seed population dynamics of halophytes. **Wetlands ecology and management**. 9, 499–510. 2001

YU, S.; BELL, D.; STERNBERG, M.; KUTIEL, P. The effect of microhabitats on vegetation and its relationships with seedlings and soil seed bank in a Mediterranean coastal sand dune community. **Journal of Arid Environments**. 72, 2040-2053. 2008.

WANG, S.M.; ZHANG, X.; LI, Y.; ZHANG, L.; XIONG, Y.C.; WANG, G. Spatial distribution patterns of the soil seed bank of *Stipagrostis pennata* (Trin.) de winter in the gurbantonggut desert of north-west ,China. **Journal of arid environments**. 63, 203-222. 2005.

XIAO, D.; ZHANG, L.; ZHU, Z. A study on seed characteristics and seed bank of *Spatina alterniflora* at saltmarshes in the Yangtze Estuary, China. **Estuarine, coastal and shelf Science**. 83, 105-110. 2009.

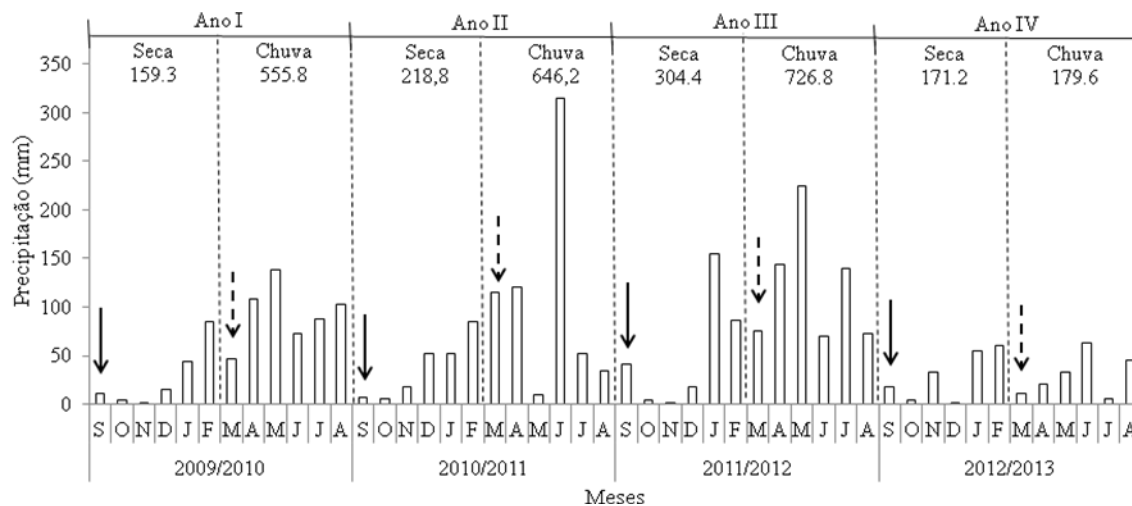


Figura 1. Precipitação mensal e total de precipitação durante a estação chuvosa e seca por quatro anos. Setas com linhas cheias indicam as amostras coletadas no final das estações chuvosas e setas com linhas tracejadas indicam amostras coletadas no final da estação seca. Dados fornecidos pela estação meteorológica da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) e Caruaru, Pernambuco, Brasil.

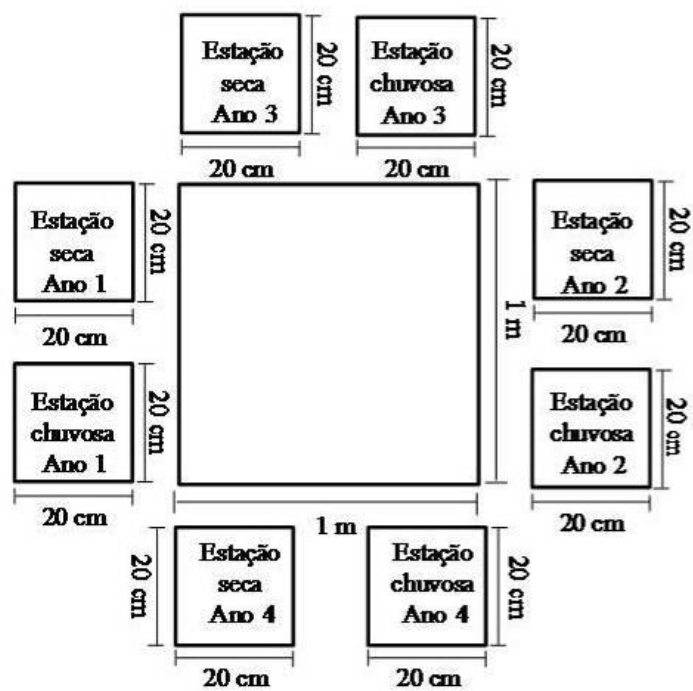


Figura 2. Visão esquemática da coleta do banco de sementes do solo (parcelas de 20x20x5 cm) no entorno das parcelas fixas de 1x1 m em uma região semiárida no Nordeste do Brasil.

Tabela 1. Análise GLM (Modelo Linear Generalizado – ANOVA) mostrando o efeito do ano, da estação climática, idade da floresta e suas interações sobre o número de germinantes de *Delilia biflora* no banco de sementes e na vegetação acima do solo. GL = Graus de Liberdade; SQ = Soma dos Quadrados; QM = Quadrado Médio; p = Significância; R = Explicação. Diferença significativa para valores de $p < 0,05$.

	GL	SQ	QM	F	P	R	GL	SQ	QM	F	P	R
	Banco de Sementes						Vegetação acima do solo					
Intercept	1	5977.71	5977.715	397.1928	0.000000		1	97997	97996.76	155.8064	0.000000	
Ano	3	2855.78	951.928	63.2514	0.000000	0.083	3	81576	27192.15	43.2332	0.000000	0.059
Estação	1	1626.43	1626.434	108.0694	0.000000	0.047	1	33295	33294.91	52.9360	0.000000	0.024
Floresta	1	2445.67	2445.672	162.5041	0.000000	0.071	1	39741	39741.21	63.1851	0.000000	0.029
Ano*Estação	3	598.95	199.650	13.2658	0.000000	0.017	3	57652	19217.41	30.5540	0.000000	0.042
Ano*Floresta	3	824.97	274.989	18.2718	0.000000	0.024	3	52899	17632.90	28.0348	0.000000	0.038
Estação*Floresta	1	598.81	598.815	39.7886	0.000000	0.017	1	25670	25669.93	40.8130	0.000000	0.018
Ano*Estação*Floresta	3	361.62	120.539	8.0093	0.000027	0.010	3	28857	9619.03	15.2934	0.000000	0.021
Error	1664	25043.05	15.050				1664	1046598	628.96			
Total	1679	34355.29					1679	1366288				

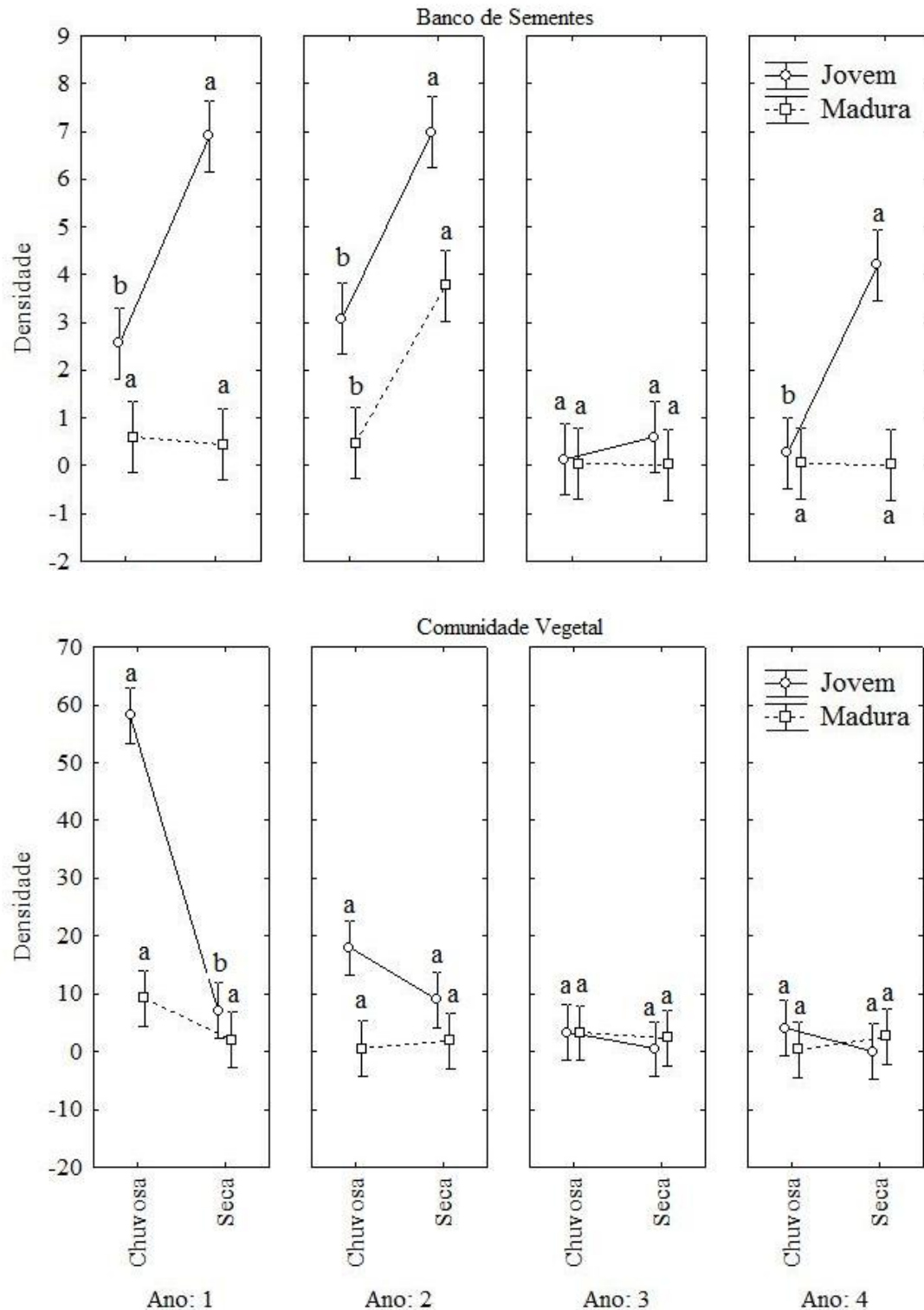


Figura 3. Variação sazonal no número de germinantes de *Delilia biflora* no banco de sementes ($F_{(3, 1664)} = 8,0093$; $p = 0,00003$) e na vegetação acima do solo ($F_{(3, 1664)} = 15,293$; $p < 0,000001$) nas florestas jovem e madura durante quatro anos consecutivos. Letras diferentes entre estações chuvosa e seca de cada ano denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95.

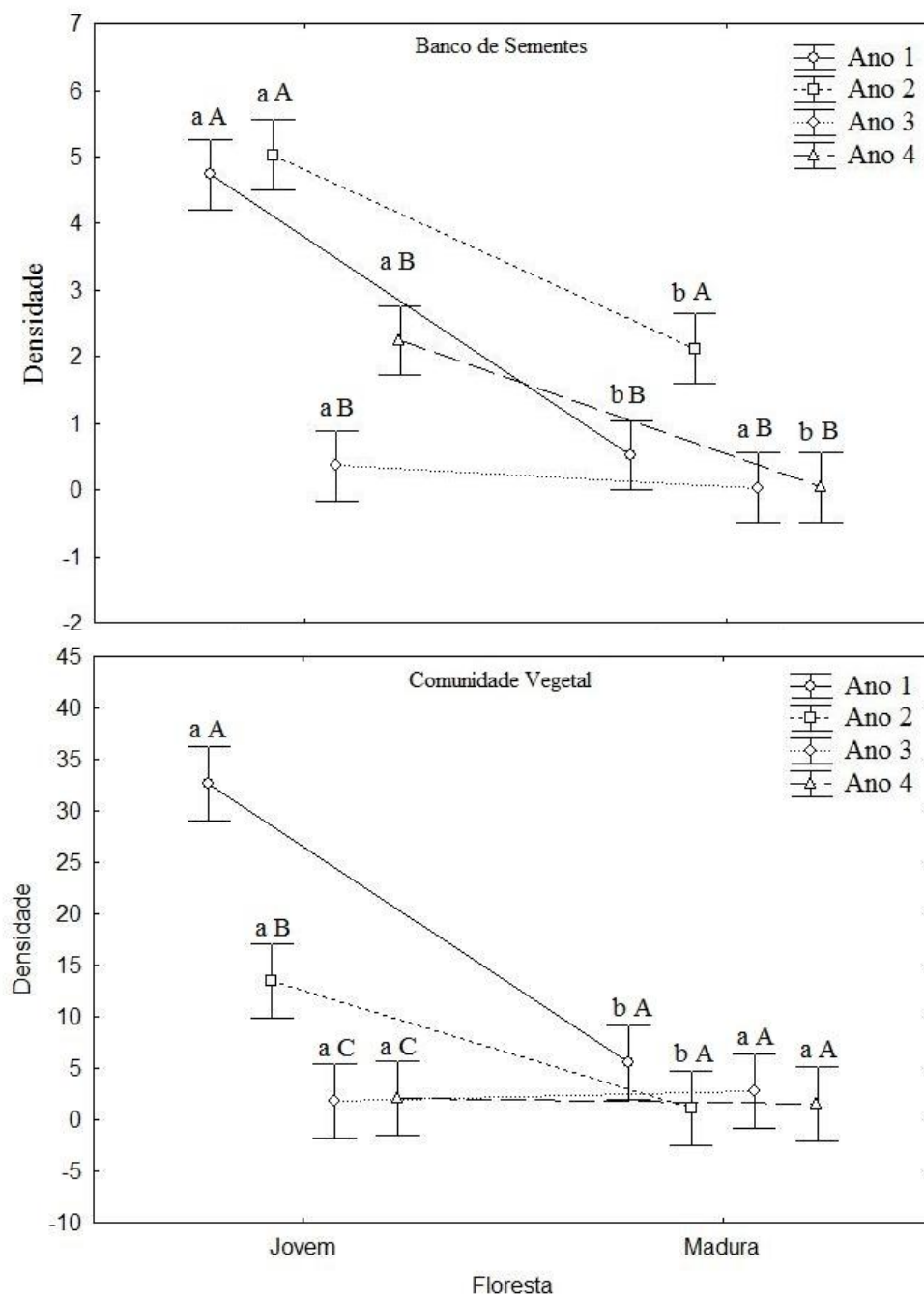


Figura 4. Variação anual no número médio de germinantes de *Delilia biflora* no banco de sementes ($F_{(3, 1664)} = 18,272$; $p < 0,000001$) e na vegetação acima do solo ($F_{(3, 1664)} = 24,732$; $p < 0,000001$) nas florestas jovem e madura. Letras minúsculas diferentes entre florestas para cada ano e letras maiúsculas diferentes entre anos em cada floresta denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95.

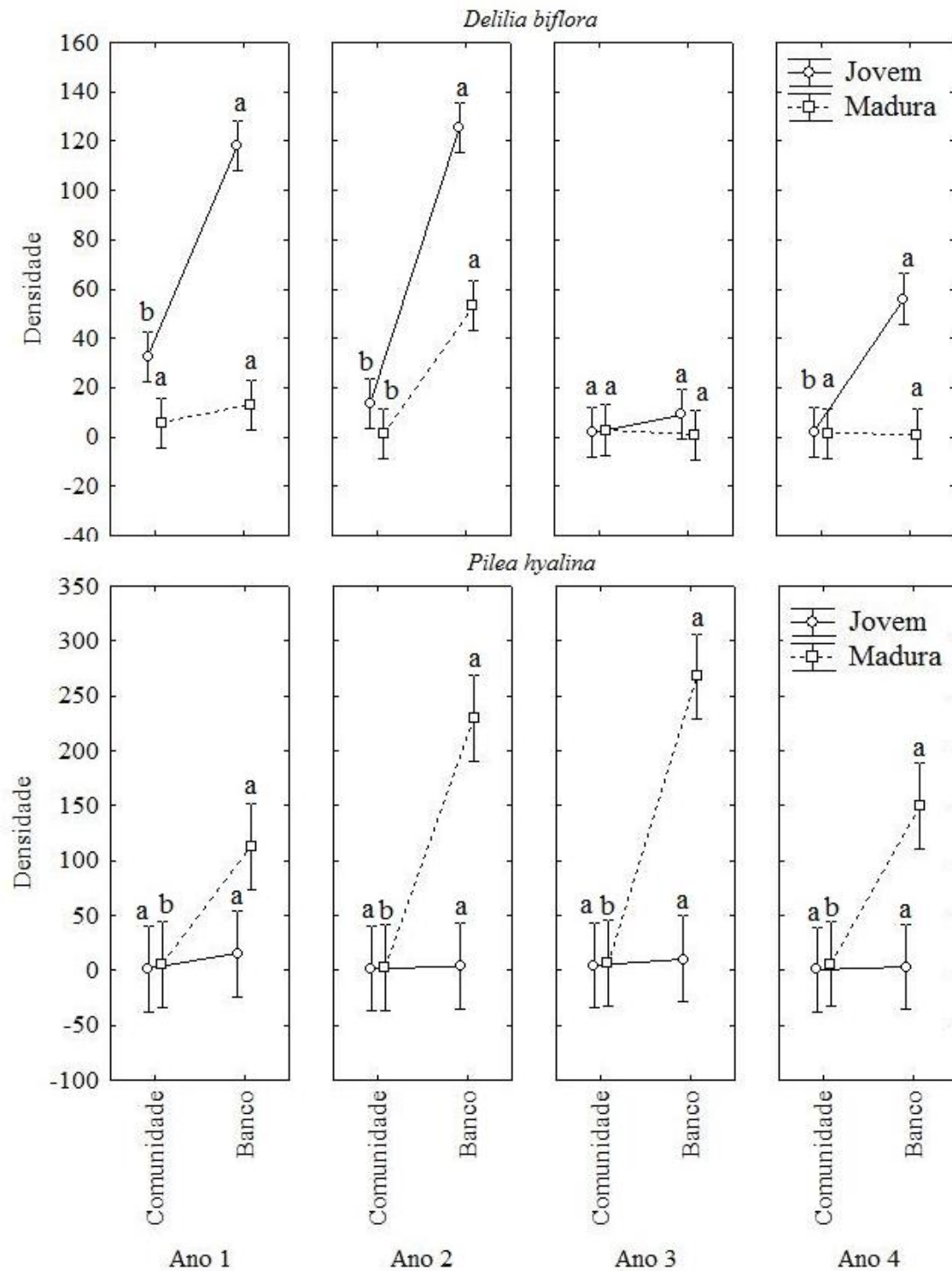


Figura 5. Variação no número médio de germinantes das espécies *Delilia biflora* ($F_{(3, 3344)} = 8,0281$; $p = 0,00002$) e *Pilea hyalina* ($F_{(3, 3344)} = 3,5225$; $p = 0,01441$) no banco de sementes e na comunidade vegetal nas florestas jovem e madura durante quatro anos. Letras diferentes entre banco de sementes e a vegetação acima do solo em cada floresta denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95..

Tabela 2. Análise GLM (Modelo Linear Generalizado – ANOVA) mostrando o efeito do ano, da estação climática, idade da floresta e suas interações sobre o número de germinantes de *Pilea hyalina* no banco de sementes e na vegetação acima do solo. GL = Graus de Liberdade; SQ = Soma dos Quadrados; QM = Quadrado Médio; p = Significância; R = Explicação. Diferença significativa para valores de $p < 0,05$.

	GL	SQ	QM	F	P	R	GL	SQ	QM	F	P	R
	Banco de Sementes						Vegetação acima do solo					
Intercept	1	26386.3	26386.29	101.8645	0.000000		1	22601	22601.34	17.98323	0.000024	
Ano	3	2459.9	819.96	3.1655	0.023629	0.0052	3	2430	809.94	0.64445	0.586471	0.0011
Estação	1	4896.1	4896.09	18.9014	0.000015	0.0104	1	18921	18920.86	15.05478	0.000109	0.0089
Floresta	1	22236.0	22236.04	85.8424	0.000000	0.0473	1	3726	3726.19	2.96482	0.085280	0.0017
Ano*Estação	3	1145.8	381.95	1.4745	0.219631	0.0024	3	1580	526.65	0.41904	0.739362	0.0007
Ano*Floresta	3	2686.3	895.44	3.4568	0.015876	0.0057	3	1409	469.70	0.37373	0.771972	0.0006
Estação*Floresta	1	3491.7	3491.72	13.4798	0.000249	0.0074	1	2541	2540.69	2.02155	0.155268	0.0011
Ano*Estação*Floresta	3	1688.4	562.80	2.1727	0.089373	0.0035	3	1970	656.73	0.52254	0.666813	0.0009
Error	1664	431031.4	259.03				1664	2091316	1256.80			
Total	1679	469635.7					1679	2123893				

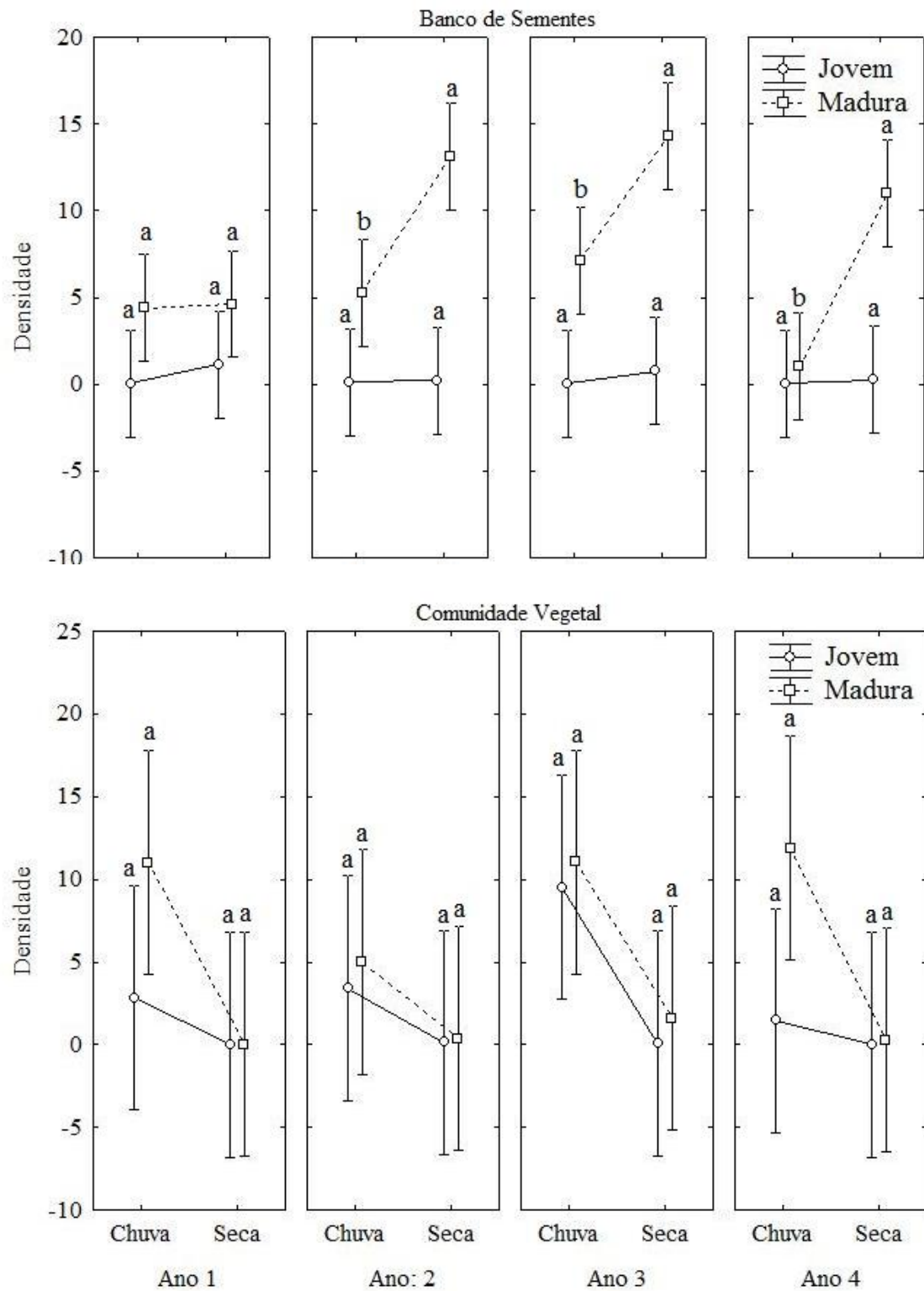


Figura 6. Variação sazonal no número de germinantes de *Pilea hyalina* no banco de sementes ($F_{(3, 1664)} = 2,1727$; $p = 0,08937$) e na vegetação acima do solo ($F_{(3, 1664)} = 0,52254$; $p = 0,66681$) nas florestas jovem e madura durante quatro anos consecutivos. Letras diferentes entre estações chuvosa e seca de cada ano denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95.

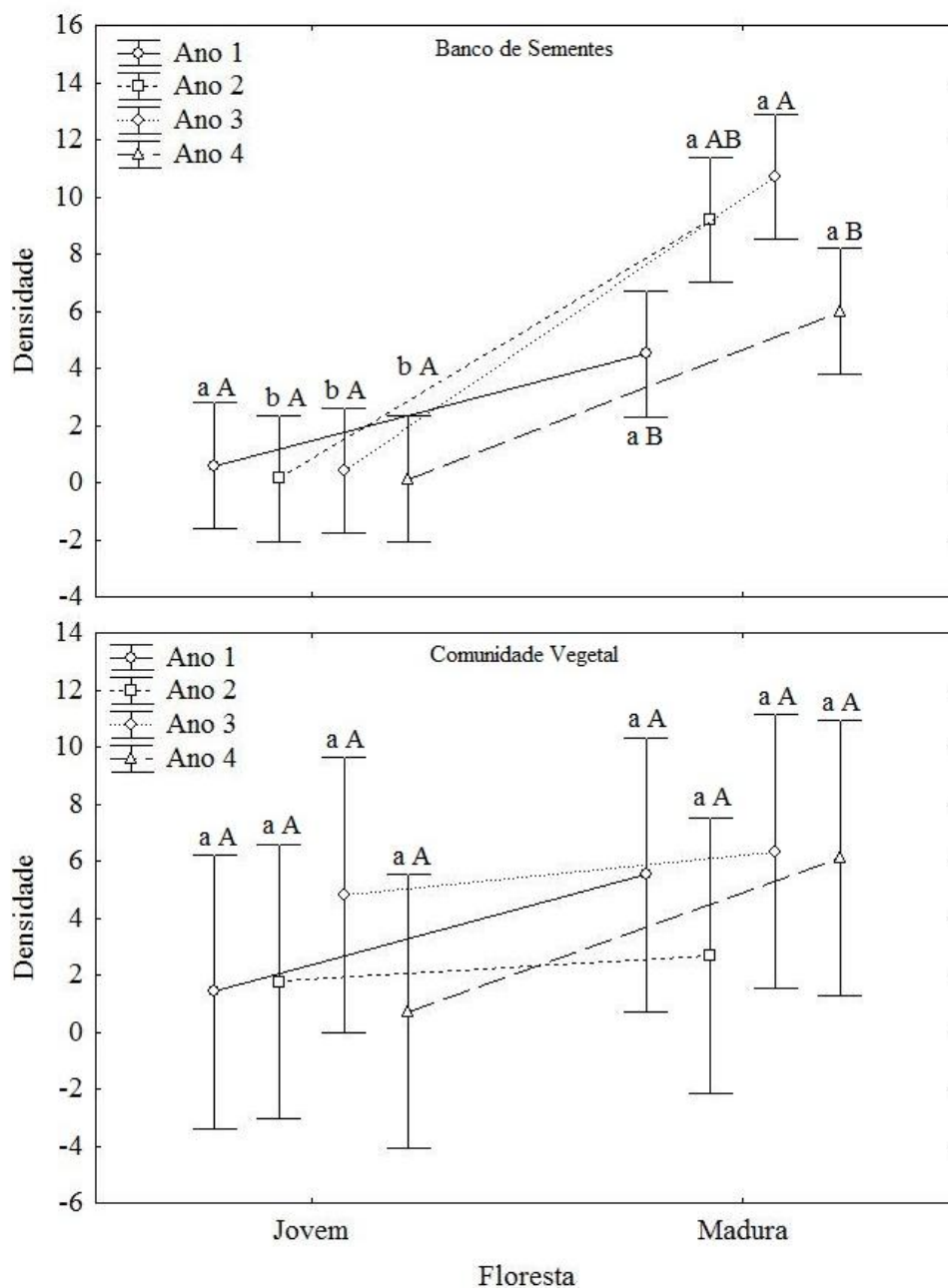


Figura 7. Variação anual no número de germinantes de *Pilea hyalina* no banco de sementes ($F_{(3, 1672)} = 3,3853$; $p = 0,01751$) e na vegetação acima do solo ($F_{(3, 1672)} = 0,37109$; $p = 0,77388$) nas florestas jovem e madura. Letras minúsculas diferentes entre florestas para cada ano e letras maiúsculas diferentes entre anos em cada floresta denotam diferença significativa pelo teste de Tukey. Barras verticais denotam intervalo de confiança de 0,95.

Considerações Finais

O banco de sementes do solo é um componente ecológico crucial para a manutenção da dinâmica da comunidade vegetal em qualquer tipo de floresta no mundo. Assim, com base nos resultados obtidos neste estudo é possível concluir que o banco de sementes é afetado pelas variações entre as estações climáticas, bem como entre anos. No entanto, sete anos consecutivos ainda não é uma série temporal longa para prever se em anos mais úmidos ou anos mais secos o tamanho do banco de sementes é mais elevado.

Em relação as variações espaciais, pode-se dizer que no espaço vertical há uma tendência de que o número de espécies e o de sementes seja maior no solo 0-5 cm em comparação com a serrapilheira independente da estação climática, do ano estudado, do tipo de microhabitat e do status de conservação da vegetação. No entanto, em relação ao efeito dos microhabitats, na floresta madura não é possível prever uma tendência de qual microhabitat detem um banco de sementes persistente, pois o efeito da significância desta variável foi muito baixo tanto para a riqueza de espécies (1%) como a emergência de plântulas (7%). Porém, foi observada a importância destes microhabitats para a conservação da diversidade biológica da área estudada.

Por fim, também foi constatado que o status de conservação de uma floresta seca determina o tamanho do banco de sementes do solo. De uma maneira geral, para este estudo, a floresta madura detém um maior número de espécies e sementes no banco do solo em comparação com a floresta jovem que passou por um processo de ação antrópica. No entanto, pode-se afirmar que, dependendo da intensidade e tempo da ação antrópica, o banco de sementes por si só pode ser o componente mais importante no processo de regeneração natural de uma área porque a armazenagem de sementes de plantas nativas no banco do solo, por um determinado tempo, auxilia no restabelecimento da composição florística nativa.

ANEXOS

The Journal of Arid Environments is an international journal publishing original scientific and technical research articles on physical, biological and anthropological aspects of arid, semi-arid, and desert environments. As a forum of multi-disciplinary and interdisciplinary dialogue it addresses research on all aspects of arid environments and their past, present and future use.

Research Areas include:

- Climate and Climate Change
- Hydrological processes and systems (i.e.. vadose, surface, environmental aspects, etc)
- Geomorphological processes and systems (Aeolian, fluvial, slope and weathering)
- Soils (physical and biological aspects)
- Biological Sciences (basic and applied)
- Anthropology and human ecology (archaeology, sociology, ethnobotany, etc)
- Land use (agronomy, grazing, mining, tourism, etc)
- Conservation (theory, policy, economics)
- Land degradation (desertification) and rehabilitation
- Techniques for monitoring and management

Guide for Authors

The *Journal of Arid Environments* will publish papers in the areas described in its aims and scopes containing the results of original work and review articles within the general field described by its title. It will be wide in scope, and will include physiological, ecological, anthropological, geological and geographical studies related to arid (including all dryland types) environments. Contributions should have different results and not be numbered serially. Reviews of relevant books will also be printed.

Types of paper

Research Articles: reporting original and previously unpublished work. Research papers have a reference limit of 50 cites

Short Communications: These are concise, but complete descriptions of a limited investigation, which will not be included in a later paper. Examples include descriptive research on seed-germination conditions, plant responses to salinity, animal feeding habits, etc. Short communications have a reference limit of 20 cites

Short communications should not exceed 2400 words (six printed pages), excluding references and legends. Submissions should include a short abstract not exceeding 10% of the length of the communication and which summarizes briefly the main findings of the work to be reported. The bulk of the text should be in a continuous form that does not require numbered sections such as Introduction, Materials and methods, Results and Discussion. However, a Cover page, Abstract and a list of Keywords are required at the beginning of the communication and Acknowledgements and References at the end. These components are to be prepared in the same format as used for full-length research papers. Occasionally authors may use sub-titles of their own choice to highlight sections of the text. The overall number of tables and figures should be limited to a maximum of three (i.e. two figures and one table).

Review Articles: Critical evaluation of existing data, defined topics or emerging fields of investigation, critical issues of public concern, sometimes including the historical development of topics. Those wishing to prepare a review should first consult the Editors or Associate Editors concerning acceptability of topic and length.

Think Notes: Short, one page notes describing new developments, new ideas, comments on a controversial subject, or comments on recent conferences will also be considered for publication.

Letter to the Editor: A written discussion of papers published in the journal. Letters are accepted on the basis of new insights on the particular topic, relevance to the published paper and timeliness.

Contact details for submission

Authors may send queries concerning the submission process, manuscript status, or journal procedures to the Editorial Office at [✉jae@elsevier.com](mailto:jae@elsevier.com)



Before You Begin

Ethics in Publishing

For information on Ethics in Publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/ethicalguidelines>.

Policy and ethics

The work described in your article must have been carried out in accordance with *The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki) for experiments involving humans* <http://www.wma.net/e/policy/b3.htm>; *EC Directive 86/609/EEC for animal experiments* http://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab_animals/legislation_en.htm; *Uniform Requirements for manuscripts submitted to Biomedical journals* <http://www.icmje.org>. This must be stated at an appropriate point in the article.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>.

Submission declaration

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere including electronically in the same form, in English or in any other language, without the written consent of the copyright-holder.

Contributors

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so

roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright see <http://www.elsevier.com/copyright>). Acceptance of the agreement will ensure the widest possible dissemination of information. An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

Retained author rights

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights; for details you are referred to: <http://www.elsevier.com/authorsrights>.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the paper for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated. Please see <http://www.elsevier.com/funding>.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Language and language services

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and post-submission please visit <http://www.elsevier.com/languageediting> or our customer support site at <http://support.elsevier.com> for more information.

Submission

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

Referees

Please submit, with the manuscript, the names, addresses and e-mail addresses of 3 potential referees. Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.



Preparation

Use of wordprocessing software

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. Do not embed

"graphically designed" equations or tables, but prepare these using the wordprocessor's facility. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text and on the manuscript. See also the section on Electronic illustrations.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the "spell-check" and "grammar-check" functions of your wordprocessor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name, and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a "Present address" (or "Permanent address") may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the paper in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the paper. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission

system. Maximum image size: 400 × 600 pixels (h × w, recommended size 200 × 500 pixels). Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Research highlights

Research highlights are a short collection of bullet points that convey the core findings of the article. Research highlights are optional and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Research highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters per bullet point including spaces). See <http://www.elsevier.com/researchhighlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Plant names

Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*.

Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp.

Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Save text in illustrations as "graphics" or enclose the font.
- Only use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times, Symbol.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Produce images near to the desired size of the printed version.
- Submit each figure as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

➡ <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalised, please "save as" or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS: Vector drawings. Embed the font or save the text as "graphics".

TIFF: color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF: Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF: Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

DOC, XLS or PPT: If your electronic artwork is created in any of these Microsoft Office applications please supply "as is".

Please do not:

- Supply embedded graphics in your wordprocessor (spreadsheet, presentation) document;
- Supply files that are optimised for screen use (like GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Non-electronic artwork

Provide all illustrations as high-quality printouts, suitable for reproduction (which may include reduction) without retouching. Number illustrations consecutively in the order in which they are referred to in the text. They should accompany the manuscript, but should not be included within the text. Clearly mark all illustrations on the back (or - in case of line drawings - on the lower front side) with the figure number and the author's name and, in cases of ambiguity, the correct orientation.

Mark the appropriate position of a figure in the article.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to "gray scale" (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References***Citation in text***

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either "Unpublished results" or "Personal communication" Citation of a reference as "in press" implies that the item has been accepted for publication.

Regular research papers have a reference limit of 50 cites and short communications should not exceed 20 cites.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author*: the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors*: both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors*: first author's name followed by "et al." and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: "as demonstrated (Allan, 1996a, 1996b, 1999; Allan and Jones, 1995). Kramer et al. (2000) have recently shown"

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2000. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 1979. *The Elements of Style*, third ed. Macmillan, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 1999. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a maximum size of 10 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your

article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Submission checklist

It is hoped that this list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal's Editor for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One Author designated as corresponding Author:

- E-mail address
- Full postal address
- Telephone and fax numbers

All necessary files have been uploaded

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been "spellchecked" and "grammar-checked"
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black and white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.



After Acceptance

Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. The correct format for citing a DOI is shown as follows (example taken from a document in the journal *Physics Letters B*):

doi:10.1016/j.physletb.2003.10.071

When you use the DOI to create URL hyperlinks to documents on the web, they are guaranteed never to change.

Proofs

One set of page proofs (as PDF files) will be sent by e-mail to the corresponding author (if we do not have an e-mail address then paper proofs will be sent by post) or, a link will be provided in the e-mail so that authors can download the files themselves. Elsevier now provides authors with PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download Adobe Reader version 7 (or higher) available free from <http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>. Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs (also given online). The exact system

requirements are given at the Adobe site:

⇒ <http://www.adobe.com/products/acrobat/acrrsystemreqs.html#70win>.

If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return them to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and return by fax, or scan the pages and e-mail, or by post. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Therefore, it is important to ensure that all of your corrections are sent back to us in one communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via e-mail. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. The PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use.



Author Inquiries

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission where available) please visit this journal's homepage. You can track accepted articles at ⇒ <http://www.elsevier.com/trackarticle> and set up e-mail alerts to inform you of when an article's status has changed. Also accessible from here is information on copyright, frequently asked questions and more. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher.

Preparation of Manuscripts

Ecology, Ecological Applications, Ecological Monographs

Cover photos

For detailed information on the types of papers published in ESA journals, consult: [Ecology] [Ecological Applications] [Ecological Monographs].

Manuscript format

Consult recent issues for examples of journal style. For purposes of review, submitted manuscripts need not adhere to journal style in every detail; however, preparation of final revisions of manuscripts accepted for publication will be easier if ESA style is followed from the outset.

All papers must be in English. Use American spellings (e.g., behavior, not behaviour). The *CBE Style Manual*, Fifth Edition, is recommended for details of style.

Spaces, margins and fonts

The entire manuscript must be double-spaced (text, quotations, figure legends, tables, literature cited, etc.) at three lines per inch (12 lines/ 10 cm). Leave a 1-inch (2.4-cm) margin on all sides of each page. Use a 12-point font (proportionally-spaced type) or 10 characters/inch (4 characters/cm) if the letter spacing is uniform. Do not hyphenate words at the right margin or justify the right margin. Put the author's name in the header for each page and number all pages, starting with the title page.

Line numbers

All pages of text should have line numbers.

Equations, symbols and abbreviations

Define all symbols, abbreviations and acronyms the first time they are used. Equations to be set separately from the text will be broken into two or more lines if they exceed the width of one column; mark equations for appropriate breaks. Subscripts and superscripts should be clarified by marginal notes. Use leading zeroes with *all* number <1, including probability values (e.g., $P < 0.001$). Use boldface roman type to denote matrices and vectors

Underlining and italics

Underline or italicize scientific names and the symbols for all variables and constants *except* Greek letters. Symbols should be italic in the illustrations to match the text. Italics should rarely be used for emphasis. (If mathematical expressions are to be set with underbars, this must be indicated clearly on the manuscript, by means of a special note.)

Footnotes

Footnotes to text should be avoided; most footnote material can be incorporated in the text (parenthetically if necessary) to the benefit of readers, editors, and printers.

Organization of the paper

Title page

Running Head. -- A running head of not longer than 40 letters and spaces should be provided at the top of the title page.

Title. -- Titles should be concise, informative, tell what the paper is about and what it found. It should contain keywords necessary for digital search and retrieval methods. Avoid vague declarations (e.g., "effects of ..."); strive for information content (e.g., "fungi kill tardigrades"). The maximum length is 120 characters. Do not include the authority for taxonomic names in the title or in the abstract. Titles may not include numerical series designations. The first letter of the first word in the title is capitalized. All other words, except for proper nouns, are lower case.

List of Authors. -- For each author, give the relevant address – usually the institutional affiliation of the author during the period when all or most of the research was done. Each author's present address, if different from this, and the author's email address should appear as a footnote at the bottom of the title page.

Individuals listed as authors should have played a significant role in designing or carrying out the research, writing the manuscript, or providing extensive guidance on the execution of the project. Those whose role was limited to providing materials, financial support, or review should be recognized in the Acknowledgments section.

Abstract and key words

The abstract should explain to the general reader why the research was done and why the results should be viewed as important. It should provide a brief summary of the research, including the purpose, methods, results, and major conclusions. Do not include literature citations in the Abstract. Avoid long lists of common methods or discursive explanations of what you set out to accomplish,

The primary purpose of an abstract is to allow readers to determine quickly and easily the content and results of a paper. Abstracts should not exceed 200 words for Reports, Notes, and Communications, and 350 words for articles and for Data Papers.

Following the Abstract, list up to 12 key words. Words from the title of the article may be included in the key words. Each key word should be useful as an entry point for a literature search.

Body of the article

If appropriate, organize your article in sections labeled Introduction, Methods, Results, and Discussion. You may need to add a section for Conclusions. Brief articles usually do not require a label for the Introduction. If the nature of your research requires a different organization, specify the level of each section heading (1st-order head, 2nd-order head, etc.) in the margin.

Introduction

describing the paper's significance should be intelligible to the general reader of the journal. The Introduction should state the reason for doing the research, the nature of the questions or hypotheses under consideration, and essential background. The Introduction is not a place for a lengthy review of the topic!

The Methods:

section should provide sufficient information to allow someone to repeat your work. A clear description of your experimental design, sampling procedures, and statistical procedures is especially important. Do not describe commonplace statistical tests in Methods, but allude to them briefly in Results. If you list a product (e.g., animal food, analytical device), supply the name and location of the manufacturer. Give the model number for equipment specified. Supply complete citations, including author (or editor), title, year, publisher and version number, for computer software mentioned in your article.

Results

generally should be stated concisely and without interpretation, though in complex studies modest interpretation of individual parts can provide context helpful for understanding subsequent parts. The **Discussion** should explain the significance of the results. Distinguish factual results from speculation and interpretation. Avoid excessive review.

Acknowledgments

Acknowledgments, including funding information, should appear in a brief statement at the end of the body of the text.

Literature cited (and other citations)

Avoid excessive citations; cite only essential sources. Before submitting the manuscript, check each citation in the text against the Literature Cited to see that they match exactly. Delete citations if they are not actually cited in the article. The list should conform in sequencing and punctuation to that in recent issues of the journal. All journal titles should be spelled out completely. Provide the publisher's name and location when you cite conference proceedings or other books.

The Literature Cited section of a paper may refer only to permanently archived material. If a reasonably diligent scholar 20 years in the future could not be assured of finding a

particular source, it would not be acceptable as literature cited. Because Internet sources typically have a short half-life, they may not be included in Literature Cited sections unless there is reasonable evidence of permanency (e.g., *Ecological Archives*). As a general rule, any publication that has an ISSN or ISBN is acceptable, but should be referenced by name (the URL may be added, but is not essential).

Do not list abstracts or unpublished material in the Literature Cited. These materials may be listed in the text as *personal observations* (by an author of the present paper), *personal communications* (information from others), *public communications* (information in published abstracts, or information publicly distributed over the Internet but not permanently archived), *unpublished manuscript*, or *unpublished data*. The author(s) is expected to verify for all "personal communications" that the authority cited agrees to the use of his or her name. For public communications, the reference should include date printed or accessed, and title of the source, and basic access information such as URL.

Tables

Tables should supplement, not duplicate, the text. They should be numbered in the order of their citation in the text. Start each table on a separate page. Provide a short descriptive title at the top of each table; rather than simply repeating the labels on columns and rows of the table, the title should reveal the point of grouping certain data in the table. Statistical and other details should be provided as footnotes rather than appearing in the title. Never repeat the same material in figures and tables; when either is equally clear, a figure is preferable. Do not include any class of information in tables that is not discussed in the text of the manuscript.

At the submission and review stages, embedded image files are acceptable for tables. Final versions of accepted manuscripts must have "true" tables in an editable format, created by using the "Insert Table" function, rather than using tabs or spaces. For example, in Microsoft Word you should select "Table, "Insert", "Table", then specify the number of rows and columns and fill in the individual cells.

Figures

Number figures in the order in which they are discussed in the text. Group the figure legends in numerical order on one or more pages, separate from the figures. The figure title (i.e., Figure 1) should be given as the first two words of the legend.

Electronic file formats:

All figure files should be in eps, pdf, tiff, or jpeg format, or embedded in Word or PowerPoint. See below for sizing. Low resolution figure files will not be suitable for publication. Thus, we may require new versions of figures for the final version of an accepted manuscript.

Size:

There should only be one figure on each page. The resolution should be 600 dpi (dots per inch). If you make tiff files, please use the "LZW compression" option when saving the files. That will significantly reduce the file size, without adversely affecting the image quality.

Type guidelines for figures: Most figures will be reduced to single-column width in the journal (76 mm, 3 inches, or 18 picas) and should be completely legible at that size. After reduction, all lettering should be no smaller than a 6-point font size. Sans serif fonts such as Helvetica or Arial are preferred. Nomenclature, abbreviations, symbols, and units used in a figure should match those used in the text and tables. Use italics only as used in the text (e.g., variables, species names). All Greek letters should be set upright (roman, not italic). Avoid boldface lettering.

Lines and fills: Axis lines, tick marks, error bars, etc. should be thick enough to survive reduction to final print size (at least 1 point wide, following reduction). Anything smaller is likely to fade out. Tick marks also need to be long enough to show up when reduced. Fills should be sufficiently different so they can be distinguished upon reduction.

Color figures: The cost of printing color figures will be billed to the author (currently \$360 per figure). You will be asked to confirm that you are willing to pay the costs of reproducing the figure in color.

Digital appendices and supplements

Appendices and supplemental material for articles published in ESA's print journals (*Ecology*, *Ecological Monographs*, *Ecological Applications*) are published in digital form in *Ecological Archives*. Unless otherwise requested and approved by the Subject-matter Editor and the Managing Editor, appendices will be published exclusively in digital form. Never state "available from the author upon request;" all such material should be submitted for inclusion in *Ecological Archives*.

For purposes of *Ecological Archives*, appendices are defined as directly viewable (or executable in the case of sound or video clips) with a standard web browser and should be fully understandable by referring to the legend and the original paper. The ability to publish digital appendices allows authors to make available substantial amounts of supporting material in formats such as tables, graphs, and photographs as separate, citable entities. Whereas appendices are generally formatted to be readily viewed or experienced with a web browser, supplements will more typically resemble raw data with appropriate metadata. In the case of supplements, only the metadata will be consistently formatted to optimize viewing with a web browser; the supplements *per se* will be formatted to maximize ease of further use or analysis. Supplements could include, but are not limited to, original and derived datasets, source code for simulation models, and details of and software for unusual statistical analyses. Authors are

encouraged to submit supplements that allow validation of analyses already conducted, as well as new analyses of their original data. Separate detailed instructions are available on preparation of materials for Ecological Archives.

Assembly of the manuscript

Assemble the parts of the manuscript in this order: title page, abstract, key words, text, acknowledgments, literature cited, tables, figure legends, figures. Appendices for *Ecological Archives* should be in a separate file. Number all pages (including appendices, tables, and figures) consecutively.

Cover photos

Do not submit unsolicited suggestions for cover photos. Cover photos are solicited when an issue is put together, and you will be contacted if your manuscript can be considered as a candidate for the cover.

Conventions

Identification of the objects of study

Early in the manuscript, identify the type(s) of organism or ecosystem you studied; e.g., "*Cornus florida* L. (flowering dogwood), a small deciduous tree". Avoid descriptive terms that may be familiar only to specialists. Provide the scientific names of all organisms. Common names may be used when convenient after stating the scientific names.

Genus names must be spelled out the first time they are used, but may be abbreviated to a single letter thereafter if no confusion will result. If the article contains several different scientific names, it is a good idea to spell out the generic name the first time it appears in each major section. Species names must always be spelled out in text; space limitations in tables or figures may require use of a "code," such as the first letter of the genus and species name; these letters should be in italics, like the original scientific name.

Check carefully the spelling of all scientific nomenclature. Copy editors cannot be expected to do this.

Because usage of scientific names may vary between investigators and can be ambiguous when out of context, conformance to a comprehensive nomenclatural standard is highly desirable. Suggestions for nomenclature standards are available for commonly studied groups.

Statistical analyses and data presentation

Authors are free to interpret statistical analyses as they see fit. The author, however, needs to provide the reader with information sufficient for an independent assessment of the analysis. Thus, the assumptions and the model underlying any statistical analysis

must be clearly stated, and the presentation of results must be sufficiently detailed. Sampling designs, experimental designs, data-collection protocols, precision of measurements, sampling units, and sample sizes must be succinctly described. Reported statistics usually include the sample size and some measure of their precision (standard error [SE] or specified confidence interval [CI]) except where this would interfere with graphical clarity. The specific statistical procedure must always be stated. Unusual statistical procedures need to be explained in sufficient detail, including references if appropriate, for the reader to reconstruct the analysis. If a software product was used, complete citation should be given, including version number. When reporting results, actual *P* values are preferred. For more information consult the guidelines on "Statistical analysis and data presentation" prepared by the Statistical Ecology Section of ESA.

Any novel computer code used for models, simulations, or statistical analyses reported in the manuscript must be described. Such code must be part of the submission and will become a permanently archived Supplement to an accepted manuscript. Computer code should be sufficiently documented so that reviewers and readers can reconstruct simulations, models or analyses as reported in the submission and ultimate publication. Executable code is not sufficient; source code must be provided. Sufficient metadata should accompany the code so that others can readily use the files and interpret output. Such metadata can usually be provided in a short text file.

Units

Units of measure should conform to the International System of Units (SI). If measurements were made in other units, include the SI equivalents.

Consult *Standard Practice for Use of the International System of Units* (ASTM Standard E-380-93) for guidance on unit conversions, style and usage. An abbreviated version may be downloaded from the ASTM website. When preparing text and figures, note in particular that SI requires the use of the terms *mass* or *force* rather than *weight*. When one unit appears in a denominator, use the solidus (e.g., g/m²); for two or more units in a denominator, use negative exponents (e.g., g.m⁻².d⁻¹). Use a capital L as the symbol for liter.



ELSEVIER ACTA OECOLOGICA

DESCRIPTION

Acta Oecologica is venue for the publication of original research articles in **ecology**.

We encourage

studies in all areas of ecology, including **ecosystem ecology**, **community ecology**, **population ecology**, **conservation ecology** and **evolutionary ecology**. There is no bias with respect to taxon, biome or geographic area. Both theoretical and empirical papers are welcome, but combinations are particularly sought. Priority is given to papers based on explicitly stated hypotheses. *Acta Oecologica* also accepts review papers. The forum section is reserved for short papers with critical discussion of current issues in ecology, as well as comments and viewpoints on previously published papers. *Acta Oecologica* does not publish book reviews, but comments on new books are welcome in the forum section.

GUIDE FOR AUTHORS

Your Paper Your Way

We now differentiate between the requirements for new and revised submissions. You may choose to submit your manuscript as a single Word or PDF file to be used in the refereeing process. Only when your paper is at the revision stage, will you be requested to put your paper in to a correct format for acceptance and provide the items required for the publication of your article.

To find out more, please visit the Preparation section below.

INTRODUCTION

Aims & Scope

Acta Oecologica is a venue for the publication of original research articles in ecology. We encourage studies in all areas of ecology, including ecosystem ecology, community ecology, population ecology, conservation ecology and evolutionary ecology. There is no bias with respect to taxon, biome or geographic area. Both theoretical and empirical papers are welcome, but combinations are particularly sought. Priority is given to papers based on explicitly stated hypotheses. *Acta Oecologica* also accepts review papers. The forum section is reserved for short papers with critical discussion of current issues in ecology, as well as comments and viewpoints on previously published papers.

Acta Oecologica does not publish book reviews, but comments on new books are welcome in the forum section.

Types of Paper

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

Contributors

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

Changes to authorship

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

Before the accepted manuscript is published in an online issue: Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by

AUTHOR INFORMATION PACK 11

the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed. *After the accepted manuscript is published in an online issue:* Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

Copyright

This journal offers authors a choice in publishing their research: Open access and Subscription. *For subscription articles* Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>.

For open access articles

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/languageediting/>) or visit our customer support site (<http://support.elsevier.com>) for more information.

If you have difficulty with your submission or any other questions, please contact the editorial office: acta.oecologica@agroparistech.fr In case of necessity, our postal address is:

Acta Oecologica

Ecologie et Évolution (UMR7625, CNRS)

Université Pierre et Marie Curie (Paris 6)

7 quai Saint Bernard Bât. A, 7ème étage, case 237 75252 Paris cedex 05France

Tel. +33 1 44 27 26 31

Fax. +33 1 44 27 35 16

Referees

Please submit the names and institutional e-mail addresses of several potential referees. For more details, visit our Support site. Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

PREPARATION

NEW SUBMISSIONS

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process. As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or layout that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

References

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes. Divide the article into clearly defined sections. Please ensure your paper has consecutive line numbering - this is an essential peer review requirement.

Figures and tables embedded in text

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file.

REVISED SUBMISSIONS

Use the wordprocessor's features to number automatically the pages and the lines. *Use of word processing software*

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor. Articles should be divided into sections in the following sequence: title page, abstract, keywords, introduction, materials and methods, results, discussion, conclusion, acknowledgements, references, tables, legends of figures and figures.

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- ***Title.*** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- ***Author names and affiliations.*** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

- ***Corresponding author.*** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**

- ***Present/permanent address.*** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531×1328 pixels (h \times w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5×13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

Highlights

Highlights are a short collection of bullet points that convey the core findings of the article. Highlights are optional and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files. A detailed guide on electronic artwork is available on our website: <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'. TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi. TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.

- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications that can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may

be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

This journal has standard templates available in key reference management packages EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/support/rmstyles.asp>). Using plug-ins to wordprocessing packages, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style which is described below.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication. Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al.(2010) have recently shown'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S.,

Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations: <http://www.issn.org/services/online-services/access-to-the-ltwa/>.

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research. Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, highresolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Data at PANGAEA

Electronic archiving of supplementary data enables readers to replicate, verify and build upon the conclusions published in your paper. We recommend that data should be deposited in the data library PANGAEA (<http://www.pangaea.de>). Data are quality controlled and archived by an editor in standard machine-readable formats and are available via Open Access. After processing, the author receives an identifier (DOI) linking to the supplements for checking. As your data sets will be citable you might want to refer to them in your article. In any case, data supplements and the article will be automatically linked as in the following example: doi:10.1016/0016-7037(95)00105-9. Please use

PANGAEA's web interface to submit your data (<http://www.pangaea.de/submit/>).

Google Maps and KML files

KML (Keyhole Markup Language) files (optional): You can enrich your online articles by providing KML or KMZ files which will be visualized using Google maps. The KML or KMZ files can be uploaded in our online submission system. KML is an XML schema for expressing geographic annotation and

visualization within Internet-based Earth browsers. Elsevier will generate Google Maps from the submitted KML files and include these in the article when published online. Submitted KML files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. For more information see <http://www.elsevier.com/googlemaps>.

Interactive plots

This journal encourages you to include data and quantitative results as interactive plots with your publication. To make use of this feature, please include your data as a CSV (comma-separated values) file when you submit your manuscript. Please refer to <http://www.elsevier.com/interactiveplots> for further details and formatting instructions.

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Telephone

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

AFTER ACCEPTANCE

Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal *Physics Letters B*): <http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059> When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

Online proof correction

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-

prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors. If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.