

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



EFEITOS DE VARIAÇÕES NA LUMINOSIDADE NO CRESCIMENTO
VEGETATIVO DE *Chamaecrista Rotundifolia* (Pers.) Greene, UMA HERBÁCEA
PERENE DA CAATINGA

LUCCA LEONARDO RENDALL SILVA

RECIFE

2021

LUCCA LEONARDO RENDALL SILVA

**EFEITOS DE VARIAÇÕES NA LUMINOSIDADE NO CRESCIMENTO
VEGETATIVO DE *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene, UMA HERBÁCEA
PERENE DA CAATINGA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof.^a Dra. Elcida de Lima Araújo - UFPE
Coorientador: Dr. Bruno Ayrton de Souza Aguiar - UFRPE

RECIFE

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586e Rendall Silva, Lucca Leonardo

Efeitos de variações na luminosidade no crescimento vegetativo de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.)
Greene, uma herbácea perene da caatinga / Lucca Leonardo Rendall Silva. - 2021.
31 f.

Orientadora: Elcida de Lima Araújo.
Coorientador: Bruno Ayrton de Souza.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife,
2021.

1. Caatinga. 2. Luminosidade. 3. Herbácea. 4. Crescimento. I. Araújo, Elcida de Lima, orientadora. II.
Bruno Ayrton de Souza, coorientador. III. Título

LUCCA LEONARDO RENDALL SILVA

**EFEITOS DE VARIAÇÕES NA LUMINOSIDADE NO CRESCIMENTO
VEGETATIVO DE *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene, UMA HERBÁCEA
PERENE DA CAATINGA**

Banca Examinadora

Prof.^a Dra. Elcida de Lima Araújo
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Dra. Juliana Ramos de Andrade
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Msc. Leticia Menezes Camurça
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe Kátia, minha avó Lourdes e a Deus por fazerem parte da minha vida e apoiarem meus sonhos. Ninguém é tão importante para mim quanto vocês;

Agradeço à minha orientadora Elcida de Lima Araújo, que sempre se fez disponível quando solicitada e demonstrou sua preocupação com o desenvolvimento do estudo ao longo de todo o período, agradeço pelos importantes ensinamentos, pela confiança, pela nossa conversa durante a última coleta de campo que me marcou bastante.

Agradeço também à Juliana Andrade, que me ajudou muito durante esse período no LEVEN, ela foi fundamental e ela sabe disso, muito obrigado por tudo Juli. E também a Thallyta, outra pessoa incrível, que também me inspira e junto com Juliana, tornou cada dia de coleta muito mais agradável.

E para finalizar o “núcleo” que estava mais próximo a mim no laboratório venho agradecer ao meu irmão Bruno Ayron, uma pessoa que merece o mundo. Assim como Juliana, Bruno me ajudou desde quando cheguei ao laboratório, fazendo até mais do que eu pedia. Muitas vezes Bruno me ajudou com análises estatísticas que eu nem mesmo sabia que o estudo precisava, por exemplo haha. Você é a pessoa a quem eu mais devo tudo isso, irmão. Sou muito grato a tudo que você fez, todas as conversas que a gente teve e desejo muito que você realize todos os seus sonhos.

Agradeço também ao IPA pela infraestrutura que possibilitou a realização do trabalho em campo, a toda a equipe que compõe o Laboratório de Ecologia Vegetal de Ecossistemas Nordestinos (LEVEN), pelo apoio e auxílio braçal nas etapas de campo e laboratório, e ensinamentos e amizade durante todos os momentos;

Aos membros da banca pelas sugestões valiosas e avaliação justa;

A todos os professores, colegas e servidores do Departamento de Biologia que me auxiliaram direta e/ou indiretamente ao longo da minha formação.

Agradeço também à minha namorada Danielle Martiniano, com quem divido meus bons e maus momentos, e que desde muito tempo é uma das pessoas mais importantes na minha vida.

E por fim, agradeço aos meus amigos, aglutinados nos grupos VLK, Exodia, Mosqueteiros e Cocotinhas da Rural, que durante os últimos anos levo no coração como parte de minha família. Todos eles sabem a importância que têm para mim. Sem eles o mundo não teria graça e eu com certeza não estaria mais aqui. Obrigado, meus amigos, amo vocês.

A todos que não foram citados, mas que com certeza foram muito importantes para mim, meu muito obrigado e o desejo de que vocês sejam tão felizes quanto eu sou por tê-los comigo.

RESUMO

Variações de luminosidade na Caatinga são decorrentes da fragmentação dos habitats e variação natural no dossel das árvores, no qual influenciam o crescimento e desenvolvimento das herbáceas. Visando compreender as estratégias de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene, uma erva perene da Caatinga, à variação de luminosidade, este estudo hipotetiza que, à medida que esse fator diminui, há redução na área, longevidade e produção de folhas dessa espécie. Os indivíduos se aglomeravam em clareiras, e ao todo 400 sementes foram coletadas de forma aleatória no fragmento de Caatinga do Instituto Agrônomo de Pesquisa (IPA), Caruaru-PE. As sementes foram germinadas e 120 mudas viáveis foram dispostas em 4 tratamentos (T) com diferentes percentuais de luminosidade: T100: pleno sol, T70: 70%, T50: 50%, T30: 30%; 30 repetições cada; duração de 6 meses. Mensuramos semanalmente o comprimento e largura de folhas previamente marcadas, para que pudéssemos aferir a taxa de crescimento relativo em área foliar (TCRAF), a partir de equações alométricas específicas desta espécie. Aferimos a longevidade (LF) e produção foliar total (PTF). Avaliamos os resultados através de GLMs (Modelos Lineares Generalizados). Verificamos que não houve diferenças muito significativas quanto às taxas de crescimento relativo das folhas entre os tratamentos de disponibilidade de luz. A menor produção foliar total (PTF) foi semelhante entre T30 e T50, diferindo dos demais tratamentos. Em comparação ao T100, houve uma redução na produção de folhas em até 91,64% observada no T30. Além da maior produção de folhas no T100, observamos que este tratamento também possuía os maiores valores na abscisão das folhas (PEF) durante o monitoramento. Com mais de 97% de perda no T30, quando comparado ao T100. E quanto a longevidade foliar, verificamos que apenas 8% da variação foi explicada pela redução da disponibilidade de luz. Todas as características vegetativas analisadas se mostraram plásticas, com maior destaque para o índice de plasticidade da distância relativa dos atributos: número de folhas (0,73), altura (0,68) e diâmetro (0,56), respectivamente os traços demonstrados mais plásticos durante o estudo. Variações extremas na luminosidade normalmente têm impacto negativo no metabolismo primário das plantas, porém, especificamente para esta espécie da Caatinga, o aumento deste fator se mostrou vantajoso para o seu sucesso no crescimento e estabelecimento neste ambiente estocástico. Assim, somado a sua baixa requisição nutricional e grande produção de biomassa e deposição de nutrientes no solo, a espécie *C. rotundifolia* se mostrou uma excelente espécie pioneira, podendo ser usada na restauração de ambientes degradados.

Palavras-chave: Crescimento, Produção foliar, Luminosidade.

ABSTRACT

Light variations in the Caatinga are due to habitat fragmentation and natural variation in the tree canopy, which influence the growth and development of herbaceous plants. Aiming to understand the strategies of *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene, a perennial herb from the Caatinga, with variation in light, this study hypothesizes that, as this factor decreases, there is a reduction in the area, longevity and production of leaves of this species. Individuals clustered in clearings, and a total of 400 seeds were randomly collected in the Caatinga fragment of the Agronomic Research Institute (IPA), Caruaru-PE. The seeds were germinated and 120 viable seedlings were placed in 4 treatments (T) with different percentages of light: T100: full sun, T70: 70%, T50: 50%, T30: 30%; 30 reps each; duration of 6 months. We measured the length and width of previously marked leaves on a weekly basis, so that we could measure the relative growth rate in leaf area (FCRAf), using specific allometric equations for this species. We measured longevity (LF) and total leaf production (PTF). We evaluate the results using GLMs (Generalized Linear Models). We found that there were no very significant differences in relative leaf growth rates between the light availability treatments. The lowest total leaf production (TFP) was similar between T30 and T50, differing from the other treatments. Compared to T100, there was a reduction in sheet production of up to 91.64% observed in T30. In addition to the higher leaf production at T100, we observed that this treatment also had the highest leaf abscission (PEF) values during monitoring. With more than 97% loss in T30 when compared to T100. And as for leaf longevity, we found that only 8% was explained by the reduction in light availability. All vegetative characteristics analyzed were plastic, with greater emphasis on the plasticity index of the relative distance of the attributes: number of leaves (0.73), height (0.68) and diameter (0.56), respectively. more plastics during the study. Extreme variations in luminosity normally have a negative impact on the primary metabolism of plants, however, specifically for this species from the Caatinga, the increase in this factor proved to be advantageous for its success in growth and establishment in this stochastic environment. Thus, added to its low nutritional requirement and large production of biomass and nutrient deposition in the soil, the species *C. rotundifolia* proved to be an excellent pioneer species, which can be used in the restoration of degraded environments.

Keywords: Growth, Leaf production, Luminosity.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1. Efeito da luminosidade nos atributos de crescimento vegetativo de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene. Tratamentos de variação de luminosidade: T30 = 30%; T50 = 50%; T70=70%; T100=100%.

Figura 2. Efeito da luminosidade nos atributos foliares de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene. Tratamentos de variação de luminosidade: T30 = 30%; T50 = 50%; T70=70%; T100=100%.

Tabela 1. Análise de GLM (modelo linear generalizado) mostrando a influência da luminosidade nos atributos vegetativos de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene (DF: grau de liberdade; SS: soma dos quadrados; Error: valor do erro; MS: Média dos quadrados; F: Teste Fisher; P: <0.05- diferenças significativas; R: Percentual explicativo).

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de variância
GLM	Modelo Linear Generalizado
PFT	Produção foliar total
PFS	Produção foliar semanal
PeFT	Perda foliar total
TCAA	Taxa de crescimento absoluto em altura
TCRA	Taxa de crescimento relativo em altura
TCAD	Taxa de crescimento absoluto em diâmetro
TCRD	Taxa de crescimento relativo em diâmetro
TCAcf	Taxa de crescimento absoluto em comprimento foliar
TCRef	Taxa de crescimento relativo em comprimento foliar
TCAlf	Taxa de crescimento absoluto em largura foliar
TCRlf	Taxa de crescimento relativo em largura foliar

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 <i>Caracterização fitofisionômica da Caatinga</i>	13
2.2 <i>Reações ecofisiológicas de espécies vegetais frente às variações na luminosidade</i>	13
2.3 <i>Influência da luminosidade na sobrevivência e estabelecimento de herbáceas em florestas secas</i>	15
2.4 <i>Plasticidade fenotípica e sua importância</i>	15
3. OBJETIVOS	16
3.1 <i>Objetivo geral</i>	16
3.2 <i>Objetivos específicos</i>	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1 <i>Espécie selecionada</i>	16
4.2 <i>Duração do experimento</i>	17
4.3 <i>Coleta de dados</i>	18
4.4 <i>Plasticidade fenotípica</i>	19
4.5 <i>Análise de dados</i>	19
5. RESULTADOS	20
6. DISCUSSÃO	24
7. CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27

1. INTRODUÇÃO

No semiárido, a disponibilidade hídrica e luminosa, bem como a própria temperatura são os principais fatores que regulam o ciclo de crescimento das espécies vegetais. (CECCON et al., 2006; MIRANDA et al., 2009; ARAÚJO et al., 2007; ALBUQUERQUE et al., 2012; SILVA et al., 2015; HOLMGREN et al., 2012; MIRANDA et al., 2014; ARAÚJO et al., 2017; DÍAZ-BARRADAS et al., 2017). Estes fatores variam sazonalmente e, somados, têm um impacto direto na dinâmica da paisagem, resultando em uma maior ou menor sobreposição das árvores, causando variações na área exposta ao sol. (WHITECROSS et al., 2017; ANDRADE et al., 2015; ARAÚJO et al., 2008; SOARES, 2020). Em resposta às variações na luminosidade, espécies herbáceas que crescem abaixo ou entre as copas das árvores, necessitam de estratégias para tolerar essas mudanças naturais do ambiente, resultando em maior plasticidade fenotípica, principalmente nas suas características vegetativas. (PIGLIUCCI, 2001; VALLADARES et al., 2008; ABRAHAM et al., 2014; HEGER, 2016; DÍAZ-BARRADAS et al., 2017).

De modo geral, as respostas no crescimento das herbáceas em função do aumento da luminosidade do ambiente, podem ter diversos padrões e variam em função da espécie, sendo expressas principalmente no menor desenvolvimento vegetativo, menor dimensão foliar e mudanças na produção de biomassa (ZHAO et al., 2012; JAGODZIŃSKI et al., 2016; SOARES, 2020). É importante destacar que, a redução da área foliar nestas condições de alta disponibilidade de luz, representa um mecanismo para evitar a perda excessiva de água, bem como a foto-oxidação dos compostos orgânicos (PRIDER E FACELLI 2004; VALADÃO et al., 2014). Por outro lado, em condições mais sombreadas na floresta, o aumento da área foliar pode ser uma estratégia que favorece a maior interceptação e absorção de luz, otimizando o processo fotossintético (ZHAO et al., 2012; CAI 2011; ABRAHAM et al., 2014).

Apesar das respostas das espécies herbáceas serem ajustadas ao aumento de luminosidade que ocorrem naturalmente no ambiente semiárido (ANDRADE et al., 2015, TORRES, 2017), modelos climáticos preveem que estas regiões poderão sofrer com uma maior insolação, causada pelo excesso de exposição ao sol e ao calor intenso. Segundo o PBMC (2014) e MARENGO et al., (2017), modelos climáticos estimam que, para a região semiárida brasileira, ocorrerá um aumento de até 4,5 °C na temperatura e reduções de até 50% na quantidade de chuvas, em um cenário mais pessimista até o final deste século. Este fato contribui para o aumento da aridez nestas regiões (HUANG et al., 2016), e por

consequência, possíveis alterações nas características funcionais e na diversidade das plantas que compõem este ecossistema (MARENGO, 2006; SALAZAR et al., 2007; ANGELOTTI, 2011; TAVARES, 2019). O relatório do IPCC divulgado em agosto deste ano (IPCC, 2021), reforça atuais evidências de um aumento crescente na temperatura global e autores como LACERDA (2010a, 2010b e 2016), vem destacando este cenário no estado de Pernambuco, e alerta sobre os sinais de aridização e aumento nos processos de desertificação da caatinga. (MARENGO et al., 2017).

Com base nestas mudanças climáticas previstas, é válido pensar na possibilidade de mudanças no desenvolvimento do dossel das espécies arbóreas, acarretando maior irregularidade na disponibilidade de luz no sub-bosque (LEBRIJA-TREJOS et al., 2011; ALVAREZ-ANÕRVE et al., 2012; ALBUQUERQUE et al., 2017). Perspectiva que valida uma discussão a respeito da resistência do componente herbáceo, que naturalmente é mais sensível às variações de luminosidade (PERI et al., 2007; ABRAHAM, 2014; WHITECROSS et al., 2017; SOARES, 2020). Diante disso, a fim de valorizar e compreender melhor o funcionamento das florestas de caatinga, que abriga uma grande riqueza de espécies herbáceas (SANTOS et al., 2013), onde muitas possivelmente são beneficiadas pela disponibilidade de luminosa (ANDRADE et al., 2015) e com base na importância ecológica e agropecuária desta espécie (CAMARÃO, 2008), se faz necessário um estudo para compreender as respostas desse componente herbáceo frente às variações da disponibilidade de luz.

Assim, nossa hipótese é que o aumento da disponibilidade de luz afeta o crescimento de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene, uma erva perene amplamente distribuída em florestas tropicais secas, que forma grandes populações no ecossistema da caatinga (SANTOS et al., 2013) e tem importância tanto ecológica devido a sua grande adaptabilidade a solos e climas diversos, atuando muito bem no resgate de solos degradados e pobres em nutriente, e na pecuária, sendo utilizada na alimentação de bovinos (PARTRIDGE & WRIGHT, 1992; CAMARÃO et al., 2008), e visto que leguminosas são plantas ricas em nitrogênio, possuem grande valor como alimento de alta qualidade para ruminantes (Heady e Heady, 1982). Frente a isso, nosso estudo buscou responder às seguintes perguntas: O aumento nos percentuais de disponibilidade de luz tem relação direta com o crescimento vegetativo? Mediante esse aumento, existe uma maior produção das folhas e menor longevidade? Quais as características vegetativas mais plásticas mediante a redução e aumento da disponibilidade de luz?

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Caracterização fitofisionômica da Caatinga

A Caatinga é o ecossistema predominante no semiárido do nordeste brasileiro. Segundo dados do IBAMA (2009) sua extensão é de aproximadamente 826.411 km², cerca de 54% de toda área do nordeste e 11% do território nacional, estando presente em nove estados brasileiros (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e parte do estado de Minas Gerais), com registro de mais de 29 gêneros vegetais endêmicos, e espécies endêmicas com linhagens que persistem a mais de 15 milhões de anos (VASCONCELOS et al 2017; FERNANDES e QUEIROZ, 2018), o ecossistema é considerado um dos mais importantes do país.

O clima da região é considerado “Bsh”, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, caracterizado por florestas sazonalmente secas e clima semiárido, com uma estação chuvosa, embora irregular, entre os meses de março e julho, delimitada a uma máxima anual de 1.000 mm (FERNANDES e QUEIROZ, 2018)

O domínio vegetacional é representado principalmente por espécies herbáceas e lenhosas arbustivas muito bem adaptadas ao clima. Carregada de evidências de plasticidade fenotípica, a vegetação local desenvolveu adaptações para sobreviver a condições desfavoráveis como temperatura muito elevada e chuvas irregulares. Para tal, as espécies comumente possuem hábito decíduo, perdendo suas folhas em períodos de seca prolongada, folhas pequenas por vezes convertidas em espinhos e sementes com dormência, que é quebrada apenas na presença da chuva.

2.2 Reações ecofisiológicas de espécies vegetais frente às variações na luminosidade

A luminosidade é um fator chave para o desenvolvimento vegetal, podendo ser decisivo para o desenvolvimento ou até nocivo dependendo da intensidade (ORT, 2001). Variações nas condições ambientais podem desencadear mecanismos fisiológicos nas plantas buscando permitir à mesma se aclimatar a esta adversidade ou resistir até que o cenário volte à normalidade. Com variações na luminosidade e conseqüentemente na temperatura, as espécies podem por exemplo adaptar a abertura dos seus estômatos ou regular o seu aparato fotossintético para absorção adequada ou ainda mudar a sua forma de utilização da energia disponível (TAIZ; ZEIGER, 2004, OELZE et al., 2012, SOARES, 2020).

Tratando apenas do componente luminoso, é válido pensar que além de fonte de energia para a planta, sua intensidade influencia fortemente a fotossíntese, já que pode atuar como fator de estresse em excesso, gerando efeito destrutivo (ORT, 2001). Em cenários extremos com baixa disponibilidade luminosa, afeta a fisiologia da planta, que normalmente apresenta um acúmulo de clorofila, possivelmente para compensar a menor quantidade de radiação disponível (DAI et al., 2009). No oposto, quando em excesso, a luminosidade assimilada pode estar além da capacidade fotossintética da planta, levando a uma condição de estresse, onde a fotossíntese é suprimida, processo conhecido como fotoinibição (ADIR et al., 2003).

Em florestas sazonalmente secas, o componente herbáceo pode ter um melhor desenvolvimento quando são estabelecidas em locais abertos, com maior incidência luminosa. (ARAÚJO, 2005, SILVA et al., 2009, ANDRADE et al., 2015), ou áreas sombreadas, como abaixo do dossel de espécies arbóreas (RIGINOS et al., 2009). As espécies vegetais submetidas a baixa disponibilidade luminosa tendem a aumentar a área foliar, essa resposta se liga ao fato da planta precisar compensar a redução na disponibilidade luminosa, aumentando a superfície de contato/absorção. Fato comprovado também em florestas úmidas onde espécies que se desenvolvem abaixo do dossel das árvores tendem a ter folhas maiores para fazer esse balanço (ZHAO et al., 2012). É possível traçar um paralelo interessante entre esse comportamento e o funcionamento da pupila nos animais, que de forma muito mais célere, aumenta ou diminui a superfície de absorção luminosa frente à disponibilidade no ambiente (HELENE, 2011). No cenário oposto, em áreas abertas, as espécies apresentam outros comportamentos de adaptação ao ambiente, como o espessamento da cutícula, aumento da produção de biomassa através da maior produção e queda de folhas (ALQUINI et al., 2003, RAMOS et al., 2004).

Os estudos até aqui citados, explicitam o componente luminoso, como um fator abiótico de alta importância para o estabelecimento e desenvolvimento das espécies, embora este efeito seja complexo e pouco relatado para espécies de ambientes secos. Estudar os efeitos de sombreamento sobre espécies vegetais é importante para entender as respostas morfológicas e fisiológicas que a planta desenvolve para ajustar-se a ambientes com diferentes índices de luminosidade, e compreender a tolerância luminosa que espécies nativas podem apresentar quando submetidas ao estresse luminoso.

Com base nisso, estudos como o nosso podem melhorar o entendimento das relações de viabilidade custo-benefício que ocorrem de maneira cada vez mais frequente, visto que as

mudanças climáticas estão se intensificando rapidamente e são resultado da ação humana (ARAÚJO et al., 2007, ALBUQUERQUE et al., 2012, IPCC, 2021).

2.3 Influência da luminosidade na sobrevivência e estabelecimento de herbáceas em florestas secas

Em florestas secas, a fragmentação do dossel prejudica o estabelecimento e desenvolvimento de herbáceas pouco tolerantes ao ambiente seco e a exposição constante, que além de causar dessecação, intensifica o estresse hídrico sofrido pela planta. (ARAÚJO et al., 2007, MIRANDA et al., 2009, SILVA et al., 2015). Por outro lado, espécies mais tolerantes, como caso da espécie neste estudo analisada, podem ser favorecidas pela maior incidência luminosa (ARAÚJO et al., 2008, ALVAREZ-AÑORVE et al., 2012). Neste caso, as espécies mais tolerantes desempenham um papel similar ao dossel arbóreo, pois se desenvolvendo formam um “tapete” que protege o solo e as espécies que tem seu banco de sementes nele, da dessecação, promovendo aumento da umidade na área, beneficiando a formação de microhabitats para outras espécies. (PEREIRA et al., 2005, SANTOS, 2010).

Estudos como o de VIEIRA e SCARIOT (2006), podem evidenciar esse comportamento. Eles observaram que em áreas de clareira, onde espécies herbáceas tolerantes à maior incidência luminosa formavam populações numerosas - os “tapetes”, o efeito da dessecação de sementes e plântulas foi reduzido, pois as herbáceas atuaram na manutenção da temperatura e umidade do solo. Em observações feitas por ANDRADE (2015), foi verificado que áreas sombreadas abrigavam populações herbáceas com menos indivíduos, quando comparado a áreas de clareira.

2.4 Plasticidade fenotípica e sua importância

A plasticidade fenotípica é manifestada diretamente sob a influência de fatores ambientais que atuam sobre o fenótipo durante o desenvolvimento. (FORSMAN, 2015, CAMPOS, 2020). O mesmo genótipo pode, sob diferentes condições ambientais, expressar fenótipos com características diferentes daquelas do fenótipo ambiental típico.

A plasticidade pode ter consequências adaptativas, não adaptativas, neutras, e pode ser caracterizada em dois tipos: *sensu stricto*, onde mantém o foco em linhas genéticas; e *sensu lato* que possibilita observar uma visão ecológica da situação. Para este estudo, recorreremos ao conceito *sensu lato*, que estuda as mudanças fenotípicas que variam de acordo com a variação do ambiente. VALLADARES et al., 2006, MURREN et al., 2015, CAMPOS, 2020).

Esse comportamento pode ser descrito matematicamente, e uma das fórmulas mais aceitas afirma que o índice de plasticidade pode variar de 0 (zero) a 1 (um), onde o quanto mais próximo do 1, mais a característica se mostra plástica (plasticidade ótima quando igual a 1 e alta acima de 0,6), valores abaixo de 0,6 indicam características pouco plásticas (VALLADARES, 2006).

Atualmente, estudos visando entender melhor a plasticidade fenotípica das espécies vegetais são muito utilizados como parâmetro para indicar a diversidade genética das espécies, bem como compreender a biologia evolutiva, e auxiliar na predição de efeitos das mudanças climáticas. (VALLADARES et al., 2006, NICOTRA et al., 2010, FORSMAN, 2015).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar se o aumento da disponibilidade de luz afeta o crescimento da *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene.

3.2 Objetivos específicos

Responder às seguintes perguntas:

- O aumento nos percentuais de disponibilidade de luz tem relação direta com o crescimento vegetativo?
- Mediante esse aumento, existe uma maior produção das folhas e menor longevidade?
- Quais as características vegetativas mais plásticas mediante a redução e aumento da disponibilidade de luz?

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Espécie selecionada

A *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene (Fabaceae) é uma erva perene nativa das Américas do Norte e do Sul (DUCKE, 1949). Predominante em terrenos arenosos, a *C. rotundifolia* é uma leguminosa que ocorre desde o sudeste dos Estados Unidos até o norte da Argentina, estando presente no Brasil do estado do Piauí até o Rio Grande do Sul, propagando-se com bastante facilidade devido à grande produção de sementes. (BRAGA,

1960; CAMARGO & MIOTTO,2004). Adaptável a diferentes condições de solo e clima (CAMARÃO et al., 2008), também é utilizada em sistemas agrícolas na Austrália desde 1983, e posteriormente, se mostrou promissora em outros países como a China (MICHAELK; ZHI-KAY, 1994) e a Nigéria (PETERS et al., 1994). Em adição, é utilizada na pecuária, sendo utilizada na alimentação de bovinos (PARTRIDGE & WRIGHT, 1992; CAMARÃO et al., 2008), visto que leguminosas são plantas ricas em nitrogênio, portanto de grande valor como alimento de alta qualidade para ruminantes (Heady e Heady, 1982).

4.2 Duração do experimento

As sementes de *Chamaecrista rotundifolia* foram coletadas na vegetação da caatinga localizada no Instituto Agrônomo de Pesquisa (IPA) em Caruaru-PE (8° 14'18 "S, 35 ° 55'20" W, 535 m de altitude). As populações da espécie se aglomeravam, predominantemente, em clareiras. Ao todo 400 sementes foram selecionadas de forma aleatória. Logo após, as mesmas foram higienizadas com hipoclorito de sódio a 2,5% e submetidas ao tratamento pré-germinativo de escarificação química com ácido sulfúrico a 10% (H₂SO₄) por 10 minutos e embebição em água por 24 horas. Depois destes tratamentos, as sementes foram dispostas em placas de petri com algodão úmido e papel filtro, e colocadas para germinar em uma câmara de germinação (B.O.D.) com fotoperíodo de 24 horas e temperatura constante de 25° C.

Uma semana após a germinação, 180 indivíduos que aparentavam estar mais saudáveis foram selecionados e transferidos para sacos de polietileno identificados, contendo 2 kg de solo coletado no local de coleta das sementes. O solo coletado foi autoclavado para excluir a competição com outras espécies do banco de sementes. A capacidade de retenção de água (capacidade de campo) nos 2 kg de solos de cada saco foi obtida antes do transplante de mudas pelo método gravimétrico (AGUIAR et al., 2020). As mudas foram mantidas em casa de vegetação e diariamente irrigadas até 100% da capacidade de campo (CC) por cerca de duas semanas para a aclimação das mudas.

Após esse período, 120 mudas, que estavam mais saudáveis e desenvolvidas, foram selecionadas e dispostas em viveiros (2,5m de comprimento por 3m de largura e 2m de altura) e submetidos em 4 tratamentos de disponibilidade de luz: T100: sol pleno (11638,9 lux / controle), T70: 70% (8203,5 lux), T50: 50% (5729,5 lux) e T30: 30% (3669,7 lux), utilizando tubos de PVC e telas de sombreamento de polietileno preto (Sombrite®) com 30 repetições por tratamento. No tratamento controle, os indivíduos foram dispostos em total

incidência de luz (pleno sol), e durante os 6 meses do experimento todas as plantas foram irrigadas diariamente, a fim de manter o 100% do CC, evitando um possível estresse hídrico que poderia influenciar o resultado. A modelagem do experimento teve como base as variações naturais da intensidade e disponibilidade luminosa que ocorreram do ano 2014 até o ano 2017, na área da caatinga estudada, segundo o banco de dados do Instituto Agrônomo de Pernambuco. Esta variação durante a estação chuvosa (março-agosto) é em média de 4424,6 a 16240 lux, medida realizada ao meio-dia com o instrumento THAL (Thermo-Hygro-Anemometer-Luximeter)

4.3 Coleta de dados

Durante os seis meses de monitoramento, o crescimento em altura e diâmetro, bem como o comprimento e largura de 30 folhas, foram semanalmente aferidos, usando uma fita métrica e paquímetro digital. O número da produção acumulada de folhas também foi contabilizado semanalmente em cada tratamento.

A partir dos atributos mensurados semanalmente, determinamos a taxa de crescimento relativo (TCR) em altura (TCRA, mm. mm. semana⁻¹), diâmetro (TCRD, mm. mm. semana⁻¹) e área foliar (TCRAF, cm. cm². semana⁻¹), usando a seguinte fórmula: $TCR = (\ln W2 - \ln W1)/(t2 - t1)$, sendo $\ln W1$ e $\ln W2$ o logaritmo neperiano dos valores (W) dos atributos por planta nos tempos $t1$ (inicial) e $t2$ (final), com intervalo semanal (RADFORD, 1967; DUNCAN E HESKETH, 1968). Foi utilizada uma versão adaptada da fórmula de ganho foliar de Bugbee (1996) ($GF = N_{ff} - N_{fi}$, GF - ganho foliar, N_{ff} - número final de folhas, N_{fi} - número inicial de folhas) e seguindo as sugestões de Aguiar et al., (2020), para avaliarmos a produção total de folhas (PFT) e a perda ou abscisão total das folhas (PEF). Para isso, calculamos a PFT através do somatório do ganho foliar utilizando apenas os valores positivos (>0) em cada intervalo semanal, e a PEF através do somatório dos valores negativos (<0).

Para que pudéssemos aferir a TCRAF, estimamos a área foliar utilizando as dimensões lineares dos limbos mensurados semanalmente, a partir de equações alométricas específicas para cada espécie. Esta alternativa não destrutiva permite a avaliação da expansão foliar das espécies ao longo do espaço-tempo (POMPELLI *et al.*, 2012; KERAMATLOU *et al.*, 2015). Para obtenção das equações de estimativa da área foliar, durante o experimento selecionamos 80 folhas, as quais foram escaneadas e mensurados o comprimento (C) e a largura do limbo (L) e área foliar (AF), que foi aferida em centímetros quadrados (cm²), com auxílio do

programa Image J (O'NEAL *et al.*, 2002). Consideramos a AF como variável dependente no modelo e a multiplicação das dimensões lineares “CxL” como variáveis explicativas. Submetemos as medidas para análise de regressão linear para obtenção dos modelos lineares (Keramatlou *et al.*, 2015). As equações foram selecionadas, observando-se os seguintes critérios estatísticos: (i) o valor de F e a significância da análise ($p < 0,05$); (ii) coeficiente de determinação ajustado (R^2), (iii) erro padrão da estimativa ($S_{y,x}$); (iv) distribuição gráfica dos resíduos; (v) reestimativa dos modelos (SCHNEIDER *et al.*, 2009). Utilizamos a seguinte equação estimadora da área foliar (\hat{Y}) utilizando um modelo Linear: $(-0.000038+0.78541*C*L)$, onde “C” representa o comprimento da lâmina foliar e “L” a largura.

4.4 Plasticidade fenotípica

Para calcular a plasticidade fenotípica das características vegetativas, usamos os valores máximos do crescimento vegetativo para cada indivíduo. Para o presente estudo, foi utilizado o RDPI (“índice de plasticidade da distância relativa”), calculado pela seguinte fórmula matemática:

$$RDPI = \sum [d_{ij \rightarrow i'j'} / (x_{i'j'} + x_{ij})] / n$$

Onde $d_{ij \rightarrow i'j'}$ é a diferença entre o valor de uma característica de um tratamento e outro, sendo $i \neq i'$. Onde o valor de “x” representa a característica da planta, “i” o tratamento, “j” representa o indivíduo ou a repetição e, por fim, o “n” simboliza o número de vezes das combinações das distâncias relativas que foram realizadas. Esse índice pode variar de 0 (valor que retrata o mínimo de plasticidade fenotípica) até o máximo 1. Com valores acima de 0,6 descrevendo uma alta plasticidade (VALLADARES, 2006).

4.5 Análise de dados

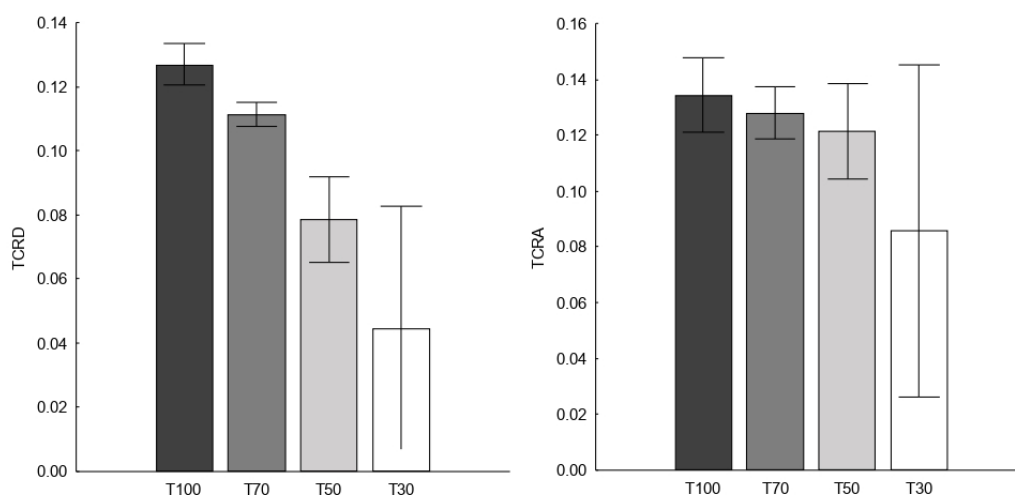
Modelos lineares generalizados (GLMs) foram usados para avaliar as diferenças nas características vegetativas entre os tratamentos e o grau explicativo de variação na disponibilidade de luz. Para isso, foi seguido o modelo de Poisson, integrando ANOVA, e quando significativo ($p < 0,05$), foi aplicado o teste Tukey (F) a posteriori. Todas as análises foram realizadas através do software Statistica 7.0. A análise morfométrica digital dos folíolos foi realizada através do software ImageJ (software de domínio público, feito em Java destinado ao processamento de gráficos e imagens), desenvolvido pelo National Institute of Health (Maryland, USA), disponível gratuitamente (imagej.nih.gov/ij/download.html).

5. RESULTADOS

Diferenças na TCRA de *C. rotundifolia* entre os tratamentos de disponibilidade de luz foram observadas, sendo T30 com o menor valor, similar ao T50 ($F = 4,15$; $p < 0,05$). Houve em média uma redução semanal no crescimento do caule de 5,23% no T70, 11,68% no T50, 41,60% e no T30, quando comparado ao tratamento que simulou a maior disponibilidade de luz (T100). Constatamos que em média 16% das variações que ocorreram na TCRA da espécie foram explicadas pela redução da disponibilidade de luz (Figura 1).

Na TCRD, aferimos que apenas T50 e T30 diferiram dos demais tratamentos, apresentando os menores valores, enquanto T100 e T70 apresentaram valores semelhantes. Quando comparados ao T100, constatamos uma redução média semanal no diâmetro do caule de 12,18% no T70, 38,13% no T50 e reduções mais drásticas de 64,73% no T30. Em média, 68% destas variações que ocorreram na TCRD foram explicadas pela redução de luz (Figura 1).

Figura 1. Efeito da luminosidade nos atributos de crescimento vegetativo de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene.



Legenda: Tratamentos de variação de luminosidade: T30 = 30%; T50 = 50%; T70= 70%; T100= 100%. Taxa de crescimento relativo em diâmetro (TCRD) e Taxa de crescimento relativo em altura (TCRA).

Verificamos que não houve diferenças quanto às taxas de crescimento relativo das folhas (TCRcf e TCRlf, TCRAf) entre os tratamentos de disponibilidade de luz. Contudo, para as taxas absolutas do comprimento (TCAcf) e da largura (TCAlf) foliar, apenas T30 se diferenciou significativamente de todos os tratamentos com a menor expansão foliar aferida (Tabela 1; Figura 2). Quando comparamos ao T100, aferimos uma redução dos valores absolutos do comprimento das folhas de 11,22% no T70, 27,58% no T50, 48,78% no T30. Já em relação à largura foliar, foi verificada uma redução de 21,56% no T70, 29,32% no T50, 50,44% no T30.

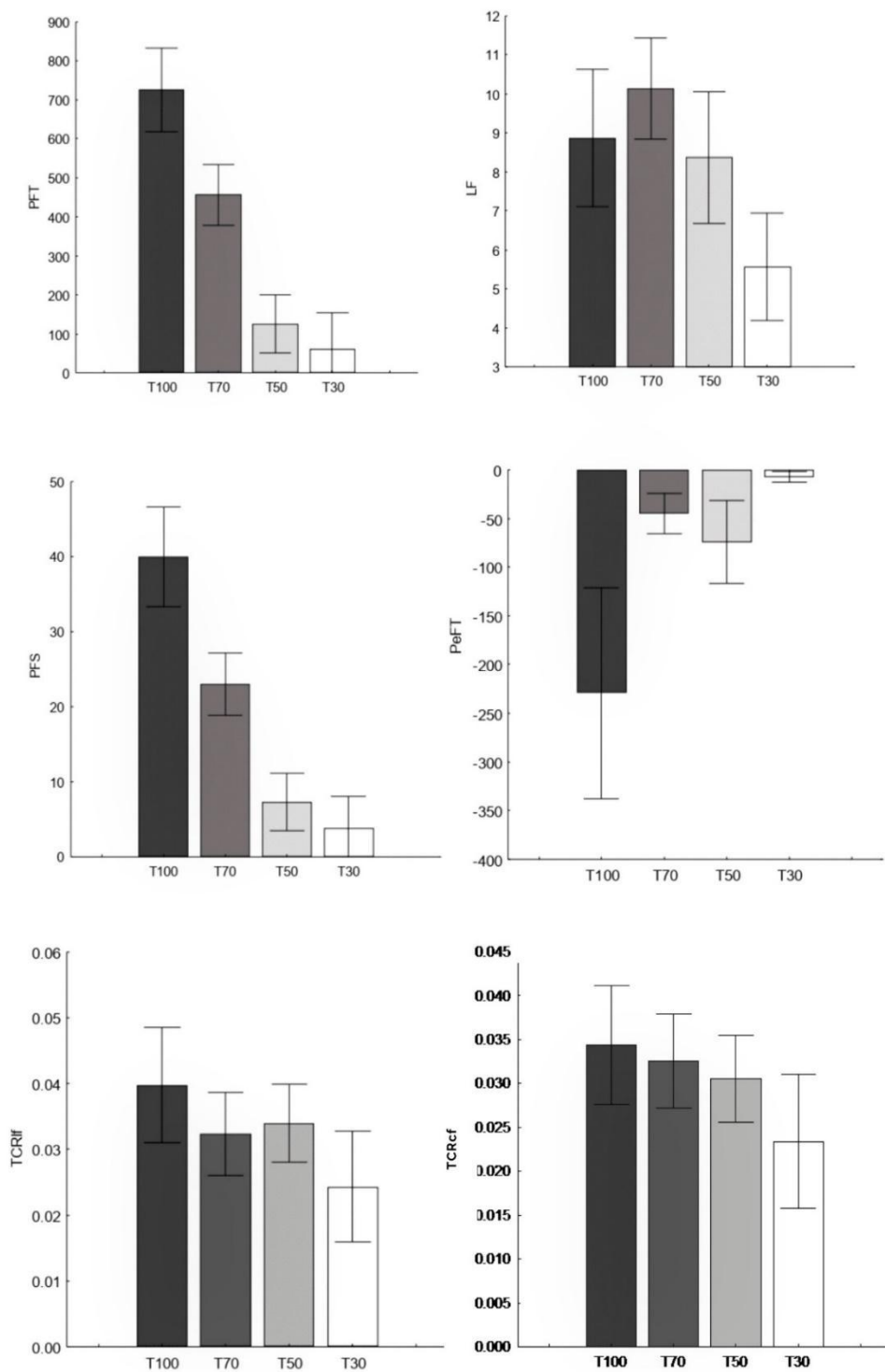
A menor produção foliar total (PTF) foi semelhante entre T30 e T50, diferindo dos demais tratamentos. Em comparação ao tratamento com maior disponibilidade de luz (T100), houve uma redução na produção de folhas em 37,09% no T70, de 82,77% no T50, sendo esta redução mais drástica no T30 com 91,64%. Além da maior produção de folhas no T100, observamos que este tratamento também possuía os maiores valores na abscisão das folhas (PEF) durante o monitoramento. As plantas perdiam menor quantidade de folhas à medida que reduzia os percentuais de disponibilidade de luz, sendo de 80,3% a menos no T70, 67,52% no T50% e de 97,02% no T30, quando comparado ao T100. A menor longevidade foliar foi constatada entre T30 e T70, sendo significativamente diferente dos demais tratamentos. Verificamos que 58% na produção total das folhas, 19% na perda das folhas e 8% da longevidade foliar foram explicados pela redução da disponibilidade de luz.

Tabela 1. Análise de GLM (modelo linear generalizado) mostrando a influência da luminosidade nos atributos vegetativos de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene.

	DF	SS	Error	MS	F	P	R ²
PFT	3	5121211	3344874	1707070	39,2973	0,0000	0,5895
PeFT	3	418967	1468359	139656	7,3235	0,0002	0,1917
PFS	3	14668	9580	4889	39,2957	0,0000	0,5895
LF	3	202,2131	1536,6580	67,4044	4,2548	0,0072	0,0890
TCAcf	3	0,2929	1,0963	0,0976	8,6399	0,0000	0,1865
TCRcf	3	0,0012	0,0217	0,0004	1,8301	0,1468	0,0243
TCAIf	3	0,1454	0,6777	0,0485	6,9376	0,0003	0,1512
TCRIIf	3	0,0024	0,0331	0,0008	2,3333	0,0788	0,0385

Legenda: DF: grau de liberdade; SS: soma dos quadrados; Error: valor do erro; MS: Média dos quadrados; F: Teste Fisher; P: <0.05- diferenças significativas; R: Percentual explicativo

Figura 2. Efeito da luminosidade nos atributos foliares de *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene.



Legenda: Tratamentos de variação de luminosidade: T30 = 30%; T50 = 50%; T70=70%; T100=100% (PFT = produção total de folhas; PFS = Produção foliar semanal; LF=Longevidade foliar; PeFT= Perda foliar total; TCRlf = Taxa de crescimento relativo em largura foliar; TCRcf= Taxa de crescimento relativo em comprimento foliar).

Todas as características vegetativas analisadas se mostraram plásticas, com maior destaque para o índice de plasticidade da distância relativa dos atributos: número de folhas (0,73), altura (0,68) e diâmetro (0,56), respectivamente os traços demonstrados mais plásticos durante o estudo. Este resultado torna explícito o impacto da intensidade luminosa no desenvolvimento vegetativo da *C. rotundifolia*, especialmente nos atributos supracitados.

6. DISCUSSÃO

A baixa cobertura vegetal que ocorre naturalmente em ecossistemas secos, permite que altas incidências de luz incidam diretamente no solo (LEBRIJA-TREJOS et al., 2011; ALVAREZ-ANÖRVE et al., 2012). Níveis estressantes de luminosidade podem alterar o crescimento e o desenvolvimento das espécies herbáceas, apresentando baixa atividade fotossintética e reduzido ganho de carbono (ABRAHAM, 2014; HEGER 2016; TRIPATHI et al., 2020). Tais respostas podem ser atenuadas pela combinação de outros fatores, com as secas nestas regiões (WHITECROSS et al., 2017; ANDRADE et al., 2015), porém existem espécies que sobrevivem a estas condições, sendo resultado de suas adaptações estruturais e fisiológicas necessárias para a tolerância aos diferentes níveis de estresse do ambiente (HOLMGREN et al., 2012).

Vários estudos têm fornecido evidências de que, embora existam respostas semelhantes no crescimento vegetativo entre a maioria das herbáceas de florestas tropicais secas em situações de alta intensidade de luz (RACHWAL et al., 2002; COLARES, 2005; SANTOS-MOURA et al., 2018), existem espécies que toleram condições mais sombreadas e são capazes de completar todo o seu ciclo de vida (SOARES et al., 2020). Diante disso, nossos resultados sugerem que a maior disponibilidade de luz é um fator determinante para que a *C. rotundifolia*, uma espécie perene da caatinga, invista no aumento da produção de suas folhas. Porém, a vida útil das folhas pode ser reduzida nestas condições, aumentando os processos de abscisão foliar (ALQUINI et al., 2003, RAMOS et al., 2004).

O aumento da produção de folhas na maior intensidade luminosa pode favorecer uma maior produção de fotoassimilados que são posteriormente alocados para o crescimento e para atingir a maturidade reprodutiva das populações herbáceas (PRIDER e FACELLI 2004; ZHAO et al., 2012; PEREIRA et al., 2018), necessários para que consigam tolerar ou evadir a estação seca nestes ambientes (MORENO et al., 2008; KOOYERS et al., 2015). Estas respostas podem explicar o motivo do aumento nas taxas de crescimento relativo em altura e diâmetro da planta que foram aferidas no tratamento de maior disponibilidade de luz.

Com base nisso, podemos inferir que a exposição prolongada de alta intensidade luminosa em um ambiente natural pode ser vantajosa para o estabelecimento dessa espécie, principalmente em áreas recém-abertas ou nas bordas de áreas fragmentadas. Portanto, esta espécie pode ser indicada em situação de restauração de ambientes degradados (LOCATELLI et al., 1991; QUIRK et al., 1992; CARVALHO e MOCHIUTTI, 1992; COSTA et al., 1998; COSTA et al., 2006; CAMARÃO et al., 2008; COSTA et al., 2013). No seu manejo deve ser plantado preferencialmente sem interferência de sombreamento, mesmo na época das chuvas.

Por outro lado, a variação na luminosidade não se mostrou um fator determinante para alterar as taxas relativas da expansão foliar, apenas nos valores absolutos, mostrando uma reposta diferente das consolidadas nas demais espécies de ambientes secos, que apresentam alta plasticidade em suas folhas (WHERLEY et al., 2005; LEMAIRE et al., 2009; ABRAHAM, 2015).

Mesmo diante das reduções das chuvas previstas, aumento da temperatura (RICHARDSON et al., 2013; DAI, 2013; IPCC, 2014; IPCC, 2021) e, conseqüentemente, possível aumento da luminosidade nos ecossistemas secos pela dinâmica da cobertura arbórea, não sabemos se a sobreposição de fatores estressantes poderá favorecer a propagação da *C. rotundifolia*, porém podemos inferir apenas para as mudanças nos padrões de luminosidade. Outro processo bastante preocupante é a desertificação que atualmente avança na caatinga (ARAÚJO e SOUSA, 2011; CERQUEIRA et al., 2019; TORRES et al., 2017), reduzindo a quantidade de nutrientes no solo, tornando o ambiente inviável para o estabelecimento e sobrevivência de diversas espécies herbáceas. Contudo, o cultivo extensivo de *C. rotundifolia* em regiões com esse problema é bastante aconselhável, principalmente quando COSTA (1998, 2013) ressalta uma boa adaptação desta espécie em solos pobre nutricionalmente, através de ótimo rendimento de biomassa e elevado teor de deposição de nutrientes.

PFT e PEF se mostraram como as características mais plásticas do estudo. Resultado por um lado esperado, visto que o sombreamento pode prejudicar o desenvolvimento foliar e a aparência do perfilho (WHERLEY et al., 2005; LEMAIRE et al., 2009; ABRAHAM, 2015), por outro lado um resultado surpreendente visto que estudos semelhantes na Caatinga como o de SILVA e colaboradores (2009) observaram que a menor incidência luminosa, em associação com a serapilheira, pode favorecer um aumento na densidade, na riqueza e na altura dos espécimes.

A plasticidade fenotípica é normalmente eleita como o principal mecanismo atuante para possibilitar a colonização de áreas exóticas e ambientalmente muito diferentes

(VALLADARES, 2006) sendo importante ressaltar também que segundo CHEVIN (2013), as flutuações de crescimento populacional desreguladas sofrem redução significativa quando existe um equilíbrio entre a plasticidade e a previsibilidade ambiental, evitando uma eventual extinção decorrente do agravamento desse problema. Geralmente sua causa é ligada a heterogeneidade do local onde o indivíduo está situado. Em outras palavras, a plasticidade fenotípica é resultado de pressões de seleção que surgem a partir da heterogeneidade ambiental (BRADSHAW, 1965).

7. CONCLUSÃO

Nossos resultados sugerem que a maior disponibilidade de luz é um fator determinante para que a *C. rotundifolia*, uma espécie perene da caatinga, invista no aumento da produção de suas folhas. Porém, a vida útil das folhas pode ser reduzida nestas condições, aumentando os processos de abscisão foliar. O aumento da disponibilidade de luz influenciou positivamente no aumento das taxas de crescimento relativo em altura e diâmetro da planta, porém não se mostrou um fator determinante para alterar as taxas relativas da expansão foliar, apenas nos valores absolutos. Com base nisso, podemos inferir que a exposição prolongada de alta intensidade luminosa em um ambiente natural pode ser vantajosa para o estabelecimento dessa espécie, principalmente em áreas recém-abertas ou nas bordas de áreas fragmentadas. Portanto, *C. rotundifolia* pode ser indicada em situação de restauração de ambientes degradados, pois a consideramos como uma espécie pioneira ou oportunista. No seu manejo deve ser plantado preferencialmente sem interferência de sombreamento, mesmo na época das chuvas.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, E.M; KYRIAZOPOULOS, A.P.; PARISSI, Z.M. Growth, dry matter production, phenotypic plasticity, and nutritive value of three natural populations of *Dactylis glomerata* L. Under various shading treatments. *Agroforest syst* 88: 287–299, 2014, doi:10.1007/s10457-014-9682-9
- ADIR, N.; SHOCHAT, S.; OHAD, I. Photoinhibition: a historical perspective. *Photosynthesis Research* 76: 343-376, 2003.
- ALBUQUERQUE, U.P. et al. Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. *The Scientific WorldJ* 2012: 2012.
- ALBUQUERQUE, U.P.; ARAÚJO, E.L.; CASTRO, C.C.; ALVES, R.R.N. People and natural resources in the caatinga. *Caatinga*. In j. Silva i. Leal m. Tabarelli (eds.), *Caatinga: the largest tropical dry forest region in south america*. P.303-333. Springer international publishing, springer. 2017.
- ALQUINI, Y.; BONA, C.; BOEGER, M.R.T.; COSTA, C.G.; BARROS, C.F. Epiderme. In: Apezato, G.B., Carmello-Guerreiro, S.M. (Ed.). *Anatomia vegetal*. Viçosa: UFV, p.87-108, 2003.
- ALVAREZ-AÑORVE, M.Y.; QUESADA, M.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G.A.; AVILA-CABADILLA, L.D.; GAMON, J.A. Functional regeneration and spectral reflectance of trees during succession in a highly diverse tropical dry forest ecosystem. *Am J of Botany* 99: 816-826, 2012.
- ANDRADE, J.R.; SILVA, K.A.; SANTOS, J.M.F.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. *Rev bio trop* 63: 357-368, 2015.
- ANGELOTTI, F.; FERNANDES JÚNIOR, P.I.; SA, I.B. Mudanças climáticas no semiárido brasileiro: medidas de mitigação e adaptação. Embrapa semiárido-artigo em periódico indexado (Alice), 2011.
- ARAÚJO, E.L., CASTRO, C.C., ALBUQUERQUE, U.P. Dynamics of Brazilian Caatinga – A Review Concerning the Plants, Environment and People. *Functional ecology and communities*, 1, 15-28, 2007.
- ARAÚJO, V.K.R.; SANTOS, J.M.F.F.; ARAÚJO, E.L.; PIMENTEL, R.M.M.; SILVA, K.A. Influence of leaf morphometric variations on the growth of seedlings and juveniles of woody species in a semiarid environment. *Braz J Botany* 5:18-10, 2017.
- ARAÚJO, C.S.F.; SOUSA, A.N. Estudo do processo de desertificação na caatinga: uma proposta de educação ambiental. *Ciência & Educação* 17(4): 975-986, 2011.
- ARAÚJO, E. L. Estresses abióticos e bióticos como forças, modeladoras da dinâmica de populações vegetais da caatinga. In: Nogueira et al. *Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas*. Recife: UFRPE, Imprensa universitária, p.500, 2005.
- ARAÚJO, E.L.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; SILVA, S.I.; SILVA, K.A.; SANTOS, A.V.C.; SANTIAGO, G.A. Ecofisiologia de plantas da caatinga e implicações na dinâmica das populações e do ecossistema. *Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos*, 1, 329-361, 2008.
- BRAGA, R. *Plantas do nordeste, especialmente do Ceará*. Fortaleza: imprensa oficial.
- BOSCAN, N.M.; DEDORDY, R.J.; REQUENA, J.R. Estado actual de la distribución geográfica y hospederas de *Anastrepha* spp. (Diptera-Trypetidae) en Venezuela. *Agronomía Tropical* 30(1-6): 55-63, 1982.
- CAI ZQ. 2011. Shade delayed flowering and decreased photosynthesis, growth and yield of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) plants. *Ind Crops Prod* 34:1235-1237.

CAMARÃO, A. P.; SOUZA FILHO, A.P.S.; LOPES, O.M.N. Limitações e potencialidades da leguminosa *Chamaecrista rotundifolia* para alimentação de ruminantes no Pará. Embrapa Amazônia Oriental-documentos (Infoteca-e), 2008.

CAMARGO, R.A.; MIOTTO, S.A.; SFOGGIA, T. O gênero *Chamaecrista* Moench (Leguminosae-Caesalpinioideae) no Rio Grande do Sul. Iheringia. Série Botânica. 59(2): 131-148, 2004.

CAMPOS, L.V. et al. Construção colaborativa do conhecimento sobre o conceito de plasticidade fenotípica do Boldo Brasileiro quanto ao crescimento e à reprodução. Revista Ciências & Ideias ISSN: 2176-1477, 2020, 11.1: 282-297.

CARVALHO, A.C.A.; MOCHIUTTI, S. Leguminosas para adubação verde e cobertura do solo no estado do Amapá. In: Embrapa amapá-resumo em anais de congresso (Alice). In: mesa redonda sobre recuperação de solos através do uso de leguminosas, 1991, manaus.[Trabalhos e recomendações]. Belém, PA: (Embrapa-cpatu. Documentos, 67). P. 71-81., 1992.

CECCON, E.; HUANTE, P.; RINCÓN, E. Abiotic factors influencing tropical dry forests regeneration. Braz Arch Bio Techno 49:305-312, 2006.

CERQUEIRA, M.A.; RODRIGUES, F.M.; ALMEIDA, G.V.L. Susceptibilidade à desertificação para o estado de Pernambuco. Geosul, v. 35, n. 76, p. 151-170, 2020.

CHEVIN, L.M.; COLLINS, S.; LEFÈVRE, F. Phenotypic plasticity and evolutionary demographic responses to climate change: taking theory out to the field. Functional Ecology, v. 27, n. 4, p. 967-979, 2013.

COLARES, I.G.; SEELIGER, U. Influência da luz sobre o crescimento e a produção de biomassa de *Ruppia maritima* L. Em cultivo experimental. Acta Botanica Brasilica 20(1): 31-36, 2006.

COSTA, N.L. et al. Resposta de *Cassia rotundifolia* à inoculação de micorrizas arbusculares. Embrapa Roraima-artigo em periódico indexado (Alice), 2013.

COSTA, N.L.; LEÔNIDAS, F.C.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; VIEIRA, A.H. Avaliação de leguminosas arbóreas e arbustivas de múltiplo uso em Rondônia. Porto velho: Embrapa Rondônia (Boletim de pesquisa, 27), 11p. 1998.

COSTA, N. DE L.; MAGALHÃES, J.A.; PAULINO, V.T.; PEREIRA, R.G.A. Utilização de sistemas silvipastoris na Amazônia ocidental brasileira. Revista electrónica de Veterinaria 2:1- 16, 2006.

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

DAI, Y.; SHEN, Z. LIU, Y.; WANG, L.; HANNAWAY, D.; LU, H. Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence, and chlorophyll content of *Tetragymma hemsleyanum* Diels et Gilg. Environmental and Experimental Botany, v. 65, p. 177-182, 2009.

DÍAZ-BARRADAS, M.C.; ZUNZUNEGUI M.; ALVAREZ-CANSINO L.; ESQUIVIAS, M.P.; VALERA, J.; RODRÍGUEZ, H. How do mediterranean shrub species cope with shade? Ecophysiological response to different light intensities. Plant Bio 20:296-306, 2017.

DUCKE, A. Notas sobre a flora Neotropical-ii: as leguminosas da Amazônia brasileira (ed. 2). Boletim técnico do instituto agrônomo de norte, v. 18, p. 1-248, 1949.

FORSMAN, A. Rethinking phenotypic plasticity and its consequences for individuals, populations and species. Heredity, 2015; 115(4), 276.

HEADY, H.F. et al. Range and wildlife management in the tropics. Longman group, 1982.

HEGER, T. Light availability experienced in the field affects ability of following generations to respond to shading in an annual grassland plant. J ecol 104:1432-1440, 2016.

HELENE, O; HELENE, A.F. Alguns aspectos da óptica do olho humano. Revista Brasileira de Ensino de Física 33(3), 2011.

HOLMGREN, M.; GÓMEZ-APARICIO, L.; QUERO, J.L.; VALLADARES, F. Non-linear effects of drought under shade: reconciling physiological and ecological models in plant communities. *Oecol* 169:293-305, 2012.

HUANG, J. et al. Global semi-arid climate change over last 60 years. *Climate dynamics* 46(3-4): 1131-1150, 2016.

IPCC 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 [core writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, geneva, switzerland, 151 pp. 2014:

IPCC Climate change 2021: An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. IPCC, geneva, switzerland, 43 pp. 2021.

JAGODZIŃSKI, A.M.; DYDESKI, M.K.; RAWLIK, K.; KAŃNA, B. Seasonal variability of biomass, total leaf area and specific leaf area of forest understory herbs reflects their life strategies. *Forest Ecology and Management*, 374, 71-81, 2016.

KOOYERS, N.J. The evolution of drought escape and avoidance in natural herbaceous populations. *Plant sci.* 234, 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.Plantsci.2015.02.012>, 2015.

LACERDA, F.F. et al. Extremos e variabilidade climática no nordeste brasileiro e em Pernambuco. Embrapa semiárido-capítulo em livro técnico (Infoteca-e), 2010.

LACERDA, F.F. et al. Índices climáticos extremos para o município de Petrolina, pe. In: Embrapa semiárido-artigo em anais de congresso (Alice). In: congresso Brasileiro de Meteorologia, 16., 2010.

LACERDA, F.F. et al. Tendência do clima do semiárido frente às perspectivas das mudanças climáticas globais; o caso de Araripina, Pernambuco. *Revista do departamento de geografia*, v. 31, p. 132-141, 2016.

LEBRIJA-TREJOS, E.; PÉREZ-GARCÍA, E.A.; MEAVE, J.A.; POORTER, L. BONGERS, F. Environmental changes during secondary succession in a tropical dry forest in mexico. *J Trop Ecol* 27:477-489, 2011.

LEMAIRE, G.; SILVA, S.C.; AGNUSDEI, M.; WADE, M.; HODGSON, J. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. *Grass and Forage Science* 64(4), 341-353, 2009.

LOCATELLI, M.; PALM, C.A.; SMYTH, T.J.; RICCI, M.S.F. Seleção de leguminosas para cultivo alley-cropping sob condições de latossolo amarelo em Porto Velho, Rondônia, brasil. Porto velho: Embrapa-Cpaf Rondônia, 7p. (Pesquisa em andamento, 125), 1991.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in northeast brazil-past, present, and future. *Theor. Appl. Climatol.* 129(3-4):1189-1200, 2017.

MARENGO, J.A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. MMA, Brasília, 202p. Ilust. (Série biodiversidade, v.26), 2006.

MICHAELK, D.L.; ZHI-KAI, H. Grassland improvement in subtropical Guangdong province, China. *Tropical Grasslands* 28:129-138, 1994.

MORENO, M.; GULÍAS, J.; LAZARIDOU, M.; MEDRANO, H.; CIFRE, J. Ecophysiological strategies to overcome water deficit in herbaceous species under mediterranean conditions. *Opt. Medit.* 79, 247-257, 2008.

MURREN, C.J.; AULD, J.R.; CALLAHAN, H.; GHALAMBOR, C.K.; HANDELSMAN, C.A.; HESKEL, M.A.; PFENNIG, D.W. Constraints on the evolution of phenotypic plasticity: limits and costs of phenotype and plasticity. *Heredity* 115(4): 293, 2015.

NICOTRA, A.B., ATKIN, O.K.; BONSER, S.P.; DAVIDSON, A.M.; FINNEGAN, E.J.; MATHESIUS, U.; POOT, P.; PURUGGANAN, M.D.; RICHARDS, C.L.; VALLADARES, F.; VAN KLEUNEN, M. Plant phenotypic plasticity ina changing climate. *Trends in plant Science* 15(12), 684-692, 2010.

OELZE, M.L., VOGEL, M.O., ALSHARAF, K., KAHMANN, U., VIEHHAUSER A., MAURINO, V.G., DIETZ K.J. Efficient acclimation of the chloroplast antioxidant defence of *Arabidopsis thaliana* leaves in response to a 10- or 100- fold light increment and the possible involvement of retrograde signals. *Journal of Experimental Botany* 63: 1297- 1313, 2012.

ORT, D.R. When there is too much light. *Plant Physiology* 125: 29-32. 2001.

PARTRIDGE, I. J.; WRIGHT, J. W. The value of round-leaved *Cassia* (*Cassia rotundifolia* CV. Wynn) in a native pasture grazed with steers in south-east queensland. *Tropical grasslands* 26: 263-263, 1992.

PBMC Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do grupo de trabalho 1 do painel brasileiro de mudanças climáticas ao primeiro relatório da avaliação nacional sobre mudanças climáticas [Ambrizzi, T., Araujo, M. (Eds.)]. Coppe. Universidade federal do Rio de Janeiro, Brasil, 356 pp., 2014.

PEREIRA, M.A. et al. Luminosity levels affect the initial seedlings growth and nutrient accumulation in *khaya senegalensis* A. Juss. *Cerne* 24(4): 344-351, 2018.

PERI, P. L., R. J. LUCAS, AND D. J. MOOT. Dry matter production, morphology and nutritive value of dactylis glomerata growing under different light regime. *Agroforestry Systems* 70(1): 63-79, 2007.

PERINI, V.B.M.; CASTRO, H.G.; CARDOSO, D.P.; LIMA, S.O.; AGUIAR, R.W.S.; MOMENTÉ, V.G. Efeito da adubação e da luz na produção de biomassa do capim citronela. *Bioscience Journal* 27: 924-929, 2011.

PETERS, M.; TARAWALI, S. A.; ALKAMPER, J. Evaluation of tropical pasture legumes for fodder banks in subhumid nigeria. 1. Accessions of *Centrosema brasilianum*, *C. Pascuorum*, *Chamaecrista rotundifolia* and *Stylosanthes hamata*. *Tropical Grasslands*, 1994.

PIGLIUCCI, M. Phenotypic plasticity: beyond nature and nurture. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 2001

PRIDER, J.N.; FACELLI, J.M. Interactive effects of drought and shade on three arid zone chenopod shrubs with contrasting distributions in relation to tree canopies. *Funct Ecol* 18:67-76, 2004.

QUIRK, M.F.; WILSON, R.J.; BLIGHT, G.W. *Cassia* (*Cassia rotundifolia* CV. Wynn) improves the feed intake and liveweight gain of cattle feed poor quality native pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 32: 1005-1009, 1992.

RACHWAL, M.F.G. et al., Influência da luminosidade sobre a produção de massa foliar e teores de macronutrientes, fenóis totais, cafeína e teobromina em folhas de erva-mate. Embrapa florestas-comunicado técnico (infoteca-e), 2002.

RAMOS, K.M.O.; FELFILI, J.M.; FAGG, C.W.; SOUSA-SILVA, J.C.; FRANCO, A.C. Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Allemão) AC Smith, em diferentes condições de sombreamento. *Acta Botanica Brasilica* 2:351-358, 2004.

RICHARDSON, A.D.; KEENAN, T.F.; MIGLIAVACCA, M.; RYU, Y.; SONNENTAG, O.; TOOMEY, M. Climate change, phenology, and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system. *Agric Forest Meteo* 169:156-173, 2013.

RIGINOS, C.; GRACE, J.B.; AUGUSTINE, D.J.; YOUNG, T.P. Local versus landscape effects of savanna trees on grasses. *Journal of Ecology* 97: 1337-1345, 2009.

SALAZAR, L.F; NOBRE, C.A.; OYAMA, M.D. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South América. *Geophysical research letters*, v. 34, p.1-6. 2007.

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. *Environ Monit Assess* 185:8287-8302, 2013a

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 northeastern Brazil? *Flora* 208:445-452, 2013b.

SANTOS-MOURA, SUELI et al. Efeito do sombreamento em *dimorphandra gardneriana* Tul. Produção de mudas. *Bioscience Journal* 34(5), 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* 23: 100-110, 2009.

TAIZ, L., ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Tradução de E.R. Santarém et al. 3.ed. Alegre: Artmed, 720p. 2004.

TAVARES, V.C.; ARRUDA, Í.R.P.; SILVA, D.G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. *Geosul* 34(70): 385-405, 2019.

TORRES, R.R.; LAPOLA, D.M.; GAMARRA, N. L.R. Future climate change in the caatinga. In: *Caatinga*. Cham Springer, P. 383-410, 2017.

TRIPATHI, S. et al. Effects of light availability on leaf attributes and seedling growth of four tree species in tropical dry forest. *Ecological processes*, v. 9, n. 1, p. 1-16, 2020.

VALADÃO, M.B.X.; MARIMON, J.B.H.; MORANDI, P.S.; REIS, S.M.; OLIVEIRA, B.D.; OLIVEIRA, E.A.D.; MARIMON, B.S. Initial development and biomass partitioning of *Physocalymma scaberrimum* Pohl (Lythraceae) under different shading levels. *Scientia* 42:129-139, 2014.

VALLADARES, F.; SANCHEZ-GOMEZ, D.; ZAVALA, M. A. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. *Journal of ecology* 94(6): 1103-1116, 2006.

VIEIRA, D.L.M.; SCARIOT, A. Principles of Natural regeneration of tropical dry forests for restoration. *Restoration Ecology* 14: 11-20, 2006.

WHERLEY, B.G.; GARDNER, D.S.; METZGER, J.D. Tall fescue photomorphogenesis as influenced by changes in the spectral composition and light intensity. *Crop science*, 45(2): 562-568, 2005.

WHITECROSS, M.A.; WITKOWSKI, E.T.F.; ARCHIBALD, S. Savanna tree-grass interactions: a phenological investigation of green-up in relation to water availability over three seasons. *South African Journal of Botany* 108: 29-40, 2017.

ZHAO, D.; HAN, C.; ZHOU, C.; TAO, J. Effect of shade on herbaceous peony under high temperature. *Plant Physiol Bioch* 61:187-196, 2012.

ZHAO, D. HAO, Z.; TAO, J. Effects of shade on plant growth and flower quality in the herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* Pall.). *Plant Phys Bioch* 61:187-196, 2012.