

Interação ervas-plântulas de lenhosas na regeneração natural de floresta jovem e madura da vegetação da caatinga

Interaction of herbs-woody seedlings in the natural regeneration of young and mature forests of caatinga vegetation

Elifábia Neves de Lima¹, Suzene Izídio da Silva¹, Elba Maria Nogueira Ferraz², Ulysses Paulino de Albuquerque^{1,3}, Elcida de Lima Araújo^{1,3*}

RESUMO

Objetivou-se avaliar a influência das ervas sobre o recrutamento e sobrevivência de plântulas lenhosas em florestas jovem (FJ) e madura (FM) de caatinga. Foram estabelecidas 50 parcelas (1x1m) pareadas (com e sem ervas), distribuídas em cada floresta. Todas as plântulas foram marcadas e o número mensal de novos nascimentos foi registrado. As sobrevivências das coortes de plântulas de todas as parcelas foram quantificadas. Foram registradas 14 espécies de plântulas lenhosas nas florestas. A densidade de ervas foi maior na FJ. Houve diferença no total de plântulas lenhosas entre as florestas e diferença nos nascimentos e mortes entre as parcelas com e sem ervas na FJ. Nas duas florestas, mortalidade tendeu a ser maior nos meses da estação chuvosa. Houve relação de dependência entre densidade de ervas e densidade de regenerantes lenhosos na FJ e na FM. Em ambas as florestas, a sobrevivência das coortes de plântulas foi maior quando o recrutamento ocorreu no início da estação chuvosa. Os resultados sugerem que na FJ, a interação erva-plântula parece ser de competição, enquanto na FM a interação parece ser de facilitação, resultando em maior recrutamento e a sobrevivência das coortes na presença das herbáceas.

Palavras-chave: interação planta-planta, herbáceas, recrutamento, sobrevivência, semiárido.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the influence of herbs the recruitment and survival of woody seedlings in young (FJ) and mature (FM) caatinga forests. 50 plots (1x1m) paired (with and without herbs), distributed in each forest were established. All the seedlings were marked. The monthly number of new births was recorded. The survival of the seedling cohorts of all the plots were quantified. 14 species of woody seedlings were registered in the forests. The density of ervas was higher in FJ. There was difference in total woody seedlings between the forests and differences in births and deaths between the plots with and without herbs in FJ. In both forests, mortality tends to be higher in the months of the rainy season. There was a dependency relationship between the density of plants and the density of woody regenerants in FJ and FM. In both forests, the survival of the seedling cohorts was higher when the recruitment occurred in the start the rainy season. The results suggest that in FJ, the herbs-woody seedlings interaction seems to be competitive, while in FM the interaction seems to be facilitative, resulting in greater recruitment and survival of the cohorts in the presence of herbaceous plants.

Keywords: plant-plant interaction, herbs, recruitment, survival, semiarid.

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco

*E-mail: elcida.araujo@ufpe.br

² Instituto Federal de Pernambuco

³ Universidade Federal de Pernambuco

INTRODUÇÃO

O recrutamento e a sobrevivência das plantas nas florestas tropicais sazonalmente secas, como as de caatinga que ocorrem na região nordeste do Brasil, refletem a restrição hídrica da região (McLAREN; McDONALD, 2003; VIEIRA; SCARIOT, 2006; SANTOS *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2015; ANDRADRE *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2016; AGUIAR *et al.*, 2020), a qual deve aumentar se as previsões de redução de 30% das chuvas dos modelos climáticos ocorrerem (DAÍ, 2013; ZEPPEL *et al.*, 2014; IPCC, 2014). A maioria das áreas de caatinga apresentam precipitação inferior a 600mm/ano, distribuída de forma irregular no tempo e espaço, com cerca de 70-90% do total de precipitação concentrada na estação chuvosa (ARAÚJO *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2013a; SILVA *et al.*, 2015). Tal irregularidade é imprevisível e deverá aumentar (DAÍ, 2013).

Sem dúvida, a variabilidade interanual na disponibilidade de água é um forte drive na caatinga, afetando direta ou indiretamente diferentes processos ecológicos e/ou ecofisiológicos como: chuva e dispersão de sementes, dinâmica de sementes no banco do solo, ciclagem dos nutrientes, germinação, crescimento e sobrevivência das plantas (VAN der WAAL *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2013a; SOUZA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2013a; ANDRADE *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2016; SCHILLING *et al.*, 2016, SANTOS *et al.*, 2021; ANDRADE *et al.*, 2022). Todavia, essas florestas apresentam considerável diversidade de espécies, sendo a diversidade de herbáceas mais elevada (SILVA *et al.*, 2009; REIS *et al.*, 2006; SANTOS *et al.*, 2013b; SILVA *et al.*, 2013b). Muitas herbáceas são terófitas (ARAÚJO *et al.*, 2005a; SILVA *et al.*, 2013a) e germinam rapidamente com a chegada da estação chuvosa da região interagindo, sobretudo, com as plântulas das lenhosas recém-germinadas.

Contudo, a interação planta-planta é ainda pouco discutida como um fator influenciador da regeneração das florestas tropicais sazonalmente secas (KNOOP; WALTER, 1985; SCHOLLES; ARCHER, 1997; FEITOZA *et al.*, 2008; SEIFAN *et al.*, 2010), embora seja conhecido que as plantas podem interagir por competir por água, luz, nutrientes ou pela combinação de mais de um recurso (KNOOP; WALTER, 1985; DAVIS *et al.*, 1999; McLAREN; McDONALD, 2003; VAN der WALL *et al.*, 2009), o que pode influenciar a probabilidade de sua sobrevivência.

Todavia, em algumas formações vegetacionais existem registros de que as plantas podem interagir positivamente, de forma que uma planta ou um determinado grupo de

plantas pode facilitar o recrutamento e a sobrevivência de outras por: 1. disponibilizar sombreamento, minimizando as perdas de água e a dessecação das plântulas (KNOOP; WALKER, 1985; SCHOLLES; ARCHER, 1997; VIEIRA; SCARIOT, 2006; FEITOZA *et al.*, 2008; SEIFAN *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2015); 2. auxiliar na retenção de serrapilheira, conferindo melhoria na fertilidade do solo (FULLER, 1999; SILVA *et al.*, 2009); 3. funcionar como poleiro para dispersores de sementes, possibilitando o aumento da diversidade dos habitats (DUNCAN; CHAPMAN, 1999; ZANNE; CHAPMAN, 2001); 4. auxiliar na retenção de sementes na camada superficial do solo (FEITOZA *et al.*, 2008).

No entanto, muitas das florestas do ambiente semiárido tem sofrido perturbação de ordem antrópica. No Brasil, por exemplo, os estudos relatam que as florestas de caatinga se encontram bastante modificadas e sofrem perturbações crônicas, ocorrendo um mosaico de florestas de diferentes idades de regeneração, com poucas áreas de florestas maduras e, muitas vezes, isoladas umas das outras, devido aos diferenciados tipos de uso da terra, usos das plantas e dependência das populações humanas dos recursos florestais, sobretudo as de baixa renda (PEREIRA *et al.*, 2003; ALBUQUERQUE *et al.*, 2017; SFAIR *et al.*, 2018; SPECHT *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2019; ANTONGIOVANNI *et al.*, 2020; ANDRADE *et al.*, 2022).

Vários fatores podem influenciar o processo de regeneração natural nas áreas antropizadas, mas em ambientes restritivos quanto a disponibilidade de água as interações diretas ou indiretas entre as plantas pode favorecer a coexistência de diferentes formas de vida e desempenhar importante papel na estrutura das comunidades de plantas (KNOOP; WALKER, 1985; WEIEGAND *et al.*, 2006; SEIFAN *et al.*, 2010), o que precisa ser melhor avaliado, sobretudo se considerarmos o aumento da restrição hídrica prevista nos modelos climáticos.

Considerando-se que a vegetação herbácea é abundante nas florestas de caatinga e que a seca sazonal é um fator de mortalidade de plântulas (ARAÚJO *et al.*, 2005a; REIS *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2013a,b; SANTOS *et al.*, 2013b), este estudo admite que a dinâmica das ervas possa interferir na dinâmica regenerativa das populações lenhosas, sobretudo nas áreas antropizadas que são mais abertas e expostas a radiação solar. Assim, temos por hipótese que a ausência de ervas tenha implicações negativas no processo de regeneração natural das florestas tropicais sazonalmente secas,

sendo esperado que a época do recrutamento da plântula durante a estação chuvosa na presença das ervas seja um fator determinante na sua sobrevivência.

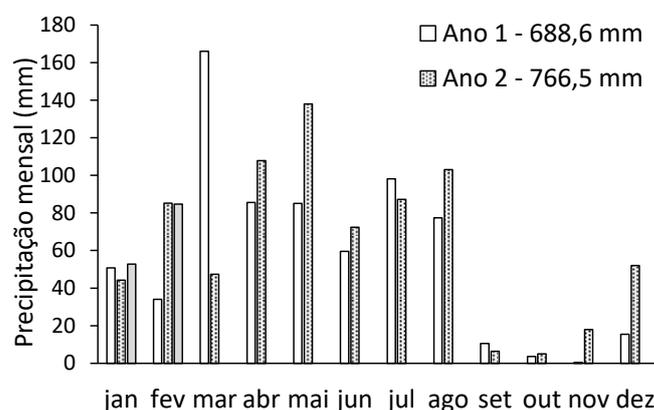
Com base no exposto, este trabalho propõe testar se o componente herbáceo influencia o recrutamento e estabelecimento de plântulas lenhosas em duas áreas de caatinga, uma de cultivo abandonado e em regeneração natural há 17 anos (floresta jovem) e outra preservada (floresta madura), respondendo as seguintes perguntas: 1. Natalidade, mortalidade e densidade de plântulas lenhosas diferem entre as áreas antropizada e preservada na ausência e presença de plantas herbáceas? 2. Existe relação entre a densidade de herbáceas e a densidade de regenerante das espécies lenhosas nas florestas jovem e madura? 3. Sobrevivência de coortes de plântulas lenhosas, na presença ou ausência de ervas, independe da época do recrutamento?

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo - O estudo foi realizado na Estação Experimental do Instituto Agronômico de Pernambuco, localizada em Caruaru, PE, Brasil (8°14'18"S e 35°55'20"W, 535 m de altitude). O clima é semiárido do tipo Bsh de Köppen (Köppen 1948), com precipitação média anual de 610 mm, concentrada entre os meses de março e agosto, e temperaturas mínima e máxima absolutas de 11 e 38°C, respectivamente. A distribuição das chuvas durante o período monitorado foi mensurada pelos dirigentes da Estação Experimental que concederam os dados registrados, os quais se encontram disponibilizados na Figura 1. Historicamente, a estação chuvosa local ocorre entre o período de março a agosto e a estação seca ocorre de setembro até fevereiro (REIS *et al.*, 2006; LOPES *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2013a; ARAÚJO *et al.*, 2017). Logo, no caso da estação seca ela começa em um ano e termina no ano seguinte. Porém existe variabilidade interanual na distribuição das chuvas, podendo ocorrer meses secos (veranicos) dentro da estação chuvosa, meses chuvosos dentro da estação seca (chuvas erráticas) e antecipação ou retardo do início e fim de cada estação (ARAÚJO *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2013a), sendo a ocorrência dessas variações estocásticas. Nos anos do estudo, tais irregularidades ocorreram, mas 82% e 72% do total das chuvas foram registradas na estação chuvosa nos anos 1 e 2, respectivamente. O total de chuvas dos anos 1 (março de 2008 a fevereiro 2009) e 2 (março de 2009 a fevereiro de 2010) foram de 688,6 e 766,5 mm, respectivamente (Figura 1).

A vegetação nativa da área do estudo é do tipo caatinga arbustivo-arbórea, a qual encontra-se reduzida a um pequeno fragmento de 20 ha, que vem sendo preservada há pelo menos 60 anos, não sendo permitido o acesso de gado para pastagem, sendo considerado que a mesma abriga uma floresta madura (ARAÚJO *et al.*, 2005a,b; LOPES *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2013a; SANTOS *et al.*, 2016). As famílias Leguminosae e Euphorbiaceae apresentam elevada riqueza de espécie no componente lenhoso (LOPES *et al.*, 2012) e Malvaceae, Poaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae e Convolvulaceae destacam-se no componente herbáceo (ARAÚJO *et al.*, 2005a; REIS *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2013b; SANTOS *et al.*, 2013b).

Figura 1 - Precipitação mensal da Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco, Caruaru, PE, Brasil.



Nas adjacências do fragmento de vegetação preservada, considerada nesta pesquisa como uma floresta madura (FM), existem áreas utilizadas para pesquisas agrícolas, com plantio de milho, feijão, palma, algodão e sorgo. Para o estabelecimento destes cultivos, a vegetação nativa foi cortada manualmente, não tendo sido utilizado fogo ou pesticidas. Um dos trechos de cultivo, especificamente do cultivo de palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill.) foi abandonado e a vegetação nativa voltou a se regenerar naturalmente desde então, formando uma jovem floresta que durante o período desta pesquisa tinha 17 anos de regeneração natural. Essa floresta jovem (FJ) tem cerca de 3 ha e dista aproximadamente 5 m da floresta madura. A vegetação da FJ apresenta-se em fase inicial de sucessão, com ocorrência de algumas árvores que chegam a 5m de altura e grande quantidade de plantas herbáceas ou de indivíduos jovens de lenhosas.

Desenho experimental – Para avaliar a influência da vegetação herbácea na regeneração do componente lenhoso e identificar diferenças no processo de regeneração natural entre as florestas foram estabelecidas 50 parcelas de 1x1m em cada área, distribuídas de forma pareada e aleatoriamente dentro um trecho de 1ha. A distância mínima entre as parcelas pareadas foi de 1m. Em cada floresta, mensalmente a vegetação herbácea foi retirada manualmente de 25 parcelas e mantida naturalmente nas demais 25 parcelas par.

No censo inicial foi quantificado o número de plantas herbáceas das 50 parcelas mantidas com ervas e o número de nascimentos e mortes de plântulas de lenhosas ocorrentes nas 100 parcelas. Todos os indivíduos (herbáceas e plântulas lenhosas) ocorrentes em cada parcela foram marcados e numerados, utilizando-se etiqueta de plástico fixada ao solo e/ou ligadas às plantas com arame plastificado. Mensalmente, durante 24 meses, as parcelas foram monitoradas para quantificar o número de plantas herbáceas das parcelas com ervas e também para quantificar o nascimento de novas coortes de plântulas de espécies lenhosas e a sobrevivência mensal da coorte de plântulas de cada parcela entre os intervalos do monitoramento. As novas plântulas foram também numeradas e o número dado às mesmas foi seqüencial, correspondendo ao momento de seu aparecimento no censo. Os nascimentos foram computados quando a emergência da plântula era observada sobre o solo. A morte foi computada quando o indivíduo desaparecia da parcela entre intervalos de amostragem ou quando o indivíduo secava e tombava sobre o solo.

O recrutamento de plântulas na vegetação da caatinga geralmente ocorre na estação chuvosa, porém chuvas eventuais que ocorram na estação da seca também possibilitam o nascimento de plântulas, que tendem a morrer com a continuidade das secas, evidenciando que o tempo de vida da plântula é curto e delimitado pela duração das chuvas do período de seu recrutamento (SANTOS *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2015). Assim, indivíduos que sobrevivem à estação seca subsequente ao seu recrutamento, alcançando a na nova estação chuvosa foram considerados como recrutados para o estágio juvenil. Na avaliação da densidade de regenerantes lenhosos das florestas jovem e madura, com e sem ervas foi considerado a soma do número de plântulas recrutadas a cada mês e do número de plântulas que sobreviveram a estação seca, sendo recrutadas para o estágio juvenil na estação chuvosa subsequente.

Análise dos dados – A variação nas densidades das herbáceas e no número de nascimentos e de mortes de plântulas de lenhosas foi expressa mensalmente. A sobrevivência das coortes mensais foi avaliada pela diferença entre a mortalidade de cada mês e o número de nascimentos do mês anterior, sendo a curva de sobrevivência expressa como proporção mensal de sobreviventes (lx).

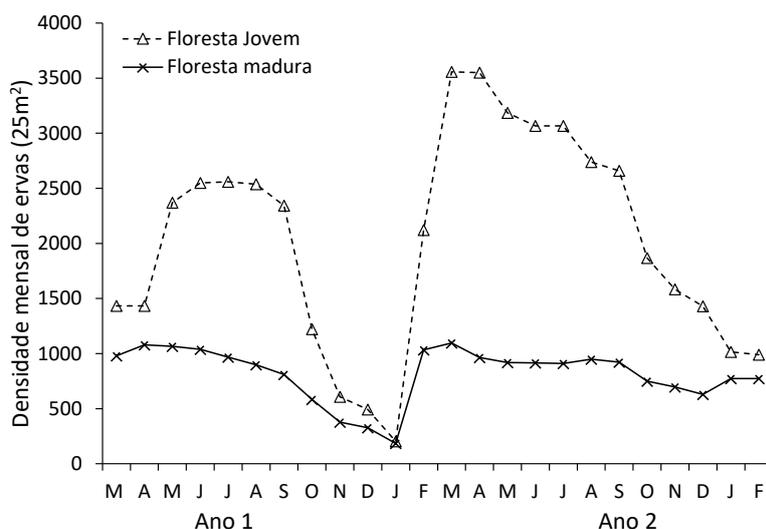
Diferenças mensais na densidade das ervas entre as florestas foram avaliadas pelo teste *Kruskal-Wallis*. Diferenças nos totais de nascimento, de mortalidade de plântulas de lenhosas e densidade total de regenerantes lenhosos entre as florestas jovem e madura (com e sem herbácea) foram avaliadas pelo teste *Qui-quadrado*. Diferenças mensais na densidade de regenerantes lenhosos entre parcelas com e sem herbácea foram avaliadas por um teste de ANOVA pareada. A relação de dependência entre densidade de ervas e a densidade de plântulas de lenhosas foi testada pela análise de regressão linear (ZAR, 1999). As análises foram realizadas com auxílio do programa Excel e Bioestat 5.0.

RESULTADOS

Natalidade - Plântulas de 14 espécies lenhosas (*Poincianella pyramidalis* Tul., *Croton blanchetianus* Baill., *Croton rhamnifolius* Willd., *Acacia paniculata* Willd., *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan, *Guapira laxa* (Netto) Furlan, *Mimosa arenosa* (Willd.) Poir., *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke, *Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud., *Lippia* sp., *Schinopsis brasiliensis* Engl., *Capparis* sp., *Myracrodruon urundeuva* Allemão) foram registradas nas parcelas com e sem herbáceas nos dois anos monitorados, sendo que *Lippia* sp. não ocorreu na floresta madura (FM). A densidade de ervas na floresta jovem (FJ) variou de 8,1 a 142,3 ind.m⁻² e na FM variou de 7,4 a 43,9 ind.m⁻², com diferença mensal significativa ($H = 19,47$; $p < 0,01$) (Figura 2), sendo sempre maior na FJ.

Entre as florestas monitoradas houve diferença significativa no total de plântulas das espécies lenhosas tanto no primeiro ($\chi^2 = 333,4$; $p < 0,01$) quanto segundo ano ($\chi^2 = 25,8$; $p < 0,01$), sendo maior na FJ. No total foram registrados 1.139 e 494 nascimentos nas florestas jovem e madura, respectivamente, mas a distribuição dos nascimentos por parcela foi heterogênea, variando de 0 a 122 plântula na FJ e de 0 a 25 plântula na FM durante os 24 meses de monitoramento. Do total de nascimentos, 1.100 da FJ e 474 da FM foram registrados nas estações chuvosas (Figura 3A).

Figura 2 - Variação temporal na densidade de ervas nas florestas jovem e madura de caatinga, Caruaru, PE.



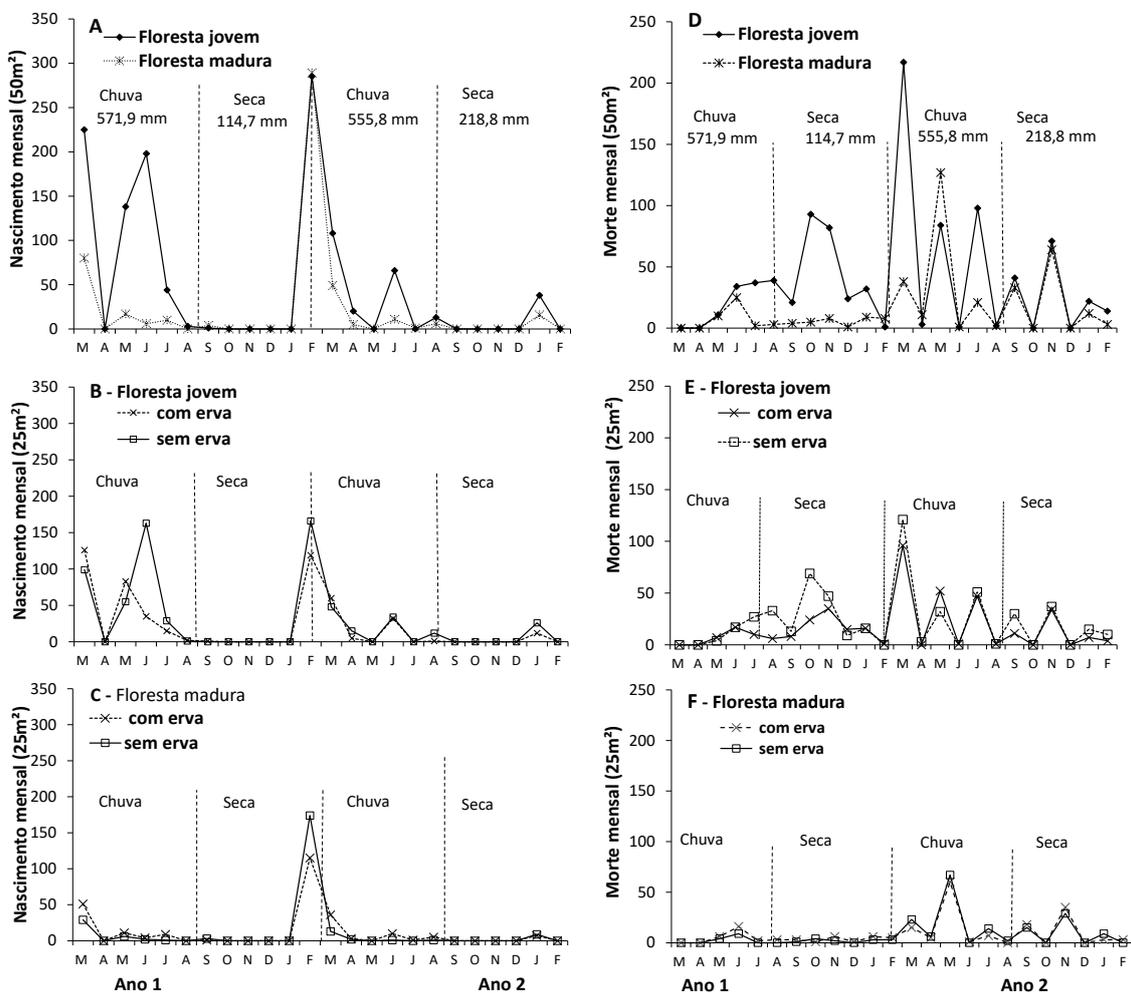
O total de nascimento de plântulas das espécies lenhosas nas parcelas com e sem herbáceas da FJ foi de 491 e de 648 nascimentos, respectivamente, com diferença significativa no primeiro ($\chi^2 = 11,81$; $p < 0,01$) e no segundo ano ($\chi^2 = 9,78$; $p < 0,01$). Na FM diferenças nos totais de nascimentos entre parcelas com (253 plântulas) e sem (241 plântulas) ervas só ocorreu no primeiro ano ($\chi^2 = 10,5$; $p < 0,01$) e, ao contrário da FJ, a densidade total de plântulas de lenhosas foi maior nas parcelas com ervas (Tabela 1). Os meses de elevado nascimento foram similares entre as parcelas com e sem herbácea, e na maioria dos meses o número de nascimentos também foi maior nas parcelas com ervas na FM, sendo o oposto registrado na FJ (Figura 3B e C).

Tabela 1 - Totais de nascimentos e mortes registrados na presença e ausência de ervas nas florestas jovem e madura da vegetação da caatinga.

	Floresta madura			Floresta jovem		
	Com ervas	Sem ervas	Total	Com ervas	Sem ervas	Total
Nascimentos - ano 1	76	41	117	262	347	609
Nascimentos - ano 2	177	200	377	229	301	530
Total de nascimentos	253	241	494	491	648	1139
Mortalidade - ano 1	38	20	58	122	219	341
Mortalidade - ano 2	158	171	329	269	317	586
Total de mortes	196	191	387	391	536	927

Mortalidade - Nas duas florestas, mortalidade ocorreu tanto na estação chuvosa quanto na estação seca, mas a tendência foi ser maior nos meses da estação chuvosa (Figura 3D). Na FJ foi registrado um total de 927 mortes, sendo 536 nas parcelas sem ervas. Já na FM foi registrado um total de 387 mortes, sendo 191 mortes nas parcelas sem herbáceas (Tabela 1).

Figura 3 - Variação mensal no número total de nascimentos (A) e mortes (D) de plântulas de espécies lenhosas nas florestas jovem (B e E) e madura (C e F) na presença ou ausência das ervas nas estações chuvosas e secas.

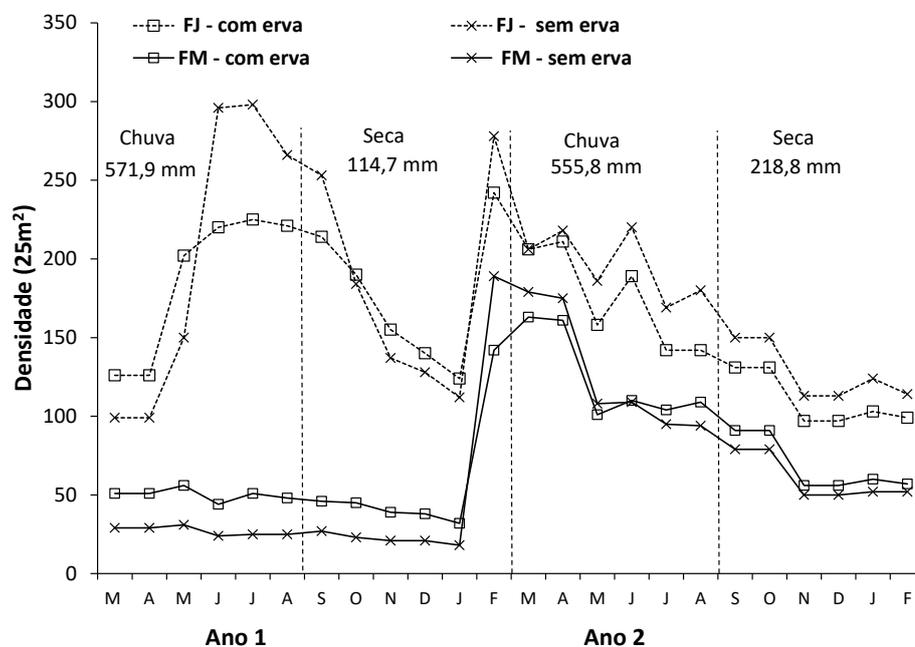


Similarmente ao registrado para os nascimentos, na FJ houve diferença significativa no total de mortalidade entre parcelas com e sem herbácea, tanto no primeiro

ano ($\chi^2 = 27,59$; $p < 0,01$) quanto no segundo ($\chi^2 = 3,9$; $p < 0,04$), sendo maior nas parcelas sem ervas, enquanto na FM o total de mortalidade nas parcelas com e sem ervas diferiu apenas no primeiro ano ($\chi^2 = 5,58$; $p < 0,02$), sendo maior nas parcelas com ervas. Contudo, os meses de elevada mortalidade tenderam a ser similares nas parcelas com e sem herbácea nas duas áreas (Figura 3E e F).

Densidade de regenerantes versus densidade de ervas – O balanço entre os nascimentos e morte mensais implicou em diferença significativa na densidade total de indivíduos regenerantes das espécies lenhosas ($H = 25,74$; $p < 0,01$) entre as florestas jovem e madura, como já constatado na natalidade e mortalidade. A densidade média de regenerantes variou de 4,2 a 10,5 ind.m⁻² na FJ e de 1 a 6,8 ind.m⁻² na FM durante o período monitorado. A análise pareada das parcelas com e sem herbácea indicou diferenças mensais na densidade de regenerantes tanto na FJ ($F = 5,53$; $p < 0,01$) quanto na FM ($F = 7,18$; $p < 0,01$) (Figura 4).

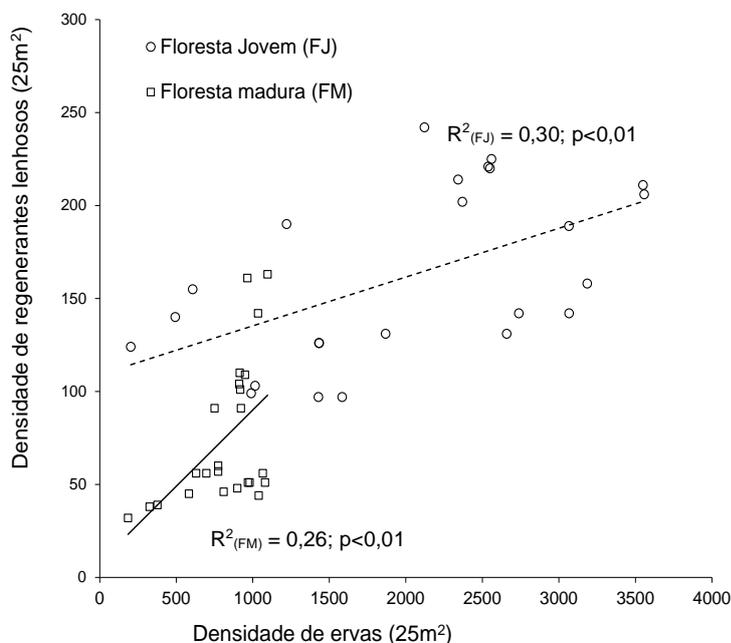
Figura 4 - Variação mensal nas densidades regenerantes nas parcelas com e sem ervas, em floresta jovem (FJ) e madura (FM) de caatinga, Caruaru, PE, nas estações chuvosas e secas.



Além disso, houve uma relação de dependência significativa entre densidade de ervas e densidade de regenerantes lenhosos na FJ ($F = 30,68$; $p < 0,01$) e na FM ($F = 12,54$; $p < 0,01$). Cerca de 30% e 26% do aumento da densidade dos regenerantes

lenhosos foi explicado pelo aumento da densidade de herbácea nas florestas jovem e madura, respectivamente, mas a inclinação da reta foi menor na FJ (Figura 5).

Figura 5 - Relação entre densidade de ervas e a densidade de regenerantes nas florestas jovem e madura da caatinga, Caruaru, PE.



Sobrevivência - Em ambas as florestas as coortes de plântulas nascidas no início da estação chuvosa apresentaram chance de sobrevivência elevada quando comparadas a coortes recrutadas no final da estação chuva (Figura 6).

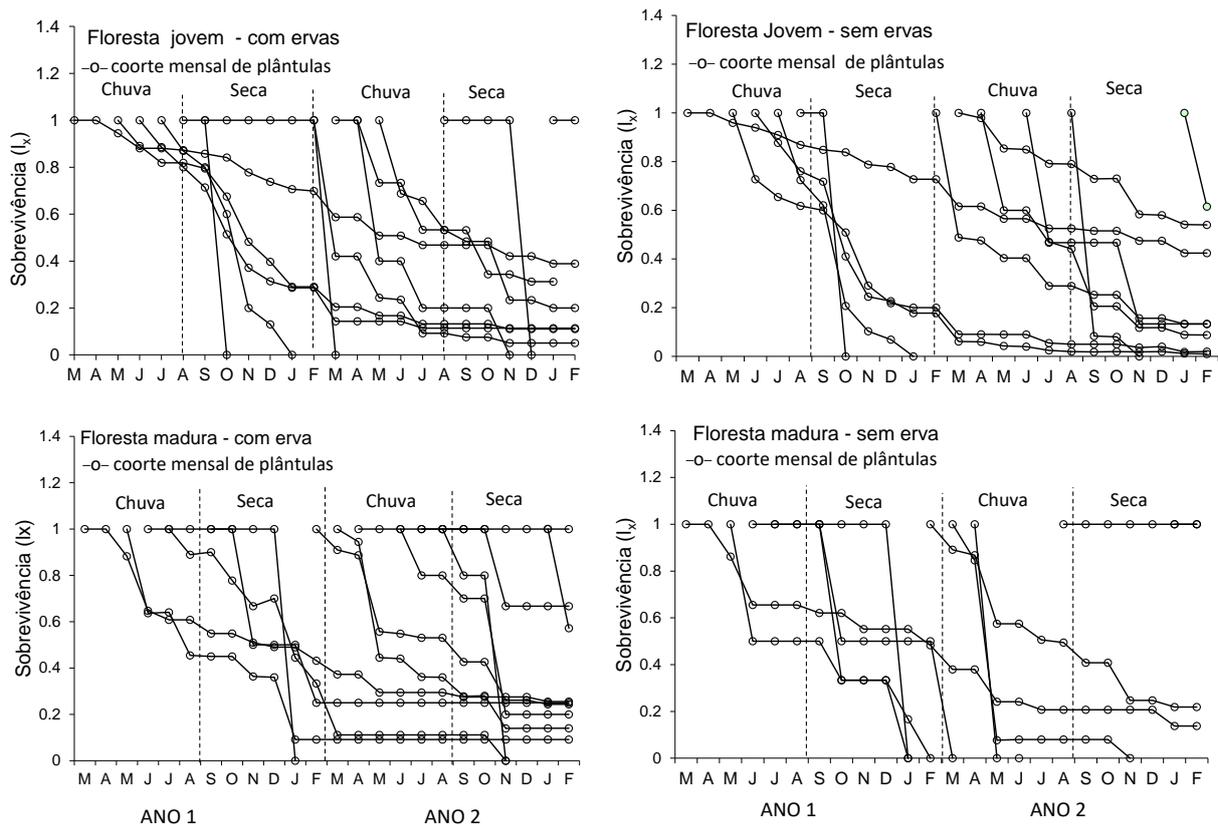
Na FJ, 70% (parcelas com ervas) e 72% (parcelas sem ervas) das plântulas que emergiram no início da estação chuvosa sobreviveram à estação seca e foram recrutadas para o estágio juvenil na estação chuvosa posterior. Delas, 39% (parcelas com ervas) e 42% (parcelas sem ervas) sobreviveram à nova estação chuvosa e seca subsequente, apresentando, portanto, chances de estabelecimento na área (Figura 6).

Na FM, 43% (parcelas com ervas) e 48% (parcelas sem ervas) das plântulas que emergiram no início da estação chuvosa sobreviveram à estação seca e foram recrutadas para o estágio juvenil na estação chuvosa posterior. Delas 26% (parcelas com ervas) e 14% (parcelas sem ervas) sobreviveram à nova estação chuvosa e seca subsequente, favorecendo a renovação das populações lenhosas da área (Figura 6).

Plântulas que emergiram no final da estação chuvosa ou início da estação seca sobreviveram por pouco tempo, cerca de dois ou três meses, morrendo antes do início da

próxima estação chuvosa, tanto na FJ (com ou sem ervas) quanto na FM (com ou sem ervas). Existe variação interanual nas curvas de sobrevivência das coortes de plântulas, a qual tende a ser mais perceptível na FJ (Figura 6).

Figura 6 - Curvas de sobrevivência das coortes recrutadas mensalmente nas florestas jovem e madura, com e sem a presença das ervas nas parcelas monitoradas, nas estações chuvosas (571,9 e 558 mm) e secas (114,7 e 218 mm) dos anos 1 e 2, respectivamente.



DISCUSSÃO

Os achados deste estudo mostraram que a interação planta-planta é um fator influenciador da regeneração natural nas florestas secas, mas sua influência pode variar com a idade da floresta e entre os anos. A maior sobrevivência das plântulas de lenhosas nas parcelas com ervas evidenciaram que a influência pode ser positiva, como já registrado em outros estudos que avaliaram o papel da vegetação herbácea no funcionamento das florestas de ambiente seco (KNOOP; WALKER, 1985; DAVIS *et al.*, 1998; FULLER, 1999; ZANNE; CHAPAM, 2001; FEITOZA *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2009; SEIFAN *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2015), mas o efeito deste influencia não se

manteve entre as florestas neste estudo, mesmo existindo elevada densidade de herbáceas nas florestas jovem e madura (REIS *et al.*, 2006; SANTOS *et al.*, 2013b).

Vale lembrar que a maioria das áreas de caatinga sofre perturbação crônica, o que pode ter implicações na distribuição das plantas, na velocidade da regeneração natural e no avanço sucessional das novas florestas que voltam a se estabelecer nas áreas antropizadas (DUNCAN; CHAPMAN, 1999; PEREIRA *et al.*, 2003; VIEIRA; SCARIOT, 2006; LOPES *et al.*, 2012; SCHILLING *et al.*, 2016; SFAIR *et al.*, 2018; ANTONGIOVANNI *et al.*, 2020; ANDRADE *et al.*, 2022). Áreas mais jovens são mais abertas e tendem a ter maior luminosidade, temperatura e velocidade do vento (ARAUJO *et al.*, 2017), o que pode gerar uma condição não favorável para o recrutamento de algumas espécies, que buscam microhabitats com condições de maior sombreamento que atenuem o efeito das variáveis que estejam reduzindo a disponibilidade de água (McLAREN; McDONALD, 2003; ARAÚJO *et al.*, 2005a; ANDRADE *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2016). Condições de temperatura elevada acelera a perda de água das plantas, gerando restrições hídricas que afeta a fenologia, o metabolismo, o crescimento e atributos morfológicos (ARAUJO *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2021; AGUIAR *et al.*, 2022), restrições estas que devem ser intensificadas no futuro (DAÍ, 2003; ZEPPEL *et al.*, 2014), indicando que o processo de regeneração natural e a composição de espécies das florestas deverão depender da habilidade das plantas de germinar e crescer em condições de baixa disponibilidade hídrica.

Alguns estudos vêm evidenciando que as interações planta-planta pode ser um fator chave no estabelecimento das plantas, mas a maioria avaliou o efeito da vegetação lenhosa sobre a vegetação herbácea (KNOOP; WALKER, 1985; SCHOLLES; ARCHER, 1997; DAVIS *et al.*, 1998; VIEIRA; SCARIOT, 2006; FAYOLLE *et al.*, 2009; SEIFAN *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2015), embora a importância da vegetação herbácea no processo de regeneração natural das florestas do ambiente semiárido já venha sendo relatada (VIEIRA; SCARIOT, 2006; FEITOZA *et al.*, 2008; VAN der WAAL *et al.*, 2009).

Neste estudo a hipótese de que presença de herbáceas favoreça a regeneração natural foi em parte negada porque na FJ a densidade de herbácea foi tão elevada que aparentemente sufocou o recrutamento de plântulas lenhosas. A biomassa herbácea tende a ser elevada em áreas abertas (FEITOZA *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2009; VAN der WALL *et al.*, 2009), justificando a elevada densidade destas na FJ. No entanto, parcelas

sem ervas, apesar de não sombreadas, representam espaços abertos para o nascimento das plântulas lenhosas. Esse fato vai de encontro ao que vem sendo registrado para a FM (KNOOP; WALKER, 1985; SCHOLES; ARCHER, 1997; VIEIRA; SCARIOT, 2006; SILVA *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2015), talvez porque o sombreamento conferido pelas árvores, possibilite maior circulação do ar e temperaturas mais amenas, reduzindo a dissecação das plântulas lenhosas.

Na FM (com menor densidade de ervas), a influência das ervas no recrutamento de lenhosa, apesar de positiva em um dos anos (maior recrutamento de plântulas nas parcelas com herbácea), não foi clara porque variou entre os anos, indicando que outros fatores estão interagindo e influenciando o recrutamento das lenhosas. Em áreas de ambientes áridos e semiáridos, a variabilidade nos totais de precipitação tem sido indicada como um dos principais fatores que afeta a produtividade de sementes, recrutamento, desenvolvimento das plantas herbáceas e a intensidade da competição das ervas com as plantas lenhosas (KNOOP; WALKER, 1985; DAVIS *et al.*, 1999; NIPPERT *et al.*, 2006; WIEGAND *et al.*, 2006; SANTOS *et al.*, 2013a; SOUZA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2016). A estação seca funciona como obstáculo para o recrutamento nas áreas áridas e semiáridas (DAVIS *et al.*, 1998; PETERS, 2002; SILVA *et al.*, 2015). Embora possa ocorrer chuvas erráticas na estação seca que possibilita germinação, as chances de sobrevivência da plântula é baixa devido aos baixos totais de precipitação que são registrados na estação seca (ARAUJO *et al.*, 2007; ARAÚJO *et al.*, 2005a,b; SILVA *et al.*, 2013a), indicando que as mudanças na frequência, intensidade e duração da seca podem ter importância significativa para compreender a dinâmica das interações competitivas nos ambientes secos, sendo inclusive mais relevante do que mudanças na média anual de chuva (VAN der WAAL *et al.*, 2009).

No entanto, as duas florestas (jovem e madura) são próximas (cerca de 5m de distância) e estiveram sujeitas ao mesmo regime de distribuição de chuvas (Figura 1), sem diferença significativa nos totais de precipitação entre os anos, porém com variabilidade significativa nos totais entre os meses de cada ano ($F= 3,14; p=0,03$). Logo, se apenas a variabilidade de precipitação fosse o fator de interação com a densidade de ervas, a variação interanual da influência das ervas no recrutamento de lenhosas deveria ter sido registrada tanto na FM quanto na FJ, o que não ocorreu. Assim, esses resultados indicam a necessidade de monitoramento em séries temporais mais longas, em busca de outros fatores que possibilitam identificar a tendência média da influência do componente

herbáceo na dinâmica do componente lenhoso, para que se possa confirmar ou negar a hipótese de que ervas influenciam a regeneração das populações lenhosas na vegetação da caatinga.

A época de nascimentos seguiu um padrão determinístico, independente da presença ou ausência do componente herbáceo, porque a germinação só ocorreu no período chuvoso ou após chuvas erráticas ocorrentes durante a estação seca (McLAREN; McDONALD, 2003; VIEIRA; SCARIOT, 2006; SANTOS *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2015), mas a mortalidade de plântulas de lenhosas ocorreu de forma aleatória, com tendência de ser maior na estação chuvosa, como já registrado para outras populações da caatinga (ARAÚJO *et al.*, 2005b; SANTOS *et al.*, 2009), morrendo mais onde nasce mais, ou seja, nas parcelas sem ervas na FJ e com ervas na FM. A aleatoriedade da mortalidade se reflete no padrão de crescimento das populações, sendo importante o desenvolvimento de estudos que identifiquem as causas da mortalidade das plântulas para compreensão da estocasticidade sinalizada na dinâmica das populações da caatinga. Neste estudo, pelo menos 26% do aumento da densidade de plântulas foi explicado pelo aumento da densidade das ervas. Contudo, na FJ a elevada densidade de herbáceas afetou a capacidade de recuperação da área perturbada por induzir um menor recrutamento de plântulas de lenhosas, sendo recomendável reduzir a densidade das ervas para favorecer o avanço sucessional nas áreas mais abertas.

A sobrevivência das coortes foi dependente do tempo em que o recrutamento da plântula ocorreu. Nas duas áreas, coortes germinadas no início da estação chuvosa tiveram mais tempo para crescer e desenvolver habilidade de suportar a seca subsequente, sendo recrutadas para o estágio juvenil na nova estação chuvosa, como já registrado por Araújo, Martins e Santos (2005b).

De acordo com Fayolle, Violle e Navas (2009), a interação planta-planta pode variar durante a história de vida da planta, podendo inicialmente ocorrer uma interação de facilitação que com o tempo pode mudar para competição quando as plantas tornam-se adultas. A presença de plantas adultas, embora seja facilitadora por oferecer sombreamento a plântulas e evitar sua dissecação em períodos de baixa precipitação (KNOOP; WALKER, 1985; SCHOLLES; ARCHER, 1997; McLAREN; McDONALD, 2003; VIEIRA; SCARIOT, 2006; SILVA *et al.*, 2015), pode tornar-se um fator de competição no momento do recrutamento das plântulas para os demais estágios ontogenéticos, sendo um gargalo no estabelecimento e renovação das populações.

A inclinação da reta de dependência entre densidade de ervas e densidade de regenerantes foi maior na área preservada, indicando que o papel desempenhado pelas herbáceas na regeneração das plantas lenhosas herbáceas diferiu entre as florestas. Talvez, a variação no tipo de interação planta-planta (FAYOLLE *et al.*, 2009) possa em parte explicar o registrado na sobrevivência das plântulas das parcelas com e sem ervas. No período chuvoso, densidade elevada de ervas na FJ reduziu os espaços que poderiam ser ocupados por plântulas de lenhosas. Em adição, no início do período seco, as ervas poderiam estar competindo pela disponibilidade da água. Já na FM, a densidade relativamente baixa das ervas permitiu o nascimento de plântulas e, possivelmente, as protegeu do impacto direto das chuvas que pode causar mortalidade como registrado por Araújo, Martins e Santos (2005b), sem contar que no início do período seco, quando a vegetação lenhosa derruba suas folhas (ARAÚJO *et al.*, 2007), a cobertura herbácea pode ainda oferecer sombreamento, favorecendo o estabelecimento da plântula lenhosa por retardar sua dissecação.

Em outras palavras, na FJ a interação erva-plântula parece ser mais negativa do tipo competição, enquanto na FM a interação parece ser positiva do tipo facilitação (mesmo que com a chegada da seca também possa ocorrer um pouco de competição), resultando em maior recrutamento e a sobrevivência das coortes na presença das herbáceas. Contudo, essa nova hipótese de variação no tipo de interação erva-árvore entre florestas jovem e madura precisa ainda ser testada em outras áreas para maiores generalizações sobre o efeito da idade da Floresta na dinâmica interativa erva-árvore em ambientes semiáridos e sobre o papel das interações no processo de regeneração natural das florestas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal Rural de Pernambuco, ao Programa de Pós-Graduação em Botânica, a Universidade Federal de Pernambuco e ao Instituto Federal de Pernambuco pelo apoio concedido; a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa da primeira autora durante a execução da pesquisa; Ao CNPq pelo apoio financeiro (processos 471805/2007-6 e 4772392009-9) e bolsas de produtividade em pesquisa (301720/2010-0, 302645/2014-4, 303504/2018-8); aos membros do Laboratório de Ecologia dos Ecossistemas Nordestinos, especialmente a Clarissa Gomes Reis Lopes, Josiene Maria Falcão Fraga dos Santos e Danielle Melo dos Santos pela ajuda na coleta dos dados.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, B.A. S.; SOARES, E.S.; ARAUJO, V.K.R.; SANTOS, J. M.F.F.; SANTOS, D.M.; SANTOS, A.M.M.; SILVA, K.A.; SOUZA, J.T.; ARAÚJO, E.L. The effect of reducing soil water availability on the growth and reproduction of a drought-tolerant herb. **Acta oecologica-international journal of ecology**, v. 107, p. 103617, 2020.

ALBUQUERQUE, U.P.; ARAÚJO, E.L; CASTRO, C.C.; ALVES, R.R.N. People and Natural Resources in the Caatinga. In: Silva J., Leal I., Tabarelli M. (eds) **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. 1ed.: Springer International Publishing, pp. 303-333, 2017.

ANDRADE, J.R.; LOPES, C.G.R.; SILVA, K.A.; SANTOS, J.M.F.F.; LIMA, E.N.; SALES, P.S.; AGUIAR, B.A.S.; SILVA, S.I.; ARAUJO, V.K.R.; SANTOS, D.M.; ARAÚJO, E.L. Short timescale regeneration in a tropical dry forest in Brazil. **Research, Society and Development**, v. 11, p. e29411527880, 2022.

ANDRADE, J.R.; SILVA, K.A.; SANTOS, J.M.F.; SANTOS, D.M.; GUERRA, T.P.; ARAÚJO, E.L. Influence of microhabitats on the performance of herbaceous species in areas of mature and secondary forest in the semiarid region of Brazil. **Revista de Biologia Tropical**, v. 63, n. 2, p. 357-368, 2015.

ANTONGIOVANNI, M.; VENTICINQUE, E.M.; MATSUMOTO, M.; FONSECA, C. R. Chronic anthropogenic disturbance on Caatinga dry forest fragments. **Journal of Applied Ecology**, v. 57, n. 10, p. 2064-2074. 2020.

ARAUJO, V.K.R.; SANTOS, J.M.F.F.; ARAÚJO, E.L.; MAGALHÃES, R.M.P.; SILVA, K.A. Influence of leaf morphometric variations on the growth of seedlings and juveniles of woody species in a semiarid environment. **Brazilian Journal Botany**, v. 40, n. 4, p. 1019-1028, 2017.

ARAÚJO, E.L.; SILVA, K.A.; FERRAZ, E.M.N.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SILVA, S.I. Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de caatinga, Caruaru, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 2, p. 285-294, 2005a.

ARAÚJO, E. L.; MARTINS, F. R.; SANTOS, A.M. Establishment and death of two dry tropical forest woody species in dry and rainy seasons in northeastern Brazil. In: Nogueira, R. J. M. C.; Araújo, E. L.; Willadino, L. G.; Cavalcante, U. M. T. (eds.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: Imprensa Universitária da UFRPE, pp. 76-91, 2005b.

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

DAI, A. Increasing drought under global warming in observations and models. **Nature Climate Change**, v. 3, n. 1, p. 52-58, 2013.

DAVIS, M.A.; WRAGE, K.J.; REICH, P.B.; TJOELKER, M.G.; SCHAEFFER, T.; MUERMANN, C. Survival, growth, and photosynthesis of tree seedlings competing with

herbaceous vegetation along a water-light-nitrogen gradient. **Plant Ecology**, v. 145, p. 341-350, 1999.

DAVIS, M.A.; WRAGE, K.L.; REICH, P.B. Competition between tree seedlings and herbaceous vegetation: support for a theory of resource supply and demand. **Journal of ecology**, v. 86, p. 652-661, 1998.

DUNCAN, R. S.; CHAPMAN, C.A. Seed dispersal and potential forest succession in abandoned agriculture in tropical Africa. **Ecological Applications**, v. 9, n. 3, p. 998-1008, 1999.

FAYOLLE, A.; VIOLLE, C.; NAVAS, M. Differential impacts of plant interactions on herbaceous species recruitment: disentangling factors controlling emergence, survival and growth of seedlings. **Oecologia**, v. 159, p. 817-825, 2009.

FEITOZA, M.O.M.; ARAUJO, E.L.; SAMPAIO, E.V.S. B.; KIIL, L.H.P. Fitossociologia e danos foliares ocorrentes na comunidade herbácea de uma área de caatinga em Petrolina, PE. In: Moura, A.N.; Araújo, E.L.; Albuquerque, U.P. (Org.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos**. 1ed. Recife: Comunigraf, v. 1, pp. 13-38, 2008.

FULLER, D.O. Canopy phenology of some mopane and miombo woodlands in eastern Zambia. **Global Ecology and Biogeography**, v. 8, p. 199-209, 1999.

IPCC, Panel on Climate Change. L. Pachauri, Rajendra K.; Meyer (Ed.) **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Genebra, Suíça, 2014.

KNOOP, W.T.; WALKER, B.H. Interactions of woody and herbaceous vegetation in a southern African savana. **Journal of Ecology**, v. 73, n. 1, p. 235-253, 1985.

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

McLAREN, K.P.; McDONALD, M.A. The effects of moisture and shade on seed germination and seedling survival in a tropical dry forest in Jamaica. **Forest Ecology and Management**, v. 183, n. 1-3, p. 61-75, 2003.

NIPPERT, J.B.; KNAPP, A.K.; BRIGGS, J.M. Intra-annual rainfall variability and grassland productivity: can the past predict the future? **Plant Ecology**, v. 184, p. 65-74, 2006.

PEREIRA, I.M.; ANDRADE, L.A.; SAMPAIO, E.V.S.B.; BARBOSA, M.R.V. Use-history effects on structure and flora of caatinga. **Biotropica**, v. 35, n. 2, p. 154-165, 2003.

PETERS, D.P.C. Plant species dominance at a grassland-Shrubland ecotone: and individual-based gap dynamics model of herbaceous and species woody. **Ecological modeling**, v. 152, n. 1, p. 5-32, 2002

REIS, A.M.S.; ARAÚJO, E.L.; FERRAZ, E.M.N.; MOURA, A.N. Inter-annual variations in the floristic and population structure of herbaceous community of “caatinga” vegetation in Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 3, p. 497-508, 2006.

SANTOS, M.G.; OLIVEIRA, M.T.; FIGUEIREDO, K.V.; FALCÃO, H.M.; ARRUDA, E.C.P.; ALMEIDA-CORTEZ, J.; SAMPAIO, E.V.S.B.; OMETTO, J.P.H.B.; MENEZES, R.S.C.; OLIVEIRA, A.F.M.; POMPELLI, M.F.; ANTONINO, A.C.D. Caatinga, the Brazilian dry tropical forest: can it tolerate climate changes? **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 26, p. 83-99, 2014.

SANTOS, D.M.; SILVA, K.A.; ALBUQUERQUE, U.P.; SANTOS, J.M.F.F.; LOPES, C.G.R.; ARAÚJO, E.L. Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinable soil seed bank in a tropical dry forest in north-eastern Brazil? **Flora**, v. 208, n. 7, p. 445-452, 2013a.

SANTOS, J.M.F.F.; SANTOS, D.M.; LOPES, C.G.R.; SILVA, K.A.; SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, E.L. Natural regeneration of the herbaceous community in a semiarid region in Northeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 185, n. 11, p. 8287-8302, 2013b.

SANTOS, D.M.; SILVA, K.A.; SANTOS, F.F.M.J.; ARAUJO, V.K.R.; ARAÚJO, E.L. Composition, species richness, and density of the germinable seed bank over 4 years in young and mature forests in Brazilian semiarid regions. **Journal of Arid Environments**, v. 129, p. 93-101, 2016.

SANTOS, J.M.F.F.; SILVA, K.A.; LIMA, E.N.; SANTOS, M.S.; PIMENTEL, R.M.M.; ARAÚJO, E.L. Dinâmica de duas populações herbáceas de uma área de caatinga, Pernambuco, Brasil. **Revista de Geografia**, v. 26, n. 2, p. 142-160, 2009.

SANTOS, M.; BARROS, V.; LIMA L.; FROSI, G.; SANTOS, M.G. Whole plant water status and non-structural carbohydrates under progressive drought in a Caatinga deciduous woody species. **Trees**, v. 35, p. 1257–1266, 2021.

SCHILLING, E.M.; WARING, B.G.; SCHILLING, J.S. POWERS, J.S. Forest composition modifies litter dynamics and decomposition in regenerating tropical dry forest. **Oecologia**, v. 182, p. 287-297, 2016.

SCHOLES, R.J.; ARCHER, S.R. Tree-grass interactions in savannas. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 28, p. 517-544, 1997.

SEIFAN, M.; TIELBÖRGER, K.; KADMON, R. Direct and indirect interactions among plants explain counterintuitive positive drought effects on an eastern Mediterranean shrub species. **Oikos**, v. 119, n. 10, p. 1601-1609, 2010.

SFAIR, J.C.; BELLO, F.; FRANÇA, T.Q.; BALDAUF, C.; TABARELLI, M. Chronic human disturbance affects plant trait distribution in a seasonally dry tropical forest. **Environmental Research Letters**, v. 13, p. 1-12, 2018.

SILVA, K.A.; ARAÚJO, E.L.; FERRAZ, E.M.N. Estudo florístico do componente herbáceo e relação com solos em áreas de caatinga do embasamento cristalino e bacia sedimentar, Petrolândia, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 1, p. 100-110, 2009.

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

SILVA, K.A.; SANTOS, J.M.F.F.; SANTOS, D.M.; FERRAZ, E.M.N.; ARAÚJO, E.L. Spatial variation in the structure and composition of the herbaceous community in a semiarid region of northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 1, p. 135-148, 2013b.

SILVA K.A.; ANDRADE J.R., SANTOS J.M.F.F.D.; LOPES C.G.R., FERRAZ E.M.N., ALBUQUERQUE U.P., ARAÚJO E.L. Effect of temporal variation in precipitation on the demography of four herbaceous populations in a tropical dry forest area in Northeastern Brazil. **Revista de Biología Tropical**, v. 63, n. 4, p. 903-914, 2015.

SILVA, K.A.; SANTOS, J.M.F.F.; ANDRADE, J.R.; LIMA, E.N.; ALBUQUERQUE, U.P.; FERRAZ, E.M.N.; ARAÚJO, E.L. The influence of microhabitat on the population dynamics of four herbaceous species in a semiarid area of northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 1, p. 45-54, 2016.

SILVA, K.A.; SANTOS, J.M.F.F.; SANTOS, D.M.; ANDRADE, J.R.; FERRAZ, E.M. N.; ARAÚJO, E.L. Interactions between the herbaceous and shrubby-arboreal components in a semiarid region in the northeast of Brazil: competition or facilitation? **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 157-165, 2015.

SILVA, N.F.; HANAZAKI, N.; ALBUQUERQUE, U.P.; CAMPOS, J.L.A.; FEITOSA, I.S.; ARAÚJO, E.L. Local Knowledge and Conservation Priorities of Medicinal Plants near a Protected Area in Brazil. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2019, p. 1-18, 2019.

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

SPECHT, M.J.; SANTOS, B.A.; MARSHALL, N.; MELO, F.P.L.; LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; BALDAUF, C. Socioeconomic differences among resident, users and neighbour populations of a protected area in the Brazilian dry forest. **Journal of Environmental Management**, v. 232, p. 607–614, 2019.

VAN der WAAL, C.; KROON, H.; BOER, W.F.; HEITKÖNIG, I.M.A.; SKIDMORE, A.K.; KNEGT, H.J.; LANGEVELDE, F.V.; WIEREN, S.E.V.; GRANT, R.C.; PAGE, B.R.; SLOTOW, R.; KOHI, E.M.; MWAKIWA, E.; PRINS, H.H. T. Water and nutrients

alter herbaceous competitive effects on the seedlings in a semi-arid savanna. **Journal of Ecology**, v. 97, n. 3, p. 430-439, 2009.

VIEIRA, D.L.M.; SCARIOT, A. Principles of Natural Regeneration of Tropical Dry Forests for Restoration. **Restoration Ecology**, v. 14, n. 1, p. 11-20, 2006.

WIEGAND, K.; SALTZ, D.; WARD, D. A patch-dynamics approach to savanna dynamics and woody plant encroachment – insights from an arid savanna. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 7, n. 4, p. 229-242, 2006.

ZANNE, A.E.; CHAPMAN, C.A. Expediting reforestation in tropical grasslands: Distance and isolation from seed sources in plantations. **Ecological Applications**, v. 11, n. 6, p. 1610-1621, 2001.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1999.

ZEPPEL, M.J.B.; WILKS, J.V.; LEWIS, J.D. Impacts of extreme precipitation and seasonal changes in precipitation on plants. **Biogeosciences**, v. 11, n. 11, p. 3083-3093, 2014.

Recebido em: 05/07/2022

Aprovado em: 12/08/2022

Publicado em: 16/08/2022