



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
CAMPUS DE PATOS



SAMARA PAULO DOS SANTOS FERNANDES

ESTRATO LENHOSO E MESOFAUNA EDÉFICA EM ÁREA DE CAATINGA EM
PROCESSO DE RECUPERAÇÃO

PATOS - PARAÍBA - BRASIL

2020

SAMARA PAULO DOS SANTOS FERNANDES

ESTRATO LENHOSO E MESOFAUNA EDÉFICA EM ÁREA DE CAATINGA EM
PROCESSO DE RECUPERAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, campus de Patos-PB, Brasil, na área de Ecologia, Manejo e Utilização dos Recursos Florestais, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Ph.D. Olaf Andreas Bakke

PATOS - PARAPBA - BRASIL

2020

FICHA CATALOGRÉFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO CSTR

F363e Fernandes, Samara Paulo dos Santos
Estratolenhoso e mesofauna edáfica em área de caatinga em processo de recuperação / Samara Paulo dos Santos Fernandes. - Patos, 2020.
86f.: il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural.

Orientação: Prof. Ph.D. Olaf Andreas Bakke.

Referências.

1. Floresta tropical seca. 2. Áreas degradadas. 3. Microrganismos do solo.
I. Título.

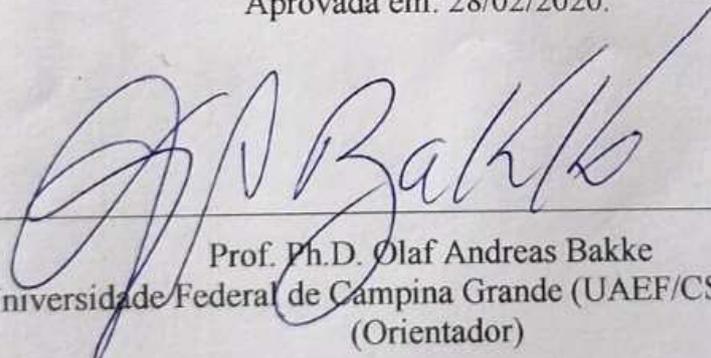
CDU 630*9

SAMARA PAULO DOS SANTOS FERNANDES

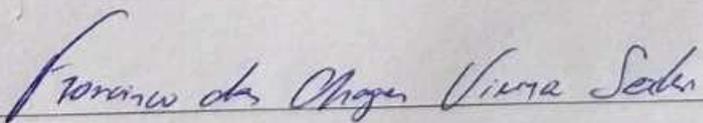
**ESTRATO LENHOSO E MESOFAUNA EDÁFICA EM ÁREA DE CAATINGA EM
PROCESSO DE RECUPERAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, *campus* de Patos-PB, Brasil, na Área de Ecologia, Manejo e Utilização dos Recursos Florestais, como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIAS FLORESTAIS.

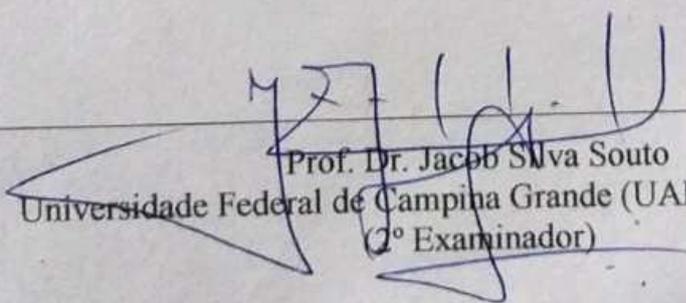
Aprovada em: 28/02/2020.



Prof. Ph.D. Olaf Andreas Bakke
Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/CSTR/UFCG)
(Orientador)



Prof. Dr. Francisco, das Chagas Vieira Sales
Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/CSTR/UFCG)
(1º Examinador)



Prof. Dr. Jacob Silva Souto
Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/CSTR/UFCG)
(2º Examinador)

`N²o sei por quantas lutas irei passar... Mas sei que nunca passarei sozinho... _

(Isaias 43:2)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela minha saúde e da minha família e pela força para conseguir chegar até ao final desta jornada.

A toda a minha família! Em especial, à minha mãe e Vilma, minha avó, minha tia Verónica e minha irmã Samanda por todo o amor, carinho, apoio e paciência que me dedicaram diariamente durante a minha vida e principalmente nesta jornada. Amo vocês!

Ao meu namorado, Daniel Morais, por todo amor, paciência, apoio, carinho, incentivo e por estar ao meu lado nos momentos mais difíceis desta jornada.

Aos meus amigos: Severino Filho, Karliene, Beatriz, Leilianny, Silvana, Andréia, Kyegla Beatriz e Neylton pela ajuda nos momentos difíceis e pela amizade sincera de vocês.

Ao professor Olaf Andreas Bakke, pela orientação, por todos os ensinamentos transmitidos, pela paciência, dedicação e carinho durante todo este período em que trabalhamos juntos.

Aos professores: Ivonete Bakke, Rozileudo Guedes, Sder Arriel, Jacob Souto, Patrícia Souto e Naelza Wanderley pelas contribuições ao desenvolvimento deste trabalho e pela disposição em me ajudar quando necessitei.

À banca examinadora, pela disponibilidade em avaliar e contribuir de forma valiosa com este trabalho.

Aos meus colegas da turma do mestrado, pela convivência e pelos melhores momentos compartilhados.

À minha equipe de campo: Ramon Medeiros, Kyegla Beatriz, Edigléia Almeida e Severino Filho, pelas coletas e aprendizado.

Ao secretário, Paulo César, pela amizade, disponibilidade e competência.

Aos funcionários do Viveiro e da Fazenda Nupeído, pela colaboração com a pesquisa.

GRATIDÃO!

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I: Regeneração natural e crescimento e sobrevivência de mudas plantadas em área degradada de Caatinga

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Precipitação acumulada anual (mm), na Fazenda Nupequido, Patos- Paraíba, entre os anos de 2005 e 2019..... | 41 |
| Figura 2 - Curvas e modelos de regressão relacionando o log da altura da jurema preta e da favela e relações sem a transformação logarítmica para a altura | 46 |
| Figura 3 - Curvas e modelos de regressão relacionando o log do diâmetro da jurema preta e da favela, e relações sem a transformação logarítmica para o diâmetro basal | 47 |
| Figura 4 - Distribuição dos regenerantes em classes de altura | 52 |
| Figura 5 - Distribuição dos regenerantes em classes de diâmetro basal..... | 53 |

Capítulo II: Mesofauna edáfica em área degradada de Caatinga

| | |
|---|----|
| Figura 1 B Aspecto da área..... | 64 |
| Figura 2 B Detalhes dos danos causados às mudas de jurema preta após pastejo de ovinos e caprinos | 65 |
| Figura 3 B Anel metálico, introdução do anel metálico no solo utilizando um martelo e uma lâmina de madeira, retirada do anel com solo+serrapilheira com o auxílio de uma colher de pedreiro, acondicionamento do anel com solo+serrapilheira em saco plástico e armazenamento em caixa de isopor. | 66 |
| Figura 4 B Aparato Funil Berlese-Tullgren..... | 67 |
| Figura 5 - Precipitação (mm) e temperatura média (°C) mensal de Patos, Paraíba dos meses de agosto de 2018 a julho de 2019. | 74 |

LISTA DE TABELAS

Capítulo I: Regeneração natural e crescimento e sobrevivência de mudas plantadas em área degradada de Caatinga

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Condições de inclusão dos regenerantes nas classes de altura e diâmetro na base de acordo com as recomendações da Rede de Manejo Florestal da Caatinga. | 39 |
| Tabela 2 - Número de indivíduos de jurema preta e favela mortos entre 2005 e 2019 | 42 |
| Tabela 3 - Precipitação mensal (mm) de 2005 a 2019 na Fazenda Nupeído, Patos-Paraíba, Brasil..... | 43 |
| Tabela 4 - Número (N_i) de regenerantes, e respectivas densidades absoluta (DA) e relativa (DR%), Fazenda Nupeído, Patos-PB..... | 51 |

Capítulo II: Mesofauna edáfica em área degradada de Caatinga

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Número total e frequência relativa de exemplares da mesofauna coletados em 105 pontos amostrais. | 71 |
| Tabela 2 - Número de exemplares da mesofauna (total e por grupo taxonômico) coletados. | 73 |
| Tabela 3 - Número de exemplares da mesofauna extraídos do solo+serapilheira coletados em 21 pontos amostrais, estimativa por hectare, razão entre o maior e o menor número de exemplares da mesofauna extraídos, e o qui-quadrado corrigido. | 77 |
| Tabela 4 - Valores dos índices de diversidade de Shannon (H) e de equitabilidade de Pielou para a mesofauna edáfica extraída..... | 81 |

SUMÉRIO

| | |
|--|----|
| RESUMO..... | 10 |
| ABSTRACT | 11 |
| 1 INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA..... | 14 |
| 2.1 Bioma Caatinga | 14 |
| 2.2 Exploração da Caatinga..... | 15 |
| 2.3 Degradação e desertificação da Caatinga..... | 16 |
| 2.4 Reversão da degradação ambiental através da regeneração natural e técnicas silviculturais..... | 17 |
| 2.5 Jurema preta (<i>Mimosa tenuiflora</i> . (Willd.) Poir.)..... | 19 |
| 2.6 Favela (<i>Cnidocolus quercifolius</i> Pohl) | 20 |
| 2.7 Fauna edáfica | 21 |
| 2.7.1 Mesofauna | 23 |
| Referências..... | 25 |
| CAPÍTULO I | 33 |
| RESUMO..... | 33 |
| ABSTRACT | 34 |
| 1 INTRODUÇÃO | 35 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 37 |
| 2.1 Localização e caracterização da área de estudo | 37 |
| 2.2 Parâmetros avaliados | 37 |
| 2.2.1 Sobrevivência | 38 |
| 2.2.2 Altura e diâmetro na base..... | 38 |
| 2.2.3 Regeneração natural das espécies arbóreas..... | 39 |
| 2.3 Delineamento experimental e análise dos dados..... | 40 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 41 |
| 3.1 Sobrevivência | 41 |
| 3.2 Altura e diâmetro | 45 |
| 3.3 Regeneração natural | 49 |
| 4 Conclusão | 55 |
| Referências..... | 56 |
| CAPÍTULO II..... | 60 |

| | |
|--|----|
| RESUMO..... | 60 |
| ABSTRACT | 61 |
| 1 INTRODUÇÃO | 62 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS | 64 |
| 2.1 Localização e caracterização da área de estudo | 64 |
| 2.1.1 Histórico de uso da área..... | 64 |
| 2.2 Parâmetros avaliados e procedimentos amostrais..... | 65 |
| 2.2.2 Coleta de solo+serrapilheira para avaliação da mesofauna | 66 |
| 2.2.3 Extração da mesofauna | 67 |
| 2.2.4 Identificação e quantificação da mesofauna | 68 |
| 2.3 Análises estatísticas dos dados..... | 69 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 71 |
| 4 CONCLUSÃO..... | 83 |
| Referências..... | 84 |

FERNANDES, Samara Paulo dos Santos. Estrato lenhoso e mesofauna edáfica em área de caatinga em processo de recuperação. 86f. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos-PB. 2020.

RESUMO

A pressão antrópica na Caatinga se intensificou a partir da colonização do Brasil pelos portugueses, caracterizada a princípio pela exploração de recursos naturais, pela monocultura da cana-de-álcool, e pela pecuária extensiva. A agricultura de subsistência, a pecuária e a extração de madeira e lenha continuam como atividades comuns no bioma, e são consideradas as maiores responsáveis pela degradação da Caatinga. Em conjunto com as queimadas, o corte recorrente da vegetação lenhosa e as adversidades do clima afetam negativamente o bioma e provocam os desequilíbrios sociais que caracterizam a região. O efeito conjunto destes fatores quebra o frágil equilíbrio ambiental da região, reduz a diversidade da fauna e da flora, compromete os recursos hídricos, e contribui para a compactação, a erosão e a salinização dos solos. Atualmente, a maior parte das áreas de Caatinga encontra-se em estágio inicial ou intermediário de sucessão secundária e ou em processo de desertificação, porém, acredita-se que é possível recuperar boa parte desta vegetação e explorá-la de forma sustentável. A recuperação de áreas degradadas depende da utilização de princípios ecológicos e de práticas silviculturais, do conhecimento das causas da degradação e das características da fauna e da flora. A recuperação ambiental pode se basear na regeneração natural, na aplicação de técnicas nucleadoras ou no plantio de mudas. O processo de regeneração de uma área degradada pode seguir o seu curso natural quando cessa a atuação dos fatores causadores da degradação, tais como o superpastejo, os incêndios florestais e a exploração recorrente da biomassa lenhosa. O plantio de mudas de espécies lenhosas pioneiras é uma alternativa para revegetação de áreas degradadas de Caatinga, pois, apesar dos custos elevados, pode acelerar a recuperação de áreas degradadas pela facilitação de estabelecimento de indivíduos lenhosos, que por sua vez podem propiciar as condições para o estabelecimento de outras espécies no estrato herbáceo e arbóreo-arbustivo. O status de um ecossistema pode ser avaliado pela sua fauna edáfica, pois esses organismos são adaptados a sobreviver, se reproduzir e realizar interações ecológicas em condições ambientais específicas, caracterizando o que se chama de bioindicadores. A presença e a abundância desses organismos são influenciadas diretamente pela cobertura vegetal da área, pela quantidade e qualidade da matéria orgânica, pela disponibilidade de água e de sais minerais e pelo pH do solo.

Palavras-chave: Floresta tropical seca. Áreas degradadas. Microrganismos do solo.

FERNANDES, Samara Paulo dos Santos. Tree stratum and edaphic mesofauna in a recovering Caatinga site. 86f. Dissertation - Master's Degree in Forest Sciences. CSTR/UFCG, Patos-PB. 2020.

ABSTRACT

Anthropic pressure in the Caatinga intensified after the Portuguese colonization of Brazil, characterized at first by the exploitation of natural resources, the monoculture of sugar cane, and extensive ranching. Subsistence agriculture, ranching and the extraction of wood and firewood are currently practiced in the biome, and are considered to be the main factor of Caatinga degradation. Together with slash and burning, the recurrent clear cutting of forests and the adversities of the climate negatively affect the biome and cause the social discrepancies that characterize the region. The combined effect of these factors disrupts the fragile environmental balance of the region, reduces fauna and flora diversity, impacts on water resources, and contributes to compaction, erosion and salinization of soils. Currently, most of the Caatinga areas are in initial or intermediate stage of secondary succession and or in the process of desertification, however, it is possible that most of this vegetation can be recovered and explored in a sustainable way. Recovery of degraded areas depends on the use of ecological principles and silvicultural practices, the knowledge of the causes of degradation and the characteristics of fauna and flora. Environmental recovery can be based on natural regeneration, nucleating techniques or seedling planting. The regeneration process of a degraded area can take its natural course after ceasing the factors causing degradation, such as overgrazing, forest fires and the recurrent cutting and removal of biomass. Seedling planting of pioneer woody species is an alternative for revegetation of degraded Caatinga areas. Despite the high costs, seedling planting can accelerate the recovery of degraded areas, since establishment of these trees is facilitated and, in turn, the established trees can provide the conditions for the establishment of other species in the herbaceous and tree-shrub strata. Ecosystem status can be assessed by its edaphic fauna because these organisms are adapted to survive, reproduce and carry out ecological interactions under specific environmental conditions, characterizing what is known as bioindicators. The presence and abundance of these organisms are directly influenced by the vegetation cover of the area, the quantity and quality of organic matter, the availability of water, and soil pH and nutrients.

Keywords: Tropical dry forest. Degraded areas. Soil microorganisms.

1 INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga se localiza no trópico semiárido do nordeste do Brasil. Sua flora é diversificada e apresenta diversas fitofisionomias que derivam principalmente das condições edafoclimáticas de cada local. Além de um estrato herbáceo sazonal, cactáceas e bromeliáceas, a vegetação predominante é formada por árvores e arbustos que, em sua maioria, apresentam características que lhes permitem sobreviver durante os longos períodos de estiagem, tais como folhagem decídua, microfilia, presença de acúleos, espinhos ou tricomas, e raízes especializadas no armazenamento de água e nutrientes (DUQUE, 2004).

A pesar de se observar atividades agrícolas de subsistência em sítios com condições favoráveis de fertilidade e umidade do solo, a exploração da Caatinga se fundamenta principalmente no extrativismo de lenha e na pecuária extensiva. Geralmente, estas atividades são realizadas de forma inadequada, comprometendo a integridade e a capacidade de recuperação natural de seus ecossistemas. Extensas áreas degradadas e em processo de desertificação já podem ser observadas neste bioma, caracterizadas pela diminuição na fertilidade dos solos e pelo empobrecimento da fauna e da flora (DRUMOND et al., 2000). A degradação ambiental do Bioma Caatinga preocupa a sociedade em geral e pesquisadores do setor privado, órgãos governamentais e ONGs, os quais estão estudando medidas que proporcionem a exploração sustentável das áreas de Caatinga considerando as suas características ambientais (BRASILEIRO, 2009).

A pecuária é desenvolvida na região semiárida desde o século XVI, geralmente praticada de forma extensiva, sendo apontada como um dos principais fatores degradantes da Caatinga (ALVES; ARAÚJO; NASCIMENTO, 2009). Estes autores explicam que os animais se alimentam da vegetação nativa ou da pastagem formada pela queima e retirada da vegetação lenhosa. Segundo esses autores, isto prejudica a flora e a fauna e expõe o solo aos processos degradantes, tais como erosão hídrica ou eólica, notadamente quando a quantidade de animais supera a capacidade de suporte da área.

Neste cenário, é necessária a intervenção humana para reverter a degradação do solo e a perda da biodiversidade, restituindo aos ecossistemas a resiliência e os serviços ambientais essenciais para a sustentabilidade das atividades humanas. A recuperação de um ecossistema degradado é um processo longo que exige conhecimentos técnicos e ecológicos, destacando-se a dinâmica natural das espécies e a sua adaptação às condições do local a ser restaurado. Neste processo, as espécies lenhosas nativas auxiliam a recuperação, melhorando as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo e favorecendo a biodiversidade.

Assim, o presente estudo avaliou o efeito de 14 anos de isolamento e do plantio de espécies arbóreas forrageiras na vegetação lenhosa e na mesofauna edáfica em uma área degradada de Caatinga.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Bioma Caatinga

O bioma Caatinga, o único exclusivamente brasileiro, é carente de estudos e de esforços para a conservação de sua biodiversidade (SILVA et al., 2003). A sua flora e fauna, com muitas espécies endêmicas, necessitam de estudos que auxiliem na exploração de seus recursos naturais sem comprometer a sua conservação (ALVES; ARAÚJO; NASCIMENTO, 2009). Este bioma tropical seco ocupa 844.453 km², o que equivale a cerca de 11% do território brasileiro e 64% da região Nordeste, estendendo-se pelos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Sergipe, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba e Piauí, além do norte de Minas Gerais (MMA, 2018). O clima predominante da região é o BShw (semi-árido quente e seco), segundo a classificação de Köppen adaptado por Alvares et al. (2013), temperatura média entre 24 e 28°C, precipitação média anual entre 250 e 1.000 mm, evapotranspiração potencial em torno de 2.700 mm/ano, rios geralmente intermitentes e de volume limitado, relevo ondulado e altitude entre 0 e 600 m (ARAÚJO FILHO; CRISPIM, 2002).

Considera-se que o semi-árido do nordeste do Brasil apresenta duas estações: a das chuvas, curta (3 a 5 meses) e caracterizada por poucos eventos de precipitação, geralmente torrenciais e irregulares no tempo e no espaço, e a da seca, que se prolonga por 7 a 9 meses em que a ocorrência de chuvas é rara (PRADO, 2003). Nesta região, são comuns os anos secos, quando a precipitação anual é inferior a 250 mm, o que, aliado aos ventos constantes e alta insolação, contribui para elevar a aridez da região (MAIA, 2004).

Os solos encontrados no bioma Caatinga variam dos rasos e pedregosos aos profundos e férteis, mas geralmente apresentam fertilidade de média a alta. Ocorrem nesta região cerca de quinze classes de solos, com destaque para os latossolos, neossolo lítico, neossolo quartzarênico e os planossolos (ARAÚJO FILHO; CRISPIM, 2002). As atividades agropecuárias realizadas de forma incorreta e o desmatamento podem degradar os solos e iniciar os processos de desertificação, o que já se verifica em áreas da Paraíba, Piauí e Ceará (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).

A Caatinga é uma vegetação singular, que possui uma ampla variação fisionômica e de vegetação (DRUMOND et al., 2000) com espécies que apresentam anatomia, morfologia e fisiologia adaptadas ao ambiente xérico (ARRIEL et al., 2004; SOUTO, 2006). Esta vegetação é composta majoritariamente de ervas e arbustos de pequeno porte, caducifolios e dotados de espinhos (DRUMOND et al., 2000; ARAÚJO FILHO; CRISPIM, 2002; SANTOS et al., 2010).

As diferenças na vegetação nesta região resultam das variáveis no relevo, clima, altitude e geologia (ARAÚJO FILHO, 2011). Essas diferenças podem ser identificadas no porte maior das plantas estabelecidas nos vales úmidos, no raquitismo das plantas das áreas de solos rasos e secos, na presença de cactáceas e bromélias nos ambientes mais secos e fendas dos lajedos, como também na composição da vegetação de acordo com a região geográfica do bioma (AMORIM; SAMPAIO; ARAÚJO, 2005).

2.2 Exploração da Caatinga

Os indígenas estão presentes no Brasil, em geral, e nas áreas de Caatinga, em particular, há milhares de anos, porém a pressão antrópica no ambiente se intensificou a partir da colonização do Brasil pelos portugueses, caracterizada a princípio pela exploração de recursos naturais (ouro e pedras preciosas), pela monocultura da cana-de-áçúcar, e pela pecuária extensiva (PEREIRA FILHO; SILVA; CŞZAR, 2013). Segundo estes autores, a pecuária permitiu o povoamento da região semiárida do nordeste do Brasil e implicou na agricultura itinerante de subsistência para a alimentação dos criadores e suas famílias. A agricultura de subsistência, a pecuária extensiva e a extração de madeira e lenha continuam como atividades comuns no bioma, e são consideradas as maiores responsáveis pela degradação da Caatinga (ARAÚJO FILHO, 2013). Em conjunto com as queimadas, o corte recorrente da vegetação lenhosa e as adversidades do clima, afetam negativamente o bioma (SANTANA; SOUTO, 2006) e provocam os desequilíbrios sociais (concentração de renda e exclusão econômica, política e social) que caracterizam a região (PEREIRA FILHO; SILVA; CŞZAR, 2013).

Atualmente, vivem no bioma Caatinga cerca de 27 milhões de pessoas, das quais muitas sobrevivem da exploração dos seus recursos naturais (MMA, 2018). São atividades comuns no bioma a agricultura de subsistência, a pecuária extensiva e a extração de madeira e lenha, as quais, em conjunto com as queimadas, o corte recorrente da vegetação lenhosa e as adversidades do clima, afetam negativamente o bioma (SANTANA; SOUTO, 2006).

A agricultura de subsistência praticada na Caatinga é itinerante e baseia-se na retirada da vegetação lenhosa, queima dos resíduos vegetais, plantio de culturas agrícolas de sequeiro por até 5 anos durante o período das chuvas, e pousio para recuperação da fertilidade do solo (ARAÚJO FILHO; CARVALHO, 1997). Porém, é comum o retorno à mesma área em menos tempo do que o suficiente para a recuperação da vegetação e do solo (MAIA, 2004; BRASILEIRO, 2009; ARAÚJO FILHO, 2013). A agricultura irrigada é praticada em algumas áreas privilegiadas em termos de solo e umidade, mas, muitas vezes, é desenvolvida sem

considerar as especificidades da região, ocasionando erosão, lixiviação e compactação do solo quando da utilização de máquinas pesadas (BRASILEIRO, 2009).

Os indivíduos arbóreos da Caatinga são utilizados para a produção de lenha e carvão (PAYREN, 2010), com destaque para as espécies *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan, *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., *Myracrodruon urundeuva* Engl., *Tabebuia spongiosa* Rizzini, *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret, *Commiphora leptophloeos* Engl., *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl, *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz, dentre outras (DRUMOND et al., 2000). Paes et al. (2013) explicam que a lenha e o carvão são baratos se comparados a outros insumos energéticos. A título de ilustração, a demanda anual média de lenha para a cocção de alimentos é de 78 estufos de lenha por residência ou o equivalente à exploração de aproximadamente 1,6 ha de Caatinga (ARAÚJO FILHO, 2013).

Sabe-se que 70% das espécies lenhosas da Caatinga possuem potencial forrageiro (ARAÚJO FILHO, 2014), porém, a pecuária nessa região é realizada de forma extensiva e, assim como a agricultura itinerante, atua como um fator de degradação ambiental. O número de animais geralmente é excessivo e ultrapassa a capacidade média de suporte de áreas de Caatinga nativa, que é de 1 bovino para cada 10 a 12 ha, e caso respeitada resulta em uma produção anual de 8 kg de peso vivo animal/ha sem prejudicar a vegetação (ARAÚJO FILHO, 2013; ARAÚJO FILHO; CARVALHO, 1997). Em contraste, o superpastejo provoca, além da degradação da flora, compactação e desagregação do solo, prejudicando suas propriedades físicas e biológicas (PARENTE; PARENTE, 2010).

2.3 Degradação e desertificação da Caatinga

A degradação ambiental é um problema generalizado que ocorre a nível mundial e em diversas intensidades (SILVEIRA et al., 2015). O termo desertificação passa a ideia de um deserto físico, com extensas áreas de secura extrema, sem capacidade para realização de atividades agrícolas, com exceções de alguns oásis (SE et al., 2010). Mas, de acordo com a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (1996), entende-se que `desertificação é a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas.

Na Caatinga, considera-se que o processo de degradação de origem antrópica teve início na colonização do Brasil durante o século XVI (ARAÚJO; ALVES; NASCIMENTO, 2009). A exploração inadequada dos recursos naturais potencializou os riscos de degradação

ambiental da Caatinga (SILVEIRA et al., 2015), e reduziu a produtividade biológica e econômica destas áreas (LACERDA; LACERDA, 2004).

Segundo Rêgo (2012), o homem é simultaneamente responsável e vítima dos processos de desertificação, salientando que a desertificação, além de um problema ambiental, é um problema social, pois aumenta exponencialmente os riscos de insegurança alimentar e pobreza nas áreas atingidas. Este autor explica que a retirada da vegetação nativa, a agricultura de subsistência, o superpastejo, as irrigações malconduzidas e o manejo inadequado dos recursos florestais e minerais são responsáveis diretos pela desertificação no bioma Caatinga.

De acordo com Souto et al. (2010), o efeito conjunto destes fatores e das recorrentes secas amplifica os impactos das atividades antrópicas e quebram o frágil equilíbrio ambiental da região. A redução na biodiversidade da fauna e da flora, o comprometimento dos recursos hídricos, a compactação, a erosão e a salinização dos solos são os principais impactos ambientais (LACERDA; LACERDA, 2004; ALVES; ARAÚJO; NASCIMENTO, 2009). Atualmente, a maior parte das áreas de Caatinga encontra-se em estágio de sucessão secundária nas fases iniciais e/ou intermediárias e ou em processo de desertificação, portanto, acredita-se que é possível recuperar boa parte desta vegetação e explorá-la de forma sustentável (PEREIRA FILHO; BAKKE, 2010; PEREIRA FILHO; SILVA; CŠZAR, 2013).

A preocupação com a preservação ambiental e com a recuperação de áreas degradadas tem aumentado em decorrência das mudanças ambientais globais (MARTINS, 2009). As ações que têm como principal finalidade restaurar o equilíbrio ambiental de áreas degradadas são fundamentais para mitigar os impactos resultantes da degradação ambiental. A recuperação de áreas degradadas depende da utilização de princípios ecológicos e de práticas silviculturais, bem como do conhecimento das causas da degradação e das características da fauna e da flora (LIMA, 2004).

2.4 Reversão da degradação ambiental através da regeneração natural e técnicas silviculturais

Grosso modo, a recuperação de áreas degradadas em geral, e na Caatinga, em particular, pode se basear na regeneração natural, na aplicação de técnicas nucleadoras (BECHARA, 2006) ou no plantio de espécies nativas ou exóticas (PEREIRA, 2011). A regeneração natural é um processo contínuo presente em qualquer área que sofreu algum distúrbio, portanto a recomposição ambiental pode ser muito lenta de acordo com o grau de resiliência da área degradada. As técnicas nucleadoras visam melhorar algum aspecto

relacionado à capacidade de regeneração do ambiente, tais como o aumento da quantidade e da qualidade do banco de sementes pela semeadura direta, a hidro-semeadura, a transposição de solo e de galharia de áreas não degradadas, e a instalação de poleiros artificiais para atrair aves na pressuposição de que as sementes contidas em suas fezes incrementarão a chuva de sementes. O plantio de mudas é uma técnica silvicultural de recuperação de áreas degradadas que pode ser bem objetiva e de resultados previsíveis posto que sejam oferecidas condições favoráveis para o estabelecimento das mudas e escolhidas espécies florestais variadas e adaptadas às condições ambientais (REIS et al., 2003). Porém, as técnicas nucleadoras e silviculturais apresentam custos e nem sempre compensam o investimento. Por isto, a regeneração natural, apesar de demorada, é o processo geralmente utilizado para a recuperação de áreas degradadas, principalmente quando há restrições financeiras.

O processo de regeneração natural é fundamental para a formação de uma floresta e para a preservação e conservação de um ecossistema florestal já existente, e depende da disponibilidade de sementes, de plântulas e de rebrotas, das características fenológicas das espécies e das condições edafoclimáticas do local (GAMA et al, 2002; SARTORI; POGGIANI; ENGEL, 2002; AVILA et al., 2013; ALMEIDA, 2016). O monitoramento da regeneração natural permite acompanhar o desenvolvimento do ecossistema florestal, compreender as mudanças direcionais nas composições florestais e as relações entre os tipos e a quantidade de espécies e o ambiente (KLEIN, 1980).

O processo de regeneração de uma área degradada pode seguir o seu curso natural quando cessa a atuação dos fatores causadores da degradação, tais como o superpastejo, os incêndios florestais e o corte e retirada recorrentes da biomassa (FARIA; SERIO; GARRIDO, 2001). Nesta situação e considerando o estrato lenhoso, a regeneração ocorre através da rebrota dos troncos e das raízes e do restabelecimento de indivíduos provenientes de propágulos do banco de sementes (ARAÚJO et al., 2010), porém, a depender do grau da degradação, pode haver perda de resiliência (DIAS FILHO, 2006), e os processos regenerativos podem não ocorrer ou se apresentarem de maneira incipiente.

Souza (2014) considera a presença de regenerantes de espécies lenhosas um excelente indicador da recuperação ambiental, permitindo previsões em relação ao comportamento e ao desenvolvimento de um ecossistema florestal (CARVALHO, 1982). Para Lima Filho et al. (2002), o processo de regeneração pode ser dinâmico ou estático: no sentido dinâmico representa a renovação da cobertura vegetal que ocorre em uma determinada área, enquanto no sentido estático se refere aos indivíduos jovens das espécies existentes no local, que representam o verdadeiro potencial regenerativo da estrutura arbórea.

A regeneração pode ser acelerada pela aplicação de técnicas silviculturais. De acordo com Silveira et al. (2015), a disponibilização de poleiros artificiais e o enleiramento de galhada são técnicas de nucleação que atuam diretamente no incremento da chuva de sementes e na adição de matéria orgânica no solo e, utilizadas em conjunto, favorecem a sucessão natural e a reintrodução de plantas e animais na área degradada. A eficácia destas técnicas foi comprovada em uma área degradada de caatinga no semiárido da Paraíba e proporcionou o retorno da avifauna e o restabelecimento de espécies lenhosas, como *Cnidosculus quercifolius* (SILVEIRA et al., 2015).

Outra técnica importante para recuperação de áreas degradadas da caatinga é denominada de "bocaj", que consiste em transportar o banco de sementes de um local em equilíbrio e com a presença de indivíduos arbóreos nativos para o local degradado, de modo que as sementes nele existentes germinem e iniciem os processos de sucessão ecológica (SOUTO et al., 2012). No município de Várzea-PB, Souto et al. (2017) concluíram que esta técnica se mostrou viável, tendo em vista o baixo custo de implantação e o restabelecimento de exemplares de pinheiro manso (*Jatropha curcas*) e de favela (*Cnidosculus quercifolius*).

Pereira (2011) aponta ainda o transplante de mudas de espécies lenhosas pioneiras como uma alternativa para revegetação de áreas degradadas de Caatinga. Mesmo com os custos elevados dos processos de produção de mudas, preparo das covas, adubação e tratamentos silviculturais, essa autora considera que o processo de recuperação pode ser acelerado, pois os exemplares arbóreos assim estabelecidos podem propiciar as condições para o estabelecimento de outras espécies no estrato herbáceo e arbóreo-arbustivo.

A jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), a catingueira (*Poincianella pyramidalis*) e a favela (*Cnidosculus quercifolius*) se destacam dentre as espécies lenhosas da Caatinga por serem rústicas e adaptadas às condições de semiaridez, apresentando sistema radicular capaz de absorver e armazenar a umidade do solo nessas condições ambientais, sendo indicadas para a recuperação de sítios antropizados (MAIA, 2004).

2.5 Jurema preta (*Mimosa tenuiflora*. (Willd.) Poir.)

A *Mimosa tenuiflora* é uma espécie arbórea pioneira, rústica e adaptada às condições de semiaridez do nordeste brasileiro, com ampla distribuição nos estados de Alagoas, Paraíba, Sergipe, Pernambuco, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia. Esta Fabaceae pode atingir 7 metros de altura, o caule pode ser ereto ou levemente inclinado, com ramificações abundantes, revestido por uma casca de coloração castanha escura e com presença de acúleos eretos e

pontiagudos. Suas folhas são compostas, alternas e bipinadas; as flores de cor branca são dispostas em espigas que se desenvolvem e formam vagens que secam e caem ao solo (LIMA, 1996; MAIA, 2004).

M. tenuiflora é uma espécie de crescimento rápido, rústica e capaz de se desenvolver em locais desmatados e degradados. É recomendada para compor a fase inicial de projeto de restauração florestal, pois protege e melhora as condições químicas e físicas do solo pela fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico e pela deposição de matéria orgânica. Deste modo, prepara a área para que espécies mais exigentes possam colonizar o local e continuar o processo de sucessão ecológica (MAIA, 2004).

M. tenuiflora é comumente utilizada como bioenergético no semiárido devido à ampla ocorrência da espécie na região e às qualidades caloríficas de sua biomassa lenhosa (PAES et al., 2012). Oliveira et al. (2006) avaliaram a qualidade do seu carvão vegetal, constataram densidade aparente de sua madeira entre 0,45 e 0,61 g.cm⁻³ e poder calorífico de 5.814 a 7.049 kcal.kg⁻¹, concluindo pelo seu grande potencial de utilização.

De acordo com Cordão et al. (2012), a *M. tenuiflora* fornece alimento para os ruminantes do semiárido brasileiro: no período chuvoso os animais se alimentam das ramas finas, e no período de estiagem das folhas e frutos senescentes. Bakke et al. (2007) avaliaram a qualidade da forragem produzida pelos fenótipos com e sem acúleos de *M. tenuiflora*, e observaram teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) semelhantes nas duas variedades, respectivamente, em torno de 60 e 45%, e o teor de proteína bruta atingiu 12,2%, qualidades suficientes para a alimentação de manutenção de ruminantes.

2.6 Favela (*Cnidoscolus quercifolius* Pohl)

C. quercifolius é uma arboreta xerófila lactescente, capaz de se desenvolver em tabuleiros rasos e pedregosos das áreas mais secas dos sertões de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Piauí e Rio Grande do Norte (LIMA, 1996). Esta espécie pode atingir 8 metros de altura, com uma copa composta de ramos subdivididos, com folhas, inflorescências e frutos em suas extremidades. A casca varia de lisa a levemente rugosa, com a presença de lenticelas e de fendas longitudinais. Suas folhas são simples, alternas, lanceoladas e com pelos urticantes em ambas as faces e na base do pecíolo, embora existam indivíduos inermes. Sua inflorescência apresenta flores masculinas e femininas, alvas, agrupadas em pequenos cachos terminais que se desenvolvem nos meses de janeiro e fevereiro. Os frutos, armados de pelos urticantes, são do tipo cápsula deiscente que amadurecem e liberam as tris

sementes dois meses após a fertilização das flores que lhe deram origem. As raízes são tuberosas, com xilopêlos (BRAGA, 1960; DUQUE, 2004; MAIA, 2004).

Maia (2004) e Ribeiro Filho et al. (2011) recomendam o uso desta espécie em programas de reflorestamentos de áreas degradadas. Há relatos de rápido crescimento e alta sobrevivência desta espécie em áreas degradadas de Caatinga, e de efeitos positivos na recomposição do estrato herbáceo (FIGUEIREDO, 2010; NUNES, 2012).

Essa espécie apresenta potencial produtivo para a indústria alimentícia no que se refere às suas sementes comestíveis que podem ser utilizadas para a produção de óleo de mesa e de farinha rica em proteínas e sais minerais (DUQUE, 2004; CAVALCANTI et al., 2011). O óleo de suas sementes também pode ser utilizado como biodiesel e constituir fonte de energia renovável (BELTRÚO; OLIVEIRA, 2007; BEZERRA, 2011).

Trabalhos realizados por Almeida et al. (2010), Cartaxo, Souza e Albuquerque (2010) e Agra et al. (2007) ressaltam o conhecimento popular a respeito da utilização medicinal desta espécie. Roque (2009) destaca o uso da casca e da entrecasca da favela para assepsia de ferimentos, alívio em dores de dentes e na coluna. Agra et al. (2007) acrescentam ainda a utilização da mesma no combate de inflamações em ovários e próstata.

C. quercifolius constitui uma alternativa para a alimentação de ruminantes no semiárido brasileiro, destacando-se pelo alto teor de proteína bruta nas folhas e de óleo nas sementes, alta palatabilidade e digestibilidade de suas folhas e ramos finos, sendo recomendada para fins forrageiros, principalmente as suas folhas secas caídas sobre o solo nos períodos de estiagem (LIMA, 1996; DUQUE, 2004; DRUMOND et al., 2007; RIBEIRO FILHO et al., 2007; PEREIRA et al. 2012; SOUZA; BATISTA; OLIVEIRA, 2012). Bakke et al. (2010) reportaram que ovinos da raça Santa Inês podem ingerir uma dieta de até 50% de feno das ramas finas de favela e apresentarem ganho de peso de 2,12 kg em seis semanas.

2.7 Fauna edáfica

A fauna edáfica corresponde à comunidade composta principalmente de microrganismo e invertebrados que permanecem no ambiente edáfico em todos ou em algum estágio do seu ciclo biológico (CORREIA; ANDRADE, 2000; BARETTA et al., 2011; BROWN et al., 2015). De acordo com Baretta et al. (2011), os grupos e a quantidade de indivíduos da fauna edáfica são afetados pelo clima, tipo de vegetação, quantidade de serapilheira acumulada, aporte de matéria orgânica e o tipo de manejo realizado em cada local, dentre outros fatores. Além disto, queimadas, retirada da vegetação lenhosa, utilização de

maquinário pesado, erosão e acidificação do solo, cultivo do solo, implantação de monocultura, e uso de agrotóxicos e fertilizantes interferem na população e na diversidade dos organismos edáficos (MELO et al., 2009).

No que diz respeito à estabilidade e à sustentabilidade de um ecossistema, a diversidade dos organismos edáficos ao nível funcional é considerada mais importante do que ao nível taxonômico (SOUTO, 2006). Assim, certos componentes da fauna edáfica adaptados a sobreviver, se reproduzir e realizar interações ecológicas em condições ambientais específicas podem ser utilizados como bioindicadores (ARAI et al., 2007). Estes componentes da fauna edáfica espelham as condições do solo e do ambiente em geral devido à sua intensa participação nos processos biológicos responsáveis pelo equilíbrio de ecossistemas florestais, de modo que a ausência dos mesmos indica que o ambiente não se encontra em equilíbrio (MELO et al., 2009; BARETTA et al., 2011).

Os organismos que pertencem ao grupo dos Collembolas, por exemplo, são excelentes bioindicadores da qualidade do solo, pois são extremamente sensíveis às alterações ambientais. A presença e a abundância desse grupo de organismos são influenciadas diretamente pela cobertura vegetal da área, pela quantidade e qualidade da matéria orgânica, pela disponibilidade de água e de sais minerais e pelo pH do solo (CASSAGNE et al., 2006). Além dos Collembolas, Baretta (2007) considera como excelentes bioindicadores os grupos Arachnida (aranhas), Chilopoda (centopeias), Isópoda (cupins), Hymenoptera (formigas), Isópoda (tatuzeiros), Oligochaeta (minhocas), Mollusca (moluscos) e Diplopoda (piolho-de-cobra), dentre outros, os quais reagem semelhantemente aos fatores ambientais.

A fauna edáfica é responsável por diversas atividades no solo, tais como a decomposição da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes, a produção de húmus, a produção de complexos que atuam na agregação das partículas do solo e a bioturbação (HOFFMANN et al., 2009; MELO et al., 2009; BARETTA et al., 2011; BROWN et al., 2015). A bioturbação atinge uma série de processos ecológicos, incluindo pedogênese (formação de camadas de solo), escoamento da água na superfície do solo, arquitetura do solo e capacidade de armazenamento de água pelo solo (BROWN et al., 2015).

Os indivíduos que compõem a fauna edáfica podem ser classificados de acordo com o hábito alimentar, a mobilidade, a função que desempenham no solo ou o seu tamanho (FRANCO, 2016). Para Melo et al. (2009), os parâmetros que classificam a fauna edáfica segundo seu diâmetro ou comprimento são as mais utilizadas, e dentre estas destaca-se a de Swift (1979). Esta classificação divide a fauna edáfica em microfauna, composta pelos invertebrados de diâmetro corporal inferior a 100 µm, incluindo os protozoários e nematoides,

mesofauna, correspondente aos indivíduos com diâmetro corporal entre 100 μ m e 2 mm, principalmente ácaros, colêmbolas, mirípodas, aracnódeos e alguns oligoquetos e crustáceos, e a macrofauna, que se refere aos indivíduos com diâmetro corporal entre 2 mm e 20 mm pertencentes a todas as ordens encontradas na mesofauna, com exceção das dos ácaros, dipluros, colêmbolas e proturos.

2.7.1 Mesofauna

A comunidade da mesofauna edáfica é geralmente considerada em estudos sobre a recuperação de áreas degradadas, pois, de acordo com Baretta et al. (2011), é fácil de identificar e caracteriza bem o grau da conservação ambiental. Esta comunidade depende da temperatura, iluminação, umidade e aeração do solo (CORREIA; OLIVEIRA, 2000). Seus representantes geralmente habitam os microporos do solo até 15 cm de profundidade, pois nas camadas mais profundas constatam-se maior compactação do solo, que dificulta a locomoção, e escassez de alimento, representado pela matéria orgânica proveniente de folhas, frutos, tronco, restos de animais, da microbiota e de outros invertebrados (BERNARDI et al., 2017).

As atividades tróficas da mesofauna fragmentam os resíduos vegetais da serapilheira, aumentam a superfície de contato entre os fragmentos e o ambiente, favorecem o ataque de microrganismos e elevam a taxa de decomposição e a quantidade de nutrientes liberados para o solo (CORREIA; OLIVEIRA, 2000). Melo et al. (2009) ressaltam, também, que há espécies da mesofauna que são predadoras e que atuam no controle de outros organismos no solo, especialmente pragas e microrganismos nocivos. Neste sentido, o estudo da mesofauna edáfica permite avaliar o equilíbrio ambiental, a partir de observações da dinâmica populacional dos grupos de organismos considerados bioindicadores (BARETTA, 2011). Geralmente, a presença de Colêmbolas indica um ambiente em equilíbrio, pois os mesmos são sensíveis aos processos de degradação e ao uso de agrotóxicos e ao preparo intenso do solo (ROVEDDER et al., 2004; BARRETTA et al., 2008), enquanto o aumento desenfreado na população de indivíduos da classe Isoptera indica uma área perturbada (CONSTANTINO; ACIOLI, 2008).

Hoffmann et al. (2009), ao avaliarem a mesofauna edáfica em área de cultivo de mamona, de pastagem e com Mata Atlântica nativa, concluíram que a diversidade da mesofauna edáfica era inversamente relacionada com a intensidade da ação antrópica. Semelhantemente, Nunes, Araújo Filho e Meneses (2009) reportaram que a queimada, prática frequente no semiárido brasileiro, tende a reduzir o número de indivíduos da mesofauna, podendo eliminar alguns de seus grupos, como as larvas das Diptera e Isoptera.

A densidade populacional da mesofauna pode ser afetada pelas características climáticas do local. Em uma área de Caatinga preservada, o número de indivíduos da mesofauna é maior no período chuvoso do que no período de estiagem (SOUTO, 2006). Segundo este autor, isso acontece devido à redução de alimentos e às condições adversas do meio (altas temperaturas e baixa umidade, por exemplo), persistindo apenas aqueles indivíduos com capacidade de suportar essas condições. Pereira (2011) constatou uma densidade média de 1.739 indivíduos das comunidades de mesofauna edáficas/m² em área de Caatinga degradada (por pastagem e extração de madeira) em determinado momento, quantidade considerada inferior aos valores considerados ideais para a sustentabilidade do ecossistema. Souto (2006) detectou uma densidade média de 4.318 indivíduos das comunidades de mesofauna edáfica/m² de área de caatinga preservada.

Referências

AGRA, M. F.; BARACHO, G. S.; BASILIO, I. J. D.; NURIT, K.; COELHO, V. P.; BARBOSA, D. A. Sinopse da Flora Medicinal do Cariri Paraibano. *Oecologia Brasiliensis*, v.11, n.3, p.323-30, 2007.

ALMEIDA, C. F. C. B. R.; RAMOS, M. A.; AMORIM, E. L. C.; ALBUQUERQUE, U. P. A comparison of knowledge about medicinal plants for three rural communities in the semi-arid region of northeast of Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, v.127, n.3, p.674-684, 2010.

ALMEIDA, D. S. Alguns princípios de sucessão natural aplicados ao processo de recuperação. In: *Recuperação ambiental da Mata Atlântica*, 3ed. Revista e ampliada. Ilhéus, BA: Editus, 2016. 200p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M, SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: Uma Investigação Ecogeográfica. *Caminhos de Geografia*, v.9, n.27, p.143-155, 2009.

ALVES, L. S.; HOLANDA, A. C.; WANDERLEY, J. A.; SOUZA, J. S.; ALMEIDA, P. G. Regeneração Natural em uma área de Caatinga situada no Município de Pombal-PB-Brasil. *Revista Verde*, v.5, n.2, p.152-168, 2010.

AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. *Acta Botânica Brasileira*, v.19, n.3, p.615-623, 2005.

ARAÚJO FILHO, J. C. Relação solo e paisagem no Bioma Caatinga. In: *XIV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. Dourados. Mato Grosso do Sul. 2011.

ARAÚJO FILHO, J. A. Manejo pastoril sustentável da caatinga. Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, 2013. 200p.

ARAÚJO FILHO, J. A. Proposta para a implementação do manejo pastoril sustentável da caatinga. Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Biodiversidade e Florestas. 2014, 135p.

ARAÚJO FILHO, J. A.; CARVALHO, F. C. Desenvolvimento sustentável da caatinga. Sobral, CE: Embrapa (Circular Técnica, 13), 1997.

ARAÚJO FILHO, J. A.; CRISPIM, S. M. A. Pastoreio combinado de bovinos, caprinos e ovinos em áreas de Caatinga no Nordeste do Brasil. In: *CONFERÊNCIA VIRTUAL GLOBAL SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE BOVINOS DE CORTE*. Anais eletrônicos. Corumbá: Embrapa Pantanal: Universidade do Contestado, 2002.

ARIAS, A. R. L.; BUSS, D. F.; ALBUQUERQUE, C.; INÊCIO, A. F.; FREIRE, M. M.; EGLER, M.; MUGNAI, R.; BAPTISTA, D. F. Utilização de bioindicadores na avaliação de

impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos; *Ciência & Saúde Coletiva*, v.12, n.1, p.61-72, 2007.

ARRIEL, E. F.; PAULA, R. C.; BAKKE, O. A.; ARRIEL, N. H. C. Divergência genética em *Cnidocolus phyllacanthus* (Mart.) Pax. et K. Hoffm. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras*, v.8, n.2/3, p.813-822, 2004.

AVILA, A. L.; ARAUJO, M. M.; GASPARIN, E.; LONGHI, S. J. Mecanismos de regeneração natural em remanescente de floresta ombrófila mista, RS, Brasil. *Cerne*, v.19, n.4, p.621-628, 2013.

BAKKE, I. A. Potencial de acumulação de fitomassa e composição bromatológica da jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir) na região semi-árida da Paraíba. 2005. 104f. Tese. (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, Paraíba, 2005.

BAKKE, I. A.; BAKKE, O. A.; ANDRADE, A. P.; SALCEDO, I. H. Forage yield and quality of a dense thorny and thornless jurema-preta stand. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, n.3, p.341-347, 2007.

BAKKE, O. A.; PEREIRA FILHO, J. M.; BAKKE, I. A.; CORDÚO, M. A. Produção e utilização da forragem de espécies lenhosas da caatinga. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. *Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga*. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368p.

BARETTA, D.; FERREIRA, C. S.; SOUSA, J. P.; CARDOSO, E. J. B. N. Colmbolos (Hexapoda: Collembola) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com *Araucaria angustifolia*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n. especial, p.2693-2699, 2008.

BARETTA, D.; SANTOS, J. P. C.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. C. L.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. *Tópicos em Ciências do Solo*, v.7, p.141-192, 2011.

BARETTA, D.; Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com *Araucaria angustifolia* no Estado de São Paulo. 2007. 158f. Tese (Doutorado em agronomia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba São Paulo, 2007.

BECHARA, F. C. Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga. 2006. 249f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais). Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2006.

BELTRÚO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. Oleaginosas, potencial do Nordeste para produção de biodiesel. Embrapa, 2007. 53p.

BERNARDI, L. F. O. Mesofauna. *Conhecendo a vida do solo*. v.3. Editora UFLA: Lavras, 2017. 32p.

BEZERRA, P. D. F. Viabilidade da cultura *Cnidocolus quercifolius* Pohl para produção de biodiesel no semi-árido nordestino. 2011. 88f. Dissertação (Mestrado em

Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

BRAGA, R. Plantas do Nordeste especialmente do Ceará Fortaleza: UFC, 1960. 143p.

BRASILEIRO, R. S. Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. *Scientia Plena*, v.5, n.5, p.1-12, 2009.

BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S. A.; NADOLNY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; SANTOS, A.; MARTINEZ, G. A.; PASINI, A.; BARTZ, M. L. C.; SAUTTER, K. D.; THOMAZINI, M. J.; BARETTA, D.; SILVA, E.; ANTONIOLLI, Z. I.; DECAONS, T.; LAVELLE, P. M.; SOUSA, J. P.; CARVALHO, F. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (Ed.). *Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica*. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

CANDEIA, B. L. Faveleira (*Cnidocolus phyllacanthus* (Mart.) Pax et K. Hoffm.) inermis: obtenção de mudas e crescimento comparado ao fenótipo com espinhos. 2005. 52f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Sistemas Agroflorestais no Semi-Árido, Patos, Paraíba, 2005.

CARTAXO, S. L.; SOUZA, M. M. A.; ALBUQUERQUE, U. P. Medicinal plants with bioprospecting potential used in semi-arid northeastern Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, v.131, n.2, p.326-342. 2010.

CARVALHO, J. O. P. Análise estrutural da regeneração natural em floresta tropical densa na região do Tapajós no Estado do Pará 1982. 128f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná Curitiba, 1982.

CASSAGNE, N.; GAUQUELIN, T.; BAUSERIN, M. C.; GERS, C. Endemic Collembola, privileged bioindicators of forest management. *Pedobiologia*, v.50, n.2, p.127-134, 2006

CAVALCANTI, M. T.; SILVEIRA, D. C.; FLORNANCIO, I. M.; FLORENTINO, E. R.; MARACAJÉ, P. B. Características físico-químicas do óleo das sementes da faveleira (*Cnidocolus phyllacanthus* (Mart.) Pax et K. Hoffm.) com e sem espinho. *Revista Verde*. v.6, n.1, p.05-07. 2011.

CONSTANTINO, R.; ACIOLI, A. N. S. Diversidade de Cupins (Insecta: Isoptera) no Brasil. Moreira, F. M. S.; Siqueira, J. O.; Brussaard, L. (Eds.). *Biodiversidade do Solo em Ecossistemas Brasileiros* Lavras, UFLA. p. 278-297, 2008.

CONVENÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS DE COMBATE À DESERTIFICAÇÃO. Tradução: Delegação de Portugal. Lisboa: Instituto de Promoção Ambiental, 1995.

CORDÚO, M. A.; BAKKE, O. A.; PEREIRA, G. M.; SILVA, A. M. A.; BRITO, G. A.; BEZERRA, P. Y. F. Inclusão de ramos e frutos de jurema preta e farelo de palma forrageira na dieta de ovinos Santa Inês - Revisão. *PUBVET*, v.6, n.10, p.1319-1324, 2012.

CORREIA, M. E. F.; OLIVEIRA, L. C. M. Fauna do solo: aspectos gerais e metodológicos. *Seropédica*: Embrapa Agrobiologia, 2000. 46 p. (Documentos, 112). Disponível em

DIAS FILHO, M. B. Competição e sucessão vegetal em pastagens. Belém, PA: Embrapa (Documentos, 240), 2006.

DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, M. C.; OLIVEIRA, V. R.; ALBUQUERQUE, S. G.; NASCIMENTO, C. E. S.; CAVALCANTI, J. Estratégias para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Caatinga. v.1, p.1-23, 2000.

DRUMOND, M. A.; SALVIANO, L. M. C.; CAVALCANTI, N. B. Produção, distribuição da biomassa e composição bromatológica da parte aérea da faveleira. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.2, n.4, p.308-310. 2007.

DUQUE, J. G. O Nordeste e as lavouras xerófilas, 4 ed., Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. 2004, 103p.

FARIA, H. H.; SÉRGIO, F. C.; GARRIDO, M. A. O. Recomposição da vegetação ciliar integrada - conservação de microbacia. Revista do Instituto Florestal, n.21, p.1-22, 2001.

FIGUEIREDO, J. M. Revegetação de áreas antropizadas de Caatinga com espécies nativas. 2010. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, Paraíba, 2010.

FIGUEIREDO, J. M.; ARAÚJO, J. M.; LÚCIO, A. M. F. N.; BAKKE, I. A.; BAKKE, O. A. Herb recovery in degraded Caatinga sites enriched with native trees. Ciência Florestal, v.27, n.4, p.1143-1156 2017.

FRANCO, R. Fauna edáfica sob modelos em estágio inicial de restauração de floresta subtropical. 2016. 138f. Tese. (Doutorado em Agronomia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná Pato Branco, Paraná 2015. Disponível em:

GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Estrutura e potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de Vrzea Alta no município de Afu  estado do Pará Ciências Florestais, v.13, n.2, p.71-82., 2003.

HOFFMANN, R. B.; NASCIMENTO, M. S. V.; DINIZ, A. A.; ARAÚJO, L. H. A.; SOUTO, J. S. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em Areia, Paraíba, Brasil. Caatinga, v.22, n.3, p.117-121, 2009.

KLEIN, R. M. Ecologia da flora e vegetação do Vale do Itajaí. Sellowia, v.32, p.165-389, 1980.

LACERDA, M. A. D.; LACERDA, R. D. Planos de combate à desertificação no nordeste brasileiro. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.4, n.1, 2004.

LIMA, J. L. S. Plantas forrageiras da caatinga - usos e potencialidades. Petrolina, PE: EMBRAPA. 1996. 44p.

LIMA, P. C. F.  reas degradadas: métodos de recuperação no semiárido brasileiro. Anais XXVII Reunião Nordestina de Botânica Petrolina, PE, 2004.

LIMA FILHO, D. A.; REVILLA, J.; CONLHO, L. S.; RAMOS, J. F.; SANTOS, J. L.; OLIVEIRA, J. G. Regenera o natural de três hectares de floresta ombrófila densa de terra firme na região do rio Urucu-AM, Brasil. *Acta Amazônica*, v.32, n.4, p.555-569, 2002.

MAIA, G. N. Caatinga:  rvores e arbustos e suas utilidades. São Paulo: D&Z Computa o Gráfica e Editora, 2004. 413p.

MARTINS, A. M. O processo de regenera o natural e a restaura o de ecossistemas em antigas áreas de produ o florestal. 2009. 89f. Disserta o (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, 2009.

MELO, F. V.; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N. C.; LUIZ  O, F. J.; MORAIS, J. W.; ZANETTI, R. Importância da mesa e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, n.1, p.39-43, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Contexto, Características e Estratégias de Conserva o. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga/item/191>>. Acesso em: 17 mai. 18.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Caatinga. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acesso em: 10 nov. 18.

NUNES, S. T. Recupera o de áreas degradadas da Caatinga com as espécies nativas jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) com e sem acúleos e favela (*Cnidocolus quercifolius*) com e sem espinhos. 2012. 74f. Disserta o (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, Paraíba 2012.

NUNES, L. A. P. L.; ARAUJO FILHO, J. A.; MENEZES, R. P. Q. Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semi- rido nordestino. *Scientia Agraria*, v.10, n.1, p.43-49, 2009.

OLIVEIRA, E.; VITAL, B. R.; PIMENTA, A. S.; LUCIA, R. M. D.; LADEIRA, A. M. M.; CARNEIRO, A. C. O. Estrutura anat mica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. *Revista  rvore*, v.30, n.2, p.311-318, 2006.

PAES, J. B.; LIMA, C. R.; OLIVEIRA, E.; MEDEIROS NETO, P. N. Características físico-química, energética e dimensões das fibras de três espécies florestais do semi- rido brasileiro. *Floresta e Ambiente*, v.20, n.4, p.550-555, 2013.

PAES, J. B.; LIMA, C. R.; OLIVEIRA, E.; SANTOS, H. C. M. Rendimento e caracteriza o do carvão vegetal de três espécies de ocorrência no semi- rido brasileiro. *Ciência da Madeira* v.3, n.1, p.01-10, 2012.

PARENTE, H. N.; PARENTE, M. O. M. Impacto do pastejo no ecossistema caatinga. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zootecia da UNIPAR*, v.13, n.2, p.115-120, 2010.

PAREYN, F. G. C. Os recursos florestais nativos e a sua gestão no estado de Pernambuco - O papel do manejo florestal sustentável. In: GARIGLIO, M.A.; SAMPAIO, E. V. S. B.;

CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368p.

PEREIRA, O. N. Reintrodução de espécies nativas em área degradada de Caatinga e sua relação com os atributos do solo. 2011, 83f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, Paraíba, 2011.

PEREIRA, V. L. A.; ALVES, F. A. L.; SILVA, V. M. S.; OLIVEIRA, J. C. V. Valor nutritivo e consumo voluntário do feno de faveleira fornecido a ovinos no semiárido pernambucano. Revista Caatinga, v.25, n.3, p.96-101, 2012.

PEREIRA FILHO, J. M.; BAKKE, O. A. Produção de Forragem de espécies herbáceas da caatinga. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368p.

PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA, A. M. A.; CŞZAR, M. F. Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, v.14, n.1, p.77-90, 2013.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: I.R. Leal, M. Tabarelli & J.M.C. Silva (eds.). Ecologia e conservação da Caatinga. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. 2003. 806p.

RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B.; CASARI, S. A.; CONSTANTINO R. Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia. Ribeirão Preto. Holos Editora, 2012, 810p.

RNGO, A. H. Os sertões e os desertos: o combate à desertificação. Brasília: Funag, 2012, 204p.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPÍNDOLA, M. B.; VIERIA, N. K.; SOUZA, L. L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. Natureza & Conservação, v.1, n.1, p.28-36, 2003.

RIBEIRO FILHO, N. M.; CALDEIRA, V. P. S.; FLORNANCIO, I. M.; AZEVEDO, D. O.; DANTAS, J. P. Avaliação comparada dos índices químicos nitrogênio e fósforo nas partes morfológicas das espécies de faveleira com espinhos e sem espinhos. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.9, n.2, p.149-160, 2007.

RIBEIRO FILHO, N. M.; FLORNANCIO, I. M.; BRITO, A. C.; DANTAS, J. P.; CAVALCANTI, M. T. Avaliação nutricional de raízes de faveleira e cenoura em períodos equidistantes de coleta. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.13, n.2, p.169-175, 2011.

ROQUE, A. A. Potencial de usos dos recursos vegetais em uma comunidade Rural do semi-árido do Rio Grande do Norte. 2009. 79f. Dissertação (mestrado em Desenvolvimento Em Meio Ambiente), Universidade Federal do Rio Grande Do Norte, Natal, Brasil.

- ROVEDDER, A. P.; ANTONIOLLI, Z. I.; SPANOLLO, E.; VENTURINI, S. F. Fauna edáfica em solo suscetível à arenização na região sudoeste do Rio Grande do Sul. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.3, n.2, p.87-96, 2004.
- SÊ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TEIXEIRA, A. H. C.; ANGELOTTI, F.; DRUMOND, M. A. Processos de desertificação no Semiárido brasileiro. In: SÊ, I. B.; SILVA, P. C. G. *Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 402p.
- SAMPAIO, I. B. M. Estatística aplicada à experimentação animal. *Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia/UFMG*. 1998, 221p.
- SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Diversidade e estrutura fitossociológica da caatinga na estação ecológica do Seridão. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.6, n.2, p.232-242, 2006.
- SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; GUIM, A.; MELLO, A. C. L.; CUNHA, M. V. Potential of caatinga forage plants in ruminant feeding. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.204-215, 2010.
- SARTORI, M. S.; POGGIANI, F.; ENGEL, V. L. Regeneração da vegetação arbórea nativa no sub-bosque de um povoamento de *Eucalyptus saligna* Smith. Localizado no estado de São Paulo. *Scientia Forestalis*, n.62, p. 86-103, dez. 2002.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. 3rd ed. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2002. 235p.
- SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. Biodiversidade da Caatinga: áreas e espécies prioritárias para a conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2003. Disponível em <http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/parte1caa.pdf>. Acesso em: 11 mai. 18.
- SILVEIRA, L. P.; SOUTO, J. S.; DAMASCENO, M. M.; MUCIDA, D. P.; PEREIRA, I. M. Poleiros artificiais e enleiramento de galhada na restauração de área degradada no semiárido da Paraíba, Brasil. *Nativa*, v.3, n.3, p.165-170, 2015.
- SOUTO, P. C. Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil. 2006. 150f. Tese. (Doutorado em Agronomia) Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.
- SOUTO, J. S.; SILVEIRA, L. P.; SOUTO, P. C.; DAMASCENO, M. M.; MAIOR JUNIOR, S. G. S. Nucleating technique used for ecological restoration in the semiarid region of Brazil. *Anais The European Conference on Ecological Restoration September Česká Budajovice, Czech Republic*, 2012. p.93.
- SOUTO, J. S.; NASCIMENTO NETO, J. H.; LEONARDO, F. A. P.; SOUTO, P. C.; BORGES, C. H. A. Uso da técnica restauradora "BOCAJ" em área de Caatinga no Seridão Paraíba, Brasil. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.13, n.2, p.154-161, 2017.

SOUZA, B. B.; BATISTA, N. L.; OLIVEIRA, G. J. C. Utiliza o da faveleira (*Cnidocolus phyllacanthus*) como fonte de suplementa o alimentar para caprinos e ovinos no semiárido brasileiro. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.8, n.3, p.01-05, 2012.

SOUZA, L. M. Regenera o natural como indicador de sustentabilidade em áreas em processo de restaura o. 2014. 127f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2014.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. Oxford: Blackwell, 1979. 372p.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. *Ecorregiões propostas para o bioma caatinga. Associa o Plantas do Nordeste; The Nature Conservancy do Brasil, Recife, 2002 76p.*

CAPÍTULO I

FERNANDES, Samara Paulo dos Santos. Regeneração natural, e crescimento e sobrevivência de mudas plantadas em área degradada de caatinga. 86f. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos-PB. 2020.

RESUMO

A Caatinga é o principal bioma da região nordeste do Brasil, caracterizada por vegetação composta de plantas adaptadas a ambientes tropicais e déficit hídrico durante a maior parte do ano. Os principais ciclos econômicos praticados nesta região semiárida são historicamente baseados no extrativismo dos recursos naturais, na pecuária e na agricultura de subsistência, que praticados empiricamente desencadeiam problemas ambientais devido à retirada da vegetação e à exposição do solo às adversidades do clima. A exploração demasiada, o uso inadequado dos recursos hídricos e o aumento das áreas desmatadas reduziram a biodiversidade e tornaram seus ecossistemas degradados ou susceptíveis à degradação. Uma das técnicas que pode recuperar a capacidade produtiva dessas áreas degradadas é o plantio de espécies lenhosas nativas pioneiras, rústicas e capazes de se estabelecerem em sítios antropizados. A recuperação do estrato lenhoso de uma área de Caatinga degradada foi avaliada após 14 anos sem a presença de ruminantes domésticos e conjunto com o plantio de mudas das espécies arbóreas nativas *Mimosa tenuiflora* (jurema preta) e *Cnidocolus quercifolius* (favela). Durante esse período (2005 a 2019), foram coletados de sobrevivência, altura e diâmetro basal de juremas pretas e favelas plantadas em 2005, 2007 ou 2009, além dos referentes à quantidade, altura e diâmetro dos regenerantes de espécies arbóreas observados no interior da área cercada em 2019. O plantio de jurema preta e favela e a ausência do pastejo permitiram o estabelecimento de aproximadamente 50% dos indivíduos arbóreos plantados na área degradada de Caatinga. A melhora das condições ambientais e as sementes produzidas pelos exemplares plantados provavelmente permitiram o estabelecimento de regenerantes de 3 espécies lenhosas, o que sugere a recuperação parcial das condições ambientais após 14 anos de isolamento e o plantio de jurema preta e favela na área degradada de Caatinga.

Palavras-chave: Floresta tropical seca. Recuperação de área. Plantio de mudas.

FERNANDES, Samara Paulo dos Santos. Natural regeneration, and growth and survival of planted seedlings in a degraded Caatinga site. 86f. Dissertation - Master's degree in Forest Sciences. CSTR/ UFCG, Patos-PB. 2020.

ABSTRACT

Caatinga is the main biome in the northeastern region of Brazil, characterized by vegetation composed by plants adapted to tropical environments and water deficits during most of the year. The main economic cycles practiced in this semiarid region are historically based on the extraction of natural resources, ranching and shifting cultivation, which, empirically practiced, trigger environmental problems due to removal of vegetation and exposure of the soil to climatic adversities. Overexploitation, inadequate use of water resources and increase in deforested areas have reduced biodiversity and made their ecosystems degraded or susceptible to degradation. One of the techniques that can recover the productive capacity of these degraded areas is planting of pioneer native woody species, rustic and capable to establish themselves in anthropized sites. Recovery of woody species of a degraded Caatinga area was evaluated after 14 years with no domestic ruminants in addition to planting of the native trees *Mimosa tenuiflora* (jurema preta) and *Cnidoscolus quercifolius* (favela). During this period (2005 to 2019), data on survival, height and basal diameter of jurema preta and favela planted in 2005, 2007 or 2009 were collected, as well as those referent to the quantity, species, height and diameter of naturally regenerating trees observed in 2019 inside the fenced area. Planting of jurema preta and favela and absence of grazing allowed the establishment of approximately 50% of the planted seedlings in the degraded area of Caatinga. The improvement of the environmental conditions and the seeds produced by the planted seedlings probably allowed the establishment of regenerating trees of 3 species, which suggests the partial recovery of the environmental conditions after 14 years of isolation and planting of jurema preta and favela in the degraded Caatinga area.

Keywords: Tropical dry forest. Site recovery. Seedling planting.

1 INTRODUÇÃO

A Caatinga é o principal bioma da região nordeste do Brasil, ocupando cerca de 844.453 km² da Bahia, Alagoas, Ceará, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, e Sergipe, além de extensas áreas do norte de Minas Gerais (MMA, 2018). Este bioma é o único considerado exclusivamente brasileiro, com destaque no cenário mundial pela maior biodiversidade dentre os situados em regiões semiáridas (MMA, 2018).

A vegetação deste bioma é constituída de plantas adaptadas a ambientes tropicais com déficit hídrico durante a maior parte do ano (LIMA, 1996; DRUMOND, 2000; DUQUE, 2004; LEAL et al., 2004). Segundo estes autores, muitas espécies arbustivas e arbóreas são xerófitas, caducifólias e armadas de espinhos, acúleos ou pelos urticantes, características morfofisiológicas que ajudam na convivência com as condições ambientais adversas. Reportam, também, que bromelíneas e cactáceas perenes e herbáceas sazonais fazem parte desta vegetação, que se caracteriza pelo verde intenso na época chuvosa e pelo cinza claro na época seca, quando as plantas perdem suas folhas.

Os principais ciclos econômicos do semiárido do Nordeste brasileiro, desde a sua ocupação territorial no século XVI, se basearam no extrativismo de seus recursos naturais (lenha, minérios), na pecuária extensiva e na agricultura de subsistência e algumas monoculturas, tal como a do algodão (SOUSA et al., 2016). Segundo estes autores, estas atividades praticadas empiricamente desencadearam problemas ambientais principalmente pela retirada da vegetação e exposição do solo à irradiação solar, ventos e chuvas (SOUSA et al., 2016). Assim, a exploração demasiada dos solos, o uso inadequado dos recursos hídricos e o aumento das áreas desmatadas reduziram a biodiversidade e tornaram seus ecossistemas mais pobres e susceptíveis à degradação, impactando os recursos naturais, a qualidade de vida local e as atividades culturais, sociais e econômicas (SE et al., 2010; SILVEIRA et al., 2015; SOUZA; NASCIMENTO, 2015; RABELO, 2017).

No semiárido brasileiro, os processos de degradação ambiental estão se tornando cada vez mais presentes em consequência das atividades antrópicas e das características climáticas da região (TRAVASSOS; SOUZA, 2011). Esse processo quase sempre se inicia com a substituição da vegetação nativa por culturas anuais ou pastagens (SILVEIRA et al., 2015). Se exploradas inadequadamente podem resultar em áreas de solo exposto às intempéries, com capacidade de retenção de água e teor da matéria orgânica reduzidas, prejudicando ou anulando o seu potencial produtivo (GALINDO et al., 2008).

Existem técnicas que podem recuperar a capacidade produtiva do solo, as quais devem ser escolhidas de acordo com os atributos físicos, químicos e biológicos do solo (OLIVEIRA et al., 2008). Uma dessas técnicas é o plantio de espécies lenhosas nativas pioneiras, as quais são rústicas e com mais condições de se estabelecerem em áreas degradadas. Ao se desenvolverem, os indivíduos lenhosos melhoram as condições ambientais para o estabelecimento de espécies herbáceas e lenhosas secundárias (PEREIRA, 2011).

Assim, o plantio de mudas é uma estratégia que pode proporcionar ao ambiente degradado a cobertura vegetal que minimiza as perdas de solo pela ação da água e do vento (PEREIRA et al., 2012). Ressaltam ainda que as espécies florestais fornecem matéria orgânica ao solo e carregam nutrientes das camadas mais profundas para a superfície solo, dentre outros benefícios, melhorando os atributos solo. O plantio de mudas se mostrou eficiente na recuperação de áreas degradadas por atividades agrícolas, pecuárias e mineradoras (bauxita, argila, pirita) e pela construção de barragens (COUTINHO et al., 2005; JOSSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2005; RODRIGUES et al., 2007; LIMA et al., 2015a; NUNES et al., 2015), dentre outras.

Este estudo teve como objetivo avaliar a recuperação do estrato lenhoso de uma área de Caatinga degradada pela extração de madeira e pela atividade pecuária extensiva contínua por aproximadamente 30 anos considerando o isolamento da área e o plantio de mudas das espécies arbóreas nativas jurema preta e favela há 14 anos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área de estudo

A área do estudo se localiza na Fazenda NUPEERIDO (Núcleo de Pesquisa para o Semiárido) (07°04'53" Sul, 37°16'11" Oeste, e 254 m de altitude), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), 6 km ao sul da sede do município de Patos-PB. De acordo com os critérios de Köppen adaptados por Alvares et al. (2013), o clima da região é BShw, quente e seco, com temperatura média anual de 25°C, precipitação média anual em torno de 700 mm, com ampla faixa de variação (300 a 1500 mm), com chuvas concentradas nos cinco primeiros meses do ano e distribuídas de forma irregular no tempo e no espaço.

As espécies lenhosas plantadas ocupam parcialmente uma área de 60 m x 70 m, cercada e protegida do pastejo desde março de 2005. Foi desmatada para a retirada de lenha e explorada por cerca de 30 anos para a criação extensiva de animais (caprinos, ovinos e bovinos), resultando em solos erodidos e regeneração incipiente nos estratos herbáceo e arbustivo, sem a presença de regenerantes de espécies arbóreas, apesar da presença de exemplares adultos de jurema preta (2) e algarobeira (*Prosopis juliflora*) (2) no interior da área cercada (SALES, 2008). Nas áreas limítrofes, há algarobeiras e juremas pretas, além de várias outras espécies, tais como juazeiro, craibeira, jurema branca e turco, considerando um raio de aproximadamente 500 m.

As parcelas existentes na área fazem parte de experimentos conduzidos por Sales (2008) e Figueiredo (2010), nas quais foram plantadas mudas de jurema preta e catingueira em 2005, favela em 2007 (SALES, 2008), e jurema preta, favela e catingueira em 2009 (FIGUEIREDO, 2010), com o intuito de avaliar a sobrevivência e o crescimento em altura e diâmetro dessas espécies, e a produção de forragem herbácea. Nunes (2012) estendeu a análise do experimento de Figueiredo (2010) até julho de 2011. A coleta de dados foi retomada para possibilitar a análise do crescimento dessas espécies entre 2006 e 2019. Devido ao percentual de sobrevivência das catingueiras ter sido praticamente de zero%, teve discussões neste estudo.

As mudas plantadas por Sales (2008) foram plantadas em covas medindo 30 cm x 30 cm x 30 cm enriquecidas com 5 litros de esterco ovino e caprino, e dispostas no espaçamento de 3 m x 3 m. As mudas plantadas por Figueiredo (2010) foram dispostas no espaçamento 2 m x 2 m e se desenvolveram em covas medindo 40 cm x 40 cm x 40 cm enriquecidas com 20 litros de esterco caprino e foram incorporados, também, ao solo de cada cova 16 g de superfosfato simples (2,88g de P₂O₅) e 4,3 g de KCl (2,58 g de K₂O).

2.2 Parâmetros avaliados

Foram avaliados os dados de sobrevivência, altura e diâmetro basal de juremas pretas e de favelas plantadas, tendo por base os dados coletados por Sales (2008), Figueiredo (2010) e Nunes (2012), além daqueles obtidos nas mesmas parcelas em 2018 e 2019, compreendendo um período de observação de 14 anos. Além disso, os indivíduos arbóreos oriundos de regeneração natural observados no interior da área cercada foram identificados e mensurados, com a finalidade de determinar quali- e quantitativamente o potencial de regeneração natural de espécies arbóreas em áreas degradadas de Caatinga protegidas de pastejo.

2.2.1 Sobrevivência

A sobrevivência das mudas plantadas foi calculada pelo quociente entre o número de plantas vivas em 2019 e o total de indivíduos plantados (em março de 2005 e janeiro de 2009) de acordo com os dados resgatados de Sales (2008) e Figueiredo (2010). Foi considerada sobrevivente a planta que apresentou alguma estrutura viva visível acima do nível do solo em junho de 2019.

2.2.2 Altura e diâmetro na base

A medição de altura das plantas de espécies arbóreas foi realizada utilizando-se de vara graduada [1 cm de precisão nas medições realizadas por Sales (2005), Figueiredo (2010) e Nunes (2012), e 25 cm de precisão nas medições dos anos 2018 e 2019, com aproximação visual de 5 em 5 cm]. Aqui, altura se refere ao comprimento do ramo mais longo da planta.

As medidas de diâmetro na base (5 cm do solo) foram obtidas diretamente com paquímetro digital com precisão de centésimos de mm nas medições realizadas por Sales (2005), Figueiredo (2010) e Nunes (2012), e indiretamente pelo valor da circunferência na base, obtido com fita métrica com subdivisões a cada cm, dividido por 3,1416, nas medições de 2018 e 2019, aproximando-se este valor para o meio cm mais próximo.

Os indivíduos que apresentavam 1 bifurcação (1 número de bifurcações) na base nas medições de 2018 e 2019 tiveram as circunferências mensuradas e os respectivos diâmetros na base (d_i) calculados. Estes valores foram utilizados para o cálculo do diâmetro equivalente (d_{eq}) de cada planta através da fórmula (1) proposta por Soares, Paula Neto e Souza (2009), em que

deq equivale ao diâmetro da área seccional total resultante da soma das áreas seccionais de todos os fustes de cada planta, calculado através da Equa o 1, a seguir:

$$Deq = \frac{\sum A_i}{A} \quad (1)$$

2.2.3 Regenera o natural das espécies arbóreas

Os dados da regenera o natural das espécies arbóreas foram coletados na área cercada, incluindo a observada nas parcelas experimentais. Foram considerados regenerantes todos os indivíduos não plantados, os quais foram identificados e mensurados quanto   altura (cm) e ao diâmetro na base (mm) a 5 cm do solo. Estes regenerantes foram classificados em 4 classes de altura e diâmetro (I, II, III e IV), cujos limites das classes de altura seguiram os protocolos do Comit  Técnico Científico da Rede de Manejo Florestal da Caatinga (2005) e os das classes de diâmetro basal foram determinados de acordo com os valores coletados no presente estudo (Tabela 1).

Tabela 1 - Limites das classes de altura e diâmetro na base dos regenerantes, de acordo com as recomenda es da Rede de Manejo Florestal da Caatinga (altura) e com os valores coletados (diâmetro na base) neste estudo.

| Classes | Altura (cm) | Diâmetro na base (mm) |
|---------|-----------------|-----------------------|
| I | 30-50 | 1,0-11,0 |
| II | 51-100 | 11,1-21,1 |
| III | 101-151 | 21,2-31,2 |
| IV | >151 e CAP<6 cm | >31,2 e CAP<6 cm |

Foram estimadas a Densidade Absoluta (DA_i) e a Densidade Relativa (DR_i) dos regenerantes de cada espécie. De acordo com Muller-Dombois e ElleMBERG (1974), DA_i   o quociente entre o número (N_i) de regenerantes da i-ésima espécie e a área total amostrada (A) (i.e.: $DA_i = \frac{N_i}{A}$), e DR_i   a rela o entre o número (N_i) de regenerantes da i-ésima espécie multiplicado por 100 e o número total (N_T) de regenerantes de todas as espécies (i.e.:

$DR_i = \frac{N_i}{N_T} * 100$). A DR_i é expressa de maneira equivalente pela equação $DR_i = \frac{DA_i * 100}{DT}$,

considerando que $DT = \frac{\sum_{i=1}^I N_i}{A}$ = densidade total.

2.3 Delineamento experimental e análise dos dados

A sobrevivência das mudas plantadas foi calculada para cada espécie sem a preocupação de comparação formal deste parâmetro entre as espécies.

A altura, em metros, e o diâmetro basal, em centímetros, da jurema preta e da favela (Y) foram relacionados com a idade (X = meses após a semeadura, considerando setembro de 2004 para mudas de Sales (2008) e setembro de 2008 para as mudas de Figueiredo (2011) através da técnica de análise de variância para a regressão linear polinomial, considerando os dados coletados entre 2006 e 2011 (SALES, 2008; FIGUEIREDO, 2010; NUNES, 2012), complementados pelos dados coletados em dezembro de 2018 e junho de 2019. Os modelos de regressão foram estimados pelo módulo General Stepwise Regression, sub-rotina Best subsets do programa Statistica 5.0, considerando o nível de significância de 5%. Os dados de altura e diâmetro, quando constatada heterocedasticidade, foram log-transformados antes da estimação dos parâmetros da regressão.

A análise dos dados da regeneração natural de espécies arbóreas, consideradas separadamente ou em conjunto, consistiu na construção de tabelas de distribuição de frequência com quatro classes de altura e diâmetro basal, bem como da determinação dos intervalos de confiança a 95% para os valores médios de altura e diâmetro basal para cada espécie, utilizando-se do módulo Basic Statistics and Tables, sub-rotina Descriptive Statistics do programa Statistica 5.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

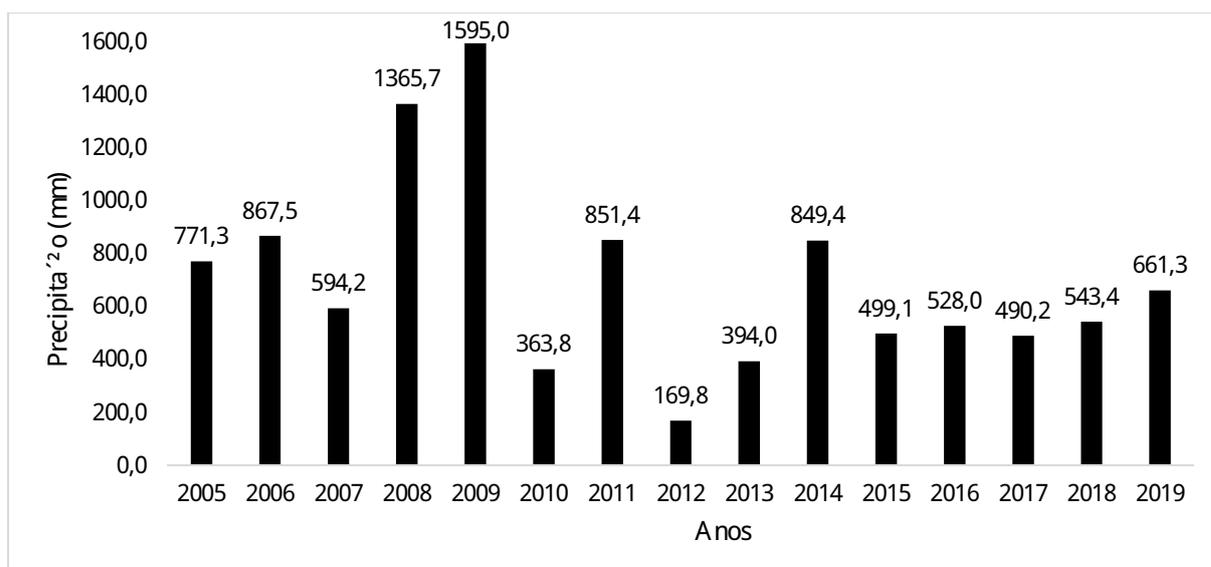
3.1 Sobrevivência

Foram plantadas 408 mudas, sendo 204 juremas pretas e 204 favelas: 108 juremas plantadas em 2005, 108 favelas em 2007 (SALES, 2008), e 96 de cada espécie em 2009 (FIGUEIREDO, 2010). O percentual de sobrevivência das mudas de jurema preta e favela foi 50,49% e 44,61%, respectivamente. Equivalentemente, restaram 103 exemplares de jurema preta e 91 de favela com idades entre 10 e 14 anos, que resistiram às condições adversas da área degradada sem nenhum tratamento pós-plantio além da proteção do pastejo.

Estes percentuais podem parecer baixos, mas, ao mesmo tempo em que evidenciam as dificuldades de estabelecimento de espécies lenhosas em ambiente degradado, mostram o relativo sucesso na revegetação de áreas antropizadas quando comparados aos quantitativos da regeneração natural, como ser visto adiante.

Um fator a ser considerado nos percentuais de sobrevivência das mudas é a precipitação, que se mostrou irregular ao longo dos anos (Figura 1). Neste período, o total anual variou de expressivos 1595,0 mm (2009) para poucos 169,8 mm (2012).

Figura 1 - Precipitação acumulada anual (mm), na Fazenda Nupeído, Patos- Paraíba, entre os anos de 2005 e 2019.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs)

Ao relacionar a precipitação anual (Figura 1) com o número de indivíduos mortos por ano (Tabela 2), observa-se que em 2010 a precipitação acumulada foi baixa (363,8 mm) e o número de indivíduos mortos foi alto (37 = 9 juremas preta + 28 favelas). Apesar de não terem sido coletados dados de mortalidade anual entre 2012 e 2018, observa-se, também, que entre 2012 e julho de 2018 ocorreu grande parte da mortalidade das mudas (40 das 101 = 40% das juremas pretas mortas, e 71 das 113 = 63% das favelas mortas), apesar do maior porte e da esperada maior resistência das plantas se comparado aos anos iniciais de desenvolvimento das mudas no campo. Isto pode ter resultado do nível de precipitação abaixo de 400 mm observado nos dois primeiros anos desse período (2012 e 2013). Corroborar essa afirmativa o fato de que entre julho de 2018 e julho de 2019 não foi observada mortalidade de exemplares das espécies estudadas. Esses resultados sugerem que anos de baixa precipitação (2010, 2012 e 2013 no nosso estudo) impactam a sobrevivência das plantas.

Tabela 2 - Número de indivíduos de jurema preta e favela mortos entre 2005 e 2019

| Ano | Jurema preta | Favela |
|-------------------------|--------------|--------|
| 2006 | 14 | - |
| 2007 | 9 | - |
| 2008 | 23 | 0 |
| 2009 | 5 | 9 |
| 2010 | 9 | 28 |
| 2011 | 1 | 5 |
| 2012- até julho de 2018 | 40 | 71 |
| Julho 2018- julho 2019 | 0 | 0 |
| Total no período | 101 | 113 |

Fonte: dados da pesquisa.

Além disso, deve-se considerar que as chuvas se concentram em 3 a 4 meses do ano, e que em 8 a 9 meses a precipitação é nula ou insignificante (Tabela 3). A situação piora em anos de baixa precipitação, digamos abaixo de 400 mm (e.g.: 2010) (Figura 1), especialmente se a baixa precipitação persistir por dois anos (e.g.: 2012 e 2013). Nestes anos de baixa precipitação, por melhor que seja a distribuição das chuvas, os totais mensais são baixos, geralmente abaixo de 20 mm, mesmo nos meses em que a precipitação esperada deveria ser significativa (esta situação

das chuvas) (Tabela 3). A baixa precipitação mensal, especialmente se repetida em dois anos consecutivos, certamente não favorece a sobrevivência das plantas. Além da precipitação de pouca monta e irregular, o déficit hídrico é agravado por outros fatores climáticos (temperaturas médias superiores a 25°C e 2.800h anuais de radiação solar) e topográficos-edáficos (relevo ondulado e solos rasos), que, associados, elevam sobremaneira as taxas potenciais de evapotranspiração (2.000mm/ano) e o déficit hídrico (LIMA, 1996).

Tabela 3 - Precipitação mensal (mm) de 2005 a 2019 na Fazenda Nupeído, Patos-Paraíba, Brasil.

| | J an. | Fev. | Mar. | Abr. | Mai | J un. | J ul. | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Dez. |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| 2005 | 27,8 | 68,3 | 384,3 | 47,5 | 20,7 | 40,1 | 0,0 | 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 180,1 |
| 2006 | 0,0 | 168,8 | 244,1 | 202,4 | 128,8 | 23,4 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 15,3 | 1,3 | 83,2 |
| 2007 | 16,6 | 264,7 | 50,1 | 112,5 | 43,1 | 8,3 | 2,9 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 94,8 |
| 2008 | 27,4 | 227,1 | 491,6 | 216,9 | 187,4 | 14,0 | 15,6 | 2,2 | 3,7 | 0,0 | 0,0 | 179,8 |
| 2009 | 96,0 | 177,0 | 304,0 | 620,0 | 273,0 | 35,0 | 14,0 | 31,0 | 0,0 | 15,0 | 11,0 | 19,0 |
| 2010 | 82,0 | 46,2 | 25,4 | 26,2 | 0,4 | 43,2 | 1,2 | 0,4 | 0,0 | 44,4 | 1,2 | 93,2 |
| 2011 | 270,7 | 119,0 | 118,5 | 116,8 | 137,2 | 8,0 | 32,4 | 2,8 | 0,0 | 19,2 | 26,8 | 0,0 |
| 2012 | 21,2 | 103,2 | 17,2 | 3,2 | 4,8 | 18,4 | 1,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2013 | 108,0 | 2,4 | 30,0 | 0,6 | 6,2 | 87,8 | 11,6 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 26,2 | 121,0 |
| 2014 | 16,8 | 55,8 | 428,4 | 123,4 | 108,2 | 9,4 | 6,0 | 6,4 | 1,6 | 13,0 | 19,8 | 60,6 |
| 2015 | 23,9 | 174,1 | 148,0 | 117,2 | 3,7 | 5,9 | 14,1 | 3,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 9,0 |
| 2016 | 142,5 | 83,0 | 214,7 | 50,6 | 22,2 | 13,6 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,2 |
| 2017 | 41,8 | 136,2 | 136 | 118,4 | 22,4 | 19,8 | 10,6 | 0,0 | 0,0 | 0 | 2,6 | 2,4 |
| 2018 | 59,8 | 127,2 | 88,6 | 187 | 23,2 | 1,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 4,4 | 12,6 | 39,4 |
| 2019* | 128,4 | 198,2 | 126,5 | 116,7 | 70,7 | 4 | 16,8 | - | - | - | - | - |
| Média Mensal | 70,9 | 130,1 | 187,2 | 137,3 | 70,1 | 22,1 | 8,5 | 3,6 | 0,4 | 8,0 | 7,3 | 63,1 |

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Agência Executiva de Gestão das Águas (AES/A)

A mortalidade dos indivíduos de jurema preta observada entre 2012 e julho de 2018 pode ter resultado, também, da poda dos ramos finos ($d < 1$ cm) praticada em 2011 para favorecer o desenvolvimento do estrato herbáceo e estimar a produção de forragem arbórea da jurema preta, como relatada por Nunes (2012). Este procedimento foi realizado em 80 juremas

pretas, das quais 35 morreram após a poda e representam 87,5% da mortalidade observada para a espécie após 2011 (35 em 40) e 34,7% da mortalidade total (35 em 101). Verificou-se, portanto, que este procedimento é arriscado, pois a recuperação das reservas e a sobrevivência das plantas podadas dependem das condições climáticas do ano seguinte, o que é difícil de prever na região. A precipitação anual de 2012 (169,8 mm) (Figura 1), no ano seguinte ao da poda, seguido de outro ano de baixa precipitação (394,0 mm), certamente não permitiu a recuperação das reservas e resultou em alto índice de mortalidade das plantas podadas. Aconselha-se a realização de estudos adicionais para identificar a intensidade de poda de jurema preta e de outras espécies lenhosas forrageiras compatíveis com a região.

A porcentagem de sobrevivência também deve ter sido afetada pelo pastejo acidental de ovinos ocorrido na área. Sales (2008) relata que ovinos provocaram danos significativos em muitas mudas em agosto de 2006, o que possivelmente explica parte da mortalidade das mudas que ocorreram após 2006, apesar da precipitação significativa nos dois anos subsequentes (594,2 mm e 1365,7 mm, em 2007 e 2008, respectivamente (Figura 1).

Os fatores edafoclimáticos têm influência direta na sobrevivência de indivíduos no campo, e o manejo inadequado da área pode acentuar as dificuldades de sobrevivência impostas pelo meio. Galindo et al (2008) explicam que após a perda da cobertura arbustiva por intermédio de queimada, corte ou pastejo, ocorre uma redução nas possibilidades de estabelecimento de novos indivíduos no local, por conta da exposição do solo às intempéries.

Para Lima et al. (2015b), a recuperação de áreas degradadas de caatinga baseada no plantio de mudas tem-se mostrado uma tarefa difícil pela baixa taxa de sobrevivência das mudas. Portanto, segundo Figueiredo (2010), a sobrevivência de mudas pode ser incrementada via melhoria das condições inicialmente oferecidas às mesmas, tais como a proteção contra o pastejo, abertura de covas com dimensões adequadas e enriquecidas com fertilizante químico ou orgânico de acordo com as possibilidades prática e econômica de cada produtor.

Não foram encontrados na literatura muitos dados de sobrevivência de plantas da caatinga, especialmente aqueles referentes a estudos de longo prazo em áreas degradadas. Segundo Medeiros e Aloufa (2015), 87% das mudas de favelas sobreviveram até 60 meses em uma área afetada pelo pastejo extensivo, sem nenhuma atividade antrópica como corte e queima da vegetação nos 60 anos anteriores ao plantio. Lima et al. (2015b) relataram 20,5%, 36,9%, 48,8%, 51,2%, 55,5% e 82,2% de sobrevivência para, respectivamente, jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), angico-de-caró (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan), catingueira (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz), pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart.), braúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.), e aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* (Allemo)

Engl.), aos 12 meses após o plantio de mudas (40 a 60 cm de altura) em área degradada de Caatinga, com fertilização de fundação na cova e em regime de 700 a 850 mm anuais de precipitação. A comparação destes dados de sobrevivência (20,5 a 87,0% de sobrevivência aos 12-60 meses após o plantio) com os obtidos no presente estudo (45 a 50% 14 anos após o plantio) indica que as técnicas ora utilizadas (abertura de covas, adição de esterco e fertilizante, exclusão do agente degradante, produção e plantio de mudas de qualidade) propiciam taxas de sobrevivência, no longo prazo, similares às de várias espécies da Caatinga plantadas em áreas de melhores condições, indicando a eficácia dos tratamentos silviculturais e que o plantio de mudas arbóreas nestas condições pode acelerar o processo de revegetação de áreas degradadas.

3.2 Altura e diâmetro

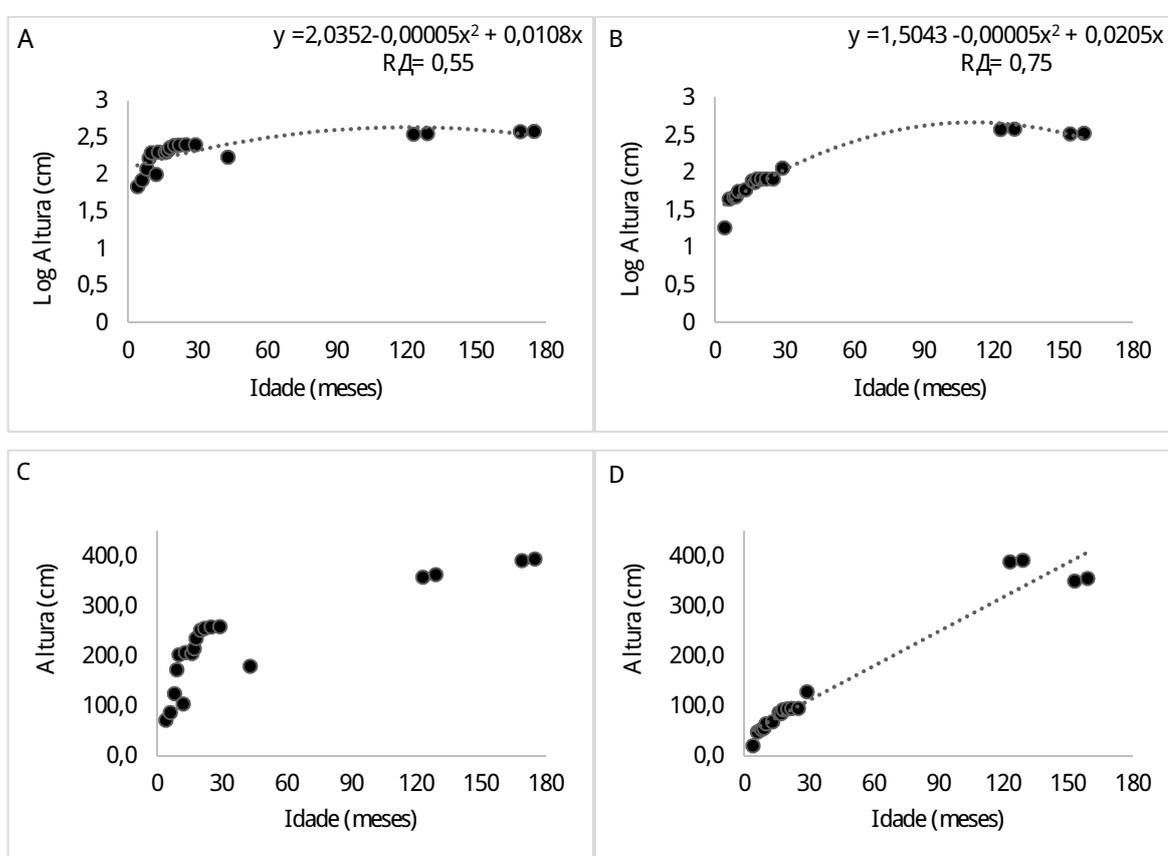
A altura das juremas pretas e das favelas aumentou significativamente em função da idade (meses após a semeadura), de acordo com modelos polinomiais de segundo grau (Fig. 2A e 2B) e R^2 \geq 55%. Nestas figuras, visualiza-se que o incremento do log da altura foi relativamente maior na fase inicial de desenvolvimento no campo, devido provavelmente à umidade do solo e à disponibilidade de nutrientes, considerando a precipitação anual \approx 594 mm observada de 2005 a 2009 (Fig. 1) e a adubação de fundação, respectivamente. Isto fica mais evidente na Fig. 2C, que relaciona a altura da jurema preta com a transformação logarítmica e a idade das plantas (porém, os modelos e os valores de R^2 gerados através desta relação com a transformação logarítmica sofrem restrições de ordem técnica, de modo que não foram explicitados nas Figuras 2C e 2D).

A inspeção visual dos modelos representados nas Fig. 2A e 2B para o período de 2005 a 2019 sugere estabilização do crescimento do log da altura em ambas as espécies. Porém, a estabilização não se verificou sem essa transformação para a jurema preta (Fig. 2C) indicando que as plantas desta espécie apresentaram crescimento entre 2005 e 2019. O decréscimo verificado na porção final da Figura 2D (favela aos 153 e 159 meses de idade) representam mudas provenientes do experimento de Sales (2008), as quais se tivessem se desenvolvido em covas maiores e de mesmas dimensões verificadas nos experimentos de Figueiredo (2010) e Nunes (2012) provavelmente confirmariam a tendência geral de crescimento no período.

Nunes (2012), ao considerar apenas os dois primeiros anos no campo (idade das mudas entre 5 e 30 meses), constatou que o modelo cúbico se ajustou ao crescimento das mudas de jurema, enquanto o da favela se ajustou a modelos lineares. Nesse período, a forma característica do modelo cúbico conseguiu detectar o crescimento acelerado em altura das

juremas pretas no primeiro período chuvoso no campo, a interrupção no crescimento no período seco, e a retomada de crescimento no período de chuvas seguinte. Certamente, este padrão aconteceu entre 2012 e 2017 de acordo com a disponibilidade hídrica de cada ano, porém mais difícil de representar em uma série temporal de 14 anos. Para a favela, esta tendência foi visualizada no estudo de Nunes (2012), porém não foi estatisticamente significativa.

Figura 2 - Curvas e modelos de regressão relacionando o log da altura da jurema preta (A) e da favela (B) com a idade das mudas, em área degradada da Caatinga, e essas mesmas relações sem a transformação logarítmica para a altura da jurema preta (C) e da favela (D).



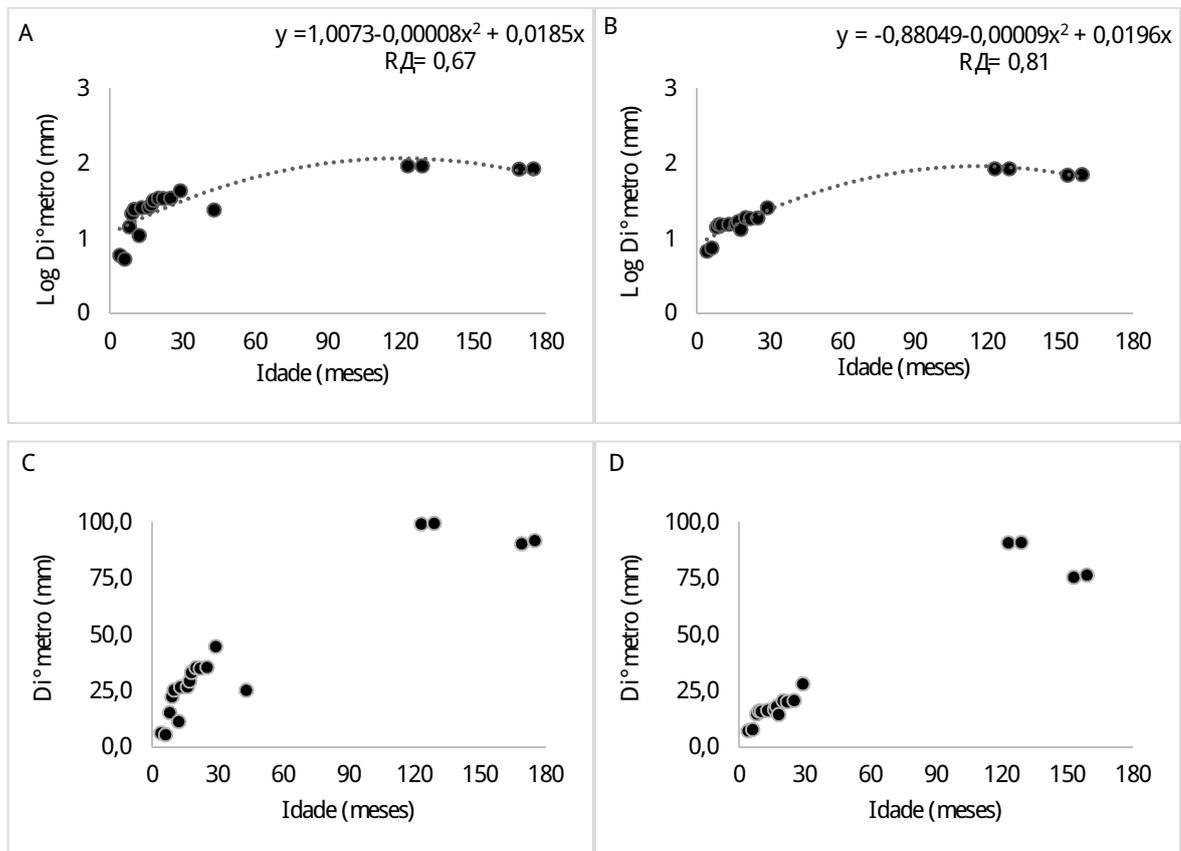
Fonte: dados da pesquisa.

Resultados semelhantes, incluindo incrementos iniciais maiores e a manutenção do potencial de desenvolvimento após 14 anos do plantio em área degradada, foram obtidos para o diâmetro basal das mudas de jurema preta e favela (Fig. 3A e 3B), de acordo com modelos de regressão polinomiais de segundo grau e de R^2 \geq 67%.

Nunes (2012), ao considerar apenas os dois primeiros anos no campo (idade das mudas entre 5 e 30 meses), constatou que o modelo cúbico e o linear se ajustaram ao crescimento do diâmetro basal das mudas de jurema e favela, respectivamente. Nesse período, a sequência de

crescimento rápido, diminuição, e retomada do crescimento, de acordo com as estações das chuvas e de seca foi significativo para a jurema preta e apenas visualizado para a favela, sem semelhança do observado para a altura. Certamente, este padrão aconteceu entre 2012 e 2017 de acordo com a disponibilidade hídrica de cada ano.

Figura 3 - Curvas e modelos de regressão relacionando o log do diâmetro da jurema preta (A) e da favela (B) com a idade das mudas, em área degradada de Caatinga, e essas mesmas relações sem a transformação logarítmica para o diâmetro basal da jurema preta (C) e da favela (D).



Fonte: dados da pesquisa.

Por outro lado, a inspeção visual dos modelos representados nas Fig. 3A e 3B para o período de 2005 a 2019 sugere estabilização do log do diâmetro para as duas espécies após 14 anos no campo. Sem a transformação (Fig. 3C e 3D), essa tendência se acentua ao ponto de se visualizar um decréscimo nos diâmetros médios dessas espécies entre as duas últimas medições (2018 e 2019). Isto é, até certo ponto inesperado, mas, considerando que a base do caule acumula reservas nutritivas, pode mostrar o alto grau de estresse ao qual as plantas estão submetidas na área degradada após os anos de baixa precipitação, sem semelhança do estresse constatado por Bakke (2005) após três podas drásticas anuais sucessivas na jurema preta.

O crescimento inicial em altura e diâmetro basal dos indivíduos de jurema preta superou o da favela. Para 66 dentre 103 juremas pretas sobreviventes e para seis dentre 91 favelas sobreviventes que tiveram mais de um fuste, diâmetro se refere ao diâmetro equivalente. A presença de mais de um fuste em uma planta pode evidenciar estratégias diferentes de sobrevivência destas espécies pioneiras da Caatinga: a jurema preta privilegia o crescimento em altura de vários fustes, para que suas ramas saiam do alcance dos animais, ao mesmo tempo em que a multiplicidade de fustes proteja a casca da face interna de cada um deles de possíveis danos causados pelo pastejo, enquanto a favela depende menos do crescimento rápido e da proteção mútua entre fustes para a sua sobrevivência tendo em vista a presença de pelos urticantes, além de proteger muitas de suas reservas nutritivas em tubérculos subterrneas. Indiretamente, estas hipóteses encontram amparo na literatura, pois Maia (2004) considera a jurema preta como uma espécie pioneira de crescimento rápido, capaz de colonizar áreas degradadas e antropizadas, e Medeiros; Aloufa (2015) enfatizam que a favela, mesmo sendo pioneira, se caracteriza mais pela rusticidade do que pelo crescimento.

Os valores dos coeficientes de determinação (R^2) associados aos modelos quadráticos de regressão da altura (0,55 vs. 0,75) e do diâmetro (0,67 vs. 0,81) da jurema preta foram inferiores aos da favela. Este fato pode ser explicado pelo pastejo acidental ocorrido em agosto de 2006 e pela poda de ramos finos de maio de 2011. O pastejo afetou minimamente as favelas, enquanto a poda aconteceu em parte (80 dentre 204) das juremas pretas, além do pastejo que afetou negativamente todas as juremas pretas, o que certamente aumentou a variabilidade entre os indivíduos desta espécie e o erro de estimação da sua altura e do seu diâmetro em função da idade das plantas.

Considerando os efeitos negativos que os baixos níveis de precipitação, o pastejo acidental e poda intencional, pode-se dizer que estas espécies são resistentes às condições adversas de áreas degradadas da Caatinga. As mudas sobreviventes de jurema preta alcançaram médias de altura e diâmetro basal, em julho de 2019, de 393,8 cm e 92 mm, respectivamente, enquanto para as favelas, as respectivas médias foram 354,7 cm e 76,4 mm.

Em plantios puros de jurema preta com e sem acúleos, em áreas com condições semelhantes, que passaram pelo processo anual de poda, os indivíduos atingiram, aos 36 meses, a altura média de 127 e 107 cm e diâmetros médios de 33 e 29 mm, para os fenótipos com e sem acúleos, respectivamente (BAKKE et al., 2007). Juremas pretas com acúleos plantadas no município de Limoeiro do Norte-CE em área não degradada e de solo agrícola e profundo (APNE, 2008), apresentaram médias de altura de 320, 360 e 420 cm, respectivamente, aos 36, 48 e 60 meses de idade, em espaçamentos variando de 1,5 m x 3 m a 3 m x 3 m. Certamente, a

melhor condição ambiental em Limoeiro do Norte explica as médias de altura iguais ou superiores a 360 cm já aos 36 - 60 meses de idade. Por outro lado, o desempenho da jurema em área degradada relatado no presente estudo mostra a capacidade da espécie em se desenvolver razoavelmente em sítios inóspitos do bioma em resposta a tratamentos silviculturais, tais como adubação e abertura de covas.

As respostas aos tratamentos culturais parecem ser mais pronunciadas para a favela. Para equilibrar a comparação, sejam dados de altura de favelas plantadas no mesmo ano (2009) em duas áreas do semiárido nordestino. A altura média das favelas estimada para 29 meses de idade pelo modelo de regressão no presente estudo foi de 127,7 cm. Segundo dados reportados por Medeiros; Aloufa (2015), o valor médio de altura para a favela aos 60 meses de idade, plantadas em São José do Seridó em 2009, foi de 55 cm. De acordo com estes autores, este desempenho deve ter resultado das escassas chuvas em 2012 e 2013: 112 e 234 mm, respectivamente, precipitações inferiores às que ocorreram no município de Patos nos mesmos anos (169 e 394 mm, respectivamente). Apesar da importância dos níveis de precipitação, há outros fatores a serem analisados nesta situação: não houve adubação química e nem orgânica no trabalho desses autores, ao contrário do que ocorreu neste estudo, além das condições da área do plantio que apresentavam solos mais erodidos, conforme se constata em fotografia da área.

O comportamento dessas espécies indica que elas podem ser utilizadas em programas de reflorestamento na região semiárida, devido à sua capacidade de se adaptarem às condições de altas temperaturas e baixa disponibilidade hídrica. Figueiredo (2012) ressalta a importância desses indivíduos nesta área de estudo, alegando que suas copas tendem a proteger a superfície do solo da radiação solar intensa e das chuvas torrenciais típicas da região, além de constituírem fonte de forragem e facilitarem o desenvolvimento do estrato herbáceo.

3.3 Regeneração natural

Em 2005, a área deste estudo apresentava-se sem cobertura vegetal lenhosa, exceto por duas juremas pretas, duas algarobas, e exemplares do arbusto malva branca (*Sida cordifolia* L.). Não apresentava regenerantes de espécies arbóreas, e o estrato herbáceo era incipiente ou ausente em partes da área devido ao superpastejo associado à retirada da vegetação arbórea (SALES, 2008).

Em 2019, após 14 anos de isolamento desta área degradada e o plantio de mudas de jurema preta e favela, o processo de regeneração natural de espécies lenhosas nativas ocorreu lentamente em termos qualitativos, mesmo após a exclusão de fatores degradantes (retirada de

lenha, pastejo). Certamente o estabelecimento e o desenvolvimento de mudas de várias espécies lenhosas nativas atraíram porcos e roedores, por meio do ingresso de sementes de outras espécies lenhosas associadas – fauna deve ter sido ausente ou ter ocorrido em um nível insuficiente para que se observasse o estabelecimento de espécies arbóreas diferentes daquelas que foram plantadas ou que se encontrava inicialmente na área (4 exemplares adultos de jurema preta e algaroba).

Isto é o que se pode inferir ao se constatar apenas regenerantes das várias espécies já presente ou artificialmente introduzidas na área e que produziram sementes: jurema preta, favela e catingueira (regenerante), apesar da presença de exemplares adultos de outras espécies lenhosas, tais como juazeiro e pau ferro, nas imediações da área de estudo.

Isto indica a pobreza do banco de sementes em termos de propágulos de espécies arbóreas, o curto alcance da disseminação de sementes e/ou a necessidade de uma maior proximidade de indivíduos lenhosos produtores de sementes para que ocorra o estabelecimento de seus regenerantes. Isto constitui um indicativo do grau de antropização da área e da dificuldade de recuperação da cobertura florestal de áreas degradadas de Caatinga, pois Alves et al. (2010) enfatizam que os processos regenerativos em áreas degradadas de Caatinga, em sua maioria, ocorrem pela germinação de sementes provenientes ou não da área.

Este comportamento incipiente da regeneração natural em termos de riqueza de espécies lenhosas foi reportado anteriormente em uma área degradada por superpastejo em São João do Cariri-PB: 30 anos após ter sido abandonada, foram identificadas 4 famílias e 6 espécies (ANDRADE et al., 2005); no Núcleo de Pesquisa de Recuperação de Áreas Degradadas e Desertificadas em Gilbués-PI foram identificadas 8 famílias e 12 espécies (FERNANDES; OLIVEIRA; FERNANDES, 2017), porém sem especificação de tempo de regeneração. Em contraste, em uma área antropizada (retirada de lenha e dois anos de agricultura de queima e roçada), a riqueza de espécies lenhosas atingiu os mesmos patamares relatados por Andrade et al. (2005) em apenas 10 anos de regeneração, e chegou a 8 famílias e 12 espécies lenhosas aos 50 anos de recuperação mesmo com a presença de pastejo de ovinos (HOLANDA, 2015). Estes dados mostram o efeito do grau de degradação ambiental e do tempo na recuperação da riqueza das espécies lenhosas em áreas de Caatinga.

Esses valores são baixos quando comparados à riqueza de espécies arbóreas de áreas de Caatinga conservada. Na Reserva Particular do Patrimônio Natural da Fazenda Tamanduá Santa Terezinha-PB, foram catalogadas 11 famílias e 21 espécies (GUEDES et al., 2012); na Estação Ecológica do Sertão Serra Negra do Norte-RN, foram identificadas 12 famílias e 22 espécies (SANTANA; SOUTO, 2006).

Espécies da família Fabaceae, representadas neste estudo pela jurema preta e catingueira, têm ampla distribuição no Brasil, totalizam cerca de 6700 espécies, muitas delas endêmicas da Caatinga, e geralmente são observadas em levantamentos da flora nacional, (GIULLIETTI et al., 2002). Fabricante e Andrade. (2007), Silva et al. (2012) e Alves Júnior et al. (2013) consideram esta família como das mais abundantes nas fisionomias de Caatinga.

O número reduzido de espécies lenhosas na área contrasta, até certo ponto, com os expressivos 198 regenerantes de jurema preta, favela e catingueira (Tabela 4). Constatou-se, portanto, um desequilíbrio entre a quantidade de regenerantes de cada espécie, cabendo à jurema preta a supremacia, com 96% dos indivíduos inventariados. Isto indica o seu pioneirismo e a capacidade de colonizar áreas antropizadas e degradadas da Caatinga, especialmente devido ao sistema radicular profundo que permite o seu estabelecimento em solos degradados (AZEVEDO et al. 2012). O número de favela e catingueira regenerantes foram 7 e 1, respectivamente, que correspondem a 4% do número total de regenerantes. Provavelmente, a quantidade de regenerantes de cada espécie deve ter relação com os respectivos números de indivíduos adultos estabelecidos e a quantidade esperada de sementes produzidas, dentre outras características.

Nesta lógica, deve-se ressaltar o seguinte: 103 juremas pretas sobreviventes das quais se espera a produção de milhares de sementes; 91 favelas restantes das quais se espera a produção de uma quantidade menor de sementes relativamente grandes em comparação com as da jurema preta; e a produção de sementes das catingueiras remanescentes foi certamente inferior – verificada para a jurema preta e a favela. Isto explica, pelo menos em parte, a relação 190:7:1 entre o número de regenerantes de jurema preta, favela e catingueira, respectivamente. Outros fatores podem explicar as diferenças do número de regenerantes para cada espécie. Embora a jurema preta, a favela e a catingueira sejam espécies comuns na Caatinga, elas não possuem o mesmo potencial para regenerar sítios com grau de degradação elevado, como o caso deste estudo.

Tabela 4 – Número (Ni) de regenerantes das três espécies lenhosas observadas na área de estudo, e respectivas densidades absoluta (DA) e relativa (DR%), Fazenda Nupeçado, Patos-PB.

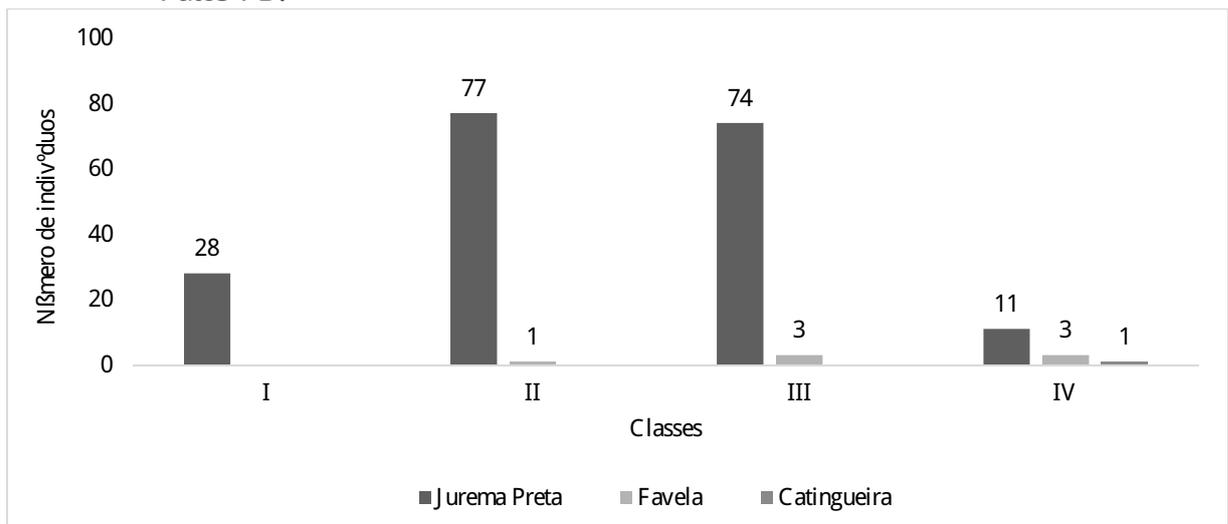
| Espécie | Ni | DA | DR % |
|--------------|-----|---------|------|
| Jurema Preta | 190 | 452,381 | 96,0 |
| Favela | 7 | 16,6667 | 3,5 |
| Catingueira | 1 | 2,38095 | 0,5 |
| Total | 198 | 471,429 | 100 |

Fonte: Dados da pesquisa

Pereira et al. (2001) explicam que ambientes antropizados tendem a ter muitos exemplares de poucas espécies, os quais vão gradualmente cedendo espaço para outras espécies constituírem uma comunidade mais equilibrada em termos qualitativos – medida que os efeitos da perturbação são corrigidos.

Os 198 regenerantes das três espécies encontram-se distribuídos nas quatro classes de altura: 28 na classe I (30 ≤ H < 50 cm), 78 na classe II (51 ≤ H < 100 cm), 77 na classe III (101 cm ≤ H < 151 cm) e 15 na classe IV (H > 151 cm). Das 3 espécies amostradas apenas a jurema preta encontra-se em todas as classes, a favela não teve representante na classe I e a catingueira nas classes I, II e III. Pode-se afirmar que há um número pequeno de indivíduos nas classes I e IV de altura, que juntos representam 21,72% dos regenerantes, enquanto os das classes II e III correspondem a 78,28% dos regenerantes. (Figura 4).

Figura 4 – Distribuição dos regenerantes em classes de altura em área degradada de Caatinga, Patos-PB.



Fonte: Dados da pesquisa

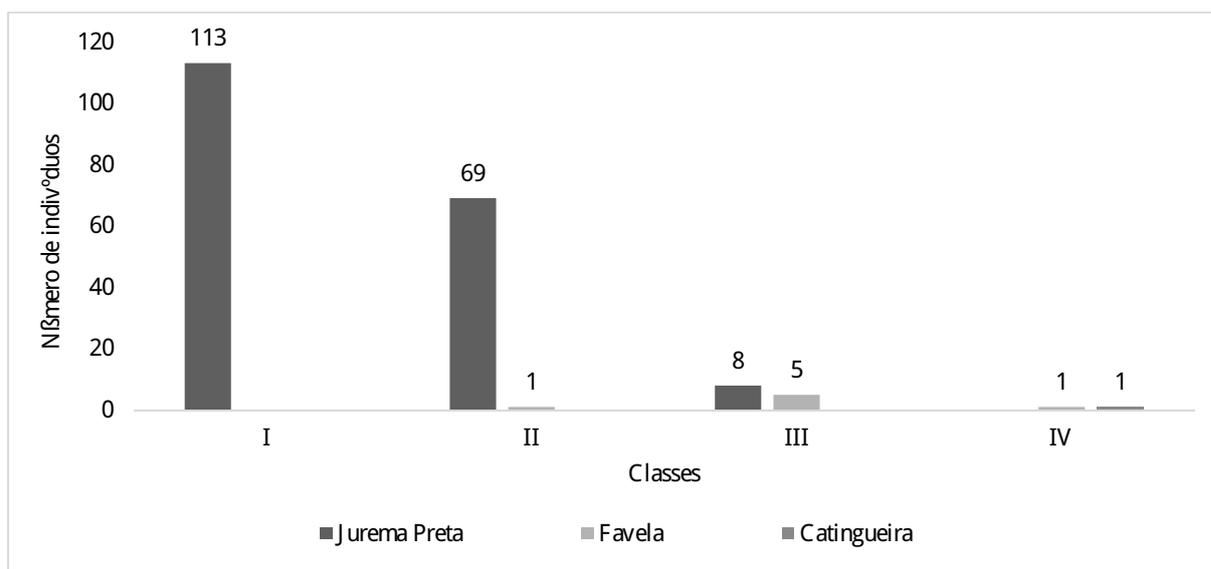
Das 190 juremas pretas regenerantes estabelecidas nos 4200 m² de área protegida do pastejo, verifica-se que 151 (79,47%) encontram-se nas classes II e III, além de 11 (5,79%) regenerantes na classe IV, o que significa um percentual significativo de regenerantes próximos à fase adulta, o que deve garantir a sua presença na área degradada. Certamente, o isolamento da área beneficiou o estabelecimento destes regenerantes, pois na área adjacente não protegida do pastejo continua a ausência de regenerantes de espécies arbóreas.

O porte médio dos regenerantes é menor do que o das plantas dos experimentos de Sales (2008) Figueiredo (2010) e Nunes (2012). Certamente, isto resulta de diferenças na idade e nas condições de desenvolvimento dos regenerantes e das plantas dos experimentos: os

regenerantes podem ter idade entre 2 e 14 anos, dependendo do momento em que se estabeleceram, enquanto as plantas dos experimentos têm entre 10 e 14 anos; os regenerantes resultaram de sementes que germinaram no campo em local sem preparo especial em termos de preparação de cova e adição de esterco e fertilizante químico, ao contrário das condições propiciadas às mudas utilizadas nos experimentos.

O diâmetro na base (DNB) dos 198 regenerantes apresentou um valor médio de 11,27 mm, variando de 1,80 a 39,94 mm, a maioria (183) nas classes I ($1\text{mm} < \text{DNB} \leq 11\text{mm}$) e II ($11,1\text{mm} < \text{DNB} \leq 21,1\text{mm}$), com 113 e 70 regenerantes, respectivamente, todas juvenas pretas, exceto uma favela na classe II (Fig. 5).

Figura 5 - Distribuição dos regenerantes em classes de diâmetro basal em área degradada de Caatinga, Patos-PB.



Fonte: Dados da pesquisa

Os 15 regenerantes de maior diâmetro se distribuíram nas classes III ($21,2\text{mm} < \text{DNB} \leq 31,2\text{mm}$) e IV ($\text{DNB} > 3,2\text{mm}$), com 13 e 2 exemplares, respectivamente, sendo 8 juvenas pretas e 5 favelas na Classe III, e 1 favela e 1 catingueira na classe III (Figura 5). A distribuição dos indivíduos nas classes de diâmetro comportou-se de forma diferente da altura, pois ocorreu uma maior concentração de indivíduos nas classes I e II, cerca de 92% dos regenerantes, e os 7,58% restante estão distribuídos nas demais classes. A distribuição diamétrica dos regenerantes em J-invertido caracteriza, segundo Santana (2009), comportamento previsto para florestas inequias (SANTANA, 2009).

Em um contexto geral, considerando todos os indivíduos regenerantes neste estudo, nota-se que há indivíduos lenhosos estabelecido pelo processo de regeneração natural, e para

que isso ocorresse foi necessário o isolamento da área para evitar o pastejo. Certamente, o aporte de sementes, principalmente proveniente das juremas pretas plantadas nas parcelas dos experimentos, teve um papel importante na preponderância da jurema preta dentre os regenerantes (190 vs. 8) de três espécies lenhosas.

O número de juremas pretas e favelas plantadas sobreviventes (sendo 103 juremas pretas e 91 favelas) é menor do que o de regenerantes (190 juremas pretas, 7 favelas e 1 catingueira = 198). Muito provavelmente, todos os regenerantes devem ter se originado de sementes produzidas pelos exemplares adultos já estabelecidos na área, sugerindo o sucesso e o efeito positivo do plantio de mudas de jurema preta, favela e catingueira na área. Em sendo verdade esta hipótese, resulta que o dado mais importante se refere ao indicativo da dependência do banco de sementes e da presença de matrizes produtoras de sementes na própria área, pois nenhuma outra espécie arbórea teve sucesso em estabelecer regenerantes na área nesses 14 anos de isolamento, apesar da presença de várias espécies arbóreas nas imediações, a exemplo de juazeiro, pau-ferro e algaroba. Além de importante, é preocupante, pois nesta lógica, não existiria ou seria muito prejudicado o estabelecimento de exemplares arbóreos em áreas degradadas despossuídas de matrizes de espécies arbóreas.

Analisando as vantagens do plantio de mudas arbóreas em áreas degradadas, tem-se que, em assim procedendo, é possível escolher a(s) espécie(s) que se estabelecerão numa determinada área, direcionando até certo ponto a sucessão e permitindo o estabelecimento equilibrado de mais de uma espécie. Além disso, considerando que das 408 mudas plantadas, 194 sobreviveram, e que milhões de sementes são necessárias para o estabelecimento de um regenerante, tem-se que a probabilidade de sucesso de estabelecimento de uma muda é bem maior do que o de uma semente, acelerando o processo de revegetação da área degradada, num processo interativo em que as mudas plantadas se desenvolvem, produzem sementes, e permitem que uma área antes tida como degradada e com raros espécimes lenhosos atualmente abrigue 392 exemplares de espécies lenhosas estabelecidos, 194 adultos plantados e 198 regenerantes.

4 Conclusão

O plantio de jurema preta e favela, em covas enriquecidas com fertilizante e esterco e protegidas do pastejo, permitiu o estabelecimento e o desenvolvimento de indivíduos arbóreos em área degradada de Caatinga.

A melhora das condições ambientais e as sementes produzidas pelos exemplares plantados provavelmente permitiram o estabelecimento de 198 regenerantes de 3 espécies lenhosas, o que sugere a recuperação parcial das condições ambientais da área degradada de Caatinga após 14 anos de isolamento.

Referências

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M, SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, L. S.; HOLANDA, A. C.; WANDERLEY, J. A.; SOUZA, J. S.; ALMEIDA, P. G. Regeneração Natural em uma Área de Caatinga situada no Município de Pombal-PB-Brasil. Revista Verde, v.5, n.2, p.152-168, 2010.
- ALVES JUNIOR, F. T.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A. S.; MARANGON, L. C.; CESPEDES, G. H. G. Regeneração natural de uma Área de caatinga no sertão pernambucano, nordeste do Brasil. Cerne, v.19, n.2, p.229-235, 2013.
- ANDRADE, L. A.; PEREIRA, I. M.; LEITE, U.; BARBOSA, M. R. V. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, estado da Paraíba. Cerne, v.11, n.3, p.253-262, 2005.
- APNE - ASSOCIAÇÃO PLANTAS DO NORDESTE. Avaliação dos plantios de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Mart.) Benth.) da empresa Carbomil Química S.A. - Limoeiro do Norte-CE. Projeto conservação e uso sustentável da Caatinga. Recife, 2008, 18p.
- AZEVEDO, S. M. A.; BAKKE, I. A. B.; BAKKE, O. A.; FREIRE, A. L. O. Crescimento de plântulas de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret) em solos de áreas degradadas da caatinga. Engenharia Ambiental, v.9, n.3, p.150-160, 2012.
- BAKKE, I. A. Potencial de acumulação de fitomassa e composição bromatológica da jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret) na região semi-árida da Paraíba. 2005. 104f. Tese. (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, Paraíba, 2005.
- BAKKE, I. A.; BAKKE, O. A.; ANDRADE, A. P.; SALCEDO, I. H. Forage yield and quality of a dense thorny and thornless jurema preta stand. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, n.3, p.341-347, 2007.
- COUTINHO, M. P.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; RODRIGUES, L. A.; FIGUEIREDO, F. A. M. M.; MENDONÇA, A. V. R.; NOVAES, A. B. Crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. plantadas em uma área degradada por extração de argila. Floresta, v.35, n.2, p.231-239, 2005.
- DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, M. C.; OLIVEIRA, V. R.; ALBUQUERQUE, S. G.; NASCIMENTO, C. E. S.; CAVALCANTI, J. Estratégias para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Caatinga. v.1, p.1-23, 2000.
- DUQUE, J. G. O Nordeste e as lavouras xerófilas, 4 ed., Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. 2004, 103p.
- FABRICANTE, J. R.; ANDRADE, L. A. Análise estrutural de um remanescente de caatinga no Sertão Paraibano. Oecologia Brasiliensis, v.11, n.3, p.341-349, 2007.

FERNANDES, M. M.; OLIVEIRA, T. M.; FERNANDES, M. R. M. Regenera²o natural de um fragmento florestal de caatinga na regi²o semi-²ida do Piau^o. *Scientia Plena*, v.13, n.2, p.1-7, 2017.

FIGUEIREDO, J. M. Revegeta²o de ²reas antropizadas de Caatinga com esp²cies nativas. 2010. 60f. Disserta²o (Mestrado em Ci²ncias Florestais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Sa²de e Tecnologia Rural, Patos, Para²ba, 2010.

GALINDO, I. C. L.; REBEIRO, M. R.; SANTOS, M. F. A. V.; LIMA, J. F. W. F.; FERREIRA, R. F. A. L. Rela²es solo-vegeta²o em ²reas sob processo de desertifica²o no munic²pio de Jata²ba, PE. *Revista Brasileira de Ci²ncia do Solo*, v.32, p.1283-1296, 2008.

GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. R. M. QUEIROZ, L. P.; BOCAGE, A. L.; FIGUEIREDO, M. A., 2002 Esp²cies end²micas da caatinga. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGINIO, J. & GAMARRA-ROJAS, C (orgs.) *Vegeta²o e Flora da Caatinga*. Recife:

GUEDES, R. S.; ZANELLA, F. C. V.; COSTA J²NIOR, J. E. V.; SANTANA, G. M.; SILVA, J. A. S. Caracteriza²o flor²stico-fitossociol²gica do componente lenhoso de um trecho de caatinga no semi²ido paraibano. *Revista Caatinga*, v.25, n.2, p.99-108, 2012.

HOLANDA, A. C.; LIMA, F. T. D.; SILVA, B. M.; DOURADO, R. G.; ALVES, A. R. Estrutura da vegeta²o em remanescentes de caatinga com diferentes hist²ricos de perturba²o em Cajazeirinhas (PB). *Revista Caatinga*, v.28, n.4, p.142-150, 2015.

JOSS, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produ²o de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). *Cerne*, v.11, n.2, p.187-196, 2005.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; LACHER J²NIOR, T. E. Mudando o curso da conserva²o da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. *Revista Megadiversidade*, v.1, n.1, p.138-146, 2005.

LIMA, J. L. S. Plantas forrageiras da caatinga - usos e potencialidades. Petrolina, PE: EMBRAPA. 1996. 44p.

LIMA, K. D. R.; CHAER, G. M.; ROWS, J. R. C.; MENDON²A, V.; RESENDE, A. S. Sele²o de esp²cies arb²reas para revegeta²o de ²reas degradadas por minera²o de pi²arra na caatinga. *Revista Caatinga*, v.28, n.1, p.203-213, 2015a.

LIMA, M. M.; SANTOS, L. A.; NOGUEIRA, E. M. S.; MOURA, F. B. P. Sobreviv²ncia inicial de seis esp²cies usadas na recupera²o de uma ²rea degradada na caatinga. *Ouricuri*, v.5, n.2, p.132-137, 2015b.

MAIA, G. N. Caatinga: ²rvores e arbustos e suas utilidades. S²o Paulo: D&Z Computa²o Gr²fica e Editora, 2004. 413p.

MEDEIROS, J. A.; ALOUFA, M. A. I. Revegeta²o de ²rea em processo de desertifica²o com a Faveira (*Cnidocolus quercifolius* Pohl) no munic²pio de S²o Jos² do Serid²o. *Revista Brasileira de Geografia F²sica*, v.8, n.4, p.1158-1175, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Contexto, Características e Estratégias de Conservação. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga/item/191>>. Acesso em: 17 mai. 18.

MUELLER-DUMBOIS, D.; ELLENBERG, H. Aims and methods vegetation ecology. New York: John Wiley e Sons, 1974. 547p.

NUNES, S. T. Recuperação de áreas degradadas da Caatinga com as espécies nativas jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) com e sem acúleos e favela (*Cnidocolus quercifolius*) com e sem espinhos. 2012. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, Paraíba 2012.

NUNES, Y. R. F.; FAGUNDES, N. C. A.; VELOSO, M. D. M.; GONZAGA, A. P. D.; DOMINGUES, E. B. S.; ALMEIDA, H. S. A.; CASTRO, G. C.; SANTOS, R. M. Sobrevivência e crescimento de sete espécies arbóreas nativas em uma área degradada de floresta estacional decidual, norte de Minas Gerais. *Revista Árvore*, v.39, n.5, p.801-810, 2015.

OLIVEIRA, D. A.; DUDA, G. P.; MENDES, A. M. S.; OLIVEIRA, R. A.; FERNANDES, M. B. Caracterização química do solo em uma área de implantação do projeto de recuperação de áreas degradadas da Jica no município de Pedro Avelino-RN. *Caatinga*, v.21, n.1, p.179-188, 2008.

PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L. A.; COSTA, J. R. M.; DIAS, J. M. Regeneração Natural em um remanescente de Caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no Agreste Paraibano. *Acta Botanica Brasilica*, v.15, n.3, p.413-426, 2001.

PEREIRA, O. N. Reintrodução de espécies nativas em área degradada de Caatinga e sua relação com os atributos do solo. 2011, 83f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, Paraíba, 2011.

RABELO, D. R. Evidências da degradação ambiental na vertente seca da Serra de Uruburetama, Ceará- Brasil. *Revista Geonorte*, v.8, n.29, p.72-85, 2017. Acesso em: 15 mai. 19.

RODRIGUES, L. A.; BARROSO, D. G.; MARTINS, M. A.; MENDONÇA, A. V. R. Revegetação de áreas degradadas pela extração de argila no Norte do Estado do Rio de Janeiro. *Perspectivas*, v.5, n.10, p.88-105, 2006.

SÉ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TEIXEIRA, A. H. C.; ANGELOTTI, F.; DRUMOND, M. A. Processos de desertificação no Semiárido Brasileiro. In: SÉ, I. B.; SILVA, P. C. G. *Semiárido Brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 402p.

SALES, F. C. V. Revegetação de área degradada da caatinga por meio da semeadura ou transplante de mudas de espécies arbóreas em substrato enriquecido com matéria orgânica. 2008. 64f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Sistemas Agrossilvipastoris no Semi-árido, Patos, Paraíba, 2008.

SANTANA, J. A. Padr2o de distribui 2o e estrutura diamétrica de *Croton sonderianus* Muell. Arg. (Marmeleiro) na caatinga da esta 2o ecológica do Sertão. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.4, n.3, p.85 - 90, 2009.

SANTANA, J. A. S.; SOUTO, J. S. Diversidade e estrutura fitossociológica da caatinga na esta 2o ecológica do Sertão. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.6, n.2, p.232-242, 2006.

SILVA, S. O.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; LIRA, M. A.; ALVES JUNIOR, F. T.; CANO, M. O. O.; TORRES, J. E. L. Regenera 2o natural em um remanescente de caatinga com diferentes históricos de uso no agreste pernambucano. Revista 3rvore, v.36, n.3, p.441-450, 2012.

SILVEIRA, L. P.; SOUTO, J. S.; DAMASCENO, M. M.; MUCIDA, D. P.; PEREIRA, I. M. Poleiros artificiais e enleiramento de galhada na restaura 2o de 2rea degradada no semi2rido da Paraíba, Brasil. Nativa, v.3, n.3, p.165-170, 2015. .

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. Dendrometria e invent2rio florestal. Vi 2osa: Ed. UFV. 2006, 276p.

SOUSA, M. L. M.; NASCIMENTO, F. R. Estudos geoambientais de bacias hidrográficas em 2reas suscetíveis 2 desertifica 2o no Nordeste do Brasil. Revista Colombiana de Geografia, v.24, n.1, p.13-27, 2015.

SOUSA, A. K. O.; SILVA, E. G. B.; COSTA, L. R. F.; SOUSA, S. C.; OLIVEIRA, V. P. V. Índice de degrada 2o ambiental em n2cleos de desertifica 2o no Nordeste do Brasil. Revista de Geociências do Nordeste, v.2, p.921-930, 2016.

TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I. Solos e desertifica 2o no sert2o paraibano. Cadernos do Logepa, v.6, n.2, p.101-114, 2011.

CAPÍTULO II

FERNANDES, Samara Paulo dos Santos. Mesofauna edáfica em área degradada de caatinga. 86f. Dissertação: Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos-PB. 2020.

RESUMO

A degradação ambiental, um problema mundial, impacta os solos em termos de fertilidade, densidade, estrutura, teor de matéria orgânica e diversidade dos seus organismos. O solo é o habitat de muitos invertebrados (fauna edáfica), e a sua diversidade garante o biofuncionamento e a sustentabilidade do uso dos solos. Porém, estes organismos são sensíveis à remoção da cobertura vegetal e à deterioração do solo, notadamente em regiões semiáridas, de modo que a diversidade fauna edáfica reflete a saúde ambiental ou o nível de degradação de determinada área. A mesofauna, composta por invertebrados com comprimento entre 100 μ m e 2 mm, notadamente das Ordens Acarina e Collembola, é considerada a comunidade mais importante da fauna edáfica. Este estudo avaliou os efeitos do isolamento de uma área degradada de Caatinga e da presença de espécimes lenhosos adultos de jurema preta e favela na mesofauna edáfica. Os dados de abundância por Ordem e total da mesofauna, coletados em 3 datas nas áreas sem e com pastejo e sob e fora da copa de jurema preta e favela foram tabelados convenientemente para aplicação do teste de χ^2 com 1 grau de liberdade e para o cálculo dos valores do índice de Shannon-Weaver e do índice de equitabilidade de Pielou. O isolamento por 14 anos da área degradada impactou positivamente a mesofauna do solo, notadamente na quantidade, mais que triplicando essa comunidade. Semelhantemente, a presença de exemplares adultos de jurema preta ou favela aumenta em até 22,6 vezes a mesofauna edáfica, como observado sob a copa de favela. O efeito da copa da jurema preta na mesofauna edáfica, em área sob pastejo, é similar ao efeito de 14 anos de isolamento da área. O isolamento da área por 14 anos e/ou o plantio de jurema preta ou favela em área protegida de pastejo multiplica a comunidade da mesofauna edáfica entre 3 e 22,6 vezes, constituindo, nesta perspectiva, ações recomendadas para a recuperação de áreas degradadas da Caatinga.

Palavras-chaves: Degradação. Acarina. Collembola.

FERNANDES, Samara Paulo dos Santos. Edaphic mesofauna in a degraded Caatinga site 86f. Dissertation: Master's Degree in Forest Sciences. CSTR/UFCG, Patos-PB. 2020.

ABSTRACT

Environmental degradation is a global problem that impacts soils in terms of fertility, density, structure, organic matter content and diversity of its organisms. The soil is the habitat of many invertebrates (edaphic fauna), and their diversity guarantees the biofunctionality and the sustainability of land use. However, these organisms are sensitive to the removal of vegetation cover and soil deterioration, especially in semi-arid regions, so that the diversity of edaphic fauna reflects the environmental health or the level of degradation of a given area. The mesofauna, composed of invertebrates from 100 μ m to 2 mm long, notably from the Acarina and Collembola Orders, is considered the most important community of edaphic fauna. This study evaluated the effects of the isolation of a degraded Caatinga area and the presence of adult woody specimens of *Mimosa tenuiflora* (jurema preta) and *Cnidocolus quercifolius* (favela) on edaphic mesofauna. The abundance (by Order and total) of the mesofauna, collected on 3 dates in grazed and ungrazed areas and under and out of the canopy influence of jurema preta and favela were tabulated and conveniently for the application of the χ^2 test with 1 degree of freedom, as well as for the calculation of the Shannon-Weaver and Pielou equitability indexes values. The 14-year isolation of the degraded area positively impacted the soil mesofauna, notably in quantity, more than tripling this community. Similarly, the presence of adult specimens of jurema preta or favela increases by up to 22,6 times the edaphic mesofauna, as observed under the favela canopy. The effect of jurema preta crown on the edaphic mesofauna in grazed area is similar to the effect of 14 years of isolation of the area. The isolation of the area for 14 years and/or planting of jurema preta or favela in ungrazed area multiplies the edaphic mesofauna community between 3 and 22,6 times, constituting, in this perspective, recommended actions for the recovery of degraded areas of the Caatinga.

Keywords: Environmental recovery. Acarina. Collembola.

1 INTRODUÇÃO

A degradação ambiental é um problema mundial que impacta os solos, reduzindo a sua fertilidade, compactando as suas camadas superficiais, desestruturando os seus agregados, acelerando a oxidação da sua matéria orgânica e provocando perda de diversidade dos organismos que neles habitam (LEITE et al., 2010). Na região semiárida brasileira, a agricultura e a pecuária extensiva são praticadas de maneira inadequada, as quais, associadas às condições climáticas e aos contextos políticos e econômicos da região, aceleram a degradação ambiental e reduzem as condições de vida do local (SOUZA; NASCIMENTO, 2015).

A primeira impressão que se tem é que não existe vida no solo, porém pode haver uma comunidade diversificada de organismos que são fundamentais para as atividades biológicas do solo, para o desenvolvimento das plantas e para a vida na Terra (SILVA et al., 2012). O solo é o habitat natural de invertebrados macro- e microscópicos, e a diversidade desses organismos garante o biofuncionamento e a sustentação dos solos. Porém, estes organismos são sensíveis à deterioração da cobertura vegetal e da estrutura do solo (MANHAES; FRANCELENO, 2013) sendo por isto mesmo considerados bioindicadores ambientais na avaliação de processos de degradação do solo (ROVEDDER et al., 2004).

A fauna edáfica participa de uma cadeia de eventos que começa com a decomposição da matéria orgânica do solo, permitindo a ciclagem de nutrientes, a produção de húmus e de complexos que resultam na agregação das partículas do solo (HOFFMANN et al., 2009; BERUDE et al., 2015). O status dessa comunidade indica a saúde ambiental de determinada área, indicando as possíveis interações biológicas solo/planta, e sugerindo o seu nível de degradação e a sua capacidade de recuperação (HOFFMANN et al., 2009).

Há várias formas de classificar a biota do solo, entretanto a mais utilizada é a classificação proposta por Swift, Heal e Anderson (1979). Nesta, a biota do solo é classificada quanto a sua mobilidade, hábito alimentar, função que desempenha no solo e, principalmente, pelo seu tamanho: quando menores do que 0,2 mm os invertebrados são denominados de microfauna do solo, quando entre 0,2 e 2,0 mm, de mesofauna, e quando maiores de 2,00, de macrofauna.

A mesofauna edáfica é considerada a mais representativa, e dentre seus representantes, os mais numerosos pertencem às ordens Acarina e Collembola (MELO et al., 2009). Estes organismos são caracterizados por habitarem os poros e as fissuras do solo, e a serapilheira. Criam suas próprias galerias para se locomoverem, e são afetados diretamente pelas atividades que promovem a compactação do solo (HEISLER; KAISER, 1995). Alimentam-se de matéria

orgânica, de nematoides e de microrganismos em geral, transportam partículas minerais e orgânicas entre os horizontes do solo, aceleram a ciclagem de nutrientes, e atuam no controle de pragas edáficas (MELLO et al., 2009).

A cobertura vegetal, além da umidade, afeta diretamente a riqueza da fauna edáfica, pois propicia, direta e indiretamente, abrigo e nutrientes para essa comunidade (ROVEDDER et al., 2004; ROVEDDER et al., 2009). Os componentes da fauna edáfica em geral, e a mesofauna em particular, são anfotrópicos, e, quando em áreas de solos desnudos e/ou compactados, têm a existência reduzida devido à falta de refúgio que os proteja da dessecação e morte resultantes da radiação solar direta (ARAÚJO et al., 2013).

Na região semiárida do nordeste brasileiro, a remoção da cobertura vegetal lenhosa e herbácea resultante das atividades humanas (agricultura de subsistência, pecuária extensiva, exploração de lenha e carvão, etc.) impacta a comunidade de invertebrados do solo. Este estudo avaliou o efeito do isolamento (14 anos de deferimento de ruminantes domésticos) de uma área degradada de Caatinga e da presença de espécimes lenhosos adultos de jurema preta e favela na mesofauna edáfica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

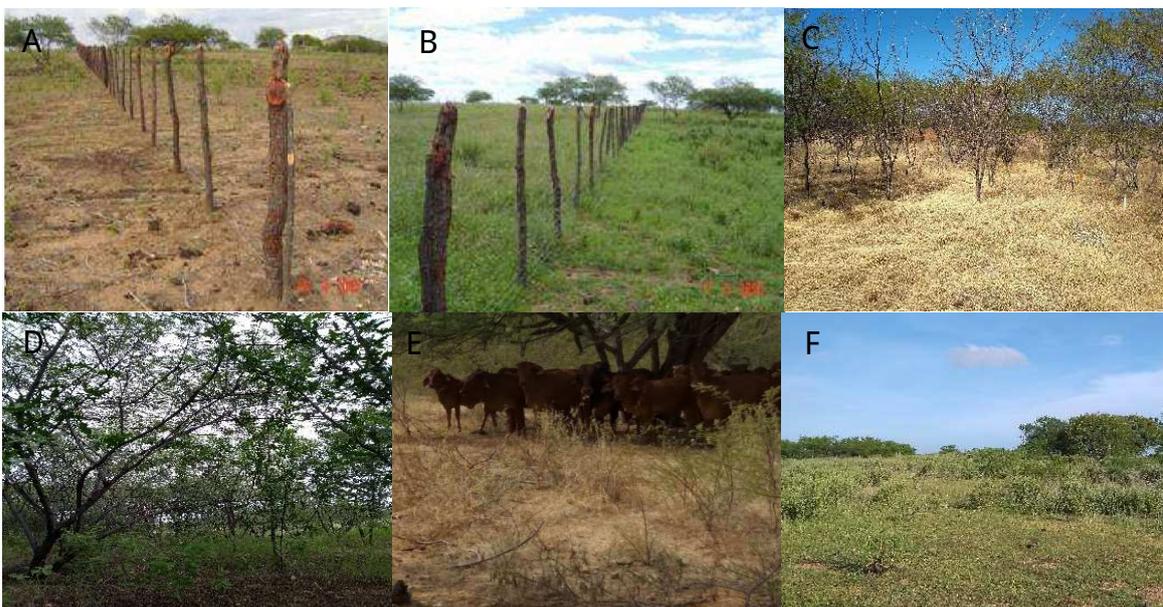
2.1 Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido em uma área degradada de Caatinga (07°05'10" Sul e 37°15'43" Oeste), do Núcleo de Pesquisas do Semiárido (NUPESEARIDO), pertencente ao Centro de Saúde e Tecnologia (CSTR) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Patos, situada a 6 km ao sul da sede do município de Patos - PB, Região Geográfica Imediata de Patos, Brasil.

2.1.1 Histórico de uso da área

Esta área caracteriza-se pela remoção da vegetação nativa e por pastejo extensivo de bovinos, caprinos e ovinos há mais de 30 anos, praticado acima da capacidade de suporte da área, porém sem um monitoramento ao longo do tempo, restando exemplares adultos esparsos de espécies lenhosas, notadamente jurema preta. Parte da área (60 m x 70 m), escolhida pelo seu alto nível de degradação, foi isolada com cerca de arame farpado em março de 2005 (Figura 1).

Figura 1 B Aspecto da área sem pastejo em março de 2005 (A), maio de 2005 (B), julho de 2018 (C) e março de 2019 (D), área com superpastejo nos meses de julho de 2018 (E) e em março de 2019 (F).



Fonte: Sales (2008) (Figuras A e B) e dados da pesquisa (Figuras C, D, E e F).

Nesta ocasião, esta área contava com poucos indivíduos de *Prosopis juliflora* (algaroba) e *Mimosa tenuiflora* (jurema preta), estrato herbáceo ausente ou pouco desenvolvido, com predominância de *Sida cordifolia* L. (malva branca), e ausência de regenerantes de espécies arbóreas (SALES, 2008). Em aproximadamente metade da área cercada, Sales (2008) e Figueiredo (2011) plantaram mudas de três espécies arbóreas nativas da Caatinga [*Mimosa tenuiflora* (jurema preta), *Cnidoscolus quercifolius* (favela) e *Poincianella pyramidalis* (catingueira)] nos anos de 2005, 2007 e 2009, com a finalidade de restabelecer o estrato arbóreo nas parcelas experimentais.

Desde 2005, esta área está protegida do pastejo, exceto por um evento acidental em agosto de 2006, conforme relatado por Sales (2008), em que caprinos tiveram acesso à área por alguns dias e consumiram a biomassa do estrato herbáceo e, principalmente, as ramas das juremas pretas plantadas por este autor em 19 de março de 2005 (Figura 2).

Figura 2B Detalhes dos danos causados às mudas de jurema preta após pastejo de ovinos e caprinos em 2006.



Fonte: Sales (2008)

2.2 Parâmetros avaliados e procedimentos amostrais

Foram coletados dados qualitativos (Ordem) e quantitativos (quantidade para cada Ordem) da mesofauna do solo em 7 pontos sob a copa de jurema pretas e 7 pontos sob a copa de favela, na área protegida de pastejo, e em 7 pontos sob a copa de jurema preta na área com a presença de animais. Além destes 21 pontos amostrais, foram amostrados mais 7 fora da influência da copa de espécies arbóreas na área protegido do pastejo, e outros 7 fora da influência da copa de espécies arbóreas na área com pastejo, totalizando 35 pontos amostrais. Este procedimento foi repetido em pontos diferentes sob as mesmas condições de efeito de copa

e de pastejo em 3 datas (novembro de 2018, março de 2019 e julho de 2019), de modo a atingir a coleta em 105 pontos amostrais nas três datas consideradas. Em cada data, os exemplares de jurema preta e favela e os pontos amostrais em geral foram escolhidos aleatoriamente.

2.2.2 Coleta de solo+serrapilheira para avaliação da mesofauna

O solo+serrapilheira foi coletado utilizando anéis metálicos de 4,8 cm de diâmetro e 5,2 cm de altura, de acordo com a metodologia descrita por Souto (2006). Cada anel (Fig. 3A) foi introduzido no solo (Fig. 3B) com auxílio de um martelo atuando sobre uma lâmina de madeira posicionada na sua borda superior (Fig. 3C) até que estivesse totalmente preenchido com solo+serrapilheira.

Figura 3 B Anel metálico (A e B), introdução do anel metálico no solo utilizando um martelo e uma lâmina de madeira (C), retirada do anel com solo+serrapilheira com o auxílio de uma colher de pedreiro (D), acondicionamento do anel com solo+serrapilheira em saco plástico (E) e armazenamento em caixa de isopor (F).



Fonte: Dados da pesquisa

Quando o solo se encontrava muito seco, a área de coleta foi umedecida antes do uso do martelo, situação comum na coleta realizada nos meses de novembro. Cada anel metálico com o material do seu interior foi retirado do solo com o auxílio de uma colher de pedreiro (Fig. 3D) e acondicionado em sacos plásticos (Fig. 3E) e armazenado em caixa de isopor (Fig. 3F) para minimizar a perda de umidade e preservar a mesofauna.

2.2.3 Extração da mesofauna

A extração da mesofauna edáfica do solo+serrapilheira de cada anel foi realizada no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Campina Grande, baseando-se em modificações do protocolo descrito por Berlese-Tullgren. O aparato modificado (Figura 4), cedido pelo responsável pelo Laboratório, Professor Jacob Silva Souto, é constituído de uma estrutura de madeira com duas partes: na superior ficam localizados os anéis com o solo+serrapilheira+tela de nylon para evitar a perda de solo, sendo cada conjunto iluminado e aquecido por uma lâmpada de 25 Watt posicionada na parte superior do anel, por 96 horas; na parte inferior, e abaixo dos anéis, são posicionados funis que desembocam em recipientes de vidro com 5 ml de álcool etílico a 70%, para conservação dos organismos da mesofauna que caem do solo+serrapilheira ao atingirem a tela de nylon após migrarem no material do interior dos anéis em fuga da luz e do calor gerados pelas lâmpadas.

Figura 4 B Aparato Funil Berlese-Tullgren, de acordo com as modificações adotadas por Souto (2006).



Fonte: Dados da pesquisa

2.2.4 Identificação e quantificação da mesofauna

Os grandes grupos taxonômicos (Ordem) da mesofauna extraída foram identificados e quantificados pelo Professor Rozileudo da Silva Guedes, engenheiro florestal responsável pelo Laboratório de Entomologia Florestal do UAEF/CSTR/UFCG. A identificação da mesofauna foi realizada com o auxílio de lupa (5x de aumento). A quantidade total de espécimes para cada situação (sob e fora da copa de jurema preta ou favela e sem ou com pastejo) foi expressa considerando os três grupos taxonômicos em conjunto.

O número de espécimes foi expresso por grupo taxonômico para o cálculo dos índices de diversidade de Shannon-Weaver (H) e de equitabilidade de Pielou (e). O índice de diversidade de Shannon-Weaver (H) assume valores que variam de 0 a 5, sendo que o declínio de seus valores resulta da dominância de algum grupo taxonômico em detrimento de outros (BEGON; HARPER; TOWNSEND, 1996), sendo H definido pela (equação 1):

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln p_i \quad (1)$$

em que:

$\ln p_i = \ln (n_i/N)$;

n_i = número dos indivíduos do i -ésimo grupo taxonômico;

N = número total de todos os indivíduos dos S grupos taxonômicos.

O Índice de Uniformidade de Pielou (e) indica equitabilidade na abundância das espécies e varia de 0 a 1. Seu valor máximo indica que todos os grupos taxonômicos são igualmente abundantes, e quanto menor o seu valor, maiores são as diferenças de abundância entre eles (GOMES; FERREIRA, 2004). Esse índice é definido pela (equação 2)

$$e = H / \ln S \quad (2)$$

Em que:

H = índice de Shannon-Weaver;

S = número de grupos taxonômicos;

2.3 Análises estatísticas dos dados

Os dados de abundância (contagem) da mesofauna obtidos na área sem e com pastejo e sob e fora da copa de jurema preta e favela foram tabelados convenientemente para aplicação do teste de χ^2 com 1 grau de liberdade, com a correção de Yates (SPIEGEL, 1981) (Equação 3), ao nível de significância de $P < 0,5\%$, exceto em um caso em que $P < 5\%$, conforme indicado.:

$$\chi^2_{\text{corrigYates}} = \sum \left(\frac{[|f_o - f_e| - 0,5]^2}{f_e} \right) \quad (3)$$

Em que:

f_o = Frequência observada;

f_e = Frequência esperada;

A primeira situação em que foi aplicado o teste de χ^2 se referiu aos totais de indivíduos da mesofauna capturados do material coletado de 21 análises (referentes a 7 pontos amostrais para cada uma das 3 datas de coleta de dados) na condição sem pastejo e fora da copa de espécimes arbóreos adultos e do material coletado de 21 análises na condição com pastejo e fora da copa de espécimes arbóreos adultos. Com estes dados foi testado o efeito do isolamento da área, sem considerar a presença de espécies arbóreas.

Semelhantemente, a segunda situação comparou a contagem da mesofauna proveniente do material coletado em 21 análises sob a copa de juremas pretas na área sem pastejo com a contagem proveniente do material coletado em 21 análises sob a copa de jurema preta na área com pastejo bovino. Esta comparação evidenciou o efeito do isolamento da área sob a condição da presença de jurema preta.

Nas duas situações seguintes, as contagens se referiam aos exemplares da mesofauna extraídos do solo+serrapilheira coletado sob (21 análises) e fora (21 análises) da copa de juremas pretas, na área com pastejo (situação 3), e, semelhantemente, ao material coletado sob (21 análises) e fora (21 análises) na área sem pastejo (situação 4), isolando o efeito da jurema preta na mesofauna em áreas com e sem pastejo, respectivamente.

A quinta situação se referiu às quantidades de mesofauna extraídas do solo+serrapilheira coletado sob (21 análises) e fora (21 análises) da copa de favelas na área sem pastejo, e a sexta situação aos dados de mesofauna sob a copa de favelas (21 análises) e sob a copa

de jurema pretas (21 análises) na condição de ausência de pastejo, possibilitando testar, respectivamente, a significância do efeito da favela e da diferença entre as espécies arbóreas favela e jurema preta na mesofauna na ausência de pastejo. Nestas últimas situações, uma das quantidades de espécimes da mesofauna sob a copa das favelas extraída do material coletado em um dos análises foi grande (301 exemplares em março de 2019), a qual foi mantida nas análises para evidenciar o potencial da favela na microbiologia do solo. Além disso, a exclusão deste dado em nada alteraria as conclusões estatísticas.

Os valores para o índice de Shannon Weaver e para o índice de equitabilidade de Pielou foram estimados considerando os dados obtidos no material coletado em 3 datas e em 7 pontos (7 análises) para 3 condições observadas na área sem pastejo (1. fora do efeito de copas de exemplares adultos de espécies arbóreas; 2. sob a copa de exemplares adultos de jurema preta; 3. sob a copa de exemplares adultos de favela) e 2 condições observadas na área com pastejo (4. fora da copa de exemplares adultos de espécies arbóreas; 5. sob a copa de exemplares adultos de jurema preta).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram extraídos 619 exemplares de três grupos taxonômicos da mesofauna (Tabela 1), principalmente dos grupos Collembola (499 exemplares, 80,6% da mesofauna) e Acarina (118 exemplares, 19,1% do total), e apenas 2 do grupo Diplura.

Tabela 15 Número total e frequência relativa de exemplares da mesofauna coletados em 105 pontos amostrais, por grupo taxonômico, em área degradada de Caatinga, Patos-PB, Brasil, desconsiderando a posição em relação à copa de espécies lenhosas e a presença ou número de ruminantes domésticos.

| Grupos taxonômicos (ordem) | Número de exemplares | Frequência Relativa (%) |
|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
| Collembola | 499 | 80,6 |
| Acarina | 118 | 19,1 |
| Diplura | 2 | 0,3 |

Fonte: Dados da pesquisa

O número de grupos taxonômicos da mesofauna edáfica obtido neste estudo é inferior ao relatado por Almeida, Souto e Souto (2013) (13) e por Santos et al. (2017) (9), em uma área de Caatinga no semiárido paraibano, preservada por 30 anos, e em uma área de Caatinga remanescente, em Santana do Ipanema-AL, respectivamente. Considerando o histórico de uso da área de estudo, estes resultados sugerem que a mesofauna edáfica é sensível a ações antrópicas que impactam o habitat natural destes organismos, tais como a remoção do estrato arbóreo e o pastejo, pois mesmo após 14 anos da suspensão das atividades degradantes do solo, a revegetação natural da área com espécies herbáceas e o plantio de mudas de espécies lenhosas do bioma Caatinga, apenas 3 grupos taxonômicos mostraram potencial de resistência ou recolonização da área.

De acordo com Rovedder et al. (2009), o número de grupos da mesofauna tem relação com as espécies de plantas presentes e a sua respectiva cobertura do solo. Segundo estes autores, uma vegetação diversificada proporciona mais opções de nutrientes e abrigo para os organismos edáficos, formando habitats para mais grupos taxonômicos. Observa-se que, apesar da cobertura do solo na área de estudo protegida do pastejo ser de 100%, o estrato herbáceo é dominado pelo capim panasco (*Aristida adscensionis* Linn.) e o arbustivo por malva branca (*Sida cordifolia* L.), corroborando a informação de Rovedder et al. (2009), e ao mesmo tempo mostra que 100% de cobertura do solo pela vegetação não é condição suficiente para uma mesofauna

diversificada, provavelmente pelo número restrito de espécies vegetais herbáceas e arbustivas, mesmo com a presença de 103 e 91 juremas pretas e favelas plantadas, respectivamente, e 190, 7 e 1 regenerantes de jurema preta, favela e catingueira, respectivamente. Adiante, será analisado o efeito do isolamento e das espécies arbóreas na mesofauna edáfica, com resultados interessantes para as espécies arbóreas, como atestado por Rovedder et al. (2009) quanto ao efeito diferenciado das espécies vegetais na mesofauna.

Além disso, Primavesi (2002) explica que a fauna edáfica é muito sensível aos fatores abióticos, tais como umidade excessiva ou reduzida, temperaturas do solo elevadas ou baixas, e radiação solar direta, no que resulta que as comunidades de organismos do solo refletem as condições que predominam no local. Assim, a baixa diversidade de grupos taxonômicos da fauna edáfica reflete a recuperação ainda incipiente da área protegida do pastejo há 14 anos, apesar dos 100% de cobertura do solo.

São comuns exemplos em que os Collembola e Acarina são os grupos predominantes da mesofauna edáfica. De acordo com Melo et al. (2009), os grupos Collembola e Acarina geralmente dominam em abundância e diversidade em estudos referentes à mesofauna, principalmente pela rusticidade e funções que desempenham no solo: as espécies de Collembola atuam principalmente na decomposição da matéria orgânica e secundariamente no controle das populações de microrganismos, e as de Acarina atuam principalmente como predadores, equilibrando a microbiota edáfica.

Souto et al. (2008), em uma área preservada de Caatinga, em Santa Terezinha, Paraíba, Brasil, observaram que os grupos com maior expressividade eram Collembola e Acarina. Relataram que este último é considerado o mais resistente e adaptado às condições climáticas adversas do semiárido (altas temperaturas, pouca precipitação e longos períodos de estiagem), pois mantém populações relativamente mais estáveis ao longo do ano do que o grupo Collembola. Semelhantemente, Ribeiro (2013), ao avaliar três áreas de Caatinga, sendo uma degradada e sob pastejo de animais (alterações drásticas na sua cobertura vegetal provenientes das atividades antrópicas e pastejo) e duas protegidas do pastejo [uma destas com plantio de craibeiras (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore), e na outra com plantio de jurema-branca (*Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke) com e sem acúleos, sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth) e jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret)], observou predominância de Collembola e Acarina, porém com maior abundância de representantes do grupo Acarina na área degradada.

Os dados coletados no presente estudo corroboram até certo ponto esta hipótese, pois em períodos mais propícios (março e julho de 2019) o grupo Collembola predominou, e no

mais seco e quente (novembro de 2018) apenas representantes do grupo Acarina foram observados (Tabela 2), apesar de o serem em pequena quantidade (três exemplares). Ainda que possa resultar da migração da mesofauna para camadas mais profundas do solo (> 5 cm), esta ausência ou redução sugere a maior rusticidade do grupo Acarina em baixa umidade e altas temperaturas da superfície do solo.

Tabela 2 - Número de exemplares da mesofauna (total e por grupo taxonômico) coletados em 105 amostras de solo+serrapilheira obtidas em condições e datas indicadas, em área degradada de Caatinga, Patos-PB, Brasil.

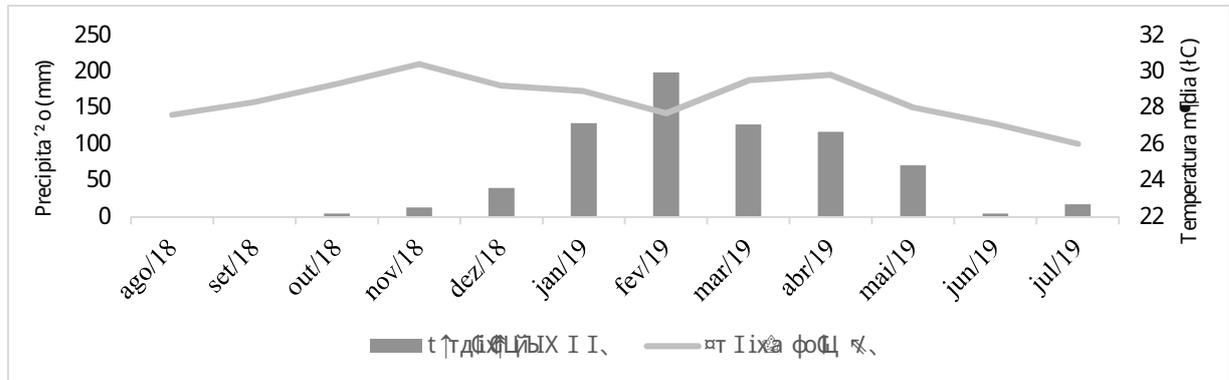
| Condições | Grupos | Nov./2018 | Mar./2019 | Jul./2019 | Total |
|--|------------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Sem Pastejo e sob a influência da copa de jurema preta | Acarina | 2 | 44 | 3 | 49 |
| | Collembola | 0 | 23 | 3 | 26 |
| | Diplura | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sem Pastejo e sob a influência da copa favela | Acarina | 0 | 41 | 4 | 45 |
| | Collembola | 0 | 443 | 7 | 450 |
| | Diplura | 0 | 2 | 0 | 2 |
| Sem Pastejo e sem a influência da copa de indivíduos arbóreos | Acarina | 1 | 4 | 3 | 8 |
| | Collembola | 0 | 9 | 5 | 14 |
| | Diplura | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total sem pastejo | | | | | 594 |
| Com Pastejo e sob a influência da copa de jurema preta | Acarina | 0 | 10 | 3 | 13 |
| | Collembola | 0 | 6 | 0 | 6 |
| | Diplura | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Com Pastejo e sem a influência da copa de indivíduos arbóreos. | Acarina | 0 | 2 | 1 | 3 |
| | Collembola | 0 | 3 | 0 | 3 |
| | Diplura | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total com pastejo | | | | | 25 |
| Total | | 3 | 587 | 29 | 619 |

Fonte: Dados da pesquisa

A variação na quantidade de organismos extraídos em novembro de 2018, e em março e julho de 2019 é evidente, e deve resultar das diferenças nas condições ambientais. O maior número de exemplares extraídos ocorreu no mês de março de 2019 (589 exemplares da mesofauna), quando o nível de precipitação dos meses anteriores (janeiro e fevereiro) apresentaram níveis altos de precipitação pluviométrica (128,4 e 198,2 mm, respectivamente) (Figura 5). Nesta lógica, pode-se supor que o maior número de exemplares extraídos em março de 2019 resultou das maiores precipitações nos meses imediatamente anteriores, seguido do mês de julho (27 exemplares da mesofauna) (com níveis de precipitação menores e decrescentes nos meses anteriores) e do mês de novembro (3 exemplares da mesofauna) (com meses anteriores de pouca ou nenhuma precipitação). Estes dados evidenciam a relação entre os níveis

de precipitação (e de umidade do solo) e a abundância da mesofauna edáfica (e dos organismos do solo, em geral).

Figura 6 - Precipitação (mm) e temperatura média (°C) mensal de Patos, Paraíba dos meses de agosto de 2018 a julho de 2019.



Fonte: INMET

Além da redução na precipitação (e da umidade do solo), o aumento da temperatura do ar e da radiação solar direta sobre o solo pode explicar a redução no número de indivíduos durante os períodos mais secos do ano. Assim, a elevação da temperatura do ar e a diminuição da cobertura do solo pelas plantas ou serapilheira, especialmente na área com pastejo (praticado acima da capacidade de suporte da área), em que a biomassa foi consumida pelos animais, diminuiu a cobertura vegetal e a temperatura do solo aumenta pela exposição à radiação solar direta, reduzem fortemente a quantidade de indivíduos da mesofauna em novembro (3 e 0 exemplares da mesofauna nas áreas sem e com pastejo, respectivamente) se comparada com a observada em março (564 e 25 exemplares da mesofauna nas áreas sem e com pastejo, respectivamente) ou julho (27 e 0 exemplares da mesofauna nas áreas sem e com pastejo, respectivamente). Semelhantemente, pode-se argumentar que nos meses de março e julho a população da mesofauna tendeu a aumentar, pois o solo se encontrava protegido pelo estrato herbáceo em pleno desenvolvimento (março) ou ainda havia disponibilidade de alimento e abrigo para os microrganismos edáficos representados pela necromassa herbácea e das folhas senescentes das espécies arbóreas caídas sobre o solo (julho), principalmente na área protegida do pastejo.

Os dados de Souto et al. (2008) são semelhantes, pois observaram aumento no número de indivíduos da mesofauna em áreas de Caatinga durante períodos com maior pluviosidade em 2004 e 2005. Em 2004, quando ocorreu precipitação maior no mês de janeiro, o pico no número de indivíduos da mesofauna foi observado no mês seguinte, fevereiro. No segundo ano, o maior

Índice de precipitação foi observado em março e o pico em abril, com mínimos populacionais nos meses secos dos dois anos. De acordo com esses autores, esses acréscimos resultam das condições favoráveis do microclima do solo na estação das chuvas, tais como a redução da temperatura do solo e o aumento da umidade do solo, serrapilheira e da oferta de alimento para os organismos edáficos, enquanto os decréscimos estavam associados às adversidades da estação seca, tais como alta temperatura, baixa umidade e escassez de alimentos.

A contagem discrepante do número de indivíduos da mesofauna relativos ao mês de março de 2019 foi explicada pelos 301 Collembolas extraídos do material de apenas um ponto da amostra. Portanto, essa informação é importante para mostrar que pode haver, mesmo em áreas degradadas, diferenças espaciais significativas no que se refere à capacidade de suporte de microrganismos. Certamente, isto ocorreu pela presença de condições favoráveis, como a serrapilheira sob a copa de uma determinada espécie arbórea, considerando que este alto valor de abundância na mesofauna foi obtido do material coletado sob a copa de uma favela.

Segundo Rovedder et al. (2001), os Collembolas, além do caráter oportunista e sazonal dos representantes da mesofauna em geral, se destacam como eficientes bioindicadores, pois reagem rapidamente e diretamente às mudanças nas condições ambientais, em geral, e do solo, em particular, além de serem a base alimentar de uma grande variedade de organismos. Assim, este dado sugere que a situação sem pastejo e com o plantio de espécies arbóreas, especialmente a favela, pode acelerar o processo de recolonização de áreas degradadas por organismos edáficos.

Nas três coletas de dados da mesofauna edáfica, foram identificados 619 indivíduos (Tabela 1). Este valor foi obtido de 105 pontos amostrais correspondentes cada um ao material coletado do interior de anéis metálicos de 4,8 cm de diâmetro, e que totalizam 0,19 m² de área amostrada (i.e.: $105 \times 3,1415 \times 0,048^2/4 = 0,19 \text{ m}^2$). Relacionando 619 indivíduos e 0,19 m², tem-se uma densidade média de 3.258 exemplares/m² de superfície do solo.

Portanto, esta densidade média engloba ambientes com e sem pastejo, e sob e fora da copa de espécimes arbóreos adultos. Considerando, então, a pior e a melhor condição, representadas pelo ambiente com pastejo e fora da copa de jurema preta e pelo ambiente sem pastejo e sob a copa de favela, foram observados 6 e 497 exemplares da mesofauna (Tabela 3) do material coletado em 21 pontos amostrais (7 pontos e três datas = 21 coletas em anéis de 4,8 cm de diâmetro). Assim, a densidade média na pior e melhor situação foi 158 e 13.079 exemplares da mesofauna/m² respectivamente, mostrando que a mesofauna pode ser fortemente afetada pelas condições ambientais.

Valores médios de densidade podem sugerir a condição edáfica de uma determinada área. Pereira (2011) reportou uma densidade média de 1.945 exemplares da mesofauna/m² de superfície de solo, em área de Caatinga similar a deste estudo, em Patos-PB, Brasil, após a reintrodução das espécies arbóreas nativas catingueira, jurema preta e favela. Isto sugere um nível inferior de recuperação da área, pelo menos em termos no que se refere a densidade média da mesofauna edáfica quando comparado ao valor médio de 3.258 exemplares/m² de superfície do solo obtido nesse estudo.

Souto et al. (2008) relatam densidade média de 4.318 indivíduos da mesofauna/m² de superfície do solo, considerando dados mensais de um ano coletados em uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). Este valor (4.318 exemplares/m²) é, sob o ponto de vista quantitativo, comparável ao obtido no presente estudo (3.258 exemplares/m²), mas é, ao mesmo tempo, inesperado, considerando a condição de proteção e de níveis reduzidos de degradação de uma RPPN no Bioma Caatinga. Portanto, a tendência observada por estes autores é semelhante a do presente estudo, pois relatam uma relação direta entre a quantidade de organismos coletados e a precipitação (umidade do solo), mesmo que a área se encontre preservada e sem ação antrópica: a densidade de organismos edáficos é maior durante o período das chuvas e menor durante o período seco do ano. Portanto, a diferença maior entre os dados de Souto et al. (2008) e os nossos é mais qualitativa do que quantitativa, pois 12 grupos taxonômicos de mesofauna foram observados na RPPN, superior aos três (Collembola, Acarina e Diplura) reportados agora para a área degradada.

Esses resultados indicam que a biota de um solo degradado tem mais dificuldade para restabelecer a diversidade de grupos taxonômicos do que a quantidade da população da mesofauna, pois há grupos resistentes e que se mostram capazes de recompor suas populações nessas áreas a quantidades significativas.

A pesar de interessante, a comparação de valores médios de densidade de fauna edáfica de estudos conduzidos em áreas diferentes, tais como as baseadas nos dados reportado por Pereira (2011) e Souto et al. (2008), sofre interferência de variáveis não controladas nas condições ambientais e de procedimentos, e muitas vezes as conclusões podem ser equivocadas. Isto é mais difícil de acontecer ao se comparar as populações da mesofauna de áreas contíguas e com diferenças ambientais conhecidas. Por exemplo, a comparação entre a quantidade de exemplares da mesofauna edáfica extraídos do solo+serrapilheira coletado na área sem pastejo (22 exemplares) e na área com pastejo (6 exemplares), fora da influência da copa de espécies arbóreas (Tabela 3, situação 1) permitiu isolar o efeito de 14 anos de isolamento da área.

Tabela 3 - Número (Y) de exemplares da mesofauna extraídos do solo+serapilheira coletados em 21 pontos amostrais com o auxílio de anéis metálicos de 4,8 cm de diâmetro, estimativa por hectare (X), razão (Q) entre o maior e o menor número de exemplares da mesofauna extraídos, e o qui-quadrado corrigido ($C^2_{\text{corrigYates}}$) com indicativo de significância estatística (*, ** e *** para 5%, 1% e 0,5%, respectivamente), de acordo com as condições ecológicas de uma área degradada de Caatinga, Patos-PB, Brasil.

| Situação 1: Efeito do pastejo sem a presença de indivíduos arbóreos | | | | | |
|--|----------------------|----------------------------|----------------------|-------|----------------------------|
| Y (quantidade/21 anéis) | | X (quantidade/ha) | | Q | $C^2_{\text{corrigYates}}$ |
| Sem Pastejo | Com pastejo | Sem Pastejo | Com pastejo | | |
| 22 | 6 | 5.789.353 | 1.578.914 | 3,67 | 8,04*** |
| Situação 2: Efeito do pastejo com a presença de jurema preta | | | | | |
| Y (quantidade/21 anéis) | | X (quantidade/ha) | | Q | $C^2_{\text{corrigYates}}$ |
| Sem Pastejo | Com pastejo | Sem Pastejo | Com pastejo | | |
| 75 | 19 | 19.736.430 | 4.999.896 | 3,95 | 32,14*** |
| Situação 3: Efeito da jurema preta na condição com pastejo | | | | | |
| Y (quantidade/21 anéis) | | X (quantidade/ha) | | Q | $C^2_{\text{corrigYates}}$ |
| Sob a copa | Fora da copa | Sob a copa | Fora da copa | | |
| 19 | 6 | 4.999.896 | 1.578.914 | 3,17 | 5,76* |
| Situação 4: Efeito da jurema preta na condição sem pastejo | | | | | |
| Y (quantidade/21 anéis) | | X (quantidade/ha) | | Q | $C^2_{\text{corrigYates}}$ |
| Sob a copa | Fora da copa | Sob a copa | Fora da copa | | |
| 75 | 22 | 19.736.430 | 5.789.353 | 3,41 | 27,88*** |
| Situação 5: Efeito da copa da favela na condição sem pastejo | | | | | |
| Y (quantidade/21 anéis) | | X (quantidade/ha) | | Q | $C^2_{\text{corrigYates}}$ |
| Sob a copa | Fora da copa | Sob a copa | Fora da copa | | |
| 497 | 22 | 130.786.742 | 5.789.353 | 22,59 | 432,90*** |
| Situação 6: Efeito da copa da jurema preta e de favela na condição sem pastejo | | | | | |
| Y (quantidade/21 anéis) | | X (quantidade/ha) | | Q | $C^2_{\text{corrigYates}}$ |
| Sob a copa de jurema preta | Sob a copa de favela | Sob a copa de jurema preta | Sob a copa de favela | | |
| 75 | 497 | 19.736.430 | 130.786.742 | 6,63 | 309,86*** |

Fonte: Dados da pesquisa

O efeito do pastejo diminuiu significativamente a mesofauna edáfica. Em termos quantitativos, pode-se dizer que o isolamento de 14 anos de uma área degradada pela remoção da cobertura arbórea e por superpastejo pode quase que quadruplicar a população da mesofauna edáfica. Essas quantidades 22 e 6 indivíduos da mesofauna extraídos na amostra têm-se o equivalente a 5.789.353 e 1.578.914 indivíduos da mesofauna/hectare nas áreas sem e com pastejo, respectivamente. Certamente, isto resulta da maior cobertura do solo pelo estrato herbáceo e disponibilidade de alimento e abrigo, além da menor compactação do solo em comparação com a área com pastejo (praticado certamente acima da capacidade de suporte).

De acordo com Araújo et al. (2013), em áreas com lotação superior a sua capacidade de suporte, a ação dos animais (pisoteio e consumo de biomassa excessivos) tende a alterar o solo na sua densidade, porosidade e taxa de infiltração de água. Isto, segundo estes autores, compromete o funcionamento e o equilíbrio da fauna edáfica, reduz a quantidade de indivíduos e a riqueza de espécies e o funcionamento biológico do solo, considerando que os microrganismos se locomovem e se abrigam nos poros e fissuras do solo enquanto se alimentam de tecidos de plantas e de animais.

O efeito negativo do pastejo também foi significativo sob a copa de jurema preta (Tabela 3, Situação 2). Esses resultados reforçam a importância do isolamento da área, pois, mesmo na presença de exemplares arbóreos, o pastejo como praticado na área reduz em mais de 3 vezes a quantidade da mesofauna edáfica. Surpreende, porém, que a mesofauna edáfica sob a copa da jurema preta na área com pastejo seja praticamente igual à observada na área protegida do pastejo e fora da copa de exemplares arbóreos, considerando as quantidades observadas nas duas situações: 19 e 22, respectivamente. Assim, em termos de quantidade de mesofauna, a presença de jurema preta em uma área degradada e pastejada quase que se iguala ao efeito dos 14 anos de isolamento dessa área degradada de Caatinga.

A densidade da mesofauna por hectare sob a copa de juremas pretas aumenta para aproximadamente 20×10^6 (situação 4) e 5×10^6 (situação 3) indivíduos, respectivamente para a condição sem e com pastejo, evidenciando ao mesmo tempo o efeito negativo do pastejo e o efeito positivo do estrato arbóreo na mesofauna edáfica (possibilidade já sugerida), o qual será testado formalmente mais frente. Porém, ficou patente que na presença ou na ausência de jurema preta, o pastejo afeta negativamente a mesofauna edáfica.

Berude et al. (2015) explicam que as atividades pecuárias e agrícolas tendem a alterar o solo na sua densidade, porosidade e na taxa de infiltração de água como resultado do pisoteio de ruminantes domésticos e do trânsito de maquinário agrícola. Como consequência, há redução da abundância de organismos da mesofauna edáfica, notadamente daqueles com atividades nas

primeiras camadas do solo, pois t, m comprometida a sua locomo'2o e aumentadas as suas taxas de mortalidade (ROVEDDER et al., 2009).

A redu'2o da mesofauna ed'fica na @rea sob pastejo cont'nuo h@mais de 4 d'fcadas teve certamente uma rela'2o direta com a pobreza dos estratos herb@ceos e arbustivo, a inexist, ncia de regenerantes de esp'cies arb@reas, e o largo espa'amento entre os exemplares adultos da @nica esp'cie lenhosa presente na @rea (jurema preta), condi'2es que, al' m de espelharem a deteriora'2o das condi'2es ed'ficas, permitem radia'2o solar direta, e baixa umidade e alta temperatura do solo.

Em um estudo realizado por Ara'jo et al. (2013), em S'2o Jo'2o do Cariri-PB, Brasil, foram monitoradas tr, s @reas cont'guas de 3,2 ha de caatinga, nas quais foram testadas 3 taxas de lota'2o: 1 animal/3.200 m², 1 animal/6.400 m² e sem a presen'a de caprino. Estes autores mostraram que a intensidade do pastejo possui influ, ncia direta na quantidade de exemplares da mesofauna, pois em 1.080 pontos amostrais foram coletados 169, 300 e 293 indiv'2os respectivamente para os tratamentos 1, 2 e 3, ou equivalentemente 2.600.000/ha, 4.615.285/ha e 4.507.692/ha, respectivamente. Estes autores consideram que, se respeitada a capacidade de suporte da @rea (neste exemplo ao redor de 1 caprino/6400 m²) @ poss'2ovel manter a cria'2o de ruminantes dom'esticos sem comprometer a comunidade da mesofauna ed'fica.

De acordo com Garcia e Nahas (2007), a lota'2o adequada de animais tende a favorecer a comunidade ed'fica, pois os excrementos liberados pelos ruminantes tendem a proporcionar o aumento da popula'2o microbiana e aumentar a densidade dos organismos ed'ficos. Por' m, no presente estudo, o superpastejo anula os benef'cios provenientes dos excrementos, provavelmente pela remo'2o excessiva da biomassa herb@cea, fonte de alimento e de prote'2o para a mesofauna, e pela compacta'2o do solo.

Ao se avaliar o efeito da copa de jurema preta sobre a mesofauna ed'fica na @rea com pastejo, constatou-se efeito positivo significativo ($P < 5\%$) (Tabela 3, Situa'2o 3), e mais significativo ainda na @rea sem pastejo (Tabela 3, situa'2o 4). Nas duas situa'2es, a presen'a da copa da jurema preta mais que triplica a popula'2o da mesofauna, certamente como resultado do sombreamento e do aporte da serapilheira sob a copa das juremas pretas. Em termos de densidade, as quantidades da mesofauna sob e fora da copa de jurema preta chega a, respectivamente, 4.999.896 e 1.578.914 exemplares/ha, na @rea com pastejo, e a, respectivamente, 19.736.430 e 5.789.353, na @rea sem pastejo. Considerando o menor valor como base, tem-se que o isolamento da @rea e a jurema preta t, m o potencial de alavancar em 12 vezes a popula'2o da mesofauna ed'fica. E comparando as densidades intermedi'rias, pode-

se afirmar que a presença da jurema preta em uma área pastejada (na verdade, superpastejada) beneficia quase que tanto quanto 14 anos de isolamento de uma área degradada de caatinga.

A favela também afeta positivamente a mesofauna em área protegida de pastejo (Tabela 3, situação 5). Dentre todos os efeitos avaliados, o da favela foi o maior, superou largamente os demais, inclusive o efeito da jurema preta na área sem pastejo (Tabela 3, situação 6). Sob a copa da favela, estima-se que a densidade média de microrganismos da mesofauna edáfica possa atingir 130.786.742 exemplares/ha, e considerando apenas os dados coletados em março de 2019 (Tabela 2), o valor médio da densidade de exemplares da mesofauna sob a copa da favela em área protegida do pastejo pode superar os 383 milhões de exemplares/ha, notadamente devido à abundância dos Collembolas (443 exemplares na coleta de março de 2019).

De acordo com Antonioli et al. (2013), esta abundância pode estar associada à capacidade que os Collembolas possuem de se multiplicar e crescer rapidamente principalmente quando associado a serapilheira de boa qualidade. Além disso, no mês de março as condições eram supostamente favoráveis devido ao alto teor de umidade do solo em razão das chuvas dos meses anteriores (janeiro e fevereiro de 2019) e das temperaturas amenas (Figura 4). Nesta situação, o estrato herbáceo se desenvolve e as espécies arbóreas lançam suas folhas, propiciando abrigo e alimento para a comunidade edáfica. As folhas da favela, em particular, são ricas em proteína (19%) e com baixo teor de fibras (47%) (DRUMOND; SALVIANO; CAVALCANTI, 2007), o que certamente contribuiu significativamente para a criação das condições propícias para o crescimento da população dos Collembolas em março de 2019.

Avaliando com mais detalhes a superioridade da favela em relação à jurema preta na mesofauna edáfica, constata-se sob a copa da favela 6,6 vezes mais organismos. Segundo Pereira (2011), o maior sombreamento proporcionado pela copa da favela e as suas folhas secas caídas sobre o solo, quando comparadas às de jurema preta, propiciam melhores condições para a mesofauna devido à forma (largas e longas) e à riqueza de nutrientes: ao se soltarem da copa, elas recobrem uma área relativamente grande do solo, mantendo a umidade e propiciando abrigo aos microrganismos, e a sua riqueza em proteínas e o baixo teor de fibra a caracterizam como alimento palatável e digerível. Em contraste, a copa da jurema preta é mais rala, e as suas folhas são menores e apresentam taninos em sua constituição (PEREIRA, 2011), comprometendo a sua palatabilidade e digestibilidade (SILVA et al., 1998).

Resultados semelhantes foram observados por Pereira (2011), em áreas semelhantes a deste estudo, onde a autora observou que sob a copa de indivíduos de jurema preta foram

coletados menos da metade de exemplares de organismo da mesofauna edáfica do que sob a copa de favela (43 x 95 exemplares obtidos em 35 pontos amostrais).

Os maiores valores dos índices de diversidade de Shannon (H) e equitabilidade de Pielou (e) foram obtidos na situação com pastejo e sem a influência da copa de indivíduos arbóreos (H= 0,69; e= 1,00) (Tabela 4). Portanto, estes valores são provenientes de um número reduzido de indivíduos extraídos (6) distribuídos equitativamente entre os dois grupos identificados (Acarina: 3 ind; Collembola: 3 ind).

Tabela 4 - Valores dos índices de diversidade de Shannon (H) e de equitabilidade de Pielou para a mesofauna edáfica extraída do solo+serapilheira coletada, para cada situação, em 21 pontos de uma área degradada de Caatinga, com o auxílio de um anel metálico de 4,8 cm de diâmetro e 5,2 cm de altura.

| Situações | Shannon (H) | Pielou (e) |
|--|-------------|------------|
| Sem pastejo e sob a influência da copa de Jurema preta | 0,65 | 0,93 |
| Sem pastejo e sob a influência da copa de Favela | 0,33 | 0,30 |
| Sem pastejo e sem a influência da copa de indivíduos arbóreos. | 0,66 | 0,95 |
| Com pastejo e sob a influência da copa de Jurema preta | 0,62 | 0,90 |
| Com pastejo e sem a influência da copa de indivíduos arbóreos. | 0,69 | 1,00 |

Fonte: Dados da pesquisa

Walker (1989) explica que a diversidade possui uma relação direta entre a riqueza e a distribuição do número de indivíduos dentro dos grupos, e Jacobs et al. (2006) consideram que o índice de Shannon é sensível à presença de grupos raros encontrados em uma abundância reduzida, pois a presença de pouco organismos deste grupo pode reduzir diretamente este índice.

Os menores índices foram encontrados na situação sem pastejo e sob a influência da copa de favela (H= 0,33; e=0,30), indicando que mesmo com a maior densidade de exemplares da mesofauna edáfica coletada nesta situação (497 ind.) e com maior número de grupos encontrados neste estudo (3), os valores foram baixos devido à distribuição equilibrada dos exemplares extraídos em cada grupo: Acarina: 45 ind.; Collembola: 450 ind.; Diplura: 2 ind.

O aumento da população de Collembola no período mais úmido (março de 2019) e sob a copa da favela, ao mesmo tempo que evidencia as condições favoráveis para os Collembolas sob a copa de favela, fez com que a quantidade deste grupo superasse a dos Acarinas e dos Dipluras em 10 e 225 vezes, respectivamente, resultando em valores estimados menores para os dois índices do que os estimados para as demais situações com quantidades inferiores de mesofauna extraída por mim com uma distribuição mais equilibrada entre os grupos. De acordo com Assad (1997), o conceito de diversidade diz respeito à variedade de exemplares vivos existentes na comunidade, que naturalmente está associado à riqueza e ao equilíbrio quantitativo desses organismos na comunidade, o que explica as aparentes discrepâncias dos valores dos dois índices: os valores dos índices de Shannon e Pielou para a pior condição (comunidade com pastejo e sem a influência da copa de indivíduos arbóreos) resultaram nos valores mais altos para ambos os índices, enquanto a situação tida como melhor em termos de diversidade e abundância apresentaram os menores valores para estes índices.

Após ser feita uma análise das situações observando os índices de Shannon e Pielou notou-se que o comportamento dos dados obtidos, não eram esperados, pois os dados de mesofauna na pior condição (comunidade com pastejo e sem a influência da copa de indivíduos arbóreos) resultaram nos valores mais altos para ambos os índices. Enquanto a situação tida como melhor em termos de diversidade e abundância apresentaram os menores valores para estes índices. É provável que o pequeno número de grupos e de indivíduos tenha provocado esta distorção.

4 CONCLUSÃO

O isolamento por 14 anos da área degradada impactou positivamente a mesofauna do solo, notadamente na quantidade, mais que triplicando essa comunidade;

A presença de exemplares adultos de jurema preta e favela beneficia a mesofauna edáfica nas situações sem e com pastejo, aumentando em até 22,6 vezes a população desses microrganismos;

O efeito da copa da jurema preta sobre a mesofauna edáfica, em área sob pastejo, é similar ao efeito resultante de 14 anos de isolamento da área;

A quantidade de organismos da mesofauna edáfica sob a copa de favelas em área degradada, após 14 anos do plantio e do isolamento da área, é 6,6 vezes maior do que a verificada sob a copa de juremas pretas nas mesmas condições;

O isolamento da área e o plantio de jurema preta e favela beneficiam a mesofauna edáfica, constituindo as opções recomendadas para a recuperação de áreas degradadas da Caatinga.

Referências

- ALMEIDA, M.A.X.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C. Composição e sazonalidade da mesofauna do solo do semiárido paraibano. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.8, n.4, p.214 - 222, 2013.
- ANTONIOLLI, Z. I.; REDIN, M., SOUZA, E. L.; POCOJESKI, E. Metais pesados, agrotóxicos e combustíveis: efeito na população de colêmbolos no solo. *Revista Ciência Rural*, v.43, n.6, p.992-998, 2013.
- ARAÚJO, K. D.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P.; PARENTE, H. N.; PRAZERA JÚNIOR, E. Dinâmica da mesofauna edáfica em função das estações seca e chuvosa em áreas de caatinga sob pastejo. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium*, v.4, n.2, p.663-679, 2013.
- ASSAD, M.L.L. Fauna do solo. In: VARGAS, M.A.T. & HUNGRIA, M. (Eds.). *Biologia dos solos dos Cerrados*. Planaltina: Embrapa, 1997, 540p.
- BERUDE, M. C.; GALOTE, J. K. B.; PINTO, P. H.; AMARAL, A; A. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. *Enciclopédia Biosfera*, v.11, n.22, p.14-28, 2015.
- DRUMOND, M. A.; SALVIANO, L. M. C.; CAVALCANTI, N. B. 1. Produção, distribuição da biomassa e composição bromatológica da parte aérea da faveleira. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. v.2, n.4, p.308-310, 2007.
- GARCIA, M. R. L.; NAHAS, E. Biomassa e atividades microbianas em solo sob pastagem com diferentes lotações de ovinos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31,n.2, p.269-276. 2007.
- GOMES A. S.; FERREIRA S. P. *Análise de Dados Ecológicos*. Universidade Federal Fluminense Instituto de Biologia Centro de Estudos Gerais Departamento de Biologia Marinha. Apostila, Niterói, 2004.
- JACOBS, L. E.; GUTH, P. L.; LOVATO, T.; HICKMAN, C.; ROCHA, M. R. Diversidade da fauna edáfica em campo nativo e solo descoberto. In: XVI REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÆGUA, 2006, Aracaju, Anais... Aracaju: SBCS, 2006.
- HEISLER, C.; KAISER, E. A. Influence of agricultural traffic and crop management on collembola and microbial biomass in arable soil. *Biology and Fertility of Soils*, v.19, p.159-165, 1995.
- HOFFMANN, R. B.; NASCIMENTO, M. S. V.; DINIZ, A. A.; ARAÚJO, L. H. A.; SOUTO, J. S. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em Areia, Paraíba, Brasil. *Caatinga*, v.22, n.3, p.117-121, 2009.
- LEITE, L. F. C.; OLIVEIRA, F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; GALVÃO, S. R. S.; LEMOS, J. O.; SILVA, E. F. L. Soil organic carbon and biological indicators in an Acrisol under tillage systems and organic management in north-eastern Brazil. *Australian Journal of Soil Research*, v.48, n.3, p.258-265, 2010.

MANHAES, C. M. C.; FRANCELINO, F. M. A. Biota do solo e suas rela es ecológicas com o sistema radicular. *Nucleus*, v.10, n.2, p.127-137, 2013.

MELO, F. V.; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N. C.; LUIZ  O, F. J.; MORAIS, J. W.; ZANETTI, R. Importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como biondicadores. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, n.1, p.39-43, 2009.

PEREIRA, O. N. Reintrodu o de espécies nativas em área degradada de Caatinga e sua rela o com os atributos do solo. 2011, 83f. Disserta o (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, Paraíba, 2011.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: Agricultura em regiões tropicais. 9. ed. São Paulo: Nobel. 2002, 542p.

RIBEIRO, T. O. Regenera o de espécies arbóreas e fauna do solo em diferentes ambientes no Semiárido da Paraíba. 2013. 86f. Disserta o (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, Brasil, 2013.

ROVEDDER, A. P. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; SPAGNOLLO, E.; VENTURINI, S. Fauna edáfica em solo susceptível   areniza o na região Sudoeste do Rio Grande do Sul. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.3, n.2, p.87-96, 2004.

ROVEDDER, A. P. M.; ELTZ, F. L. F.; DRESCHER, M. S.; SCHENATO, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. Organismos edáficos como bioindicadores da recupera o de solos degradados por areniza o no Bioma Pampa. *Ciência Rural*, v.39, n.4, p.1061-1068, 2009.

ROVEDDER, A.P.; VENTURINI, S.; SPAGNOLLO, E.; ANTONIOLLI, Z.I. Col mbolos como indicadores biológicos em solos areníticos da região Sudoeste do rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, v.31, n.5, p.95-99, 2001.

SALES, F. C. V. Revegeta o de área degradada da caatinga por meio da semeadura ou transplântio de mudas de espécies arbóreas em substrato enriquecido com matéria orgânica. 2008. 64f. Disserta o (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Sistemas Agrossilvipastoris no Semi- rido, Patos, Paraíba, 2008.

SANTOS, J. E. B.; NASCIMENTO, A. M. A.; SANTOS, G. R.; SILVA, A. B.; ARAUJO, K. D. Mesofauna do solo em remanescente de Caatinga, Santana do Ipanema, Alagoas. *Ciência Agrícola*, v.15, número suplementar, p.13-17, 2017

SILVA, J.; JUCKSCH, I.; FERES, C. I. M. A.; TAVARES, R. de C. J. Fauna do solo em sistemas de manejo com café. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v.3, n.2, p.59-71, 2012.

SILVA, A. M. A.; PEREIRA FILHO, J. M.; SOUZA, I. S.; VIEIRA, E. L. E AMORIM, O. S. Aceitabilidade dos ovinos a espécies lenhosas do semi- rido paraibano. In: REUNIÃO

ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 1998, Botucatu. Anais... Sociedade Brasileira de Zootecnia. 1998, p.230-232.

SPIEGEL, S. Estatística não paramétrica. São Paulo: McGraw- Hill; 1981. 450p.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P.; SANTOS, R. V.; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob Caatinga no semi-árido da Paraíba. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, n.32, p.151-160, 2008

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. Decomposition in Terrestrial Ecosystems. Oxford: Blackwell, 1979. 372p.

WALKER, D. Diversity and stability. In: EDWARDS, C.A., ed. Ecological concepts. Oxford, Blackwell Scientific Public, 1989. p.115-146.