

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

**EFEITO DA ADIÇÃO DE NUTRIENTES E ÁGUA SOBRE A PLANTA
EXÓTICA INVASORA *Calotropis procera* EM ÁREA CAMPESTRE DO
CERRADO**

RENAN BICEGLIA FERREIRA

Ilha Solteira - SP
2022

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Cursos: Eng^a Agrônômica, Ciências Biológicas, Eng. Civil, Eng. Elétrica, Eng. Mecânica, Física, Matemática e Zootecnia.
Avenida Brasil Centro, 56 CEP 15385-000 Ilha Solteira São Paulo Brasil pabx (18)

3743 1000 fax (18) 3742 2735 scom@adm.feis.unesp.br www.feis.unesp.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

**EFEITO DA ADIÇÃO DE NUTRIENTES E ÁGUA SOBRE A PLANTA
EXÓTICA INVASORA *Calotropis procera* EM ÁREA CAMPESTRE DO
CERRADO**

RENAN BICEGLIA FERREIRA

Orientadora: Profa. Dra. Lucíola Santos Lannes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia, Câmpus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Ilha Solteira - SP
2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

F383e Ferreira, Renan Biceglia.
Efeito da adição de nutrientes e água sobre a planta exótica invasora
Calotropis procera em área campestre do cerrado / Renan Biceglia Ferreira. --
Ilha Solteira: [s.n.], 2022
32 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2022

Orientador: Lucíola Santos Lannes
Inclui bibliografia

1. *Calotropis procera*. 2. Invasora. 3. Campo. 4. Cerrado. 5. Nutrientes. 6.
Água.

Raiane da Silva Santos
Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**"EFEITO DA ADIÇÃO DE NUTRIENTES E ÁGUA SOBRE A PLANTA EXÓTICA INVASORA
CALOTROPIS PROCERA EM ÁREA CAMPESTRE DO CERRADO"**

RENAN BICEGLIA FERREIRA

REGULAMENTO SOBRE A AVALIAÇÃO:

Artigo 25º - § 2º A apresentação pública do trabalho de TCC deverá ser de no mínimo 20 (vinte) minutos e máxima de 40 (quarenta) minutos. Após um intervalo de 5 (cinco) minutos, haverá a arguição do Trabalho pelos examinadores. O tempo de arguição, será de até 15 (quinze) minutos para cada examinador, e até 15 (quinze) minutos o tempo para a resposta do(a) aluno(a) a cada examinador ou no caso de se optar pelo diálogo o tempo conjunto entre examinador e acadêmico(a) será de no máximo 30 (trinta) minutos.

Artigo 24º - No julgamento do TCC, a banca examinadora deverá avaliar a apresentação oral, escrita e a defesa do trabalho durante a arguição. O conceito final será APROVADO(A) ou REPROVADO(A).

COMISSÃO EXAMINADORA

1ª EXAMINADORA (Orientadora-Presidente)

Nome: Profª. Drª. Lucíola Santos Lannes



2º EXAMINADOR

Nome: B. Sc. Gustavo dos Santos Cotrim



3ª EXAMINADORA

Nome: Ms. Sc. Julliene Stephanie Guaraldi Monteiro da Silva



CONCEITO

(●) Aprovado(a)

() Reprovado(a)

Ilha Solteira-SP, 08 de fevereiro de 2022.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a orientadora Lucíola Santos Lannes que com sua excelência e hospitalidade me inspirou a concluir a modalidade do bacharel com essa pesquisa, resgatando minha essência de paixão à natureza e à curiosidade, do amor a ciência e o saber, por vezes perdidos entre a infância e atribulações adultas. Minha gratidão aos integrantes do Laboratório de Ecologia Vegetal, um grupo disposto em auxiliar prontamente nas atividades, mesmo durante a pandemia, rotina acadêmica agitada e calor intenso de Ilha Solteira. Meus sinceros agradecimentos à equipe técnica da FEPE Pomar, trabalhadores exemplares sempre prontos em nos auxiliar, em especial ao técnico Alexandre que acompanhou tantas regas e zelou pelo espaço experimental. À todas amizades do decorrer da graduação. Em especial todos acadêmicos que encaram nossa rotina e realidade desafiadora com bravura, orgulho, afeto e alegria. Às repúblicas que residi e seus integrantes: República Selva e República Cutucano que redimensionaram meu conceito de “lar”. À Associação Acadêmica Batera do Inferno cuja organização, participação e integrantes são grandiosos colaboradores da minha felicidade e edificação pessoal. Meu agradecimento em especial para Luiz Miguel dos Santos Barbosa, preciosa amizade e companhia, que me hospedou e auxiliou durante o experimento, sempre me motivando e compartilhando muitos dos momentos mais especiais que vivi durante a graduação. Ao meu par amoroso, Agatha Yukari Horoiwa, que me acompanhou integralmente no ano do experimento. Que além de namorada é uma amiga me conhece há 8 anos, desde o princípio da graduação, que me relembra das minhas qualidades e capacidades, que retrata minha evolução, e cuja empolgação e amor foram empoderadores nos meus últimos passos dessa graduação. Obrigado por ser meu abrigo nessa trajetória e me iluminar com sua companhia. Dou graças ao suporte dos meus pais, Unespianos cujo romance aconteceu graças ao meio acadêmico. Em memória à minha mãe, Ilza Lígia Biceglia, com sua inspiradora dedicação a seus projetos e força de enfrentamento aos eventos empeciliosos da vida. Pelo meu pai, um educador que sempre estimulou e admirou minha relação com o conhecimento, sendo exemplo de paciência, generosidade e humildade. Às vezes eu me sinto despedaçado. Mas me remonto, renascido, com partes de tudo e de todos, em um mosaico belo como nunca visto. Obrigado por fazer parte de mim.

RESUMO

Quando menciona-se o alarme sobre as mudanças climáticas e o desequilíbrio ambiental global, a perda da biodiversidade já é bem reconhecida como umas das questões a receber amparo cognitivo e resolutivo. As espécies invasoras são apontadas como grandes contribuidoras para o desarranjo da biodiversidade e são parte tanto da causa como do efeito dos impactos ambientais antrópicos. No interior do estado de São Paulo, o município de Ilha Solteira às margens do Rio Paraná se abriga dentro de uma área de Cerrado e hospeda *Calotropis procera* (Apocynaceae) uma espécie invasora. *C. procera* é uma planta xerófita, originária do Oriente médio e possui enorme distribuição geográfica e forte poder de expansão. Este estudo buscou avaliar os efeitos da aplicação de nutrientes e água no desenvolvimento de *C. procera*, em área campestre de Cerrado, objetivando identificar atributos possivelmente potencializadores desta invasora passíveis de contribuir para o seu manejo. Durante um período de 110 dias, 48 exemplares em campo de *C. procera* foram submetidos a 8 tratamentos: Controle; Nitrogênio; Fósforo; Nitrogênio e Fósforo; Controle Irrigado; Nitrogênio Irrigado; Fósforo Irrigado; Nitrogênio e Fósforo Irrigado. A análise de 7 variáveis (Biomassa Aérea Úmida, Altura, Diâmetros de Perfilhos, Número de Perfilhos, Número de Pedúnculos Florais, Número de Frutos e Área Foliar Específica) indicou que os tratamentos exerceram efeitos limitados sobre a planta. *C. procera* demonstrou maior perfilhamento nos tratamentos Controle e Nitrogênio Sem Irrigação em relação aos seus pares irrigados. O maior diâmetro de perfilhos de *C. procera* foi constatado no tratamento Controle Sem Irrigação. Em relação ao tratamento com adição de nutrientes, observou-se maior número de frutos sob o tratamento Fósforo e Nitrogênio e Fósforo Irrigado em relação ao Controle Irrigado. Os resultados demonstram que *C. procera*, apesar de apresentar forte independência em relação à irrigação, pode se beneficiar parcialmente do aumento da oferta de nutrientes no local em que habita. Medidas de controle de plantas invasoras, incluem o manejo do solo, ações preventivas contra a introdução de espécimes e conservação da flora nativa, os resultados aqui apresentados indicam que esta espécie é adaptada as condições de Cerrado e possui potencial para invasão de áreas nativas e agrícolas potenciais.

Palavras-chave: *Calotropis procera*; invasora; campo; Cerrado; nutrientes; água.

ABSTRACT

When mentioning the worldwide warning about climatic changes and environmental imbalance, biodiversity loss is already well known as one of the topics to receive cognitive and resolute support. Invasive species are pointed out as great contributors for biodiversity loss and are cause and effect to anthropic environmental impacts. In the State of São Paulo, the city of Ilha Solteira stands by the Rio Paraná shores inside a Cerrado area and hosts *Calotropis procera* (Apocynaceae), an invasive species. *C. procera* is a xerophytic plant, originally from the Middle East and has great expansion power and large geographic distribution. This study aimed to evaluate the effects of fertilization and irrigation upon growth of *C. procera* in a Cerrado grassland area, aiming to identify possibly potentiating attributes to this invasive species and contribute to its management. During a 110 days period, 48 field samples of *C. procera* were subject to 8 treatments: Control; Nitrogen; Phosphorus; Nitrogen & Phosphorus; Watered Control; Watered Nitrogen; Watered Phosphorus; Watered Nitrogen & Phosphorus. The analysis of 7 variables (Aerial Biomass, Height, Tiller Diameter, Tiller Count, Floral Peduncle Count, Fruits Count and Specific Leaf Area) showed that the treatments had only a limited effects upon the plant. *C. procera* had a bigger tillers on non-watered Control and Nitrogen treatment when comparing to the same watered treatments. Bigger tiller diameter was also detected in non-watered Control treatment. When watered, the Phosphorus treatment showed the highest fruit count. The results showed that *C. procera* had strong independence from watering, however it could benefit from a rise of nutrients availability in its habitat. Controlling actions for invasive plants include: soil management, preventive actions against specimen introduction and native floral conservation. The proposed results indicate that this species is adapted to Cerrado conditions and has great invasive potential at native and potential agricultural areas.

Keywords: *Calotropis procera*; invasive; grassland; Cerrado; nutrients; water.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS E HIPÓTESES	13
3	MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1	ÁREA E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS	14
3.2	COLETA DE DADOS	17
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5	CONCLUSÃO	27
	REFERÊNCIAS	28

LISTA DE FIGURAS E TABELA

Figura 1. Registro Pluviométrico	15
Figura 2. Área do Estudo	15
Figura 3. Distribuição dos exemplares do experimento na área de estudo	16
Figura 4. Registro fotográfico da fase de desenvolvimento experimental	17
Figura 5. Registro fotográfico da fase da colheita e coleta de dados	18
Tabela 1. Efeitos integrados de fertilização e irrigação (2-way ANOVA)	21
Figura 6. Efeitos individuais de fertilização e irrigação (1-way ANOVA e Teste t)	22

1 INTRODUÇÃO

Por entre todas as buscas resolutivas da ciência, em relação às problemáticas que afligem a humanidade, vive-se hoje mais do que nunca um período de alarme em relação às emergências ambientais globais. Em retrospectiva ao último século, as ideologias de sustentabilidade e equilíbrio ambiental começaram a ser tardiamente exploradas, visto as mudanças de grande magnitude causadas ao ambiente pela demanda exploratória humana.

A taxa, escala, e magnitude das mudanças antrópicas no sistema climático desde meados do 20º século sugerem a definição de uma nova era geológica, o Antropoceno, se referindo a era na qual atividades humanas estão alterando componentes majoritários do sistema da Terra e deixando marcas mensuráveis que ficarão permanentes no registro geológico (IPCC, 2021).

Essas alterações incluem não somente a mudança climática em si, mas também mudanças químicas e biológicas no sistema da Terra como rápida acidificação oceânica graças a elevação de dióxido de carbono antropogênico, destruição em massa das florestas tropicais, perda mundial de biodiversidade e a sexta extinção em massa de espécies (IPBES, 2019).

A introdução de espécies exóticas é uma dessas atividades humanas com uma resultante negativa à biosfera, fazendo definhar as configurações saudáveis dos espaços naturais. Denomina-se espécie exótica (ou espécie introduzida) aquela que habita um ambiente diferente da sua ocupação original, através de mediação ou interferência humana (CDB COP6, Decisão VI/23, 2002). Uma espécie exótica que se estabelece nesse novo ambiente com população notável e começa a competir com as populações nativas a ele é tomada como uma espécie invasora, sendo identificada como nociva à saúde ecológica do local. Espécies introduzidas de maneira geral podem ser divididas em dois grandes grupos: (I) introdução voluntária onde se pretende fazer uso para fins específicos da espécie (vegetais para agricultura e uso ornamental, animais para pecuária e ambiente doméstico); (II) introdução involuntária/acidental onde indivíduos são introduzidos ao acaso a um ambiente não coerente com o original (como exemplo, a introdução por água de lastro em embarcações, levando fauna pertencente de um continente a outro).

Embora ainda se discuta particularidades da terminologia empregada, três premissas são apresentadas por Chame (2009) e consideradas consenso para se identificar as espécies

exóticas invasoras: (1ª) que ela esteja fora da área de origem ecológica; (2ª) que sua dispersão tenha sido realizada ou facilitada por ações ou movimentos humanos, intencionais, acidentais ou facilitados por ações anteriores; e (3ª) que sua dispersão ameace ecossistemas, habitats e outras espécies.

Correlaciona-se a movimentação e estabelecimento de espécies exóticas como um dos fatores, tanto consequentes, tanto contribuidores, ao desequilíbrio ambiental que vem se estabelecendo no decorrer desse milênio. Segundo o IPCC (2021) “No último século, houve uma marcante e crescente mudança na distribuição de muitas espécies terrestres assim como houve um aumento na decadência de espécies dentro de muitos ecossistemas. Existe também alta confiança de que a distribuição das zonas climáticas geográficas mudou em muitas partes do mundo na última metade de século”. O conjunto de impactos, composto pela perda natural de habitat e alocação de espécies exóticas, soma a justificativa da aplicação do estudo das espécies invasoras e sua relevância na emergência ambiental que se vive.

Um dos mais importantes pilares configuracionais de um bioma é a sua vegetação. A cobertura vegetal tem relação direta com uma série de fatores, bióticos e abióticos, como por exemplo: influenciando nos fatores climáticos como temperatura, regulações pluviais e fluviais; estabelecimento de cadeias alimentares; participando de ciclos biogeoquímicos e afins. A substituição de plantas nativas por plantas invasoras compromete as funções ecológicas citadas e já era bem reconhecida também como comprometedora economicamente ao final do século passado: Segundo Pimentel *et al.* (2001) “No Brasil, espécies herbáceas exóticas compõem até 75% das espécies herbáceas não desejáveis (plantas daninhas) presentes em áreas de produção agrícola. Plantas herbáceas exóticas contribuem para redução de 13,4% da produção do pasto e da colheita, causando cerca de US\$ 17 bilhões por ano de perdas. Essas e outras plantas invasoras mudam ecossistemas naturais fundamentais, alteram o regime de queimadas, e reduzem a produção de recursos para animais nativos. Das 55.000 espécies de plantas conhecidas no Brasil, se estima que 21.1% (11.605) são espécies exóticas”.

Invasões biológicas têm impactos sobre a diversidade biológica e a provisão de serviços ambientais, a economia, a saúde e a conservação do patrimônio genético e natural, requerendo abordagens interdisciplinares que envolvem instituições distintas. É necessário orientar a implementação de medidas para evitar a introdução, dispersão e reduzir significativamente o impacto de espécies exóticas invasoras sobre a biodiversidade brasileira

e serviços ecossistêmicos, assim como controlar ou erradicar espécies exóticas invasoras (CONABIO, 2018). Nos intitulados seis componentes da estratégia nacional de combate a espécies invasoras, encontra-se a pesquisa científica como um desses itens. Segundo esse parâmetro é necessário “incentivar a pesquisa para subsidiar a implementação de ações de prevenção, controle e mitigação de impactos de espécies exóticas invasoras” (CONABIO, 2018).

Plantas invasoras competem por água, luz e, geralmente, são ótimas aproveitadoras da disponibilidade de nutrientes, mesmo que essa disponibilidade seja escassa (LANNES *et al.*, 2012; SIMÕES, 2014). Apresentam características como resistência a patógenos, tolerância ao desfolhamento e à herbivoria, têm alta capacidade de regeneração, longo período de floração e frutificação, alta capacidade de propagação vegetativa, entre várias outras características que favorecem o rápido crescimento da sua população. Estas características contribuem para que as espécies exóticas reduzam a disponibilidade de espécies nativas, pois a sua população tende a aumentar mais rapidamente devido à ausência de inimigos naturais no local (FRANÇA, 2020). Outra habilidade é a plasticidade fenotípica. Plantas exóticas têm mostrado modificações na alocação de recursos através de mudanças em parâmetros fisiológicos e morfológicos. Alterações na taxa fotossintética e/ou área foliar, pode garantir aos indivíduos maximização do crescimento e reprodução sob uma variedade de diferentes condições ambientais (CLARIDGE; FRANKLIN, 2002).

Universalmente, os nutrientes fósforo e nitrogênio são reconhecidos como limitantes ao desenvolvimento vegetal (DAVIDSON; HOWARTH, 2007), sendo eles apontados como escassos em determinadas regiões do Cerrado (LANNES, 2012). Os efeitos, na presença e na ausência, desses nutrientes são reconhecidos como instrumento regulador na invasão de espécies ou na permanência de espécies nativas, exibindo grande influência na configuração e funcionamento de ecossistemas (JACOBSON; BUSTAMANTE; KOZOVITS, 2012). Contudo, essa propriedade apresenta algumas especificações e contrastes ao compararmos espécies nativas e invasoras. Ao observar a relação entre plantas invasoras e plantas nativas ameaçadas de extinção no Cerrado, as nativas demonstram maior ocupação em áreas com baixa cobertura de biomassa e alta proporção na taxa nitrogênio:fósforo, enquanto invasoras se estabelecem preferencialmente sob uma cobertura superficial de biomassa (intermediária a alta) e baixas taxas de nitrogênio:fósforo (LANNES *et al.*, 2012). Já quando executada a adição antrópica de nitrogênio e fósforo observa-se que o Cerrado pode sofrer perda da

biodiversidade vegetal original em decorrência do decaimento na riqueza e uniformidade de outras espécies (BUSTAMANTE *et al.*, 2012).

Outro fator limitante universal é a água. Os aspectos ecohidrológicos também posam como barreira importante para o estabelecimento de espécies. Ecossistemas dominados por plantas nativas podem apresentar proporções diferentes, em relação a ambientes invadidos, para taxas relacionados à absorção e dispersão de água, como condutância de estômatos, fluxo de seiva e escala ecossistêmica de evapotranspiração, existindo uma forte dependência do clima no crescimento de plantas exóticas e há evidências de maior taxa de crescimento desses vegetais em climas mais quentes e mais úmidos (CAVALERI; SACK, 2010). Em ambiente desértico, espécies invasoras adaptadas à ambientes áridos também costumam expressar crescimento acelerado com aumento da precipitação, principalmente quando nitrogênio está disponível, fazendo bom uso dos períodos breves de precipitação para seu desenvolvimento vegetativo (HUANG, 2018).

Calotropis procera (Aiton) é um arbusto/arvoreta perene da família Apocynaceae e subfamília Asclepiadaceae (família das serralhas/leitarugas) capaz de atingir até 5 m altura. Apresenta madeira macia, reação laticífera a lesões causadas a seus componentes aéreos, folhas decussadas e obovadas cobertas por uma pubescência grisalha, seus frutos são sacos aerados com aparência “escrotal” dando seu nome popular mais comum (saco-de-bode, saco-de-velho) e suas sementes anemocóricas apresentam tricomas sedosos bem característicos. É uma planta xerófita sempre-verde, geralmente encontrada em habitats áridos e semiáridos, sendo considerada uma planta nativa do norte da África, Península Arábica, Oriente Médio e sul da Ásia (AL-ROWAILY *et al.*, 2020). Adaptações morfofisiológicas e a habilidade de tolerar uma ampla variedade de condições ambientais permitem seu estabelecimento em habitats em que invade (RANGEL; NASCIMENTO, 2011).

Introduzida no Brasil por volta de 1900 como planta ornamental, *C. procera* pode ser encontrada atualmente em diversas regiões do país, apresentando ampla probabilidade de ocorrência no Brasil, principalmente no bioma Caatinga, Cerrado e em áreas de restinga (FABRICANTE; OLIVEIRA; SIQUEIRA-FILHO, 2021), sendo esses os ecossistemas que reproduzem parte das características originais do ambiente de origem desta xerófita. *C. procera* prefere habitats abertos com pouca competição, geralmente pastagens excessivamente usadas, podendo ser encontrada também em dunas costeiras, beiras de estradas, cursos d’água e áreas urbanas perturbadas e é rotineiramente dominante em áreas de cultivo abandonadas,

especialmente em solos arenosos e regiões com baixo índice pluviométrico (FRANCIS, 2002).

Atualmente, *C. procera* é reconhecida como introduzida em mais de 60 países e ocupa agora a maioria das nações entre os trópicos, sendo sinalizada negativamente para impactos à biodiversidade, meio ambiente, flora local, reflorestamento, etc. Em pastos e campos esta espécie compete com plantas desejadas e é capaz de formar moitas densas que interferem no manejo de implementos agrícolas e pecuária e, em algumas nações, é tida como suficientemente tóxica aos animais de menor porte e para humanos (CABI, 2021).

As interferências nas áreas de Cerrado somam uma longa lista de atividades antrópicas nocivas à integridade original do ambiente que também são facilitadoras de invasões, isto inclui, desmatamento, introdução de espécies exóticas de pastoreio, uso intensivo do solo e fertilizantes para a agricultura. Nos últimos 50 anos, cerca de 50% da cobertura natural do Cerrado foram convertidas para outros usos (MYERS *et al.*, 2010). Com essa forte pressão sobre este importante bioma brasileiro, aliada a savanização de áreas anteriormente ocupadas por Mata Atlântica e de processos de desertificação observados na Caatinga, espera-se que pesquisas contribuam para a compreensão de como fatores bióticos e abióticos podem alterar mecanismos de plasticidade fenotípica de espécies vegetais no bioma Cerrado. A espécie *C. procera* apresenta notável proliferação nos biomas brasileiros na última década, portanto, faz-se necessário entender de que forma fatores abióticos (nutrientes e água) podem interferir no desenvolvimento desta espécie. A compreensão desses fenômenos poderá futuramente auxiliar no manejo de *C. procera* em áreas do Cerrado, estabelecer medidas para seu controle e contribuir para a preservação dos ecossistemas.

2 OBJETIVOS E HIPÓTESES

Com larga distribuição geográfica, alta capacidade de propagação e ocupação, faz-se importante estudar o efeito da adição de nutrientes e água que são fatores potencialmente limitantes ao metabolismo de *Calotropis procera*, uma espécie exótica invasora de ampla distribuição no Brasil. Informações sobre esses aspectos auxiliarão no manejo de *C. procera*, visando a prevenção da invasão desta espécie em biomas brasileiros que apresentam diferentes características abióticas como principais fatores limitantes.

Logo, as seguintes hipóteses neste trabalho foram testadas para *Calotropis procera*:

- a) A adição de nitrogênio e fósforo irá potencializar o crescimento vegetativo e/ou reprodutivo em relação aos tratamentos não aditivados;
- b) Regas periódicas proporcionarão plantas com maior crescimento em relação aos tratamentos não irrigados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA E CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

O efeito da disponibilidade de nutrientes e água sobre parâmetros de crescimento e desenvolvimento da espécie *Calotropis procera* foi investigado em uma área de malha de campos de Cerrado e pastagens (~10.000 m²) na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE / UNESP – Câmpus de Ilha Solteira (Figura 1). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico - LVdf (SANO *et al.*, 2008). Os dados climatológicos classificam e caracterizam o clima da região como tropical com inverno seco (Aw), temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C, precipitações superiores a 750 mm anuais, predominância de estação chuvosa no verão (novembro a abril), e nítida estação seca no inverno (maio a outubro) pela descrição de Köppen (1984). Os valores de precipitação pluviométrica (mm) dos últimos anos se encontram na Figura 1.

Figura 1 - Histórico pluviométrico da área experimental. Fonte dos dados: Canal CLIMA da Unesp Ilha Solteira (<http://clima.feis.unesp.br/>).

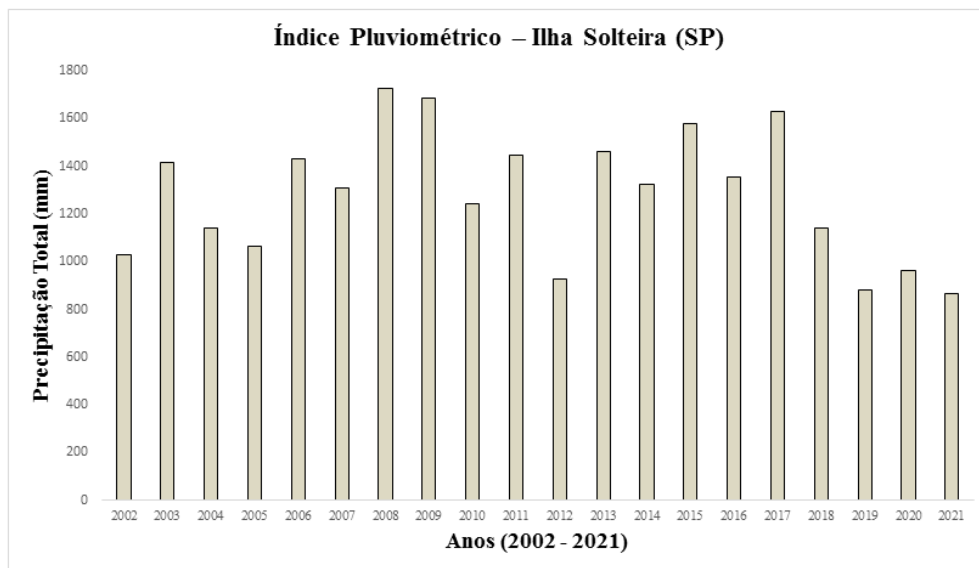
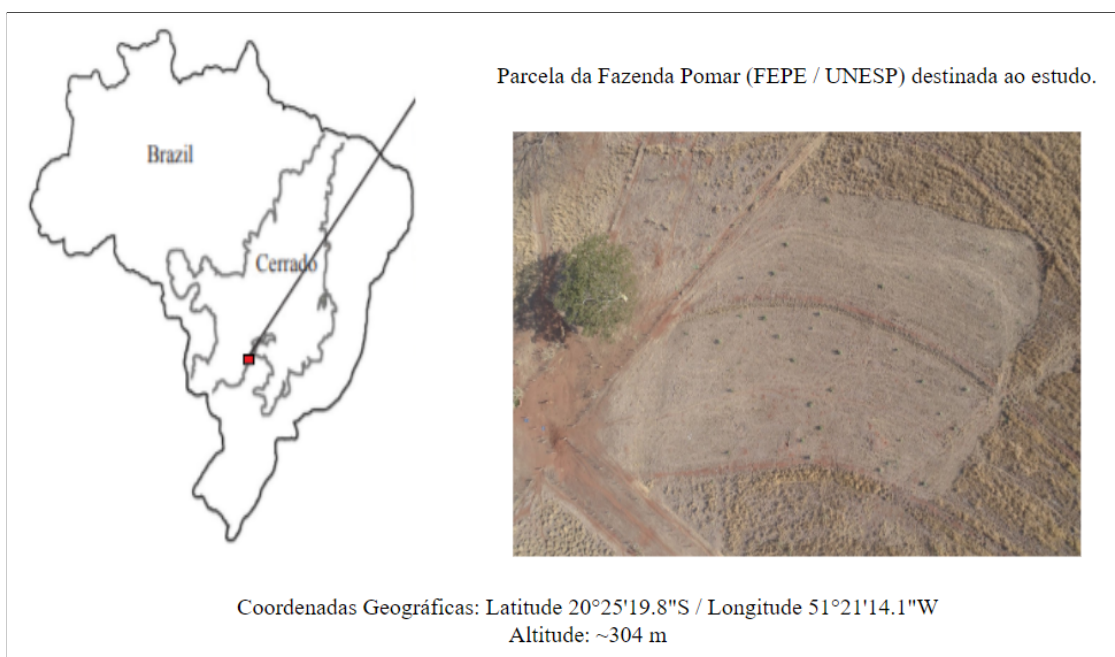


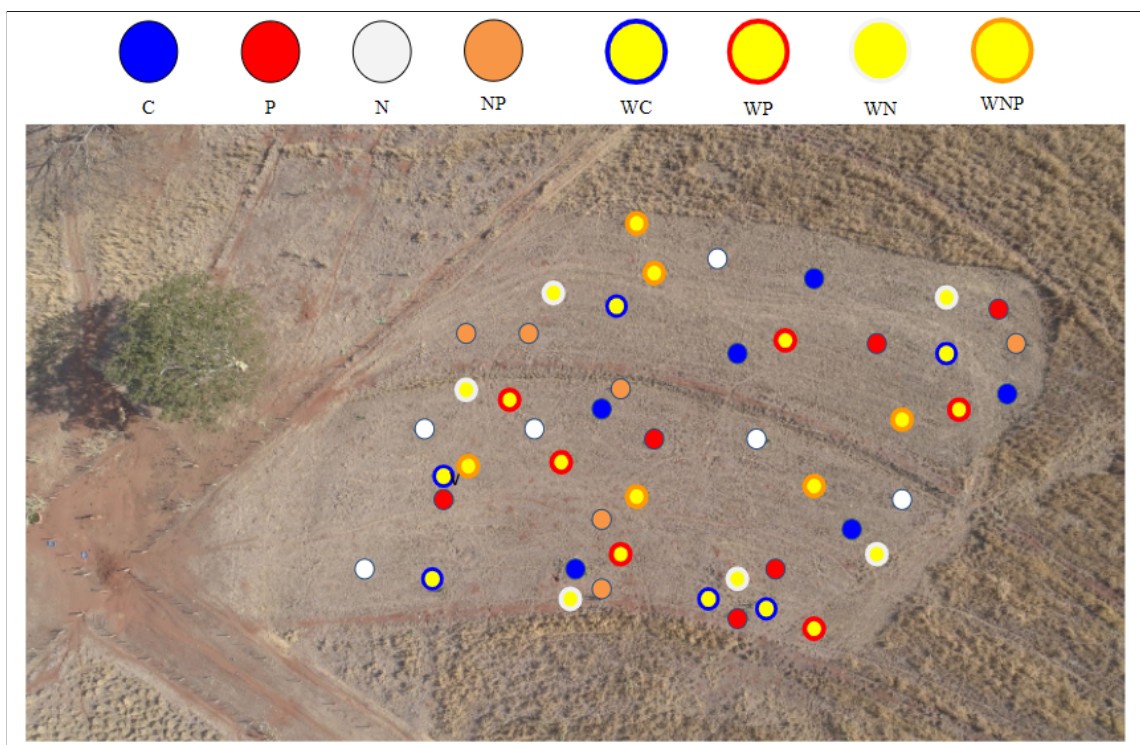
Figura 2 - Área do Estudo: Mapa ilustrativo demonstrando a posição do espaço experimental em relação ao Cerrado no Brasil. Fonte: O Autor (2022).



Um experimento ecológico de campo foi estabelecido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com oito (8) tratamentos e seis (6) repetições biológicas, após a área experimental delimitada ser submetida a roçagem (maio de 2021). O preparo da área permitiu o acompanhamento do brotamento e rebrotamento de espécimes de *C. procera* em relação ao

contraste bege das demais espécies herbáceas e capim ressecados no local. Contabilizou-se a disponibilidade de 48 exemplares juvenis de *C. procera* na área de estudo, que foram demarcados aleatoriamente e sinalizados como integrantes do conjunto experimental. Os seguintes tratamentos foram estabelecidos: Controle (azul, C); Nitrogênio (branco, N); Fósforo (vermelho P); Nitrogênio e Fósforo (laranja NP); Controle Irrigado (amarelo WC); Nitrogênio Irrigado (amarelo WN); Fósforo Irrigado (amarelo WP); Nitrogênio e Fósforo Irrigado (amarelo WNP).

Figura 3 - Distribuição dos indivíduos no experimento. A distribuição dos tratamentos foi aleatória por todo o terreno. Tratamentos de irrigação foram marcados com sinalização amarela. Tratamentos sem irrigação possuíam cores individuais. Todas as sinalizações possuíam siglas de identificação individual. Fonte: O Autor (2022).



Espécimes de *C. procera* dos tratamentos com adição de nutrientes foram fertilizadas com aplicação de 600 kg.ha^{-1} de superfosfato simples e/ou 600 kg.ha^{-1} de ureia, de forma escalonada a cada 20 dias (3 aplicações) de 5.4 g fertilizante por planta. A fertilização ocorreu manualmente com auxílio de enxada considerando aplicação do fertilizante em uma cova de 30 cm por planta (Figura 3). Plantas dos tratamentos irrigados receberam aproximadamente 60 L de água por planta a cada 7 dias, exceto em semanas de chuva abundante, usando um tanque pipa movido a trator e mangueira. Condições experimentais e avaliação foram

mantidas por 14 semanas desde o início do experimento até a coleta de amostras (27/05/2021 a 14/09/2021).

Figura 4 - Registro fotográfico da fase de desenvolvimento experimental. (A) Pesagem dos fertilizantes; (B) Separação dos fertilizantes; (C) Rega dos tratamentos irrigados; (D) Demarcação de um exemplar (broto) na fase inicial; (E) Estado do desenvolvimento do exemplar anterior próximo à data de colheita. Fonte: O Autor (2022).



3.2 COLETA DE DADOS

A altura de plantas (cm) foi mensurada quinzenalmente durante o período experimental. Após 110 dias do início do experimento, dados de biomassa aérea úmida (pesagem por balança suspensa), altura (trena métrica), número de perfilhos (contagem visual), diâmetro dos perfilhos (paquímetro), número de frutos (contador de tally) e número de pedúnculos florais (contador de tally) foram coletados. A área foliar de três (3) amostras de cada espécime foi calculada utilizando o software ImageJ (SCHENEIDER; RASBAND, ELICERI, 2013) e, posteriormente, foram mantidas em estufa de secagem a 50°C por 72 h para aferição de peso de biomassa seca e cálculo de área foliar específica (Figura 5). Não

somente, cinco (5) amostras foliares de cada espécime foram coletadas e armazenadas no Laboratório de Ecologia Vegetal.

Figura 5 - Registro fotográfico da fase de colheita e coleta de dados. (A) Medição da Altura com trena métrica e Diâmetro dos Perfilhos com paquímetro; (B) Contagem do N° de Frutos e N° de Pedúnculos Florais com contador de tally; (C) Pesagem da biomassa aérea úmida por balança de suspensão; (D) Amostras foliares sendo catalogadas e fotografadas para cálculo de área no software ImageJ; (E) Amostras foliares na estufa de secagem.

Fonte: O Autor (2022).



3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Para análise dos dados obtidos, foram gerados gráficos com as médias e desvios padrão das variáveis em cada tratamento. Os efeitos da irrigação e fertilização sobre cada variável foram analisados através de *Two-Way* ANOVA. Para esse experimento ecológico em campo aberto foram considerados como significativos os valores de $p < 0,10$. Quando identificado efeito significativo do tratamento de irrigação, realizou-se o teste t dentro de cada

tratamento de fertilização como forma de identificar onde ocorreu o efeito da irrigação. Quando observado efeito significativo do tratamento de fertilização sobre a variável, realizou-se um *One-Way* ANOVA + teste de Dunnett utilizando o tratamento de fertilização como fator a fim de identificar qual(is) tratamento(s) foi(ram) responsável(is) pelo efeito. As análises foram conduzidas utilizando os softwares *XLMiner Analysis ToolPak* (Frontline Systems) e *R* (The R Foundation).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

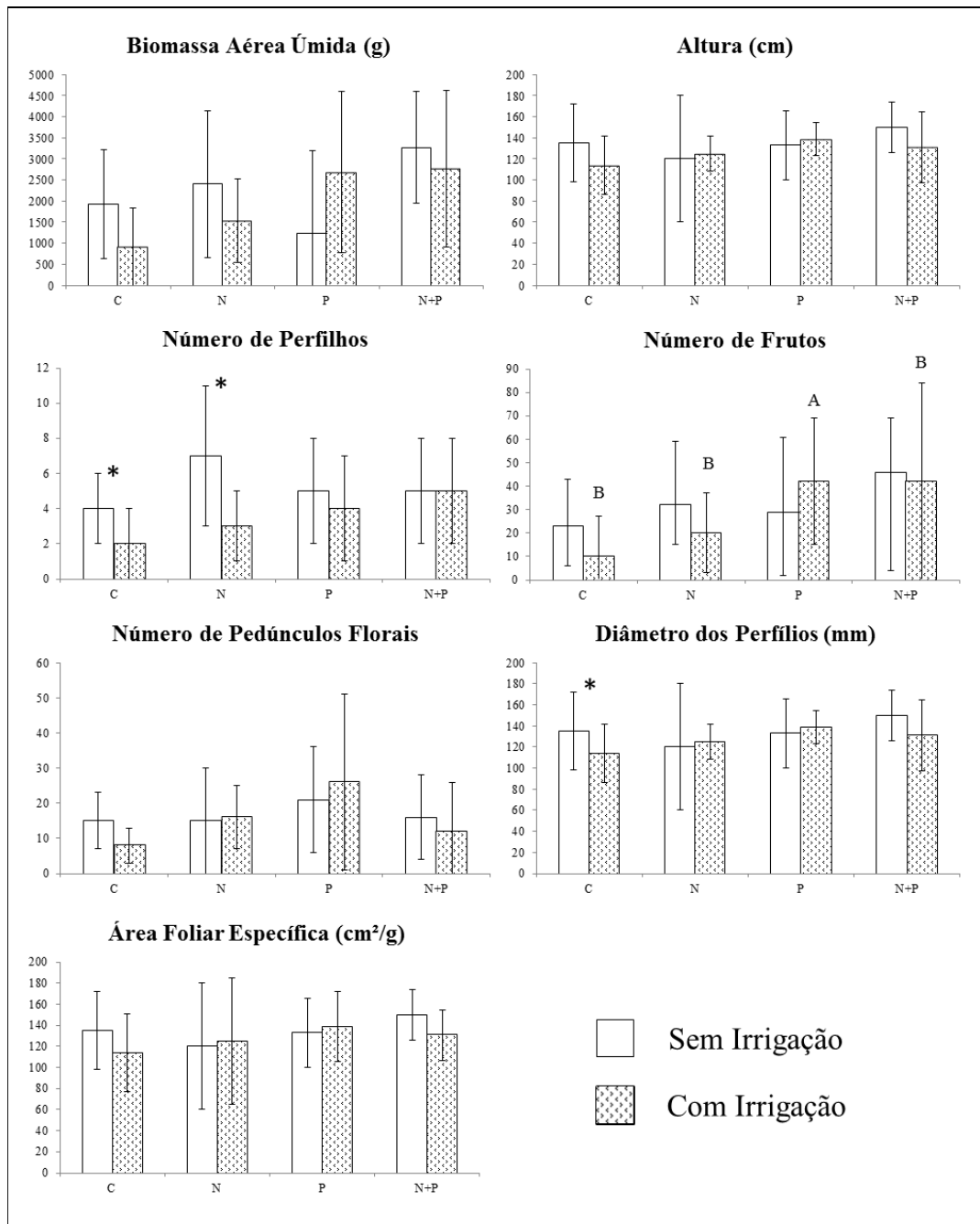
Os tratamentos de irrigação e fertilização exerceram efeitos significativos sobre o número de perfilhos, diâmetro de perfilhos e número de frutos em *Calotropis procera*. No entanto, não houve efeitos da interação entre nutrientes e irrigação sobre as variáveis analisadas (Tabela 1). Primeiramente, ao observar as médias das variáveis entre os tratamentos não irrigado e irrigado, se observa um comportamento geral: a maior parte das variáveis apresenta médias aparentes mais baixas de desenvolvimento quando as plantas são irrigadas em comparação às não-irrigadas (Figura 6). Mesmo quando essas médias são mais elevadas, os valores ainda são bem próximos, nunca se destacando de forma significativa.

A disponibilidade de água no habitat natural de *C. procera*, o deserto, é um evento tão escasso que ela desenvolveu a capacidade de responder rapidamente e de forma massiva remodelando seu maquinário metabólico para o crescimento (RAMADAN *et al.*, 2014). Contudo, a intensificação e regularidade da oferta hídrica pela rega parece não ter contribuído para o desenvolvimento do vegetal a médio prazo (e uma aparente “inibição” não ser identificada pelos testes estatísticos). Porém, é necessário lembrar que, segundo Fabricante, Oliveira e Siqueira-Filho (2013) esta espécie apresentou alta suscetibilidade de invasão especialmente no chamado Domínio das Florestas Sazonais Tropicais, sobretudo no Cerrado e Caatinga. *C. procera* também revelou alta probabilidade de ocorrência no litoral do Nordeste e Sudeste do Brasil. Porém, deve-se ressaltar que a ocorrência real da espécie restringe-se às Restingas. Os regimes de chuvas de Florestas Úmidas (tropicais e equatoriais) são potencialmente inibitórias para a espécie uma vez que podem não facilitar seu crescimento ou ser um contribuinte maior para as espécies florestais nativas desses ambientes. A capacidade de desenvolvimento dessa espécie em regiões de restinga deve estar relacionada, apesar do regime de chuvas mais intenso do litoral atlântico, às condições edáficas dessas regiões semelhantes à sua origem desértica somadas à sua notável resistência a solos salobres (KAUR *et al.* 2021).

Tabela 1 - Resultados do teste *Two-Way* ANOVA sobre os tratamentos e sua interação representados por Grau de Liberdade (GL), Estatística F (F) e o Valor-p (*p*). Asteriscos (*) indicam influência significativa a $p < 0,10$.
 Fonte: O Autor (2022).

Variáveis e Fontes de Variação	GL	F	<i>P</i>
Biomassa Aérea			
Nutrientes	3	1.821	0.158
Irrigação	1	1.939	0.171
Interação	3	0.541	0.656
Altura			
Nutrientes	3	0.787	0.508
Irrigação	1	0.572	0.453
Interação	3	0.581	0.630
Nº de Perfilhos			
Nutrientes	3	0.968	0.417
Irrigação	1	3.435	0.071*
Interação	3	0.742	0.533
Nº de Frutos			
Nutrientes	3	2.260	0.096*
Irrigação	1	0.277	0.601
Interação	3	0.587	0.626
Nº de Pedúnculos Florais			
Nutrientes	3	1.700	0.182
Irrigação	1	0.119	0.731
Interação	3	0.423	0.737
Diâmetro dos Perfilhos			
Nutrientes	3	0.948	0.426
Irrigação	1	3.161	0.083*
Interação	3	0.388	0.762
Área Foliar Específica			
Nutrientes	3	0.424	0.736
Irrigação	1	0.010	0.918
Interação	3	0.254	0.857

Figura 6 - Biomassa Aérea Úmida (g), Altura (cm), Número de Perfilhos, Número de Pedúnculos Florais, Número de Frutos, Diâmetros de Perfilhos, e Área Foliar Específica (cm²/g) de *Calotropis procera* 110 dias após o início do experimento de campo. Quatro tratamento de fertilização, controle (C), nitrogênio (N), fósforo (P), nitrogênio+fósforo (N+P) e dois tratamentos de irrigação (irrigado e não irrigado) foram empregados para avaliar parâmetros do crescimento vegetal. As barras representam as médias dos seis exemplares de cada tratamento para cada variável mensurada (desvio-padrão incluso). Os asteriscos (*) representam diferenças significativas entre os tratamentos de irrigação (teste t, $p < 0,10$). Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos de fertilização (ANOVA+Dunnett, $p < 0,10$). Fonte: O Autor (2022).



Os espécimes do tratamento Controle Não Irrigados apresentaram maior número de perfilhos e as maiores taxas de desenvolvimento no Diâmetro dos Perfilhos em relação ao tratamento irrigado (Tabela 1; Figura 6). Perfilhos são ramificações das gemas axilares,

geralmente de nós próximos ou abaixo da superfície do solo. São consideradas estruturas “mistas” (tanto reprodutivas como vegetativas) pela sua capacidade de desenvolver todas as estruturas vegetais da planta original (incluindo raízes, flores e frutos). Segundo a Teoria de Desvio de Nutrientes de Woolley e Wareing, a taxa de crescimento de perfilhos é determinada pela quantidade de assimilados que os alcança, sendo a dominância apical promovida pelo déficit de minerais ou inibida quando a disponibilidade de minerais é abundante (DAYAN *et al.* 1981). Para os exemplares de *C. procera* analisados, o ambiente padrão representado pelo tratamento Controle foi mais estimulante ao desenvolvimento perfilhar e a quebra de dominância apical, demonstrando que hipoteticamente a espécie se sente confortável em perfilhar com as configurações originais do solo nessa área. Ainda sobre o número de perfilhos, o destaque mais marcante pela relevância estatística e diferença entre médias (entre irrigação e não-irrigação) é observado no tratamento Nitrogênio Não Irrigado (Tabela 1; Figura 6). O nitrogênio é bem reconhecido pela sua capacidade limitante ao crescimento vegetativo. A mediação dos brotamentos axilares por nitrogênio é uma característica fixa e sensível para todas as angiospermas pois esse nutriente é altamente restrito e sazonal por todos os ambientes e a disponibilidade de N são, geralmente, resultado das mudanças de estações ou queimadas. A concentração de N nas raízes também é mediadora da função de produção de citocinina (TOMLINSON; O’CONNOR, 2004). Então, para *C. procera* o aumento do fornecimento de N sem a irrigação garante à planta uma evolução na sua arquitetura perfilhar com o aumento da oferta desse nutriente.

Nos tratamentos com Fósforo obteve-se, de forma geral, as maiores médias, indicando uma melhora no crescimento geral das plantas. Mas foi no número de frutos que a influência do tratamento Fósforo Irrigado foi estatisticamente comprovada no desempenho da *Calotropis procera* (Tabela 1; Figura 6). A produtividade das plantas em ecossistemas é frequentemente limitada pelo fósforo e elas são capazes de atingir maior rendimento com uso de fertilização complementar desse nutriente (ELSER *et al.*, 2007). O fósforo tem papel importante em uma variedade de processos, incluindo geração de energia metabólica (ATP), síntese de ácidos nucleicos, fotossíntese, glicólise, respiração, síntese e estabilidade de membranas, ativação e inativação de enzimas, reações de redução, sinaliza a metabolização de carboidratos e fixação de nitrogênio (VANCE; UHDE-STONE; ALLAN, 2003). A aplicação de fertilizantes fosfatados é geralmente o tratamento recomendado para estimular a colheita. Acompanhada da irrigação para rápido aporte desse elemento, os representantes de *C. procera*

inseridos nesse tratamento foram, no período do estudo, capazes de investir em uma maior taxa de crescimento reprodutivo representado pela variável total de frutos, suplantando o desempenho dos demais tratamentos.

No Cerrado brasileiro, alguns estudos já demonstraram os efeitos positivos da adição de fósforo sobre espécies exóticas invasoras, especialmente sobre as gramíneas *Melinis minutiflora* e *Urochloa decumbens* (BUSTAMANTE *et al.*, 2012; LANNES *et al.*, 2016). Nestes trabalhos foi encontrado que tais gramíneas aumentaram sua biomassa aérea e com isso promoveram um ambiente que reduz a biodiversidade de plantas herbáceas nativas devido ao sombreamento. Não há na literatura, entretanto, evidências de que fertilização por fósforo incremente aspectos reprodutivos de plantas exóticas invasoras como os resultados encontrados no presente trabalho para *C. procera*.

Com mais de 10.000 espécies de plantas vasculares, o Cerrado Brasileiro é um bioma de diversidade floral enorme que se encontra ameaçado de modo crescente pelas atividades agrícolas (LANNES *et al.* 2012). *C. procera* foi relatada como uma planta invasora em áreas descampadas, pastos sujeitos a sobrepastagem, e campos agrícolas mal gerenciados em diversas regiões (CABI, 2021). Esse pacote de constatações se encaixa perfeitamente no cenário negligenciador que se desenvolveu em relação ao bioma Cerrado, sendo considerado um ambiente de savana, pobre e substituível a ser mandatoriamente explorado pela agropecuária. O Cerrado é extremamente rico em espécies e abriga uma série de “serviços ecológicos” sendo considerado berço para as águas mananciais de importantes bacias hidrográficas brasileiras (MYERS *et al.*, 2000). A falta de gestão em áreas de Cerrado implica na facilitada invasão da *C. procera* já que observa-se que essa invasora está adaptada a condições de degradação edáfica e apresenta enorme eficiência na fixação em áreas antropizadas, mantendo seu desenvolvimento mesmo quando não estimulada por suplementação de nutrientes e maior oferta hídrica.

Diversas plantas nativas são limitadas por um ou mais de dois nutrientes, sendo o fósforo considerado um dos mais limitantes nessas comunidades (DAVIDSON; HOWARTH, 2007). Os resultados encontrados sugerem que a oferta de fósforo a plantas de *C. procera* estimula o investimento de recursos para o crescimento reprodutivo. Portanto, em áreas onde o nutriente não é limitante, sugere-se que esta espécie pode beneficiar-se do investimento em reprodução e atingir maiores níveis de propagação com sua eficiente dispersão anemocórica, suplantando o estabelecimento e restabelecimento de espécies nativas.

Um alerta semelhante é observado para a disponibilidade de nitrogênio. Exemplo, o Lannes *et al.* (2012) reportaram que espécies ameaçadas em campos e pântanos são encontradas principalmente na vegetação de baixa biomassa, e o desaparecimento dessas espécies está rotineiramente associado com o aumento da produtividade causada por enriquecimento de nutrientes. Nessa correlação, o enriquecimento de nitrogênio tem sido visto como uma das principais causas da redução da biodiversidade de plantas. Em relação a *C. procera*, o aumento da disponibilidade de nitrogênio proporcionou plantas com uma arquitetura potencialmente acumuladora de biomassa e expansora de cobertura de área (perfilhamento), assumindo uma posição dominante em relação ao padrão do cerrado campestre nativo. Em áreas propositalmente enriquecidas com nitrogênio (exemplo, áreas agrícolas), a falta de manejo pode proporcionar ambiente para crescimento e persistência de *C. procera*.

Com seu pacote de características morfofisiológicas associadas à persistência, resistência, alta eficiência metabólica e aparente independência em relação a riqueza de nutrientes, *C. procera* posa como forte competidora em relação às espécies nativas do Cerrado, superando os fatores limitantes comumente presentes no bioma em diversos níveis (RANGEL, 2011; FABRICANTE, 2018). Por exemplo, um evento característico, tido como importante ferramenta reguladora das espécies do Cerrado, são as queimadas sazonais (MISTRY, 1998). *C. procera* apresenta raízes profundas e alta capacidade regenerativa do eixo apical (CABI, 2021) e, portanto, pode facilmente superar um evento de queimada típico do Cerrado. Esse fato foi acidentalmente observado na área experimental pois, logo após a colheita dos espécimes experimentais, a Fazenda Pomar (FEPE) foi acometida por um incêndio acidental vindo de residências rurais próximas. Na semana após o incêndio, na área experimental, os exemplares de *C. procera* que compunham este estudo já apresentavam rebrotamento, antecedendo o reaparecimento de demais espécies locais. Na semana seguinte, depois da primeira precipitação após certa estiagem, as plantas jovens de *C. procera* já perfilhavam e eram destaque entre os brotos das demais espécies com seu porte avantajado.

Havia a intenção de explorar dados relacionados à raiz da espécie estudada (índices de metabólitos nas raízes, associações micorrízicas, etc). Contudo as plantas apresentavam raízes profundas e resistentes impossíveis de se extrair manualmente. A utilização de uma retroescavadeira permitiu a constatação de que as raízes superavam 2 metros de profundidade. Devido ao alto grau de dificuldade e o impacto que o maquinário causaria ao campo,

abortou-se essa coleta. No entanto, fica a notável certeza de que tais raízes providenciam proteção à planta contra eventos físicos que sejam terminais à planta, como a poda, herbivoria das partes aéreas e o fogo. Locais compostos por latossolo vermelho, solo típico da região do estudo, podem facilitar o desenvolvimento dessa estrutura subterrânea extensa, já que os latossolos são profundos e consideravelmente porosos quando não compactados (EMBRAPA, 2018).

A gigantesca propagação da distribuição geográfica da *C. procera* em terras brasileiras está programada para continuar (SILVIA *et al.*, 2009; FABRICANTE *et al.*, 2013). Não é difícil observar a marcha inexorável dessa planta na macrorregião do estudo, no oeste do interior paulista, principalmente em regiões de pecuária (bovinocultura) e cultivo extensivo (geralmente cana-de-açúcar). O transporte das sementes nessa região pelos animais, caminhões, maquinários agrícolas, cursos d'água e pelas agitadas massas de ar nos campos degradados garantem uma paisagem já bem estabelecida de algumas invasoras, a verdejante *C. procera* inclusa.

Na atualidade, o gerenciamento da invasão da *C. procera* inclui, segundo Kaur (2021): “Remoção mecanizada do vegetal pelas raízes (para prevenir rebrotamento); Utilização de maquinário para danificar o sistema radicular pode causar 70% de mortalidade em plantas adultas; Herbicidas foliares como *imazapyr*, *metsulfuron-methyl*, *2,4-D butyl ester*, *fluroxypyr*, *triclopyr*, e *triclopyr plus* podem alcançar até 80% de eficiência em eliminar brotos com altura de até 5 cm; Manejos aplicados em períodos frios são mais eficazes pela pressão sobre polinizadores e por estresse ao vegetal; Campos com intensa cobertura de arbustos, herbáceas e gramíneas de maior altura oferecem resistência a invasão da *C. procera*”. No entanto, muitas dessas resoluções são agressivas e não funcionais para áreas naturais de conservação, funcionando de forma prática apenas em espaços de dimensões reduzidas.

Finalizando, o maior resguardo contra essa invasora fica por parte do exemplo global tão apontado: a conservação ambiental. As proteções ideais e naturais contra a invasora *C. procera* são a conservação da cobertura vegetal original que impede seu brotamento e fixação, preservação geral dos biomas continentais a fim de regular o ciclo hidrológico fornecedor de chuvas regulares, manejo responsável do solo e da alocação de fertilizantes aos campos, e o cuidado contra o estímulo da propagação de suas sementes anemocóricas.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que as hipóteses levantadas foram parcialmente aceitas, na análise de dados específicos, para nutrientes. Contudo foram refutadas para a irrigação. De modo geral, a fertilização e irrigação não contribuem para o crescimento total da espécie do estudo, porém alguns nutrientes apresentaram probabilidade de aumentar o desempenho em aspectos específicos do crescimento do vegetal:

- a) Quando não fertilizada, *Calotropis procera* apresenta maior número de perfilhos se não irrigada;
- b) Fertilizada com nitrogênio, *Calotropis procera* apresenta seu maior desempenho no número de perfilhos se não irrigada;
- c) Fertilizada com fósforo, *Calotropis procera* apresenta seu maior desempenho no número de frutos se irrigada;
- d) A irrigação, de modo geral, não influencia o crescimento vegetativo da espécie estudada;
- e) É necessário cuidado tanto no gerenciamento de solos quanto na conservação de espaços nativos a fim de não estimular a disseminação e fixação dessa invasora.

REFERÊNCIAS

- AL-ROWAILY, S.L.; ABD-ELGAWAD, A.M.; ASSAEED, A.M.; ELGAMAL, A.M.; GENDY, A.E.-N.G.E.; MOHAMED, T.A.; DAR, B.A.; MOHAMED, T.K.; ELSHAMY, A.I. **Essential oil of *Calotropis procera*: comparative chemical profiles, antimicrobial activity, and allelopathic potential on weeds.** *Molecules* 25:5203, 2020. DOI: 10.3390/molecules25215203, .
- BUSTAMANTE, MERCEDES M. C.; DE BRITO D. Q.; KOZOVITS, A. R.; LUEDEMANN, G.; DE MELLO, T. R. B.; DE SIQUEIRA P. A.; MUNHOZ, C. B. R.; TAKAHASHI F. S. C.; **Effects of nutrient additions on plant biomass and diversity of the herbaceous-subshrub layer of a Brazilian savanna (Cerrado).** *Plant Ecol* 213, 795–808, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11258-012-0042-4>.
- CABI 2021. ***Calotropis procera* In: Invasive Species Compendium.** Available online at: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/16848>, Acesso em: 25 nov. 2021.
- CAVALERI, M.A.; SACK, L. **Comparative water use of native and invasive plants at multiple scales: a global meta-analysis.** *Ecology*, 91: 2705-2715, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1890/09-0582.1>.
- CHAME, M. **Espécies exóticas invasoras que afetam a saúde humana.** *Ciência e Cultura*, São Paulo , v. 61, n. 1, p. 30-34, 2009 . Disponível em: <cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252009000100013>. Acesso em 22 nov. 2021.
- CLARIDGE, K., FRANKLIN, S.B. **Compensation and Plasticity in an Invasive Plant Species.** *Biological Invasions* 4, 339–347, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1023671006342>
- CONABIO. **Estratégia Nacional Para Espécies Exóticas Invasoras**, Resolução CONABIO nº 07, de 29 de maio de 2018.
- COP 6 Decisions - **Sixth Ordinary Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity**, 7 - 19 April 2002 - The Hague, Netherlands.
- DAVIDSON, E. A.; HOWARTH, R. W. **Nutrients in synergy.** *Nature*, v.449, p.1000-1001, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1038/4491000>.
- DAYAN E., VAN KEULEN H., DOVRAT A. **Tiller dynamics and growth of Rhodes grass after defoliation: A model named TILDYN**, *Agro-Ecosystems*, Volume 7, Issue 2, Pages 101-112, 1981. ISSN 0304-3746. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-3746\(81\)90024-X](https://doi.org/10.1016/0304-3746(81)90024-X).
- ELSER, J.J.; BRACKEN, M.E.; CLELAND, E.E.; GRUNER, D.S.; HARPOLE, W.S.; HILLEBRAND, H.; NGAI, J.T.; SEABLOOM, E.W.; SHURIN, J.B.; SMITH, J.E.; **Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater,**

marine and terrestrial ecosystems. Ecology Letters, 10: 11351142, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01113.x>.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) 5ª Edição.** 2018.

Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>. Acesso em 28 out. 2021.

FABRICANTE, J. R.; OLIVEIRA, M. N. A.; SIQUEIRA-FILHO, J. A; **Aspectos da ecologia de *Calotropis procera* (Apocynaceae) em uma área de Caatinga alterada pelas obras do Projeto de Integração do Rio São Francisco em Mauriti, CE.** Rodriguésia [online], v. 64, n. 3, pp. 647-654, 2013. ISSN 2175-7860. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2175-78602013000300015>.

FRANÇA, A.C.; **Susceptibilidade à invasão das Unidades de Conservação federais por espécies exóticas invasoras da flora terrestre** ACSA, Patos-PB, v.16, n.2, p.126-133, ISSN: 1808-6845. Agosto-Setembro, 2020.

FRANCIS J.K.; *Calotropis procera* (Ait.) Ait. In: Francis JK, ed. **Wildland shrubs of the United States and its territories: thamnic descriptions.** USDA Forest Service General Technical Report IITF-WB-1. 2004. Disponível em: <<http://www.fs.fed.us/global/iitf/Calotropis%20procera.pdf>> Acesso em 28 nov. 2021.

HUANG, G.; LI, Y.; **Phenological responses to nitrogen and water addition are linked to plant growth patterns in a desert herbaceous community.** Ecology and Evolution, 8: 5139– 5152, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.400>.

IPBES (Intergovernmental Panel on Biodiversity and Ecosystem Services), 2019: Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. In: **Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services** [Díaz, S., J. Settele, E.S. Brondízio, H.T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K.A. Brauman, S.H.M. Butchart, K.M.A. Chan, L.A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S.M. Subramanian, G.F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R.R. Chowdhury, Y.J. Shin, I.J. Visseren-Hamakers, K.J. Willis, and C.N. Zayas (eds.)]. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) Secretariat, Bonn, Germany, pp. 56, 2019. DOI: 10.5281/zenodo.3553579.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2021: Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2021: The Physical Science Basis.** Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K.

Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press, 2021.

JACOBSON T. K. B.; BUSTAMANTE M. M. DA C.; KOZOVITS A. R.; **Diversity of shrub tree layer, leaf litter decomposition and N release in a Brazilian Cerrado under N, P and N plus P additions**. Environmental Pollution, Volume 159, Issue 10, Pages 2236-2242, 2011. ISSN 0269-7491. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.10.019>.

KAUR A.; BATISH D.R.; KAUR S.; CHAUHAN B.S.; **An Overview of the Characteristics and Potential of *Calotropis procera* From Botanical, Ecological, and Economic Perspectives**. Front. Plant Sci. 12:690806, 2021. DOI: 10.3389/fpls.2021.690806.

LANNES, L. S.; BUSTAMANTE, M.M.C.; EDWARDS, P.J; VENTERINK, H.O.; **Alien and endangered plants in the Brazilian Cerrado exhibit contrasting relationships with vegetation biomass and N : P stoichiometry**. New Phytol, 196: 816-823, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04363.x>.

LANNES, L. S.; BUSTAMANTE M.M.C.; EDWARDS, P.J.; OLDE VENTERINK, H. **Native and alien herbaceous plants in the Brazilian Cerrado are (co-)limited by different nutrients**. Plant Soil 400, 231–243, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2725-9>.

MISTRY J.; **Fire in the cerrado (savannas) of Brazil: an ecological review**. Progress in Physical Geography: Earth and Environment; 22(4):425-448, 1998. DOI: [doi:10.1177/030913339802200401](https://doi.org/10.1177/030913339802200401).

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.; MITTERMEIER, C; DA FONSECA, G. A. B.; KENT, J.; **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. Nature 403, 853–858, 2000. DIO: <https://doi.org/10.1038/35002501>.

PIMENTEL, DAVID S. M.; JANECKA J.; WIGHTMAN J.; SIMMONDS C.; O’CONNELL C.; WONG E.; RUSSEL L.; ZERN J.; AQUINO T.; TSOMONDO T.; **Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions, Agriculture, Ecosystems & Environment**, Volume 84, Issue 1, Pages 120, 2001. ISSN 0167-8809, DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00178-X](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00178-X).

RAMADAN, A.; SABIR, J.S.M.; ALAKILLI, S.Y.M.; SHOKRY, A.M.; GADALLA, N.O.; EDRIS, S.; ALKORDY, M. A.; AL-ZAHRANI, H. S.; EL-DOMYATI, F. M.; BAHIELDIN, A.; BAKER, N. R.; WILLMITZER, L.; IRGANG, S.; **Metabolomic Response of *Calotropis procera* Growing in the Desert to Changes in Water Availability**. PLoS ONE 9(2): e87895. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087895>.

RANGEL, E. de S.; NASCIMENTO, M. T.; **Ocorrência de *Calotropis procera* (Ait.) R. Br. (Apocynaceae) como espécie invasora de restinga**. Acta Botanica Brasilica [online]. 2011, v. 25, n. 3, pp. 657-663, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-33062011000300019>>. ISSN 1677-941X.

SANO, S. M., de ALMEIDA S. P., RIBEIRO, J. F. , Embrapa Cerrados. – **Cerrado: ecologia e flora** - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2 v. (1.279 p.), 2008.

SILVIA H. F. DE OLIVEIRA; NEGREIROS D.; WILSON F. G.; **Seedling growth of the invader *Calotropis procera* in ironstone rupestrian field and seasonally dry forest soils. Neotropical Biology and Conservation.** Neotropical Biology and Conservation: Vol. 4 No. 2. 69-76, maio-agosto 2009. por Unisinos - DOI: <https://doi.org/10.4013/51173524/8/2009>.

SIMÕES, R.J.C.S. **Plantas Invasoras no Jardim Botânico da Universidade de Coimbra: Contribuição para a Elaboração de um Plano de Gestão.** FCTUC Ciências da Vida - Teses de Mestrado - Universidade de Coimbra. Out-dez 2014. Disponível em: <<https://eg.uc.pt/handle/10316/28949>>. Acesso em 28 out. 2021.

STEFFEN, W.; CRUTZEN P.J.; MCNEILL J.R.; **The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature.** AMBIO: A Journal of the Human Environment, 36(8), 614–621, 2007. DOI: [doi:10.1579/0044-7447](https://doi.org/10.1579/0044-7447).

TOMLINSON, K.W.; O'CONNOR, T.G. **Control of tiller recruitment in bunchgrasses: uniting physiology and ecology.** *Functional Ecology*, 18: 489-496, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0269-8463.2004.00873.x>.

U.S NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH AND THE LABORATORY FOR OPTICAL AND COMPUTATIONAL INSTRUMENTATION. **ImageJ** - Java-based image processing program. Disponível em: <<https://imagej.nih.gov/ij/>> Acesso em 15/08/2021.

VANCE, C.P.; UHDE-STONE, C.; ALLAN, D.L; **Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource.** *New Phytologist*, 157: 423-447, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.14698137.2003.00695.x>.